

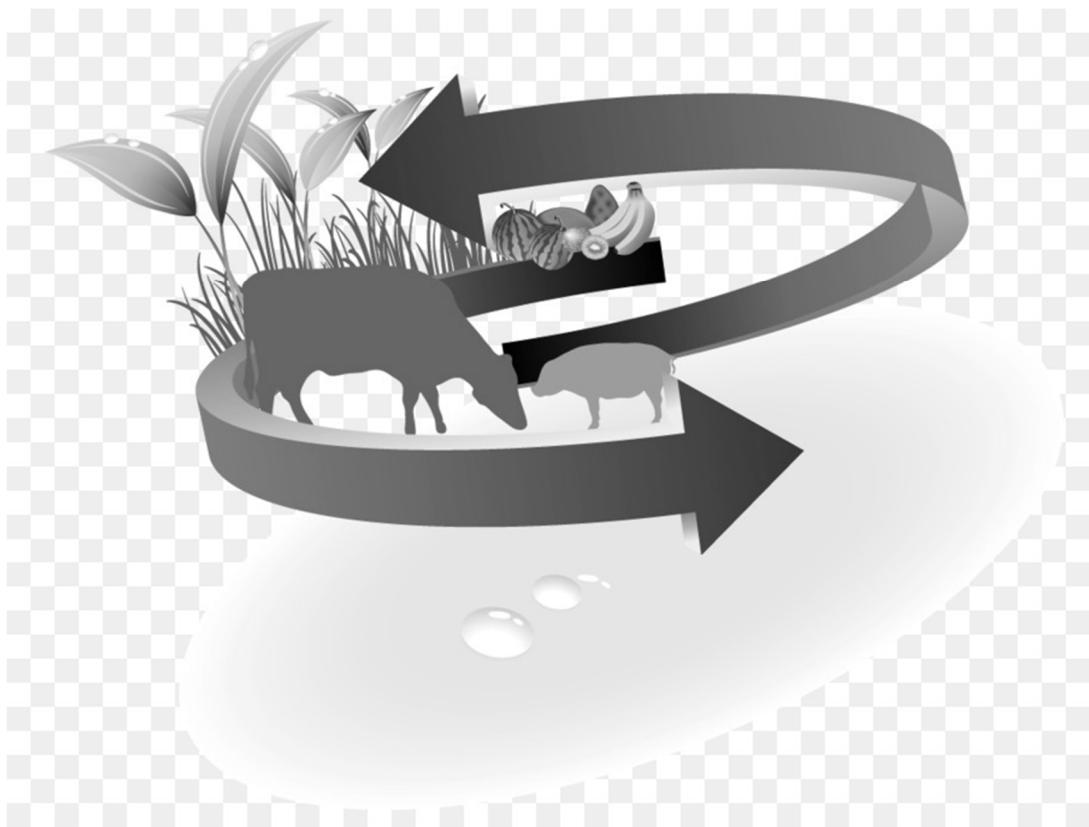
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

Г.В. Ильина, С.А. Сашенкова, Д.Ю. Ильин

# ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

*Учебное пособие  
для студентов технологического факультета  
направления подготовки 36.03.02 Зоотехния*

*Квалификация бакалавр*



Пенза 2019

**УДК 641 (075)**  
**ББК 36-1. (я7)**  
**И 46**

Рецензент – доктор с.-х. наук, заведующий кафедрой производства продукции животноводства А.И. Дарьин

Печатается по решению методической комиссии технологического факультета от 07 октября 2019 г., протокол № 3

Ильина, Г.В.

**И 46** Экология животноводства: учебное пособие / Ильина Г.В., Сашенкова С.А., Ильин Д.Ю. – Пенза: РИО ПГАУ, 2019 – 214 с.: ил.

В пособии приводится теоретический материал, необходимый для усвоения дисциплины студентами технологического факультета направления подготовки 36.03.02 Зоотехния, квалификация бакалавр. Содержатся примеры, иллюстрации, упрощающие восприятие тем и отдельных вопросов.

© ФГБОУ ВО  
Пензенская ГСХА, 2019  
© Г.В. Ильина,  
С.А. Сашенкова,  
Д.Ю. Ильин, 2019

## **Содержание**

Введение.....	4
1. Особенности экологии животных.....	6
1.1 Методы изучения экологии животных.....	8
1.2 Понятие о среде обитания и факторах среды.....	11
1.3 Адаптации животных. Основные закономерности их формирования.....	38
1.4 Закономерности функционирования популяций животных.....	58
2. Экосистемы. Методы повышения продуктивности агроэкосистем. Функционирование в условиях техногенеза.....	67
3. Природно-ресурсный потенциал сельскохозяйственного производства.....	86
4. Круговорот основных биогенных элементов. Влияние сельскохозяйственного производства на круговорот веществ.....	92
5. Животноводческие комплексы и охрана окружающей среды. Методы очистки и утилизации отходов животноводства.....	101
6. Контроль состояния окружающей среды.....	114
7. Органическое сельское хозяйство.....	122
Словарь терминов.....	202
Список литературы.....	212

## **Введение**

Никакая другая отрасль производства не связана так тесно с использованием природных ресурсов, как сельское хозяйство. Сельское хозяйство – это по существу использование природы, окружающей нас естественной среды для удовлетворения потребностей человека. Сельское хозяйство необходимо рассматривать как огромный, постоянно действующий механизм культивирования живых природных богатств, и подходить к нему следует еще под одним углом зрения – с учетом интересов самой окружающей среды. Поэтому в условиях аграрного производства использование природных ресурсов и, прежде всего, земли должно сочетаться с мерами по охране окружающей среды.

Животноводство, как любая другая отрасль хозяйствования оказывает определенное вредное воздействие на окружающую среду. Бессистемное развитие данной отрасли влияет на истощение земель, водных ресурсов и биологического разнообразия. От деградации экологических систем животноводство не только само страдает, но и вступает в конкуренцию с другими отраслями за использование перечисленных выше ресурсов.

С каждым годом растет спрос на продукцию животноводства. Поэтому в отрасли ощущается необходимость в снижении отрицательного воздействия производства на окружающую среду путем эффективного использования природных ресурсов. Кроме того максимальное использование передовых технологий на производстве также способствовало бы снижению наносимого окружающей среде ущерба. Взаимоотношения животноводства с экологическими системами носит комплексный характер. Развитие сельского хозяйства промышленным путем ведет к высокой концентрации различных отходов. Животноводство является источником газообразных выбросов, загрязняющих атмосферу и способствующих усилинию парникового явления. Дальнейшее развитие производства обострит воздействие на экологию и природные ресурсы. Это обстоятельство требует поиска новых технологических путей, дающих возможность уменьшить нагрузку на окружающую среду.

Основной задачей пособия является оказание помощи студентам в формировании грамотного подхода к сложным процессам содержания и эксплуатации продуктивных свойств сельскохозяйственных животных, обеспечения снижения экологической нагрузки животноводческого комплекса на окружающую природную среду.

# **1. ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ЖИВОТНЫХ**

Термин **экология** происходит от греческих слов ойкос – дом, жилище и логос – учение, наука. То есть, в буквальном изложении экология – это знание об обитателях «природного дома» и обо всем, что в нем происходит. Экология имеет свои специфические объекты исследования: с одной стороны, это среда обитания во всех своих проявлениях и все характеризующие ее параметры, с другой стороны, живые организмы – живая материя, в основном на трех уровнях ее организации: организменном (особи, индивидуумы и их группы), популяционновидовом (популяции, таксоны рангов ниже видового и виды) и экосистемном (сообщества). Предметом рассмотрения для этой науки являются взаимоотношения между живыми организмами и средой их обитания.

**Экология животных** является одним из разделов экологии, выделяемым наряду с экологией растений, экологией водорослей, экологией грибов, экологией микроорганизмов. Таким образом, экология животных – это наука об отношениях животных организмов или групп организмов с окружающей их средой. Принципы экологии животных идентичны общееэкологическим, но они рассматриваются сквозь призму специфики зоологических объектов. Поэтому экология животных теснейшим образом интегрирована с различными разделами экологии и зоологии. Среди последних следует особо выделить морфологию и физиологию животных, этологию, зоогеографию.

Экологические знания являются неотъемлемой частью информационной базы современной медицины и ветеринарии. Экология животных тесно связана с прикладными направлениями науки – зоотехнией, охотоведением, лесоведением, защитой растений, медицинской и ветеринарной зоологией, охраной природы.

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать разнообразные задачи экологии животных, от общетеоретических до узко прикладных:

1. исследование закономерностей взаимодействия животных организмов со средой обитания, в т.ч. в связи с антропогенным воздействием на природные системы;
2. прогнозирование изменений в природе под влиянием деятельности человека;
3. экологическая индикация при определении тех или иных компонентов и элементов среды обитания, в т.ч. биоиндикация загрязнения среды с использованием животных организмов;
4. управление процессами, протекающими в биосфере, в том числе регуляция численности популяций животных;
5. сохранение биологического разнообразия животных организмов и эталонов ненарушенных природных систем как сред их обитания;
6. создание научной основы рациональной эксплуатации биологических ресурсов, в т.ч. перехода от промысла животных к их культивированию;
7. восстановление нарушенных природных систем (в т.ч. восстановление пастбищ, продуктивности водоемов и т.п.).

Первые экологические знания были накоплены человечеством на заре его развития. Наука как специфическая сфера общественного сознания начала оформляться в Античном мире. Труды Гиппократа, Аристотеля, других мыслителей того времени содержат массу сведений экологического плана. В эпоху Средневековья научная деятельность в странах Европы подвергалась запретам, накопление научного знания практически прекратилось, многое было утрачено. В это время естествознание (а значит и исследования экологической направленности) в той или иной степени развивались в странах Востока. Многие работы натуралистов эпохи Возрождения носили явно экологический характер. Основоположником собственно экологического направления в естествознании в России был профессор Московского университета К.Ф. Рулье (1814–1858), который призывал изучать живые организмы в их взаимоотношениях с окружающей средой, так как: «Ни одно органическое существо не живет само по себе; каждое вызывается к жизни и живет постольку, поскольку находится во взаимодействии с относительно внешним для него миром».

## **1.1 Методы изучения экологии животных**

Одной из характерных черт экологических исследований животных является изучение их питания, т. е. определение состава пищи и количества ее компонентов. Эти показатели могут изменяться в течение сезона. Для учета их анализируется содержимое желудков, погадок и остатков пищи, химический состав самой пищи, устанавливаются важнейшие компоненты и их значение для жизни животных на разных фазах развития и в различные сезоны.

При изучении животных, так же как и растений, важно знать абиотические условия среды (химизм, влажность, температура, степень освещенности, в целом метеорологические, почвенные, гидрологические факторы) и биотические связи в сообществе.

Состав популяций видов животных, их структура, количество и другие показатели зависят от динамики размножения. Вот почему большое внимание уделяется вопросам размножения животных. Решение их позволяет выяснить фенологию размножения, степень участия в нем особей разного возраста и различного физиологического состояния, интенсивность размножения популяции, а также зависимость всех этих показателей от абиотических и биотических факторов.

Знание особенностей поведения животных в разные сезоны, периоды жизни, в той или иной среде обитания также весьма существенно, поскольку с этими показателями связано состояние популяции, способность ее приспосабливаться к изменяющимся условиям.

Чтобы изучить образ жизни животных, их сезонные биологические циклы, необходимо выявить закономерности миграций и размещения популяций. Для этого используются различные способы *мечения* животных (кольцевание птиц, закрепление на теле млекопитающих меток, окраска, прикрепление к телу радиопередатчиков, введение в организм меченых атомов и т. д.).

Экологические исследования животных, как и растений, направлены на изучение у них интенсивности газообмена, водного обмена, накопления запасных питательных веществ, темпов роста, скорости размножения, биохимических процессов и ряда других показателей.

Для этого широко применяются общенаучные и общебиологические методы, но в отличие, например, от физиологических или анатомических исследований, когда изучается отдельный организм или процесс, происходящий в нем, в экологии с помощью этих методов мы познаем макросистему, т. е. группу особей, популяцию или сообщество.

Учет численности организмов и ее динамика являются основными показателями экологических исследований.

**Количественный учет** может быть визуальным (глазомерным) и инструментальным. При **визуальном** учете организмы подсчитываются на определенном участке (площадный учет), маршруте (линейный учет) или в определенном объеме воды, почвы (объемный учет). Такой учет менее точный, чем **инструментальный**, при котором используются различные приборы. Например, в гидробиологии широко применяются дночерпатели и планктоночерпатели, позволяющие довольно точно подсчитать количество водных организмов на той или иной площади или в конкретном объеме.

Различают также **полный** и **выборочный** учеты. Полный учет обычно применяется в лабораторных условиях. При этом подсчитываются все без исключения организмы. В природных условиях такая возможность практически исключена, и здесь, как правило, применяется выборочный учет – подсчитывается население на определенном участке (пробные площади, учетные площадки) и производится пересчет на всю площадь, занимаемую популяцией или сообществом. Выборочный учет может быть **абсолютным** и **относительным**. При абсолютном учете подсчитываются все организмы на пробной площади или в каком-то объеме. При относительном учете численность организмов учитывается приблизительно. Например, количество зверьков, попавших в определенное число ловушек на той или иной территории за сутки; количество птиц или растений, обнаруженных на маршруте.

В экологии используют следующие основные показатели численности организмов.

**Встречаемость** (частота встречаемости) – это относительное число выборок, в которых представлен данный вид. Степень встречаемости зависит от относительных размеров выборки. Кроме того, чем

больше выборок, тем точнее можно выявить виды, свойственные большинству из них или только некоторым. Встречаемость характеризует распределение вида на пробной площади (выборка). Обычно на исследуемой площади намечается до 50 мелких выборок. Если вид встречается менее чем на 25% выборок – он случайный, более чем на 50% – встречаемость его высокая. В геоботанике часто рассчитывается коэффициент встречаемости, т. е. процентное отношение числа площадок, где вид зафиксирован, к общему числу площадок.

**Обилие** – это количество особей вида либо всего сообщества, приходящееся на единицу площади или объема.

При учете животных различают разовое обилие и среднее для всего пространства за определенный период (сезон, месяц, год). Причем в данных исследованиях обилие часто называется плотностью населения.

**Доминирование** (относительное обилие) представляет собой отношение числа особей данного вида к общему числу особей всех видов, выраженное в процентах. Оно характеризует преобладание одного вида над другими.

**Биомасса** – это общая масса особей одного вида, группы видов или сообщества в целом, приходящаяся на единицу поверхности или объема местообитания. Выражается она в массе сырого или сухого вещества, а также углерода или азота (грамм на квадратный или кубический метр). Биомасса растений носит название **фитомассы**, животных – **зоомассы**. По биомассе отдельных компонентов судят о количественных соотношениях масс организмов. С помощью количественного учета устанавливают разовую, начальную (в начале вегетационного периода), конечную (в конце вегетационного периода), среднюю (за какой-то период времени – месяц, год) биомассу.

Прирост биомассы организмов вида или всего сообщества за определенный период называется **продукцией**. Например, биомасса зерна пшеницы, полученная с гектара, является продукцией за год, или урожаем.

