Сезонные приспособления организмов к окружающей среде рассмотрим на примере зимовки различных животных и птиц.

**Зимовка**

Резкое ухудшение условий существования зимой сводится в основном к большей или меньшей затруднённости достать необходимое и повышенное сравнительно с летом количество пищи. Зимний сезон вносит большие изменения в условия питания птиц высоких и умеренных широт. Прежде всего с наступлением зимы резко сокращаются общие запасы и набор кормов. В это суровое время целиком выпадают из рациона питания зеленые части растений, а также семена, ягоды и плоды многолетних и однолетних трав и низких кустарников, заносимых снегом. Исчезает большинство насекомых и беспозвоночных животных. Полностью становятся недоступными для питания птиц земноводные, пресмыкающиеся и рыбы. В зимний период трудно добывать мышевидных грызунов и других мелких зверьков, так как они укрываются под глубоким снежным покровом или впадают в спячку. Доступными зимними кормами в указанных широтах остаются главным образом ягоды, семена, хвоя и концевые ветки деревьев и кустарников, а также некоторые насекомые, укрывающиеся в стволах и ветвях древесных растений, их яйца, личинки и куколки, мелкие виды млекопитающих, и, наконец, разного рода отходы и отбросы в поселениях человека, на свалках и на дорогах.

Приспособления к изменениям кормовых условий, снижающие интенсивность сезонных перемещений и позволяющие птицам зимовать в северных и умеренных широтах, сводятся в основном к смене кормов по сезонам года, смене мест и способов поиска пищи, запасанию кормов.

В связи с этим у многих птиц в процессе эволюции выработалась сезонная смена кормов, то есть переход на питание теми кормами, которые наиболее обильны или доступны в то или иной сезон года. Приведем некоторые примеры.

Большой пестрый дятел летом питается в основном насекомыми, но во вторую половину лета - также и растительными кормами: ягодами малины, костяники, черемухи, значительно позднее ягодами брусники и семенами сосны или ели. Осенью или зимой, как правило, оно почти полностью переходит на растительные корма – семена хвойных деревьев, орехи (лещину) и желуди. Ранней весной он пьет древесный сок, имеющий большое значение в этот наиболее голодный период года. Сезонные перемещения дятла сводятся к небольшим кочевкам в высоких широтах, где он проводит и зиму.

Поползень в весенне-летний период кормится исключительно насекомыми и пауками. Осенью и зимой в кормовой рацион его входит растительная пища – лесные орехи, желуди, семена клена, липы, хвойных деревьев, ольхи и других древесных пород. Именно частичная растительноядность помогает этому насекомоядному виду птиц переживать зиму в высоких и умеренных широтах, где они совершают лишь небольшие кочевки.

Черноголовая гаичка в течение большей части года питается различными насекомыми, но в зимнее время пользуется и растительной пищей – семенами ели, пихты, березы, сосны и другими, собирая их на снегу или выклевывая из шишек. При урожае эти семена служат основой питания для синиц-гаичек в течение значительной части зимы, составляя почти 73% всей пищи по объему.

Зяблик в весенне-летний период кормится в основном насекомыми, ранней весной, во вторую половину лета и осенью – семенами травянистых и древесных растений, которые собирает на земле, что не позволяет ему зимовать в зоне сплошного снежного покрова. Зимовки его находятся в тех районах умеренных широт, где постоянного снежного покрова нет.

Большинство видов, способных менять состав кормов, ведет оседлый и полуоседлый образ жизни или предпринимает недалекие кочевки и перелеты в пределах тех же высоких и умеренных широт.

Использование убежищ для ночёвок и защиты от непогоды. В зимнее время наиболее низкие температуры бывают ночью. На ночную часть суток у большинства птиц приходится период покоя, во время которого питание полностью прекращается. Следовательно, интенсивная теплоотдача тела у птиц совпадает с периодом их наименьшей активности и снижения уровня окислительных процессов. Это в значительной мере затрудняет нормальный теплообмен со средой и делает птицу наиболее уязвимой ночными холодами. В связи с этим многие птицы, зимующие в холодных климатических зонах, используют для ночлега различного рода убежища, которые ослабляют влияние низких температур и снижают интенсивность теплоотдачи. В таких убежищах птицы нередко отсиживаются и днем в сильные морозы и непогоду (метели, бураны и т.д.).

Некоторые виды птиц, ведущих преимущественно наземный образ жизни, на ночь, в сильны холода и непогоду зарываются в снег (например, тетерев, глухарь, рябчик, белая куропатка и др.). Температура под снегом не только значительно выше, чем в воздухе, но и более постоянна.