При специальных исследованиях, кроме перечисленных, используют и другие показатели численности организмов: **индекс плотно-**

*сти, удельную продукцию, продуктивность, преобладание* (весовой и объемный методы) и др.

Все показатели количественного учета имеют большое теоретическое и практическое значение. Позволяя выявить биологические ресурсы отдельных биогеоценозов и биосфера в целом, они дают возможность делать кратковременные и долгосрочные прогнозы численности полезных и вредных видов, разрабатывать меры по охране и рациональному использованию природных ресурсов.

## **1.2 Понятие о среде обитания и факторах среды**

С точки зрения экологической науки, **окружающая среда** – это тела и явления (объекты и процессы), с которыми организм находится в прямых или косвенных отношениях.

Под факторами среды, то есть экологическими факторами подразумеваются любые элементы среды, способные оказывать на живые организмы то или иное влияние. Например, воздействие на животных космического нейтринного излучения, пронизывающего Земной шар, никак не проявляется. Ввиду этого, его можно исключить из числа элементов среды, относящихся к числу экологических факторов, действующих на рассматриваемой планете в данное время. В свою очередь, организм реагирует на экологический фактор специфическими приспособительными реакциями. Способность к адаптации, приспособлению – фундаментальное свойство органической жизни. Эта способность обеспечивает возможность живым организмам выжить в конкретных условиях их обитания.

Существует большое число различных классификаций экологических факторов. Так, факторы среды можно разделить на: 1. факторы неживой природы, т.е. абиотические; 2. факторы живой природы, т.е. биотические; 3. факторы, связанные с деятельностью человека, т.е. антропогенные.

Среди прочих выделяются следующие группы абиотических факторов: климатические (температура, влажность, свет, атмосферное давление, ветер и др.); эдафические (механический состав, влагоемкость, воздухопроницаемость, плотность почвы); орографические (рельеф

местности, высота над уровнем моря, экспозиция склона); химические – газовый состав воздуха и наличие химических загрязнений; состав воды – содержание растворенных веществ и взвесей; кислотность, осмотическое давление и состав почвенных растворов; химический состав грунта).

Следует отдельно остановиться на рассмотрении влияния важнейших абиотических факторов (температуры, света и влажности) на организмы животных.

**1. Температура.** Диапазон существующих во Вселенной температур равен тысячам градусов. Пределы, в которых может существовать жизнь, гораздо уже, это примерно зона в 300 °C (от – 200 до +100 °C), на самом же деле большинство организмов приспособлены к жизни в еще более узком диапазоне температур. Температурные колебания очень часто контролируют сезонные и суточные ритмы животных. Кроме того, температура часто создает зональность в распределении животных по территории. В то же время животные могут компенсировать колебания температуры, приспосабливаясь к ним.

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  $Q_{10}$ , показывающим, во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры на 10°C:

$$Q_{10} = K_t + 10 / K_t,$$

где  $K_t$  – скорость реакции при температуре  $t$ .

Коэффициент температурного ускорения  $Q_{10}$ , для большинства химических реакций абиотического характера равный 2-3, 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 выявляется линейной функцией температуры. Так, у колорадского жука потребление кислорода в диапазоне 10–30°C характеризуется величиной  $Q_{10} = 2,46$ , а при температуре 20–30°C  $Q_{10} = 1,8$ . Зависимость метаболизма рыб и многих других водных животных от температуры выражается в изменении величины  $Q_{10}$  от 10,9 до 2,2 в диапазоне температур от 0 до 30°C. В одном и том же организме величина температурного ускорения биохимических реакций неодинакова для различных процессов. Эта закономерность нередко определяет пределы температурной устойчивости организма в целом.

Существуют температурные пороги жизни. Объективная зависимость скорости реакций от температуры уже исходно определяет, что жизненные функции могут протекать лишь в определенном интервале температур. Имеется ряд дополнительных обстоятельств, определяющих температурные пороги, выше и ниже которых жизнь невозможна. Видовая специфика ферментных систем приводит к тому, что эти пороги неодинаковы для разных видов живых организмов.

Верхний температурный порог жизни теоретически определяется температурой свертывания белков. Необратимые нарушения структуры белков обычно возникают при температуре порядка 60°C. Именно таков порог «тепловой смерти» у ряда простейших и некоторых низших многоклеточных организмов. Обезвоживание организма повышает этот порог, а соответственно и термоустойчивость организма. Именно на этом основана высокая термоустойчивость цист, спор, да и некоторых мелких организмов в обезвоженном состоянии. У более сложно организованных животных тепловая гибель обычно наступает при более низких температурах. Основная причина ее – рассогласование обменных процессов, вызванное разным значением  $Q_{10}$  для разных реакций. У животных большое значение имеют нарушения деятельности нервной системы и ее регуляторных функций. Поэтому у большинства животных тепловая гибель наступает раньше, чем начинают коагулировать белки, – при температуре тела порядка 42–43°C. Нарушения метаболических и регуляторных процессов наступают и при очень низких температурах. Дисгармония функций в целом организме определяется, как и при ги-

пертермии, разной величиной  $Q_{10}$  отдельных реакций. Например, нарушения деятельности сердца при слабом охлаждении проявляются в ритме сокращений и сократимости сердечной мышцы, а при более сильном – в ее проводимости и возбудимости. При одном и том же снижении температуры удлинение периода диастолы выражено сильнее, чем систолы. В почках млекопитающих канальцевая реабсорбция затормаживается уже при температуре тела 23—20°C, а клубочковая фильтрация – только при 19°C, что нарушает выделительную функцию уже при относительно высокой температуре. У насекомых охлаждение подавляет механизмы, обеспечивающие приток кислорода к клеткам, сильнее, чем интенсивность клеточного дыхания. Переваривание пищи в кишечнике пчел тормозится охлаждением в большей степени, чем потребление глюкозы тканями. Условные рефлексы у собак угасают при температуре тела 30–27°C, тогда как биотики коры больших полушарий регистрируются до 22–21°C, а функция стволовой части мозга сохраняется при еще более низкой температуре.

Важное значение в определении нижнего температурного порога жизни имеют структурные изменения в клетках и тканях, связанные с замерзанием внеклеточной и внутриклеточной жидкостей. При образовании кристаллов льда механически повреждаются ткани, что часто служит непосредственной причиной холодовой гибели. Кроме того, образование льда нарушает обменные процессы: обезвоживание цитоплазмы влечет за собой повышение концентрации солей, нарушение осмотического равновесия и денатурацию белков. Для многих животных именно нарушения метаболизма вызывают холодовую гибель. Среди растений морозоустойчивые формы выдерживают полное зимнее промерзание, что определяется сезонной перестройкой ультраструктуры клеток, направленной на устойчивость их к обезвоживанию. Сухие семена выдерживают охлаждение практически до абсолютного нуля.

В пределах изменений температуры от верхнего до нижнего порогов жизни реализуется закономерное влияние ее на жизненные процессы, отраженное в правиле Вант-Гоффа.

Рассмотренные закономерности отражают зависимость обменных реакций от температуры тела. Последняя же в большинстве случаев не

идентична температуре среды; она устанавливается в результате баланса тепла между организмом и внешней средой. Постоянно происходящий обмен тепла (теплообмен) организма со средой зависит от ряда факторов и в принципе складывается из двух противоположных процессов: притока тепла и отдачи его во внешнюю среду. Поступление тепла в организм из внешней среды идет путем теплопроводности и радиации; кроме того, в любом живом организме продуцируется эндогенное тепло как результат всех метаболических реакций. Отдача тепла во внешнюю среду осуществляется также проведением и радиацией; кроме того, значительное количество тепла расходуется организмом в процессе жизнедеятельности путем испарения влаги (скрытая теплота испарения при 22°C составляет 2443,5 Дж/г, или 584 кал/г). Баланс этих двух процессов и определяет собой температуру тела, т. е. тепловую среду биохимических и физиологических реакций, протекающих в организме.

Относительная роль перечисленных составляющих теплообмена неодинакова у разных форм живых организмов. По принципиальным особенностям теплообмена различают две крупные экологические группы организмов: *пойкилтермные* и *гомойотермные*.

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

К группе гомойотермных относятся два класса высших позвоночных – птицы и млекопитающие. Принципиальное отличие теплообмена гомойотермных (от греч. *homoios* – одинаковый, подобный) животных от пойкилтермных 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 – 20°C составляет примерно  $4\text{--}5 \text{ тыс. см}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ , а у беспозвоночных животных при такой же температуре  $-10\text{--}20 \text{ см}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ . При одинаковой массе тела (2,5 кг) суточный метаболизм гремучей змеи составляет 32,3 Дж/кг (382 Дж/м<sup>2</sup>), у сурка – 120,5 Дж/кг (1755 Дж/м<sup>2</sup>), у кролика – 188,2 Дж/кг (2600 Дж/м<sup>2</sup>).

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.

**2. Излучение (свет).** С одной стороны, прямое воздействие света на протоплазму смертельно для организма, с другой же стороны – свет служит первичным источником энергии, без которого невозможна жизнь. Излучение представляет собой электромагнитные волны самой различной длины. На животных действует видимый свет и соседние с ним области. Для экологии важны качественные признаки света – длина волны (цвет); интенсивность – энергия в калориях; продолжительность воздействия. Известно, что животные реагируют на изменение длины световой волны. Цветовое (цветное) зрение также развито во многих группах животных. Особенно хорошо оно проявлено у некоторых групп членистоногих, рыб, птиц, млекопитающих. Продолжительность освещения (фотопериод) является практически для всех животных важным регулирующим фактором.

Строго говоря, в экологии под термином «свет» подразумевается весь диапазон солнечного излучения, представляющий собой поток

энергии в пределах длин волн от 0,05 до 3000 нм и более. Этот поток радиации распадается на несколько областей, отличающихся физическими свойствами и экологическим значением для живых организмов. Границы этих областей не четки; в общем виде их можно представить следующим образом:

< 150 нм – зона ионизирующей радиации;

150 – 400 нм - ультрафиолетовая радиация (УФ);

400 – 800 нм – видимый свет (границы отличаются для разных организмов);

800 – 1000 нм – инфракрасная радиация (ИК).

За пределами зоны ИК-радиации располагается область так называемой дальней инфракрасной радиации – мощного фактора теплового режима среды. ИК-радиация в основном несет тепловую энергию, и биологическое ее действие связано со многими процессами.

На поверхности Земли воздействие радиации на организмы связано главным образом с естественным радиоактивным фоном, а в наше время – и с его резкими возрастаниями техногенного происхождения. Биологическое действие радиации осуществляется, в основном, на субклеточном уровне (ядра, митохондрии, микросомы). Установлена зависимость этого действия от дозы облучения: при малых дозировках повреждающий эффект может сменяться стимулирующим. Известно влияние ионизирующей радиации на генетический аппарат (мутагенный эффект). Экологический аспект действия этой части спектра остается практически не изученным.

**Ультрафиолетовые лучи** - наиболее коротковолновая (200 – 280 нм) зона этой части спектра («ультрафиолет С») активно абсорбируется кожей; по опасности УФ-С близок к Х-лучам, но практически полностью поглощается озоновым экраном. Следующая зона – УФ-В с длиной волны 280 – 320 нм – наиболее опасная часть спектра УФ, обладающая канцерогенным действием. Механизм этого действия неизвестен; предполагают влияние через нарушение молекулы ДНК. Кроме того, эти лучи инактивируют в коже клетки Лангерганса, отвечающие за ее иммунитет, а также активируют некоторые микроорганизмы. Последнее свойственно только этой части спектра УФ; в других длинах волн

УФ губителен для микробов. Большая часть зоны УФ-В также поглощается озоновым, экраном; до поверхности Земли доходят лишь УФ-лучи с длиной волны примерно от 300 нм. Эта часть спектра обладает большой энергией и оказывает на живые организмы главным образом химическое действие. В частности, УФ-лучи стимулируют процессы клеточного синтеза. Показано, что облучение ультрафиолетом повышает продуктивность молодняка сельскохозяйственных животных.

Под действием этих лучей в организме синтезируется витамин D, регулирующий обмен Ca и P, а соответственно нормальный рост и развитие скелета. Особенno велико значение этого витамина для растущего молодняка. Поэтому многие млекопитающие, выводящие детенышей в норах, регулярно (чаще – по утрам) выносят их на освещенные солнцем места вблизи норы. Так поступают, например, лисицы и барсуки. «Солнечное купанье» свойственно и многим птицам; основная роль этой формы поведения – нормализация обмена, синтез витамина D и регуляция продукции меланина. У водоплавающих птиц витамин D синтезируется на основе жирного секрета копчиковых желез, которым они смазывают свое оперение; соскабливая затем при чистке пера слой жира, птицы заглатывают его и таким образом обеспечивают себя витамином.

Действие УФ зависит от дозы: слишком сильное облучение вредно для организма. Особенно неустойчивы к коротковолновой радиации активно делящиеся клетки. Как приспособление к экранированию организма от передозировки УФ у многих видов формируются темные пигменты, поглощающие эти лучи. Такова природа загара у человека. У лягушек и некоторых других амфибий откладываемые на поверхности воды икринки имеют пигментированный анимальный (верхний) полюс. То же свойственно ряду видов рыб. У многих рептилий и грызунов, обитающих в условиях высокой инсоляции, пигментирована брыжейка, причем тем большей поверхности, чем выше уровень облучения в собственных видах местах обитания.

**Видимый свет** составляет порядка 40 – 50 % солнечной энергии, достигающей Земли. Для животных видимая часть спектра связана прежде всего с ориентированием в окружающей среде. Зрительная ори-

ентация свойственна большинству дневных животных и используется как источник сложной информации о внешних условиях. Эффективность восприятия зрительных сигналов очень различна: от простых светочувствительных клеток, в которых световые воздействия на зрительные пигменты фотохимически трансформируются в нервный импульс, до сложно устроенных глаз, способных к восприятию объемных образов в цветовом варианте. У ряда птиц зрительное восприятие распространяется на часть ультрафиолетовой зоны спектра; многие животные воспринимают как видимый свет ближнюю область ИК-излучения.

В океане интенсивность освещения падает с глубиной. Параллельно изменяется и спектральный состав света: глубже всего проникает его коротковолновая часть – синие и голубые лучи. Освещенность на мелководье мало отличается от суши, и обитающие здесь рыбы имеют в сетчатке большой процент колбочек, чувствительных к красному цвету. У рыб, обитающих в зеленой воде прибрежной зоны, таких колбочек нет; отсутствуют у них и оранжево-чувствительные клетки. Среди глубоководных рыб большинство имеют в сетчатке лишь один тип палочек, чувствительных к синему цвету.

Известно, что на глубине 800 – 950 м интенсивность света составляет около 1 % полдневного освещения на поверхности. Этого еще достаточно для светоощущения: порог зрительной чувствительности некоторых организмов приближается к  $10^{-10}$  полуденного освещения. Дальнейшее увеличение глубины связано у одних видов с редукцией органов зрения, а у других – с развитием гипертрофированных глаз, способных воспринимать очень слабый свет. Последнее в значительной степени определяется наличием на больших глубинах светящихся (*биолюминесцирующих*) организмов. Некоторые из них способны создавать освещение порядка  $10^{-2}$  мкВт/см<sup>2</sup>, что выше порога световой чувствительности животных. Свечение голубое (длина волны 400 – 500 нм), что соответствует «настройке» органов зрения глубоководных животных. Биологическое свечение используют и рыбы, образуя симбиотические связи со светящимися микроорганизмами и формируя специальные органы, свет которых используется для подманивания добычи, взаимного опознавания, различения полов и т. п.