В зимы, с малой глубиной снежного покрова птицы не имеют возможности зарываться в снег и попадают в исключительно трудное положение. В такие зимы нередко наблюдается массовое вымерзание тетеревов, рябчиков и других птиц, пользующихся снежными убежищами.

**Спячка**

Спячка, состояние оцепенения, или «глубокого сна», характеризующееся существенным понижением температуры тела, энергозатрат и интенсивности всех физиологических процессов.

Животных, способных поддерживать температуру тела за счет внутренней теплопродукции, называют эндотермными – в отличие от эктотермных, температура тела которых зависит от температуры окружающей среды. К эндотермам относятся в первую очередь все теплокровные, т.е. млекопитающие и птицы (теплокровных и холоднокровных животных нередко называют соответственно гомойотермными и пойкилотермными). Впадающих в спячку теплокровных можно определить как гетеротермные эндотермы; гетеротермия означает периодическое изменение температуры, в данном случае – ее падение ниже уровня, соответствующего активному образу жизни.

Спячка может быть сезонной. Наиболее известна зимняя спячка, или гибернация, длящаяся с осени по весну. Однако состояние организма на протяжении всего этого времени не остается неизменным. Эпизоды оцепенения с резким замедлением физиологических процессов и максимальным падением температуры тела чередуются с «отогреваниями», когда внутренняя теплопродукция усиливается, и короткими «передышками» с высокой температурой тела и нормальным энергетическим обменом (нормотермные периоды).

У видов, впадающих в зимнюю спячку, температура тела обычно падает ниже 10° С. Минимальная температура 3° С зафиксирована у длиннохвостых сусликов, хотя у большинства особей этого вида она не опускается ниже 5° С. Интенсивность метаболизма (оцениваемая по потреблению O2 и выделению CO2 в единицу времени) в состоянии оцепенения снижается примерно до 5% от уровня основного обмена и может не достигать даже 1% уровня, свойственного активно ведущей себя особи. Впадающие в зимнюю спячку млекопитающие, как правило, невелики: их масса не превышает 10 кг, а в большинстве случаев составляет от 10 г до 1 кг.

Эстивация – летняя спячка, связанная с сезонным дефицитом воды. У некоторых сусликов спячка начинается в самое жаркое время года и продолжается всю зиму, так что границу между летней и зимней спячками у них провести трудно. Остается неясным, существуют ли между двумя этими состояниями физиологические различия, если не считать разницу в температуре тела, которая жарким летом, очевидно, будет выше, чем зимой.

**Суточная спячка.**

Этот тип оцепенения широко распространен не только у млекопитающих, но и у птиц, и может происходить в любое время года. Замедление физиологических процессов при суточной спячке не столь значительно, как при сезонной. Температура тела обычно опускается примерно до 18° С, хотя у некоторых видов падает и ниже 10° С, а интенсивность метаболизма составляет около трети уровня основного обмена. Оцепенение такого рода длится всегда меньше суток. Виды, впадающие в зимнюю спячку, могут переживать такие же короткие эпизоды оцепенения в начале и в конце периода спячки, однако, судя по всему, физиологический механизм здесь иной, чем при суточной спячке, так как интенсивность метаболизма, как правило, снижается гораздо сильнее. В среднем животные с суточной спячкой мельче тех, у кого она сезонная: масса большинства из них составляет от 5 до 50 г.

Млекопитающие и птицы. Раньше считалось, что сезонная спячка и оцепенение свойственны лишь небольшому числу млекопитающих и птиц, обитающих в условиях холодного климата. Однако постоянно обнаруживаются все новые гетеротермные виды, причем встречаются они от Арктики до тропиков.

Среди птиц в зимнюю спячку, сходную с наблюдаемой у млекопитающих, впадает американский белогорлый козодой (Phalaenoptilus nuttallii). В периоды оцепенения температура его тела составляет ок. 5° С, но каждые несколько суток на короткое время повышается. Суточная спячка у птиц довольно обычна и у дневных видов происходит ночью; к таким видам относятся, например, голуби, козодои, колибри, стрижи, ласточки, нектарницы и манакины. У многих птиц по ночам наблюдается т.н. «ночная гипотермия», т.е. небольшое (более слабое, чем во время суточной спячки) замедление физиологических процессов и снижение температуры тела. Последняя в этом случае падает примерно на 5° С, а интенсивность метаболизма бывает чуть ниже уровня основного обмена или даже ему соответствует, что, однако, составляет около половины интенсивности метаболизма отдыхающей днем птицы. Ночная гипотермия отмечена у синиц, вьюрков, воробьев, белоглазок, медососов и многих других мелких пернатых.

Среди млекопитающих сезонная спячка известна у многих видов из всех трех подклассов. Она наблюдается у яйцекладущей (однопроходной) ехидны в Австралии и по крайней мере в двух семействах сумчатых – у австралийских поссумов-пигмеев (Burramyidae) и чилийского опоссума (Dromiciops australis, семейство Microbiotheriidae) в Южной Америке. В подклассе плацентарных сезонная спячка известна у представителей отрядов насекомоядных (ежи), рукокрылых (насекомоядные летучие мыши) и грызунов (сони, сурки, бурундуки, суслики). По-видимому, летняя спячка свойственна некоторым мадагаскарским приматам. То, что принято считать зимней спячкой у крупных хищных (медведей, барсуков), на самом деле представляет собой принципиально иное физиологическое состояние и называется зимним сном или зимней анорексией (потерей аппетита). Температура тела в этом случае снижается всего на несколько градусов.

Суточная спячка широко распространена и среди небольших зверьков. Она известна в нескольких семействах сумчатых в Австралии (у хищных сумчатых, мелких поссумов) и Южной Америке (у мышевидных опоссумов). Из плацентарных в нее впадают насекомоядные (землеройки), летучие мыши, крыланы, приматы (мышиные лемуры), хищные (скунс, американский барсук), грызуны (белоногие хомячки, песчанки) и прыгунчиковые.

Пресмыкающиеся и другие животные. Состояние сезонного оцепенения свойственно не только эндотермным млекопитающим и птицам, но и широко распространено среди эктотермных позвоночных (рыб, земноводных, пресмыкающихся) и беспозвоночных (например, насекомых и улиток). Однако у эктотермов это состояние отличается тем, что животное не способно активно отогреваться за счет внутренней теплопродукции и целиком зависит от внешних источников тепла.

У многих пресмыкающихся и рыб в состоянии сезонного оцепенения (у холоднокровных животных спячкой его называть не принято) не только резко снижается интенсивность обмена веществ; когда возникают гипоксические условия, т.е. в организме уменьшается содержание кислорода, они переключаются на анаэробный метаболизм. У земноводных в состоянии оцепенения, по-видимому, продолжается газообмен, соответствующий крайне слабому аэробному обмену веществ. Большинство эктотермных позвоночных зимует в местах, где они защищены от промерзания. Однако некоторые сухопутные виды (лягушки, черепахи) способны переживать и полное замораживание, тогда как рыбы могут быть окружены льдом, но сами, по-видимому, при этом не промерзают. У видов, устойчивых к замерзанию, в жизненно важных органах снижается содержание воды и возрастает концентрация глюкозы и других веществ, называемых криопротекторами. Эти соединения препятствуют кристаллизации льда, которая увеличивала бы объем клеток, и тем самым защищают от разрушения их мембранные структуры. Многие беспозвоночные, в частности насекомые и обитатели морской литорали, также могут переживать замерзание.

Беспозвоночным свойственны различные формы оцепенения со значительным снижением интенсивности обмена веществ. Некоторые брюхоногие моллюски способны при неизменной температуре снизить его на 90% по сравнению с активным состоянием. В отсутствие кислорода скорость метаболических процессов у рачка артемии составляет всего 0,002% от уровня, соответствующего активному состоянию. Зимнее оцепенение у насекомых индуцируется низкой температурой окружающей среды, а летнее является реакцией на дефицит воды и жару. С другой стороны, возникающая на определенной стадии их жизненного цикла диапауза, т.е. период физиологического покоя и временной остановки развития, обычно не связана со специфическими средовыми факторами, а запрограммирована чисто генетически.

Преимущества и недостатки. Основное преимущество спячки и других рассмотренных состояний покоя состоит в том, что они позволяют существенно снизить энергозатраты. Даже если учитывать периодические пробуждения, млекопитающее во время зимней спячки тратит менее 15% того количества энергии, которая потребовалась бы ему для поддержания зимой нормальной температуры тела. Масштабы такой экономии, вероятно, лучше всего иллюстрирует тот факт, что многие впавшие в спячку звери в течение 5–7 месяцев существуют исключительно за счет жировых запасов, накопленных перед наступлением неблагоприятного сезона.