Способность использовать лучистую энергию у хлорофилла растений и у зрительных пигментов животных очень близка; поэтому в спектре солнечного излучения область фотосинтетически активной радиации (ФАР) практически совпадает с диапазоном видимой части спектра с длиной волны порядка 400 –700 нм.

Другое специфическое значение светового фактора заключается в том, что закономерная динамика условий освещения играет важную роль в регуляции *периодических явлений* в жизни представителей органического мира. С самого возникновения жизни на нашей планете она осуществлялась в условиях ритмически меняющейся среды. Закономерная смена дня и ночи, регулярно повторяющиеся сезонные изменения комплекса факторов – все это требовало приспособления со стороны живых организмов. Наиболее кардинальная форма такого приспособления выражается в эволюционном становлении соизмеримости и согласования ритмов биологической активности различных живых форм с масштабами суточной и сезонной цикличности комплекса условий среды. Адаптивный смысл этого явления заключается в том, что на его основе открылась возможность совмещения различных форм жизнедеятельности организма с периодом наиболее благоприятных для их осуществления внешних условий. Ритмичность общих проявлений жизнедеятельности и отдельных ее форм свойственна всем живым существам. В основе ее лежит специфика биохимических и физиологических реакций, составляющих сущность жизни и имеющих ритмичный характер. Длительность ритмов отдельных процессов, идущих на суборганизменном уровне, очень различна: от долей секунды (например, активность нейрона) до нескольких часов (секреторная деятельность желез) и даже более. Функционирование целого организма основано на интеграции отдельных суборганизменных ритмов и согласовании их с меняющимися во времени условиями среды.

«Двойственный» характер происхождения адаптивных циклов (химико-биологическая природа первичных ритмов и зависимость их от периодических изменений условий среды) отчетливо отражается на физиологических механизмах, регулирующих суточную и сезонную периодичность жизнедеятельности организмов.

По современным представлениям в основе периодических процессов лежит внутренняя (**эндогенная**) программа, на которую воздействует сложный комплекс внешних условий. Одни из них прямо модифицируют эндогенную программу в соответствии с конкретной экологической ситуацией, другие выступают в качестве «датчиков времени», способствуя синхронизации эндогенных циклов с ходом закономерных (суточных, сезонных) изменений внешних условий. Одновременно, задавая общую «точку отсчета», эти факторы синхронизируют циклы суборганизменных процессов на уровне целого организма и циклы биологической активности отдельных особей на уровне всей популяции. Этим обеспечивается единство физиологического состояния и проявления определенных форм деятельности всеми особями, населяющими общие места обитания.

В качестве таких датчиков времени могут выступать многие периодически меняющиеся факторы среды. Но в эволюции большинства групп живых организмов основное синхронизирующее значение закрепилось за закономерными изменениями светового режима – фотопериодическая регуляция. Свет представляет собой первично-периодический фактор: закономерная смена дня и ночи, как и сезонные изменения длины светлой части суток, происходят с жесткой ритмичностью, которая определяется астрономическими процессами и на проявления которой не могут повлиять условия и процессы, осуществляющиеся на Земле. Поэтому **фотопериод** (соотношение светлой и темной частей суток; в более специальном смысле этот термин используют для обозначения длины дня («короткий» или «длинный» фотопериод) наиболее устойчив в своей динамике, автономен и не подвержен другим влияниям. Только на экваторе, где продолжительность дня и ночи не изменяется по сезонам, и в некоторых особых условиях (глубины моря, пещеры, непрерывный полярный день) ведущее значение в регуляции биологических ритмов приобретают другие факторы.

**Суточная периодичность** свойственна большинству видов животных. Имеются формы с дневной или ночной активностью; у некоторых видов вспышки активности проявляются спонтанно, независимо от времени суток, некоторым животным присуще проявление активности

в сумеречное время. Время начала или окончания бодрствования (или, наоборот, сна) у животных видоспецифично и отличается большим постоянством в своем соотношении с суточным ходом освещенности.

Общий характер активности животных в большинстве случаев определяется такими условиями, как тип питания, взаимоотношения с хищниками и конкурентами, суточные изменения комплекса абиотических факторов и т. п. Так, суточная активность пойкилотермных животных во многом определяется режимом температуры среды; у амфибий – сочетанием температуры и влажности. Среди грызунов виды, питающиеся грубые, богатые клетчаткой корма, отличаются, как правило, круглосуточной активностью. Семеноядные же формы, употребляющие более концентрированную пищу, имеют возможность приурочить время ее добывания к ночному периоду, когда слабее пресс хищников. Особенно ярко это выражено у обитателей открытых пространств, степей и пустынь. Циклические изменения общего уровня жизнедеятельности на протяжении суток связаны с соответствующими ритмами физиологических процессов. Активный период характеризуется большими энергозатратами и соответственно повышенной активностью комплекса физиологических реакций. Но суточные колебания метаболизма не есть только прямое следствие повышения общей активности: показаны закономерные суточные изменения уровня обмена покоя. В связи с динамикой обмена веществ регистрируются и суточные ритмы температуры тела, в том числе и у гомойотермных животных.

Режим освещения выступает в роли сигнального фактора, который определяет время начала и окончания активности. У ночных видов начало активности коррелирует с определенной степенью снижения освещенности, а ее утреннее повышение определяет окончание активного периода.

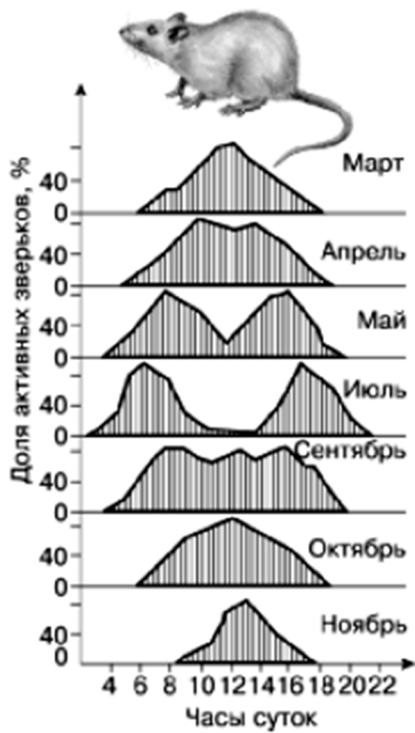
В связи с *сезонными изменениями* длины дня у многих видов сдвигается и время активности. У птиц, зимующих в умеренных широтах, в зимнее время активность начинается (относительно времени восхода солнца) раньше, чем летом. Видимо, реакция птиц на освещенность («пробуждающая яркость») в течение года не остается постоян-

ной. Биологически это легко объясняется необходимостью компенсации высоких энергозатрат в условиях короткого зимнего дня.

Пороговые величины освещенности определяют время начала и окончания активности. На протяжении активной части суток интенсивность деятельности животных обычно имеет пульсирующий, фазовый характер. Так, воробьиные птицы в период размножения наиболее активны в утренние часы; затем их активность снижается и вновь повышается вечером. То же характерно для многих ночных видов: серая неясыть, например, наиболее активна в начале и конце ночи (иногда проявляется третий пик, в ее середине). Неравномерное проявление активности, при котором периоды питания, перемещения в пространстве и других форм деятельности перемежаются фазами отдыха, свойственно очень многим видам животных. Это может быть связано с темпами накопления и расходования энергетических ресурсов, приспособлением к действию неблагоприятных факторов (например, перерыв активности в жаркое время суток) и т.п. Сезонные изменения комплекса факторов могут приводить к соответствующим модификациям типа активности (рис. 1).

В настоящее время установлено, что в основе суточных ритмов жизнедеятельности лежат наследственно закрепленные эндогенные циклы физиологических процессов с периодом, близким к 24 ч. Циклические процессы такого рода получили название *циркадианных (циркадных) ритмов*.

В наиболее «чистом» виде циркаддианные ритмы выявляются лишь при содержании животных в строго постоянных условиях, без контроля со стороны меняющихся факторов среды. Выявленные таким образом, они показывают высокую степень автономности. В то же время эти свободно текущие эндогенные ритмы легко синхронизируются какими-либо внешними датчиками времени (изменения освещенности, температуры и т. п.).



*Рисунок 1 – Сезонная смена типа суточной активности у больших песчанок *Rhombomys opimus* (по М.В. Шеханову, 1952)*

Характерная особенность циркадианных ритмов – некоторое несовпадение их периода с полными астрономическими сутками. Считают, что несовпадение циркадианного ритма с длительностью астрономических суток открывает возможность сдвига ритмов активности в порядке их синхронизации с естественной сменой условий в каждом конкретном районе в разные периоды года. Ведущую роль в этом процессе играют внешние датчики времени, влияние которых способствует совмещению активного периода с наиболее благоприятным временем суток, синхронизации ритмов различных процессов на уровне целого организма, а также деятельности всех особей данной популяции. На этом основании внешние факторы, выступающие в качестве датчиков времени, часто называют факторами-синхронизаторами.

У птиц и млекопитающих известны суточные циклы ряда эндокринных желез и ферментных систем. Например, у лабораторных мышей установлен четкий суточный ритм азотистого метаболизма с максимумом в 21 ч и минимумом в 9 ч. Отмечены закономерные изменения в

иммунных системах, в частности, суточные ритмы В- и Т-лимфоцитов. В целом у млекопитающих известно не менее 50 органов, имеющих собственный эндогенный ритм функционирования.

У некоторых птиц изучены циркадианные ритмы активности коры надпочечников. Выяснено, что у видов с дневной активностью (куры, перепел) продукция кортикостерона максимальна в светлое время суток. Характерна автономность этих ритмов – они не подвержены влиянию со стороны других периодических процессов (общая активность, температура тела). У перелетных птиц во время миграции обнаруживается суточный ритм секреции пролактина в гипофизе; содержание птиц в темноте не нарушает этот цикл, что свидетельствует о его эндогенной циркадианной природе. Во время миграций проявляется и суточная периодика содержания сахара в крови со всеми признаками циркадианного цикла. Характер динамики сахара в крови имеет отчетливую адаптивную направленность: расположение пиков позволяет разделить время кормовой и миграционной активности. Отмечены также ритмические колебания уровня гликогена в печени и других органах, связанные со световыми условиями.

Механизмы циркадианых ритмов и их регуляция остаются предметом интенсивных исследований. Природа «биологических часов», лежащих в основе эндогенных ритмов, изучена еще недостаточно. Большая степень автономности ритмов в отдельных органах, тканях и клетках побуждает искать эти механизмы на субклеточном уровне.

Согласно ведущей концепции, материальным носителем отсчета времени служит длинная молекула ДНК, нити которой расходятся, и на них строится информационная (матричная) РНК, достигающая полной длины одиночной нити ДНК примерно за 24 ч. Процесс сопровождается рядом сопутствующих реакций; он не зависит от температуры в очень широком диапазоне ее колебаний. Участие нуклеиновых кислот в механизмах биологических часов подтверждается тем, что действие ультрафиолетового облучения, повреждающего спирали ДНК, останавливало биологические часы или заметно сдвигало фазы циркадианного ритма.

В связи с механизмами биологических часов изучается также роль клеточных мембран. Изначально отсчет времени связывали с взаимодействием мембран и ионов, регулируемым по принципу обратной связи, что обеспечивает колебательный характер процесса. Полагают, что молекулярный механизм циркадианной ритмичности описывается трансляционно-мембранный моделью, включающей два этапа: трансляции специфических белков на рибосомах и последующего встраивания этих белков в клеточные мембранны. Близка к мембранный гипотезе и кибернетическая модель, обосновывающая генерацию циркадианного ритма как результат взаимодействия многих колебательных процессов с более короткими (ультрадианными) периодами.

У позвоночных животных центральная регуляция циркадианных ритмов на уровне целого организма связывается с промежуточным мозгом. Полагают, что высший уровень биологических часов, регулирующих на основе обратной связи циркадианные ритмы, локализован в гипоталамусе и функционирует по принципу мембранный модели, тогда как клеточные циклы осуществляются на основе модели хронона. Гипоталамическая регуляция реализуется нейросекреторной системой и связана с участием гуморальных механизмов. Показано, в частности, что у млекопитающих циркадианный ритм митозов и содержания эозинофилов в крови регулируется при участии надпочечников.

В последнее время получены данные о роли эпифиза в генерации и регуляции циркадианных ритмов у позвоночных животных. В частности, у птиц удаление или разрушение эпифиза ведет к исчезновению или нарушению околосуточной ритмики; имплантация подопытным животным эпифиза, взятого от другой особи, восстанавливает ритм; такой же эффект дает введение гормона эпифиза – мелатонина. Установлена функциональная связь эпифиза с нейросекреторными ядрами гипоталамуса. Именно гипоталамус (его супрахиазматическое ядро) считают первичным водителем ритма. В опытах с грызунами показано, что разрушение этого ядра вызывает аритмию, а имплантация этого участка – восстановление ритмов, свойственных животному-донору. Вопрос этот требует дополнительных исследований, но уже сейчас ясно, что генерация и регулирование эндогенных циркадианных ритмов – слож-

ный процесс, осуществляющийся с участием комплекса нервных и гуморальных механизмов.

Большинство организмов, обитающих в условиях сезонной смены климатических режимов, характеризуется наличием периодических сезонных процессов, охватывающих комплекс физиологических систем и обеспечивающих биологически значимые изменения форм деятельности. У большинства животных различные физиологические и биологические процессы проявляются сезонно: размножение, линька, спячка и диапауза, миграции и др. Эволюционно сезонность этих явлений возникла как приспособление к циклическим изменениям климатических условий. Закономерная повторяемость сезонных состояний формируется в результате взаимодействия врожденных эндогенных сезонных циклов с информацией о состоянии внешних условий. Эти взаимодействия синхронизируют проявление эндогенной программы с периодами благоприятного для данной формы деятельности сочетания факторов среды и обеспечивают адаптацию организма к сезонному состоянию внешних условий. Физиологические механизмы формирования и регуляции сезонных явлений наилучшим образом изучены у высших животных.

Эндогенные биологические циклы с окологодовой периодичностью названы *циркануальными (цирканными)* ритмами. Как и циркадианные, они основываются на системе свободного отсчета времени по принципу биологических часов. В природных условиях эта система находится под контролем внешних факторов-синхронизаторов, среди которых у нетропических животных главная роль принадлежит фотoperиоду.

В искусственных условиях, полностью исключающих действие внешних датчиков времени, обнаружено, что собственный ход циркануального ритма чаще всего бывает несколько меньше астрономического года.

У сусликов, в течение трех лет содержавшихся в условиях постоянного освещения и стабильной температуры, выявлены циркануальные ритмы с периодом 344 сут; у них же обнаружена циркануальная периодичность потребления пищи. Родившихся в виварии детенышей

этого вида выращивали в различных вариантах сочетания температуры и режима освещения. У всех подопытных животных обнаружены циркадианные ритмы спячки и динамики массы тела с периодичностью около 300 сут, не зависящие от фотопериода. Длившиеся 22 мес. опыты с сусликами того же вида выявили свободно текущие изменения активности, полового цикла и массы тела; эти циклы в отличие от фаз начала и окончания суточной активности не синхронизировались фотопериодом.

**3. Влажность (вода).** Вода физиологически необходима любой протоплазме. С экологической точки зрения она служит определяющим фактором во всех местообитаниях. Количество осадков, влажность, иссушающие свойства воздуха, доступный объем водного запаса – основные величины для измерения этого фактора. Количество осадков зависит от путей перемещения воздушных масс. Влажность – это содержание водяного пара в воздухе. Иссушающее действие воздуха измеряют обычно, оценивая испарение воды с особых пластин (скорость испарения). Доступный запас воды измеряют по количеству подземных и наземных ее источников. Важным вкладом в общий водный баланс может быть, например, роса.

Позвоночные животные осваивали наземную среду в конце девона – начале карбона, когда условия влажности и температуры были уже благоприятными, а водоемы, поблизости от которых обитали первые наземные позвоночные – амфибии, занимали значительные пространства с большой протяженностью береговой линии. Первые шаги к освоению воздушной среды у позвоночных были связаны с перестройкой системы органов дыхания и основывались на исходных преобразованиях в этом направлении, предопределенных неблагоприятными условиями водного дыхания в мелких, богатых органическими веществами и дефицитных по кислороду водоемах.

У животных тесная взаимосвязь водного и солевого обмена сохраняется лишь на уровне клеточно-тканевых процессов. Внешние источники воды и минеральных солей у них различны, что оказало большое влияние на экологию как водного, так и солевого обмена.

Сочетание дефицита влаги и высокой температуры воздуха создает особенно жесткие условия для поддержания водно-солевого баланса обитателей наземной среды. Те частные экологические приспособления, которые обеспечили заселение влажных биотопов и даже выход в более суровые мезофильные условия, оказываются недостаточными для эффективного освоения аридных зон и засушливых биотопов. Группы организмов, эволюционно приспособившиеся к жизни в условиях постоянного или регулярного дефицита влаги, характеризуются рядом фундаментальных морфологических и физиологических преобразований, принципиально отличающих их не только от водных, но и от наземных, но ограниченных постоянно влажными биотопами форм.

Полное освоение наземной (воздушной) среды животными ставит и перед ними ряд жестких требований к механизмам регуляции водного и солевого обмена. Низкая и колеблющаяся влажность воздуха создает постоянную угрозу обезвоживания организма испарением, тогда как компенсация водных потерь не всегда обеспечена. Возникает биологическая задача экономизации водных расходов, эффективного использования метаболической воды и повышения надежности способов получения воды извне.

Вне водной среды у животных происходит «разделение» водного и солевого обмена: обмен ионов через покровы исключается, минеральные вещества поступают в организм только с пищей и выводятся в составе мочи, фекалий и специальных экскретов. Водный обмен также исключает осмотическое насасывание или выведение влаги; ее поступление в организм ограничивается питьем и питанием. Связь водного и солевого обмена сохраняется лишь на уровне метаболических процессов и осуществляется на базе внутренних физиологических структур.

Среди беспозвоночных животных наиболее полно освоили наземную среду насекомые и паукообразные. Оба эти класса представляют собой первично наземных животных с соответствующим комплексом принципиальных адаптаций: плотные, слабо проницаемые для воды покровы, преобразованная выделительная функция и повышенная способность к утилизации метаболической воды. Последнее свойство у некоторых групп выражено настолько отчетливо, что они могут жить и

размножаться в условиях полного отсутствия воды, восполняя все потребности организма только метаболическим путем.

Среди позвоночных наиболее совершенные адаптации к жизни в воздушной среде сформировались у пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. Эти три класса объединяются в группу *амниот*, специфические особенности морфологии и физиологии которой целиком связаны с преобразованиями водного обмена, открывающими возможность существования в полном отрыве от водной среды. Помимо приспособлений к размножению вне водоемов принципиальные изменения водного обмена у этих животных, как и у наземных беспозвоночных, связаны с эффективным использованием метаболической воды и с морфофизиологическими особенностями покровов и выделительной системы.

Вода, образующаяся в организме при окислении органических веществ, вступает в общий обмен; таким образом, уменьшается потребность в экзогенной влаге. Наибольшее относительное количество воды выделяется при окислении жиров ( $1,05 - 1,07$  г на 1 г окисленного жира в зависимости от его состава). Многие пустынные рептилии и грызуны перед наступлением засушливого сезона накапливают большие жировые запасы, расходуя их потом на обеспечение затрат энергии и потребности в воде.

**Биотические факторы** – это разного рода воздействия живых организмов, в том числе особей своего вида. Под микробиогенными факторами подразумевается деятельность бактерий, вирусов, риккетсий и других микроскопических организмов; микогенными – грибов; фитогенными – растительных организмов; зоогенными – деятельность животных организмов. Для каждого члена сообщества все остальные организмы, с которыми он как-то взаимодействует, являются биотическими факторами. К ним относятся все факторы питания, экологических взаимодействий – хищничество, паразитизм, конкуренция, мутуализм.

Сюда же относят и получающий все большее распространение антропогенный фактор, отражающий силу воздействия человека на диких животных.

Разделение факторов на биотические и абиотические очень произвольно. Часто трудно определить и разделить действие этих факторов. Так, уничтожение живых организмов в определенной местности может повлечь за собой и климатические изменения. Например, сведение лесов приводит к наступлению пустыни со всеми проявлениями пустынного климата – увеличением сухости воздуха, повышением температуры и появлением пустынного ландшафта – изменением почв, сглаживанием рельефа.

Экологические факторы могут оказывать на животных различное действие, воздействуя как:

1. *ограничитель*, обуславливая возможность или невозможность существования в данных условиях (например, низкие температуры для теплолюбивых форм; недостаток кормов для птиц зимой);

2. *раздражитель*, приводя к проявлению соответствующих физиологических и поведенческих адаптивных реакций (например, при высоких температурах многие млекопитающие прибегают к гипервентиляции легких, что ведет к охлаждению тела за счет испарения);

3. *модификатор*, инициируя морфологические и физиологобиохимические перестройки (пустынные и полупустынные формы обычно обладают интенсивнее склеротизированными и обладающими светоотражающими свойствами покровами тела, тогда как обитатели влажных биотопов имеют слабо склеротизированные покровы и окраску, позволяющую телу лучше аккумулировать тепло солнечных лучей, – примером могут служить мигрирующие саранчовые, обитающие в полупустынных условиях, либо плавнях рек);

4. *сигнал*, информируя об изменении в параметрах других экологических факторов (например, сокращающаяся продолжительность светового времени суток информирует животных о предстоящих сезонных изменениях температур).

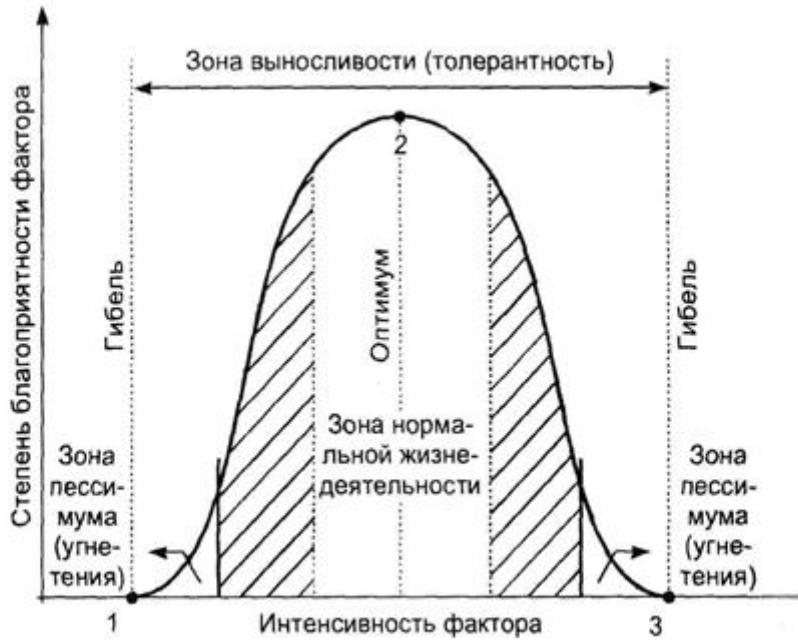
Существуют и другие варианты разделения экологических факторов. Так, большой популярностью пользуется разделение на факторы, зависящие и не зависящие от плотности популяции. Такое разделение очень похоже на выделение биотических и абиотических факторов, потому что к факторам, не зависящим от плотности, обычно относят в ос-

новном климатические. Так, волна холода может уничтожить часть популяции независимо от ее плотности. К факторам, зависящим от плотности, относят такие как конкуренция, хищничество, паразитизм, потому что сила их проявления находится в прямой зависимости от плотности популяции. Не вызывает сомнений, что рост плотности полевок неизбежно приведет к росту численности их потребителей (хищников), безусловно, эти размножившиеся полевки, поедая в массе траву, будут все сильнее конкурировать с другими травоядными, что приведет к замедлению роста численности этих животных. Когда же полевки станут малочисленными, то и хищников станет меньше, и травы будет оставаться больше.

Несмотря на большое разнообразие, экологические факторы имеют ряд общих закономерностей в своем влиянии на организм животных.

**1. Закон оптимума.** Как недостаточное, так и избыточное действие фактора отрицательно оказывается на жизнедеятельности особей. Благоприятная сила воздействия называется зоной оптимума экологического фактора или просто оптимумом для организмов данного вида. Чем сильнее отклонения от оптимума, тем больше выражено угнетающее действие данного фактора на организмы (зона пессимума). Максимально и минимально переносимые значения фактора – это критические точки, за пределами которых существование уже невозможно, наступает смерть (рис. 2).

Пределы выносливости между критическими точками называют экологической валентностью живых существ по отношению к конкретному фактору среды. Животные могут сильно отличаться друг от друга, как по положению оптимума, так и по диапазону экологической валентности. Так, например песцы в тундре могут переносить колебания температуры воздуха в диапазоне около  $80^{\circ}\text{C}$  (от  $+30$  до  $-55^{\circ}\text{C}$ ), тогда как тепловодные раки *Cepilia mirabilis* выдерживают изменения температуры воды в интервале не более  $6^{\circ}\text{C}$  (от 23 до 29 $^{\circ}\text{C}$ ).

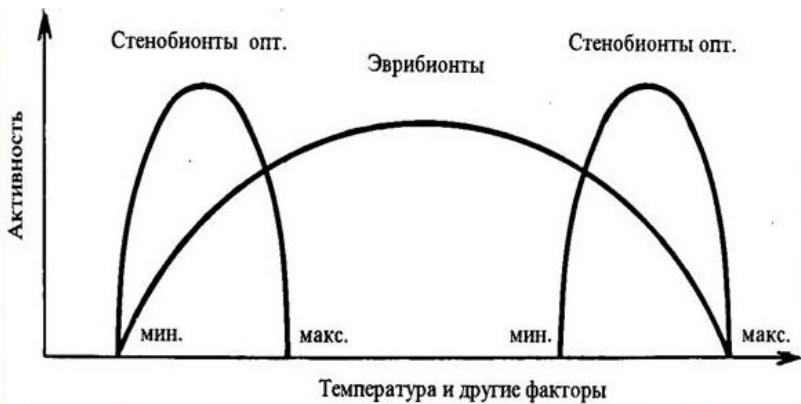


*Рисунок 2 – Иллюстрация правила оптимума в действии экологического фактора: 1 – критическая точка «минимум» (*min*), 2 – точка оптимума, 3 – критическая точка «максимум» (*max*)*

Одна и та же сила проявления фактора может быть оптимальной для одного вида, пессимальной – для другого и выходить за пределы выносливости для третьего.

Широкую экологическую валентность вида по отношению к абиотическим факторам среды обозначают добавлением к названию фактора приставки «эври». Эвритермные виды – выносящие значительные колебания температуры, эврибатные – широкий диапазон давления, эвригалинные – разную степень засоления среды. Неспособность переносить значительные колебания фактора, или узкая экологическая валентность, характеризуется приставкой «стено» – стенотермные, стенобатные, стеногалинные виды и т. д. В более широком смысле слова виды, для существования которых необходимы строго определенные экологические условия, называют **стенобионтными**, а те, которые способны

приспосабливаться к разной экологической обстановке,— **эврибионтными** (рис. 3).



*Рисунок 3 – Различные диапазоны толерантности у животных по отношению к экологическим факторам*

Степень выносливости, критические точки, оптимальная и пессимальные зоны не совпадают даже у отдельных индивидуумов. Эта изменчивость определяется как наследственными качествами особей, так и половыми, возрастными и физиологическими различиями. Например, у бабочки мельничной огневки — одного из вредителей муки и зерновых продуктов критическая минимальная температура для гусениц составляет  $7^{\circ}\text{C}$ , для взрослых форм  $-12^{\circ}\text{C}$ , а для яиц  $-27^{\circ}\text{C}$ . Мороз в  $10^{\circ}\text{C}$  губит гусениц, но не опасен для имаго и яиц этого вредителя. Следовательно, экологическая валентность вида всегда шире экологической валентности каждой отдельной особи.

К каждому из факторов среды виды приспосабливаются относительно независимым путем. Степень выносливости к какому-нибудь фактору не означает соответствующей экологической валентности вида по отношению к остальным факторам. Например, виды, переносящие широкие изменения температуры, совсем не обязательно должны также быть приспособленными к широким колебаниям влажности или солевого режима. Эвритермные виды могут быть стеногалинными, стено-батными или наоборот. Экологические валентности вида по отношению к разным факторам могут быть очень разнообразными. Это создает чрезвычайное многообразие адаптации в природе. Набор экологических

валентностей по отношению к разным факторам среды составляет экологический спектр вида.

**2. Правило лимитирующего фактора.** Факторы среды, наиболее удаляющиеся от оптимума, особенно затрудняют возможность существования вида в данных условиях. Если хотя бы один из экологических факторов приближается или выходит за пределы критических величин, то, несмотря на оптимальное сочетание остальных условий, особям грозит гибель. Такие сильно уклоняющиеся от оптимума факторы приобретают первостепенное значение в жизни вида или отдельных его представителей в каждый конкретный отрезок времени. Ограничивающие факторы среды определяют географический ареал вида. Природа этих факторов может быть различной. Так, продвижение вида на север может лимитироваться недостатком тепла, в аридные районы – недостатком влаги или слишком высокими температурами. Ограничивающим распространение фактором могут служить и биотические отношения, например занятость территории более сильным конкурентом. Чтобы определить, сможет ли вид существовать в данном географическом районе, нужно в первую очередь выяснить, не выходят ли какие-либо факторы среды за пределы его экологической валентности, особенно в наиболее уязвимый период развития.