К потенциальным недостаткам долгосрочного оцепенения относится возможность гибели от истощения или иссушения организма. Опасность представляет также промерзание при экстремальном похолодании или недостатке энергетических резервов, необходимых для терморегуляции. В период глубокой спячки животные неподвижны, а значит, беззащитны перед хищниками. К отрицательным последствиям сезонной спячки относятся также ослабление иммунитета и атрофия скелетной мускулатуры.

Регулирующие факторы. Наступление зимней спячки у многих видов определяется сезонным изменением фотопериода, т.е. соотношения светлого и темного времени суток. Сокращение долготы дня индуцирует уменьшение размеров органов размножения у животных и начало их подготовки к гибернации. Однако не всем видам свойствен фотопериодизм. Например, у многих сусликов наблюдается четкий цирканнуальный (окологодичный) биоритм, определяющий сезон спячки в общем независимо от фотопериода. Для ряда видов, живущих в местообитаниях с непредсказуемыми колебаниями средовых факторов, характерна нерегулярная спячка. Они способны впадать в продолжительное оцепенение в любое время года, когда условия становятся неблагоприятными для активной жизнедеятельности.

**Подготовка.**

В период подготовки к спячке важной особенностью животных становится накопление жира и/или запасание корма. Одной из форм подготовки служит также усиленное потребление жирных кислот, которые повышают устойчивость организма к длительному оцепенению. Крайне важен выбор подходящего для спячки убежища. Им часто служат норы, пещеры или горные выработки, в которых животное защищено не только от хищников, но и от экстремальных температур. В большинстве зимних убежищ температура всегда хотя бы на несколько градусов выше нуля, даже если снаружи стоят сильные морозы.

У многих видов впадению в сезонную спячку предшествуют короткие эпизоды оцепенения с сохранением относительно высокой температуры тела. Однако такая «разминка» наблюдается далеко не всегда. Тем не менее температура тела и интенсивность метаболизма, по-видимому, достигают минимума только в середине сезона спячки, когда периоды глубокого оцепенения особенно продолжительны.

Физиологические изменения. Во время оцепенения происходит не только снижение температуры тела и интенсивности метаболизма. Значительно сокращается частота сердечных сокращений – до 5–10 ударов в минуту. Хотя минутный сердечный выброс может уменьшиться на 98%, кровяное давление падает всего на 20–40%, поскольку со снижением температуры увеличивается вязкость крови. Более того, кровоснабжение сердца и т.н.«бурого жира», служащего источником энергии, даже улучшается. Дыхание у многих видов в состоянии спячки не равномерное, а состоит из чередующихся периодов полипноэ (учащенного поверхностного дыхания) и апноэ (отсутствия дыхания), которое может длиться более часа; в результате резко снижается поступление кислорода в организм.

Хотя во время оцепенения температура тела теплокровных животных может колебаться в зависимости от окружающих условий, как у эктотермных видов, терморегуляция у них не прекращается. Существует определенный температурный порог, ниже которого организм остывать не должен.

Периодические пробуждения. Большая часть энергии во время зимней спячки расходуется на периодические пробуждения. Причины его прерывания понятны не до конца, и по этому поводу существует несколько гипотез. Согласно одной из них, во время оцепенения каким-то образом нарушается физиологический баланс, и нормотермные периоды необходимы для его корректировки. Вероятно, это связано с истощением запасов некоторых питательных веществ (например, глюкозы), которые должны ресинтезироваться, с накоплением вредных соединений, требующих экскреции, или с обезвоживанием организма, т.е. необходимостью увеличить содержание в нем воды. Согласно другим гипотезам, эпизоды оцепенения контролируются биологическими часами, и животные пробуждаются в соответствии с удлиненным циркадианным (околосуточным) ритмом для периодической проверки окружающих условий, или же они вынуждены просыпаться, чтобы сохранить способность к продолжению спячки, поскольку при низкой температуре тела развивается своего рода «сонная задолженность» организма, ликвидируемая в нормотермном состоянии.

Причины периодического выхода из оцепенения неизвестны, но установлено, что находящиеся в нем животные становятся чувствительнее к внешним раздражителям при повышении температуры и к концу периода глубокого оцепенения. Тепло для отогревания может генерироваться за счет мышечной дрожи или усиленного окисления бурого жира. Скорость повышения температуры зависит от массы тела животного: у мелких видов (массой менее 10 г) ее максимум составляет более 1° С/мин, тогда как у крупных (тяжелее 5 кг) не превышает 0,1° С/мин. В то же время максимальная скорость отогревания не сохраняется на протяжении всего процесса пробуждения, который длится у мелких животных обычно менее 1 ч, а у крупных – несколько часов.