Правило лимитирующего фактора было сформировано на основе «правила минимума» Либиха. В середине XIX века немецкий химик Ю. Либих (1840), изучая влияние разнообразных питательных веществ на рост растений, обнаружил, что урожай зависит не от тех элементов питания, которые требуются в больших количествах и присутствуют в изобилии (например,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ), а от тех, которые, хотя и нужны растению в меньших количествах, но практически отсутствуют в почве или недоступны (например, фосфор, цинк, бор). Эту закономерность Либих сформулировал так: «Рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве». Позднее этот вывод стал известен как закон минимума Либиха и был распространен также и на многие другие экологические факторы. Ограничивать, или лимитировать развитие организмов могут и тепло, и свет, и вода, и кислород, и другие факторы, если их значение соответствует экологиче-

скому минимуму. Образной иллюстрацией правила служит так называемая «бочка Либиха», под досками которой подразумевается комплекс факторов, а под высотой досок – их количественные показатели (рис. 4).



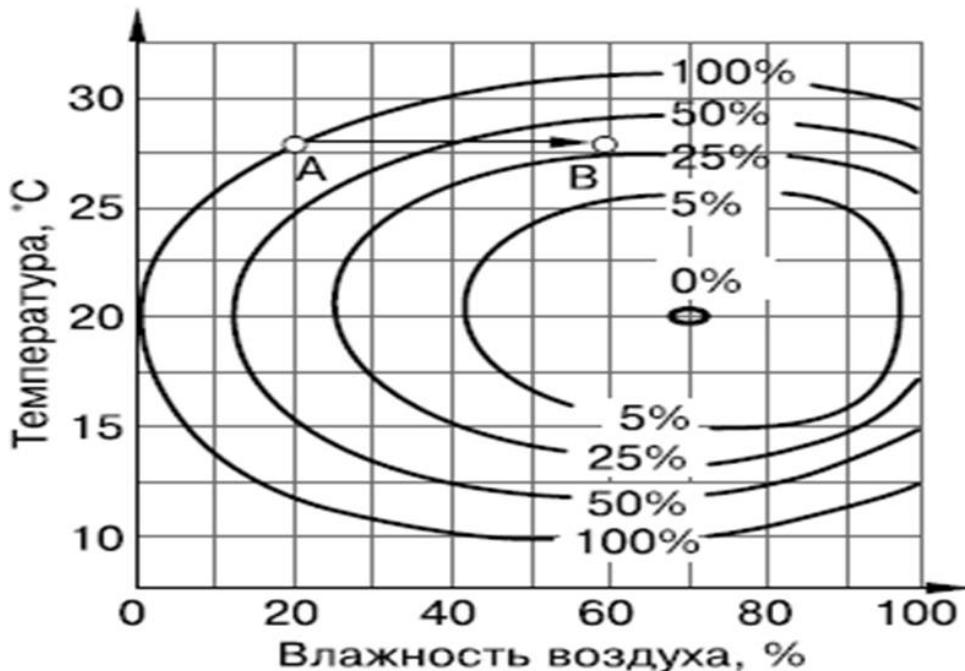
*Рисунок 4 – Иллюстративная модель действия лимитирующего фактора: при всех материальных вложениях эффект будет определяться наиболее «слабым звеном»*

Закон минимума Либиха в общем виде можно сформулировать так: рост и развитие организмов зависят в первую очередь от тех факторов, значение которых приближается к экологическому минимуму.

Дальнейшие исследования показали, что как недостаток, так и избыток любого фактора будет лимитировать жизнедеятельность, что следует учитывать, прежде всего, в практике животноводства. Выявление ограничивающих факторов очень важно в практике сельского хозяйства, так как, направив основные усилия на их устранение, можно быстро и эффективно повысить продуктивность животных. Знание ограничивающих факторов, таким образом, представляет собой ключ к управлению жизнедеятельностью организмов. В разные периоды жизни особей, в качестве ограничивающих выступают различные факторы

среды, поэтому требуется умелое и постоянное регулирование условий жизни разводимых животных.

**3. Правило взаимодействия факторов.** Оптимальная зона и пределы выносливости организмов по отношению к какому-либо фактору среды могут смещаться в зависимости от того, с какой силой и в каком сочетании действуют одновременно другие факторы. Эта закономерность получила название взаимодействия факторов. Например, жару легче переносить в сухом, а не во влажном воздухе. Угроза замерзания значительно выше при морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду, а также при высокой влажности воздуха (рис. 5).



*Рисунок 5 – Смертность яиц соснового шелкопряда в зависимости от разных сочетаний температуры и влажности*

Таким образом, один и тот же фактор в сочетании с другими оказывает неодинаковое экологическое воздействие. Взаимная компенсация действия факторов среды имеет определенные пределы, и полностью заменить один из них другим нельзя. Полное отсутствие воды или хотя бы одного из основных элементов питания делает жизнь невозможной, несмотря на самые благоприятные сочетания других условий. Крайний дефицит тепла в полярных пустынях нельзя восполнить ни обилием влаги, ни круглогодичной освещенностью. Учитывая в сель-

скохозяйственной практике закономерности взаимодействия экологических факторов, можно умело поддерживать оптимальные условия жизнедеятельности продуктивных животных.

### **1.3 Адаптации животных. Основные закономерности их формирования**

В ходе эволюции добиваются успеха те организмы, которые лучше других приспособлены к окружающей среде. Механизмы эволюции обеспечивают соответствие развивающейся живой системы условиям её существования – высокую приспособленность жизненных форм к внешней среде. У организмов в процессе эволюции выработалось множество разнообразных относительных приспособлений (адаптаций) к окружающей среде. Адаптацией считается любая особенность особи, популяции, вида или сообщества организмов, которая способствует успеху в конкуренции и обеспечивает устойчивость к абиотическим факторам. Это позволяет организмам существовать в данных условиях среды и оставлять потомство. Критериями адаптации являются: жизнеспособность, конкурентоспособность и фертильность.

**Жизнеспособность** – это способность организма жить и развиваться в данных условиях среды.

**Конкурентоспособность** – это способность организма добиваться успеха в борьбе за ресурсы и выживание.

**Фертильность** – это способность организмов размножаться.

**Адаптация** – развитие любого признака, который способствует выживанию вида и его размножению. Все адаптации делят на **эволюционные адаптации (пассивные)** и **аккомодации (активные)**. Эволюционная адаптация необратима и возникшие изменения генетически закрепляются. Сюда относят все приспособления, на которые действует естественный отбор. Например, покровительственная окраска, форма тела или отдельных органов. Аккомодации представляют собой обратимый процесс. Они возникают при резком изменении условий среды. Например, при резких перепадах температуры происходят мышечные и сосудистые реакции, связанные с генерацией тепла.

Адаптации могут быть морфологическими, физиологическими или поведенческими.

*Морфологические адаптации* включают изменения формы или строения организма. *Физиологические адаптации* связаны с химическими процессами в организме. *Поведенческие адаптации* связаны с определенным аспектом жизнедеятельности животного.

Морфологические адаптации проявляются в преимуществах строения, покровительственной окраске, предостерегающей окраске, мимикрии, маскировке. *Преимущества строения* – это оптимальные пропорции тела, расположение и густота волосяного или перьевого покрова. Обтекаемая форма тела способствует быстрому передвижению животных в водной и в воздушной среде. Маховые и контурные перья, покрывающие тело птицы, полностью сглаживают его форму. Птицы лишены выступающих ушных раковин, в полёте они обычно втягивают ноги. В результате птицы по скорости передвижения намного превосходят всех других животных. Например, сокол сапсан пикирует на свою жертву со скоростью до 290 километров в час. Птицы быстро двигаются даже в воде. Наблюдали антарктического пингвина, плывущего под водой со скоростью около 35 километров в час.

У животных, ведущих скрытный, затаивающийся образ жизни, полезным оказываются приспособления, придающие им сходство с предметами окружающей среды. Причудливая форма тела у рыб, обитающих в зарослях водорослей (морской конёк-тряпичник, рыба-клоун, морская игла и др.), помогает им успешно скрываться от врагов. Сходство с предметами среды обитания широко распространено у насекомых. Известны жуки, своим внешним видом напоминающие лишайники, цикады, сходные с шипами тех кустарников, среди которых они живут. Насекомые палочники похожи на небольшую бурую или зелёную веточку, а прямокрылые насекомые имитируют лист. Плоское тело имеют рыбы, ведущие придонный образ жизни (скат, камбала).

*Покровительственная окраска* позволяет быть незаметным среди окружающего фона. Благодаря покровительственной окраске организм становится трудно различимым и, следовательно, защищенным от хищников. Если фон среды не остается постоянным в зависимости от

сезона года, многие животные меняют окраску. Например, обитатели средних и высоких широт (песец, заяц, горностай, белая куропатка) зимой имеют белую окраску, что делает их незаметными на снегу.

Вариант покровительственной окраски – *расчленяющая окраска* в виде чередования на теле светлых и тёмных полос и пятен. Зебры и тигр плохо видны уже на расстоянии 40-50 метров из-за совпадения полос на теле с чередованием света и тени в окружающей местности. Расчленяющая окраска нарушает представления о контурах тела.

*Предостерегающая (угрожающая)* окраска предупреждает потенциального врага о наличии защитных механизмов (наличие ядовитых веществ или специальных органов защиты). Предостерегающая окраска выделяет из окружающей среды яркими пятнами или полосами ядовитых, жалящих животных и насекомых (змеи, осы, шмели).

Эффективность предостерегающей окраски послужила причиной очень интересного явления – *подражания (мимикрии)*. Мимикрией называется сходство в окраске, форме тела безопасных животных с ядовитыми и опасными животными. Отдельные виды мух, не имеющие жала, похожи на жалящих шмелей и ос, неядовитые змеи – на ядовитых. Во всех случаях сходство чисто внешнее и направлено на формирование определенного зрительного впечатления у потенциальных врагов. *Мимикрия* – это результат гомологичных (одинаковых) мутаций у разных видов, которые помогают выжить незащищённым животным (рис. 6). Для видов-подражателей важно, чтобы их численность была невелика по сравнению с моделью, которой они подражают, иначе у врагов не будет выработан устойчивый отрицательный рефлекс на предостерегающую окраску. Низкая численность мимикрирующих видов поддерживается высокой концентрацией летальных генов в геномонде. В гомозиготном состоянии эти гены вызывают летальные мутации, в результате чего высокий процент особей не доживает до пологозрелого состояния.



*Рисунок 6 – Пример мимикрии: слева – муха-журчалка, справа – оса бумажная*

Соответствующая форма и окраска тела, целесообразное поведение обеспечивают успех в борьбе за существование только тогда, когда эти признаки сочетаются с приспособленностью процессов жизнедеятельности к условиям обитания, т.е. с **физиологической адаптацией**. Без такой адаптации невозможно поддержание устойчивого обмена веществ в организме в постоянно колеблющихся условиях внешней среды.

Физиологические адаптации – приобретение специфических особенностей обмена веществ в разных условиях среды. Они обеспечивают функциональные преимущества организма. Их условно разделяют на **статические** (постоянные физиологические параметры – температура, водно-солевой баланс, концентрация сахара и т. п.) и **динамические** (адаптации к колебаниям действия фактора – изменение температуры, влажности, освещенности, магнитного поля и т. п.).

Разнообразные механизмы физиологической адаптации к неблагоприятным условиям выработали птицы и млекопитающие. Многие пустынныe животные перед наступлением засушливого сезона накапливают много жира: при его окислении образуется большое количество воды. Птицы и млекопитающие способны регулировать потери воды с поверхности дыхательных путей. Например, верблюд при лишении воды резко сокращает испарение как с дыхательных путей, так и через потовые железы.

Очень интересны приспособления, развивающиеся у ныряющих животных. Многие из них могут сравнительно долго обходиться без доступа кислорода. Тюлени, китообразные находятся под водой 40-60 минут. Это позволяет большое количество особого пигмента, находящегося в мышцах, миоглобина. Миоглобин способен связать в 10 раз больше кислорода, чем гемоглобин. Кроме того, в воде целый ряд приспособлений обеспечивает гораздо более экономное расходование кислорода, чем при дыхании на поверхности.

Физиологические процессы адаптации лежат в основе всех известных адаптивных явлений. Для доказательства этого тезиса достаточно упомянуть о том, что любой вид адаптации в самом начале предполагает восприятие стимула при помощи сенсорных систем. Другими словами, ответ организма начинается с активизации функций нервной системы с последующими вегетативными и соматическими изменениями, в основе которых лежат физические, химические и физиологические процессы.

Морфологические адаптации вырабатываются на протяжении длительного времени и остаются у всех представителей популяции. Физиологические адаптации вырабатываются за менее короткий временной промежуток. А по механизму включения они имеют срочный характер. Физиологические адаптации призваны обеспечивать немедленную реакцию организма на действие неблагоприятного фактора среды. Они быстро включаются и прекращаются. По временным характеристикам они могут быть быстрыми и скоротечными, замедленными и продолжительными. Любой физиологический процесс управляет нервной и гуморальной системами. Нервная система инициирует быструю реакцию на изменение стимула. Гуморальный механизм контролирует затяжные адаптационные процессы.

Под физиологической адаптацией в чистом виде исследователи понимают адаптивность терморегуляции, работы сердца, обмена воды, газообмена и поддержания электрического равновесия нервной системы.

Способность к поддержанию относительного постоянства температуры тела, т. е. гомойотермия, явилась важнейшим эволюционным

приобретением (ароморфозом). Этот ароморфоз позволил теплокровным млекопитающим и птицам занять экологические ниши, недоступные для пойкилтермных животных (Заполярье, пустыни, тропики).

У полярных млекопитающих приспособленность к условиям низких температур имеет крайнее проявление. Разница между температурой окружающей среды и температурой тела у полярного волка и песца достигает  $74^{\circ}\text{C}$ . У снежной куропатки эта разница превышает  $80^{\circ}\text{C}$ .

Выживаемость животных при низких температурах среды определяется двумя факторами: теплоизолирующими свойствами покровных тканей и способностью животных повышать обмен веществ при охаждении. Последнее свойство животных базируется на вегетативных реакциях организма и хорошо развито у полярных животных. Так, у белого медведя основной обмен повышается при температуре воздуха  $-50^{\circ}\text{C}$ , у песца – при  $-40^{\circ}\text{C}$ , у грызунов – при  $15^{\circ}\text{C}$ .

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

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

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

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

Основными тепловыми генераторами животного организма выступают:

мышцы (до 50% всей теплопродукции организма);  
печень (15-20% тепла);  
легкие и почки (7—12% тепла);  
желудочно-кишечный тракт (10% тепла).

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

У пойкилотермных животных внутреннее производство тепла, как правило, превышает собственные потребности. Поэтому в естественной среде обитания значительная часть метаболического тепла выделяется во внешнюю среду. Даже в нормальных температурных условиях пойкилотермные гораздо больше рисуют перегреться, чем переохладиться. При понижении температуры среды обмен веществ хладнокровных животных понижается без отрицательных последствий. При падении температуры воздуха до критической величины животные впадают в оцепенение.

У теплокровных животных ответ на понижение температуры среды иной. Они повышают обмен веществ и, следовательно, теплопродукцию. Регулятором этого жизненно важного механизма выступает гипоталамус.

Афферентный поток, возникающий в результате возбуждения холодовых рецепторов (телец Краузе), через таламус и гипоталамус активизирует продукцию аденокортикотропного гормона (АКТГ) и тиреотропного гормона (ТТГ) гипофизом. Под влиянием АКТГ надпочечники выделяют в кровь катехоламины, а щитовидная железа секretирует

тиреоидные гормоны Т3 и Т4. Адреналин и тироксин в печени и мышцах усиливает термогенез за счет окисления АТФ. В результате выделяется дополнительное количество тепла, которое согревает тело животного.

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

Однако основной обмен обладает некоторой инертностью. Поэтому теплопродукция некоторое время после прекращения действия холодового фактора остается повышенной.

В основе отведения тепла лежат четыре физических явления: излучение, конвекция, проведение и испарение. В комфортных температурных условиях основным способом отведения тепла от организма животного являются излучение и проведение. Последний путь теплоотдачи может стать основным, когда животное контактирует с более холодной средой (например, когда собака лежит на снегу или свинья валяется в грязи).

Излучение становится основным способом теплоотдачи у животных, которые стоят на месте. Теплоизлучение выдает затаившееся животное тем хищникам, которые имеют соответствующий механизм рецепции. Очень высокую чувствительность к тепловым лучам имеют змеи. Некоторые из них фиксируют присутствие крысы или другого грызуна даже тогда, когда температура тела жертвы превышает температуру окружающей среды всего на  $0,01^{\circ}\text{C}$ . Столь высокая термическая чувствительность змей оправдана в условиях пустыни, где обитатели стремятся к тому, чтобы температура поверхности их тела как можно меньше отличалась от горячей поверхности земли.

В жару основным и наиболее эффективным способом отведения избыточной тепловой энергии является испарение воды. При переходе из жидкого состояния в газообразное (пар) происходит поглощение

энергии. Для испарения 1 г воды требуется около 600 ккал тепловой энергии. Посредством испарения тепло выделяется с поверхности кожи и через слизистые оболочки органов дыхания. У самцов отдельных видов животных дополнительно имеет место испарение воды со слизистой полового члена — тепловая эрекция жеребцов, ослов, верблюдов, слонов. При тепловых нагрузках у собак, многих видов птиц, а также у жвачных животных жаркого пояса резко возрастает теплоотдача за счет усиления испарения через слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

Животные используют разные приемы охлаждения своего тела.

Пресмыкающиеся усиливают теплоотдачу за счет испарения воды с поверхности кожи, псовые используют температурную одышку, американский антилоповый суслик натирает голову слюной для охлаждения за счет последующего испарения слюны.

Для подавляющего большинства видов животных в условиях температурного комфорта основным местом испарения воды при терморегуляции является все-таки кожа. Лактирующая корова живой массой от 300 до 800 кг испаряет через кожу от 6 до 16 л воды. На испарение через кожу у лошадей приходится 5-8 л, у взрослых свиней – 2,0-2,5 л, у стриженных овец – около 2,5 л воды. Таким образом, суточная теплоотдача за счет испарения воды через кожу у коровы доходит до 9600 ккал, у лошадей – до 4800 ккал, у свиней и овец она составляет от 1200 до 1500 ккал на одну голову.

Очевидно, что путь теплоотдачи, который используется организмом животного, определяется силой теплового фактора. До температуры воздуха 30°C основным способом теплоотдачи у свиньи является дыхание и излучение. Когда разница между температурой тела животного и температурой окружающей среды становится минимальной или вовсе пропадает, излучение тепла прекращается. Главным способом избавления от избыточного тепла становится испарение. У свиней важную роль в терморегуляции играют конечности, уши и хвост. Интересно, что при температуре окружающей среды 5°C температура выступающих частей тела у животного существенно ниже, чем при температуре 25°C. Так, температура ушей при 5°C составляет всего 15°C, при тем-

пературе воздуха 15°C температура ушей поднималась до 27°C, при 25°C уши нагреваются до температуры 36°C.

Аналогичные изменения происходят и с температурой хвоста свиньи. В целом за счет изменения кровоснабжения разных участков кожи у свиньи суммарные потери тепла с поверхности тела в неблагоприятных условиях изменяются в пределах 70%.

У северных животных при резком понижении температуры среды дыхание становится редким, медленным, но глубоким. За счет изменения дыхания сокращается теплоотдача организма.

При кратковременном воздействии низких температур на животных, для которых холод не является привычным фактором (песчанки, крысы, мыши), наоборот, частота дыхания повышается вследствие усиления обмена веществ и роста теплопродукции. Но при длительном пребывании в условиях низких температур (совместимых с жизнью) у этих животных, как и у северных аборигенов, дыхание со временем замедляется.

При превышении температуры окружающей среды до значений, превышающих верхний предел зоны температурного комфорта, у всех видов животных развивается полипноэ (гиперпноэ, физиологическая одышка). В этой ситуации полипноэ выступает как фактор физической терморегуляции. Существует тесная обратная связь между полипноэ и потоотделением. Полипноэ наиболее выражено у животных со слабо развитыми потовыми железами. Особенно ярко проявляется термическая одышка у хищников, у которых частота дыхания возрастает на два порядка и достигает 600 за 1 минуту. У ежей частота дыхания достигает 240 за минуту, у мышей еще больше. У коров, овец и коз полипноэ может иметь затяжной характер (весь жаркий день), но частота дыхания у них при этом не превышает 200 за минуту. Длительное полипноэ приводит к **акапнии** — снижению содержания CO<sub>2</sub> в крови и к изменению кислотно-щелочного равновесия организма (**алкалозу**).

У человека хорошо развиты потовые железы. Поэтому частота дыхания даже при температуре окружающей среды 70-80°C (температура сауны) у него составляет порядка 50-60 за 1 минуту.

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

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

В условиях высоких температур у животных увеличивается приток крови к органам-теплообменникам (уши, хвост, конечности). Для этих органов характерно особое строение сосудистой системы. В них имеются артериально-венозные теплообменники. Такие специфические системы кровоснабжения описаны в конечностях собак, в коже крупного рогатого скота, в хвосте грызунов.

Параллельное и близкое расположение артерий и вен позволяет эффективно выводить из организма избыточное тепло. Артериальная кровь имеет температуру, близкую к физиологической температуре тела. В противотоке часть тепловой энергии забирает венозная кровь. Вены располагаются близко к поверхности, зачастую прямо под кожей. Следовательно, за счет повышения температуры венозной крови происходит некоторый подогрев поверхности конечности, хвоста или другой части тела. Для животных в условиях низких температур это перераспределение тепла имеет большое значение. За счет противоточного механизма конечности защищаются от обморожения и остаются в рабочем состоянии в экстремальных температурных условиях среды.

У крупного рогатого скота и близких к нему видов животных противоточный механизм кровообращения имеется в межреберных мыш-

цах. Артерии этих мышц выходят к поверхности тела на спине и боках, где ветвятся и образуют с венами анастомозы – так называемую «чудесную сеть». При гиперпноэ (одышке) межреберные мышцы отдают тепло прилегающим кровеносным сосудам. В силу высокой теплоемкости крови мышцы эффективно охлаждаются. Температура поверхности тела повышается, следствием чего выступает рассеивание этого тепла во внешнюю среду.

Таким образом, за счет химической и физической терморегуляции гомойотермные животные поддерживают температуру тела и сохраняют высокую функциональную активность даже в условиях экстремальных температур.

***Поведенческие (этологические) адаптации*** представляют собой все поведенческие реакции, направленные на выживание отдельных особей и, следовательно, вида в целом. Такими реакциями являются:

- приспособительное поведение;
- поведение при поиске пищи и полового партнера;
- спаривание;
- выкармливание потомства;
- избегание опасности и защита жизни в случае угрозы;
- агрессия и угрожающие позы;
- незлобивость и многие другие.

***Приспособительное поведение*** – принятие определённых поз покоя (гусеницы некоторых насекомых в неподвижном состоянии очень похожи на сучок дерева; бабочка каллима со сложенными крыльями удивительно напоминает сухой лист дерева), либо, наоборот, демонстративное поведение, отпугивающее хищников. Помимо затаивания или демонстративного, отпугивающего поведения при приближении врага существует много других вариантов приспособительного поведения, обеспечивающего выживаемость взрослых особей или молоди. Сюда относится запасание корма на неблагоприятный сезон года. Особенно это присуще грызунам. Например, полёвка-экономка, распространённая в таёжной зоне, собирает зерна злаков, сухую траву, корешки – всего до 10 килограммов. Роющие грызуны (слепыши и др.) накапливают кусочки корней дуба, желуди, картофель, степной горошек – до

14 килограммов. Большая песчанка, живущая в пустынях Средней Азии, в начале лета срезает траву и заскивает её в норы или оставляет на поверхности в виде стожков. Корм этот используется во второй половине лета, осенью и зимой. Речной бобр собирает обрубки деревьев, веток и пр., которые складывает в воду возле своего жилища. Склады эти могут достигать объёма 20 кубических метров. Запасы кормов делают и хищные животные. Норка и некоторые хорьки запасают лягушек, ужей, мелких зверьков и т.д. Примером приспособительного поведения служит и время наибольшей активности. В пустынях многие животные выходят на охоту ночью, когда спадает зной.

Некоторые поведенческие реакции наследуются (*инстинкты*), другие приобретаются в течение жизни (*условные рефлексы*). У различных организмов соотношение инстинктивного и условнорефлекторного поведения неодинаково. Например, у беспозвоночных и низших хордовых преобладает инстинктивное поведение, а у высших млекопитающих (приматов, хищных) - условнорефлекторное. Высший уровень поведенческой адаптивности, основанный на механизмах высшей нервной деятельности, имеется у человека.

Особенно большое значение имеют приспособления, обеспечивающие защиту потомства от врагов. Забота о потомстве может проявляться в разной форме. Многие рыбы охраняют икру, откладываемую между камнями, активно отгоняя и кусая приближающихся возможных врагов. Азовские и каспийские бычки откладывают икру в ямки, вырытые в дне, и охраняют её затем в течение всего развития. Самец колюшки строит гнездо с выходом и входом. Некоторые американские сомы прилепляют икру на брюхо и носят её на себе все время развития. Многие рыбы вынашивают икру во рту или даже в желудке. В это время родитель ничего не ест. Вылупившиеся мальки некоторое время держатся вблизи самки (или самца, в зависимости от вида) и при опасности прячутся в рот родителя. Существуют виды лягушек, у которых икринки развиваются в специальной выводковой сумке на спине или в голосовых мешках самца.

Значительно более сложные и многообразные формы заботы о потомстве наблюдаются у высших позвоночных. Сложные инстинкты и

способность к индивидуальному обучению позволяют им со значитель-но большим успехом выращивать потомство. Наивысшей степени раз-вития достигают формы поведения у млекопитающих животных. Это проявляется и в отношении к детёнышам. Звери не только кормят своё потомство, но и обучаю ловить добычу.

Ни одна адаптация не является абсолютно идеальной. Адаптации не бывают универсальными – каждая из них облегчает выполнение лишь определенной функции. Например, длинные крылья стрижа, поз-воляющие ему быстро летать, затрудняют взлет с ровной поверхности. Есть птицы, которые поедают ос и пчел, а также мух, мимикрирующих под них. Постоянный рост резцов у грызунов дает возможность грызть очень твердые предметы, однако если их не стачивать, отрастают так, что животное не может закрыть рот. Поэтому любой адаптивный при-знак оказывается целесообразным лишь в определенной среде. При рез-ком изменении условий обитания чрезмерно развитые признаки могут оказаться нецелесообразными и принести вред организму. Поэтому по-сле глобальных экологических катастроф преимущественно погибают высокоспециализированные виды (например, динозавры в меловом пе-риоде палеозойской эры). То же самое происходит при отрицательном действии биотических факторов, например, гигантский торфяной олень был полностью уничтожен хищниками из-за своих огромных рогов, сделавших его малоподвижным.

Следует помнить, что все приспособления, сколь бы совершенны-ми они не были, носят *относительный характер*. Дело в том, что естественный отбор есть результат переживания и более эффективного размножения в данном месте и в данное время. Значит, естественный отбор конкретен, т. е. обеспечивает развитие приспособлений к суще-ствующим, а не ко всем возможным условиям среды. Однако условия обитания меняются постоянно и иногда очень резко. В этих случаях накопленные ранее адаптации могут затруднить формирование новых, что может вести к вымиранию больших групп организмов, как это слу-чилось более 60-70 миллионов лет назад с некогда очень многочислен-ными и разнообразными динозаврами.

Наилучшим образом живым организмам удается приспособиться к периодическим и односторонним факторам, характеризующимся определенностью действий, поэтому поддающимся однозначной расшифровке.

Частным случаем таких адаптаций к повторяющимся факторам является, например, фотопериодизм – реакция организма на длину светового дня в умеренных и полярных зонах, которая воспринимается как сигнал для смены фаз развития или поведения организмов. Примерами фотопериодизма являются такие явления, как листопад, линька животных, перелеты птиц и т.п. Другим примером адаптации к периодичности природных явлений может служить суточная ритмика. Например, у животных при смене дня и ночи меняется интенсивность дыхания, частота сердцебиений и т.д. К примеру, серые крысы более лабильны по суточной ритмике, чем черные, поэтому они легче осваивают новые территории, заселив уже практически весь земной шар.

Еще одним примером является сезонная активность. Описан четкий механизм регуляции сезонных явлений у высших позвоночных. Периодические циклы представляют собой адаптацию к сезонной смене условий жизни. Приуроченность их к тем или иным срокам определяет адаптивный смысл этих процессов. Эволюционное «закрепление» фотопериода как ведущего фактора-синхронизатора «страхует» организм от нарушения циклов кратковременными незакономерными отклонениями условий среды от средних норм. Каждый сезонный процесс (размножение, линька, миграции, спячка и др.) характеризуется специфическим комплексом морфофизиологических и экологических особенностей, связанных со спецификой деятельности организма в данное время.

Роль фотопериода в регуляции размножения известна давно. Конкретная роль фотопериодической регуляции репродуктивных процессов неодинакова у разных видов животных. Так, среди птиц есть виды, у которых половой цикл полностью регулируется фотопериодом, а есть и такие, у которых этот процесс целиком основан на эндогенной программе и лишь в определенное время года корректируется фотопериодом.

Линька – это периодическая смена покровных образований. Она свойственная многим группам животных. И если у членистоногих линька напрямую связана с процессами роста, то у птиц и млекопитающих имеет четко сезонный характер. Главное адаптивное значение линьки – изменение уровня теплоизоляции в соответствии с сезонным циклом погодных условий. Помимо этого, у некоторых видов линька определяет сезонную смену покровительственной окраски, а у многих птиц – приобретение яркого брачного наряда к началу сезона размножения и смену его на более скромный по окончании брачного периода.

Линька как сезонное явление не ограничивается сменой оперения. При линьке сменяются и другие роговые образования (ороговевший эпителий, чешуи, когти, роговые пластинки на клюве). Кроме того, организм линяющих птиц испытывает специфические перестройки, затрагивающие многие стороны физиологии. В частности, в период линьки существенно изменяется состав тканей и органов: содержание жира в теле резко снижается и доходит до минимума, а количество воды в тканях, наоборот, повышается до максимального.

Основными связующими звеньями между сезонными внешними факторами и внутренней физиологической перестройкой являются нервная и эндокринная системы. Повышение активности этих систем под влиянием фотостимуляции (возможно, дополненной другими сигнальными факторами) «настраивает» организм на переход к определенной фенофазе.

Пусковым механизмом миграции является активация нейросекреторной активности гипоталамуса. Гипоталамические нейросекреты стимулируют продукцию гипофизарных гормонов, под влиянием которых и развивается комплекс процессов, характеризующих состояние, соответствующее определенному сезону. Каждый сезонный процесс (размножение, линька, миграции, спячка и др.) характеризуется специфическим комплексом морфофизиологических и экологических особенностей, связанных со спецификой деятельности организма в данное время. Таким образом, годовой цикл жизнедеятельности представляет собой систему сменяющих друг друга сезонных физиологических состояний. Регуляция их на протяжении годового цикла важна не только в

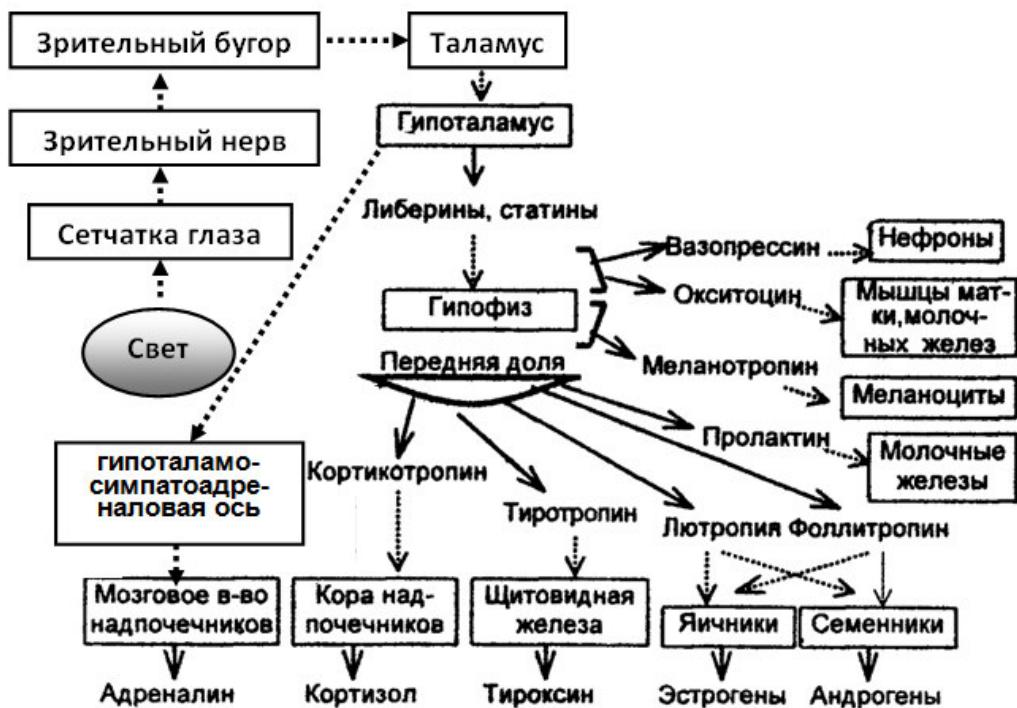
плане приуроченности каждого процесса к экологически оправданному сезону, но и в плане упорядоченного распределения физиологических состояний во времени. Это важно, так как совмещение энергоемких процессов биологически невыгодно. Кроме того, некоторые сезонные состояния физиологически несовместимы, и «настройка» организма на одно из них может прямо препятствовать проявлению другого. Сейчас хорошо известны циркадиальные циклы гонадотропной функции гипофиза и гипоталамической нейросекреторной системы, что объясняет и эндогенную природу сезонного цикла репродуктивной функции в целом. Эта функция достаточно эффективно синхронизируется фотопериодом. Механизм такой синхронизации достаточно полно изучен только у птиц и может быть представлен следующей схемой.

Информация о длине фотопериода преобразуется на уровне гипоталамуса (возможно, с участием экстрапаринальных рецепторов). Фотостимуляция, совпадающая по фазе с темновой частью эндогенного околосуточного ритма, вызывает увеличение секреторной активности ядер гипоталамуса и выброс нейросекретов в гипофиз. Здесь нейросекреты стимулируют продукцию гонадотропных гормонов и выведение их в кровяное русло. Под влиянием гонадотропинов начинается развитие гонад и гаметогенез. Дальнейшее протекание полового цикла регулируется группой половых стероидов, взаимодействующих по принципу обратной связи с гипофизарными гормонами.

По современным данным, помимо гипоталамуса в регуляции репродуктивных циклов у позвоночных существенное значение имеет pineальная железа – эпифиз, также относящаяся к структурам промежуточного мозга. Эксперименты с млекопитающими, на которых этот механизм регуляции изучен наиболее полно, показывают, что гормон эпифиза – мелатонин – тормозит репродуктивные функции.

Действие этого гормона осуществляется через гипоталамо-гипофизарную систему. Эффект торможения репродукции выражается в снижении продукции гипоталамических нейросекретов, стимулирующих выработку гонадотропных гормонов в гипофизе. Активность эпифиза повышается в темноте, соответственно и ингибирующее влияние его на размножение связывается с короткими фотопериодами; у

млекопитающих ингибирующее влияние мелатонина на репродукцию начинается осенью и достигает максимума в зимние месяцы.



*Рисунок 6 – Примерная схема физиологического механизма регуляции сезонной активности*

Действие этого гормона осуществляется через гипоталамо-гипофизарную систему. Эффект торможения репродукции выражается в снижении продукции гипоталамических нейросекретов, стимулирующих выработку гонадотропных гормонов в гипофизе. Активность эпифиза повышается в темноте, соответственно и ингибирующее влияние его на размножение связывается с короткими фотопериодами; у млекопитающих ингибирующее влияние мелатонина на репродукцию начинается осенью и достигает максимума в зимние месяцы. Таким образом, часть годового цикла осуществляется автоматически, без участия фотостимуляции, путем свободного отсчета времени от момента «коррекции» во время светочувствительной фазы. Конкретная роль фотопериодической регуляции репродуктивных процессов неодинакова у разных видов и групп животных. На фоне генеральной программы регуляции размножения действует сложный комплекс факторов внешней

среды (метеоусловия, обилие корма, наличие мест для устройства гнезд и т. п.), которые модифицируют сроки и темпы размножения в соответствии с конкретными условиями, а подчас могут и полностью приостановить половой цикл.

Линька, как и другие периодические процессы в жизни животных, регулируется сезонными изменениями фотопериода. Этот фактор синхронизирует эндогенную программу линьки с астрономическим календарем и конкретными условиями в каждом данном районе. Содержание в условиях инвертированного фотопериода пятнистых оленей показало, что первое появление рогов определяется эндогенной программой, а их развитие и циклическая смена – фотопериодом.

Фотопериод воздействует на линьку через систему эндокринного контроля. Учитывая, что система гипофиз – кора надпочечников активизируется как при размножении, так и в период миграционного состояния, можно предполагать участие этого комплекса в интеграции всех фаз годового цикла, в том числе и линьки. Непосредственное отношение к регуляции процессов, связанных с линькой, имеет функция щитовидной железы. Прежде считали, что естественная линька вызывается прямым действием гормона этой железы — тироксина. По современным данным, этот процесс более сложен: введение экзогенного тироксина не во всех случаях вызывает начало или ускорение линьки. Предполагают, что тироксин необходим для регуляции подготовительных метаболических процессов, предшествующих началу смены оперения. Во время собственно линьки роль этого гормона менее значительна; линька может проходить и при низком уровне его секреции, на основе эндогенной программы. В этом смысле щитовидная железа сохраняет свою генеральную функцию контроля энергетического обмена, и, возможно, температуры.

Сезонные миграции птиц – одна из форм приспособления к меняющимся на протяжении года погодным и кормовым условиям. Выяснено, что для перелета необходима определенная физиологическая подготовка организма, предшествующая началу собственно миграции. Комплекс физиологических перестроек, характеризующих этот процесс, определяют как миграционное состояние, занимающее строго опреде-

ленное место в общем цикле сезонных изменений жизнедеятельности организма. Активация нейросекреторной функции выступает как один из пусковых механизмов миграции. Гипоталамические нейросекреты стимулируют продукцию гипофизарных гормонов, под влиянием которых и развивается комплекс процессов, характеризующих миграционное состояние. В частности, существенное значение имеет пролактин, который прямо стимулирует гиперфагию, участвует в проявлении направленной ориентации и контролирует ритмы пищевой и локомоторной активности.

Механизм фотопериодической регуляции миграций животных, видимо, тот же, что и при регуляции размножения, и заключается в установлении необходимого соотношения изменяющегося светового режима и циркадианых ритмов гипоталамо-гипофизарной системы. Не исключено, что в гипоталамусе имеет место тонкая дифференцировка участков, по-разному реагирующих на фотопериодическую стимуляцию. Таким образом, в основе сезонной цикличности лежат цирканнальные ритмы, синхронизируемые с циклом внешних условий один раз в году при ведущем значении фотопериода, действие которого реализуется через гипоталамо-гипофизарную систему.

## 1.4 Закономерности функционирования популяций животных

**Популяция** – это любая способная к самовоспроизведению совокупность особей одного вида, занимающая определенную ландшафтно-географическую территорию с определенными климатическими условиями, имеющая общий генофонд и определенную степень изоляции от других аналогичных совокупностей особей того же вида.

Популяция – элементарная форма существования вида в природе (рис. 7).

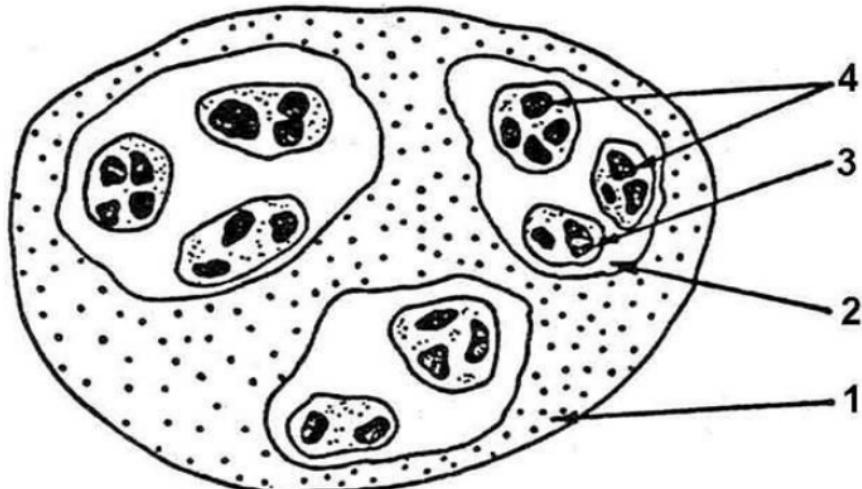


Рисунок 7 – Пространственная иерархия популяций (по Н.П. Наумову, 1963): 1 – ареал вида, 2 – элементарная, 3 - экологическая, 4 – географическая популяция

Популяция эволюционирует, т.е. накапливает новые наследуемые свойства, утрачивая ненужные и является **единицей эволюции**.

Известно, что важнейшими являются количественные характеристики популяции, которые позволяют решить большинство проблем качественного характера. Выделяют две группы количественных показателей – **статистические и динамические**.

Статистические показатели характеризуют состояние популяции на данный момент времени. К статистическим показателям популяций относятся их **численность, плотность и показатели структуры**.

**Численность** – это число особей на определенной территории (например, деревьев, в пределах некоторой пространственной единицы – ареала, бассейна реки, акватории моря, области, района и т. д.).

**Плотность** – число особей, приходящихся на единицу площади или объема.

Показатели структуры:

**половая** – соотношение особей разного пола;

**размерная** – соотношение количества особей разных размеров;

**генетическая** – соотношение особей по характеру изменчивости и разнообразию генотипов, частотами вариации отдельных генов, а также разделение популяции на группы генетически близких особей, между которыми происходит постоянный обмен генами;

**возрастная** – соотношение количества особей различного возраста (генераций) в популяции. В природе встречаются популяции, состоящие из особей одного возраста: популяция однолетних растений, генерации саранчи и т.п. – это так называемые популяции с **простой возрастной структурой**. Обычно наибольшей жизнеспособностью обладают популяции, в которых все возрасты представлены относительно равномерно. Такие популяции называются **нормальными**, или обладающими **сложной возрастной структурой**. Если в такой популяции преобладают старческие особи, это свидетельствует о наличие факторов, нарушающих процесс воспроизводства. Такие популяции называются **ретрессивными** или **вымирающими**. Популяции представленные в основном молодыми особями, рассматриваются как **внедряющиеся** или **инвазионные**.

**Динамические показатели** характеризуют процессы, протекающие в популяции за какой-то промежуток времени. Основными динамическими характеристиками популяций являются **рождаемость, смертность, прирост популяции и темпы роста**.

Рождаемость, или скорость рождаемости, – это число особей, рождающихся в популяции за единицу времени. Смертность, или скорость смертности, — это число особей, погибших в популяции в единицу времени. Но убыль или прибыль организмов в популяции зависит не только от рождаемости и смертности, но и от скорости их **иммиграции и эмиграции**, т. е. от количества особей, прибывших и убывших в популяции в единицу времени. Увеличение численности, прибыль зависит от количества **отрожденных** (рожденных за какой-то период времени) и **имми-**

*группировавших* особей, а уменьшение, убыль численности — от *гибели* (смертности в широком смысле) и *эмиграции* особей.

**Прирост популяции** — это разница между рождаемостью и смертностью.

**Темпы роста** — это средний прирост за единицу времени.

**Пространственная структура популяции** — это характер размещения и распределения особей популяции и их группировок на популяционной территории. Как было сказано выше, в популяции реализуется принцип территориальности: все особи и их группы обладают индивидуальным и групповым пространством, возникающим в результате активного физико-химического и поведенческого разобщения. Оно часто сочетается с агрегацией, группировкой особей, которая усиливает конкуренцию между индивидами, но способствует выживанию группы в целом. Так, например, у животных образуются стаи, стада, колонии и другие объединения особей, благодаря чему достигаются различные защитные эффекты. Различают следующие типы пространственного распределения особей в популяциях: равномерный (регулярный), диффузный (случайный) и агрегированный (групповой, мозаичный) (рис. 8).

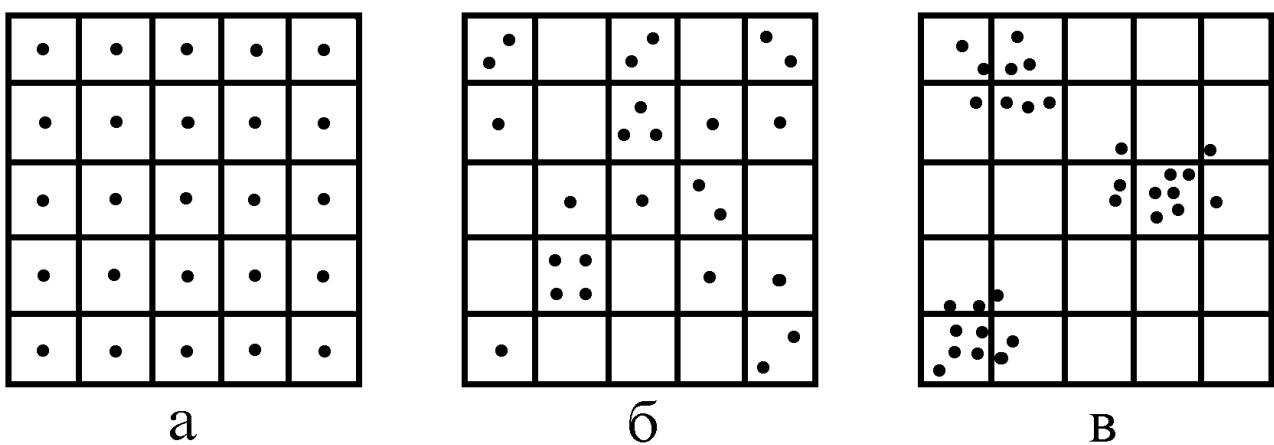


Рисунок 8 – Типы пространственного распределения особей в популяциях: а – равномерный, б – диффузный, в – агрегированный (по А.М. Гилярову, 1990).

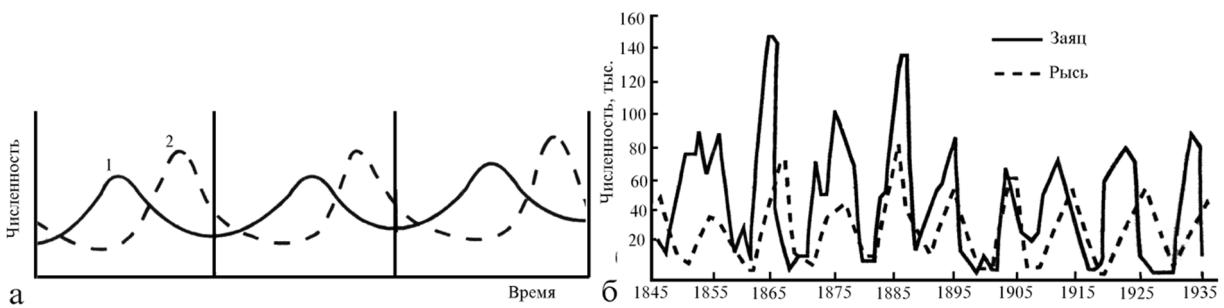
По типу использования пространства все подвижные организмы (животные) делятся на две основные группы: *оседлые и кочевые (номадные)*.

При оседлом образе жизни животные в течение всей или большей части жизни используют довольно ограниченный участок среды (индивидуальный участок). Такие животные отличаются инстинктом привязанности к своему участку, а в случае вынужденного переселения – стремятся вернуться на свою прежнюю территорию. При кочевом образе жизни у животных не прослеживается выраженной территориальности, они объединяются в группы, кочующие в поисках пищи.

Каждой популяции и виду в целом свойственен так называемый **биотический потенциал**, под которым понимают теоретически возможное потомство от одной пары родительских особей. Обычно биотический потенциал тем выше, чем ниже уровень организации организмов. Биотический потенциал реализуется организмами со значительной степенью полноты только в отдельных случаях и в течение коротких промежутков времени. В этом случае увеличение численности особей можно выразить на графике в виде экспоненциальной кривой. В природных популяциях такой рост численности может продолжаться вплоть до внезапного падения плотности в результате исчерпания ресурсов среды.

Все популяции в той или иной степени подвержены колебаниям численности входящих в них особей. Эти изменения носят название «**популяционных волн**», «**волн жизни**» или «**волн численности**». В большинстве случаев популяционные волны проявляются в виде резко выраженных пиков численности, которые через год-два или более сменяются ее спадами. Причины таких колебаний до конца не ясны. В одних случаях их связывают с пищевым фактором или прессом хищников, в других – с климатическими явлениями (например, для леммингов – с количеством тепла, приносимого Гольфстримом), в третьих, – с солнечной активностью или комплексом взаимосвязанных факторов и т.д. (рис. 9).

Во временном отношении колебания численности популяции бывают непериодические и периодические. Последние можно разделить на колебания с периодом в несколько лет и сезонные колебания. Непериодические флюктуации носят непредвиденный характер. Пример периодических колебаний численности с периодом в несколько лет дают популяции некоторых арктических млекопитающих и птиц.



*Рисунок 9 – Циклические колебания численности популяций: а – взаимозависимые колебания численности в системе хищник-жертва (по модели V. Volterra, 1931); б – классический пример изменения численности рыси и зайца (по Р. Дажо, 1975).*

Кроме этого, в настоящее время принято рассматривать еще три типа динамики населения, разработанные С.А. Северцовым: *стабильный*, *лабильный*, *эфемерный*.

**Стабильный тип** характеризуется малой амплитудой и длительным периодом колебания численности. Такой тип свойственен крупным животным с большой продолжительностью жизни, поздним наступлением половозрелости и низкой плодовитостью (копытные, китообразные, гоминиды, крупные орлы и т.д.).

**Лабильный тип** динамики отличается закономерными колебаниями численности с периодами порядка 5 – 10 лет и более. Такой тип свойственен животным разного, но, как правило, не крупного размера с более коротким сроком жизни (10 – 5 лет) и соответственно более ранним половым созреванием и более высокой плодовитостью, чем у представителей первого типа (крупные грызуны, зайцеобразные, некоторые хищные, у многих птиц, рыб и насекомых с длинным циклом развития и т.д.).

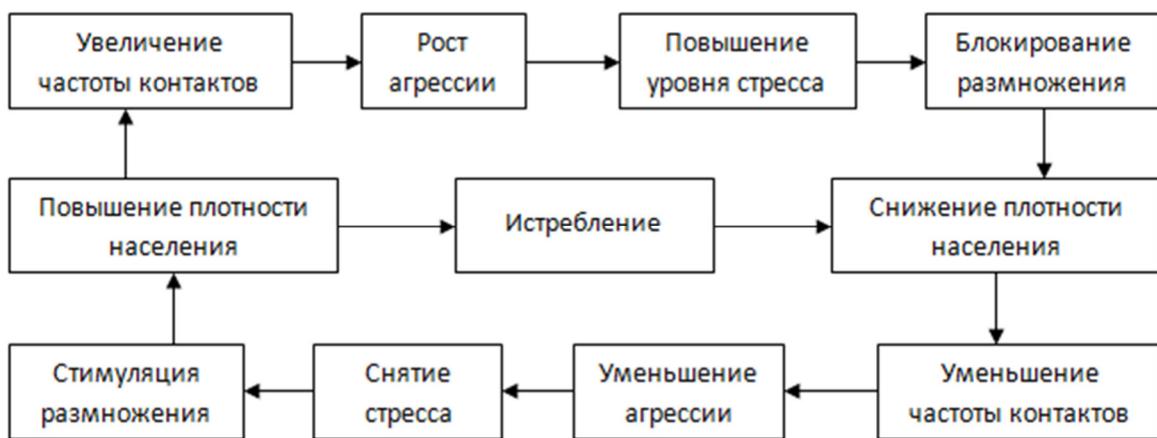
**Эфемерный тип** динамика отличается резко неустойчивой численностью с глубокими депрессиями, называемые «крахом популяции», сменяющиеся вспышками «массового размножения», при котором численность возрастает подчас в сотни раз. Общая длина цикла обычно составляет до 4 – 5 лет, в течение которых «пик» численности занимает чаще всего не более одного года. Этот тип динамики характерен для ко-

роткоживущих (не более 3 лет) видов с несовершенными механизмами индивидуальной адаптации и соответственно с высокой нормой гибели. Это не крупные животные отличающиеся высокой плодовитостью (мелкие грызуны, насекомые и т.д.).

В основе *внутрипопуляционного гомеостаза* лежит внутривидовая конкуренция. Она здесь может проявляться в жестких и смягченных формах. Жесткие формы обычно заканчиваются гибелю части особей. В животном мире результат острой внутривидовой борьбы проявляется часто в форме *каннибализма*. Такие явления наиболее часты среди хищников. Например, взрослые окунь при высокой численности популяции, особенно в небольших водоемах, начинают питаться мальками своего вида. Явления каннибализма характерны также для некоторых грызунов, личинок насекомых, особенно в случаях существования в ограниченном пространстве. Поедание потомства домашними животными, по-видимому, один из случаев атавизма (лат. атавус - отдаленный предок) данного явления, которое раньше имело место в природных популяциях.

Смягченные формы внутривидовой конкуренции проявляются обычно через ослабление части особей, выключения их из процессов размножения. Помимо выше описанной регуляции существует еще **саморегуляция**, при которой на численности популяции оказывается изменение качества особей. Различают саморегуляцию *фенотипическую* и *генотипическую*.

**Фенотип** — это совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся под действием данного генотипа. Дело в том, что при большой скученности (плотности) образуются разные фенотипы за счет того, что в организмах происходят физиологические изменения в результате так называемой *стресс-реакции* (дистресс), вызываемой неестественно большим скоплением особей. Например, у самок грызунов происходит воспаление надпочечников, что ведет к сокращению рождаемости за счет рассасывания эмбрионов. Кроме того, нехватка пищи заставляет особей эмигрировать на новые участки, что приводит к значительной их гибели в пути и на новых участках, в новых условиях, т. е. повышается смертность и сокращается численность (рис. 10).



*Рисунок 10 – Схема развития стресс-реакции млекопитающих в ответ на дефицит территории*

В условиях стресса безусловно падает и продуктивность животного.

**Генотипические** причины саморегуляции плотности популяций связаны с наличием в ней, по крайней мере, двух разных генотипов, возникших в результате рекомбинации генов. При этом возникают особи, способные размножаться с более раннего возраста и более часто, и особи с поздней половой зрелостью и значительно меньшей плодовитостью. Первый генотип менее устойчив к стрессу при высокой плотности и доминирует в период подъема пика численности, а второй — более устойчив к высокой скученности и доминирует в период депрессии.

**Экологическая стратегия выживания** — стремление организмов к выживанию. Экологических стратегий выживания множество.

Все многообразие экологических стратегий заключено между двумя типами эволюционного отбора, которые обозначаются константами логистического уравнения: **r-стратегия** и **K-стратегия** (табл. 1). По существу, эти две стратегии представляют решение одной задачи — задачи длительного выживания вида. Тип **r-стратегия**, или **r-отбор**, определяется отбором, направленным, прежде всего, на повышение скорости роста. **K-стратегия** (или **K-отбор**) направлена на повышение выживаемости в условиях уже стабилизированной численности. Скорость размножения видов с данной стратегией чувствительна к плотности и остается близкой к уровню равновесия.

Для того чтобы численность популяции оставалась постоянной, в среднем только два потомка каждой пары должны доживать до репродуктивного возраста.

*Таблица 1 – Характерные особенности r- и K-видов (по Н. Грин и др., 1990)*

<b>r-виды</b>	<b>K-виды</b>
<b>Быстро размножаются</b>	Размножаются медленно
Скорость размножения не зависит от плотности	Скорость размножения зависит от плотности популяции, быстро увеличивается, если плотность падает
Размеры популяции некоторое время могут превышать поддерживающую емкость среды	Размеры популяции близки к равновесному уровню, определяемые поддерживающей емкостью среды
Вид не всегда устойчив на данной территории	Вид устойчив на данной территории
Расселяются широко и в больших количествах; у животных может мигрировать каждое поколение	Расселяются медленно
Размножение идет с относительно большими затратами энергии и вещества	Размножение идет с относительно малыми затратами энергии и вещества; Большая часть энергии расходуется на рост
Малые размеры особей	Крупные размеры особей
Малая продолжительность жизни	Большая продолжительность жизни
Местообитания сохраняются недолго	Местообитания устойчивые и сохраняются долго
Слабые конкуренты (способность к конкуренции не требуется)	Сильные конкуренты
Защитные приспособления развиты сравнительно слабо	Хорошие защитные механизмы
Не становятся доминантами	Могут становиться доминантами
Лучше приспосабливаются к изменениям окружающей среды (менее специализированы)	Менее устойчивы к изменению условий среды (высокая специализация для жизни в устойчивых местообитаниях)
<b>Примеры:</b> бактерии, тли, мучные хрущаки, однолетние растения и т.д.	<b>Примеры:</b> альбатрос, человек, копытные, деревья и т.д.

Многие виды животных, как уже отмечалось, нормально развиваются только тогда, когда объединяются в довольно большие группы. Жизнь в группе через нервную и гормональную системы отражается на протекании многих физиологических процессов в организме животного. Наблюдается тесное общение особей посредством запахов, звуков, специфики поведения. Благодаря сложной системе сигнализации у особей и их взаимному обмену информацией возрастает эффективность

функционирования группы, направленная на удовлетворение важных жизненных потребностей всех ее членов. Оптимизация физиологических процессов, ведущая к повышению жизнеспособности при совместном существовании, и получила название «эффект группы». Эффект группы проявляется как психофизиологическая реакция отдельной особи на присутствие других особей своего вида. Например, у овец вне стада учащаются пульс и дыхание. При виде приближающегося стада эти процессы нормализуются. Эффект группы проявляется в ускорении темпов роста животных, повышении плодовитости, более быстром образовании условных рефлексов, повышении средней продолжительности жизни индивидуума и др. Животные в группе обычно способны поддерживать оптимальную температуру, например, при скучивании, в гнездах, в ульях. Вне группы у многих животных не реализуется плодовитость.

## 2. ЭКОСИСТЕМЫ. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

**Экосистема** – это функциональное единство живых организмов и среды их обитания. Единицей классификации экосистем является биом – природная зона или область с определенными климатическими условиями и соответствующим набором доминирующих видов растений и животных.

Особая экосистема – **биогеоценоз** – участок земной поверхности с однородными природными явлениями.

Составными частями экосистемы являются климатоп, эдафотоп, гидротоп (**биотоп**), а также фитоценоз, зооценоз и микробоценоз (**биоценоз**).

Экологическая система, или экосистема, – основная функциональная единица в экологии, так как в нее входят организмы и неживая среда — компоненты, взаимно влияющие на свойства друг друга, и необходимые условия для поддержания жизни в той ее форме, которая существует на Земле. Термин экосистема впервые был предложен в 1935 г. английским экологом А. Тенсли.

Таким образом, под экосистемой понимается совокупность живых организмов (сообществ) и среды их обитания, образующих благодаря круговороту веществ, устойчивую систему жизни.

Сообщества организмов связаны с неорганической средой теснейшими материально-энергетическими связями. Растения могут существовать только за счет постоянного поступления в них углекислого газа, воды, кислорода, минеральных солей. Гетеротрофы живут за счет автотрофов, но нуждаются в поступлении таких неорганических соединений, как кислород и вода.

В любом конкретном месте обитания запасов неорганических соединений, необходимых для поддержания жизнедеятельности населяющих его организмов, хватило бы ненадолго, если бы эти запасы не возобновлялись. Возврат биогенных элементов в среду происходит как в течение жизни организмов (в результате дыхания, экскреции, дефека-

ции), так и после их смерти, в результате разложения трупов и растительных остатков.

Следовательно, сообщество образует с неорганической средой определенную систему, в которой поток атомов, вызываемый жизнедеятельностью организмов, имеет тенденцию замыкаться в круговорот.

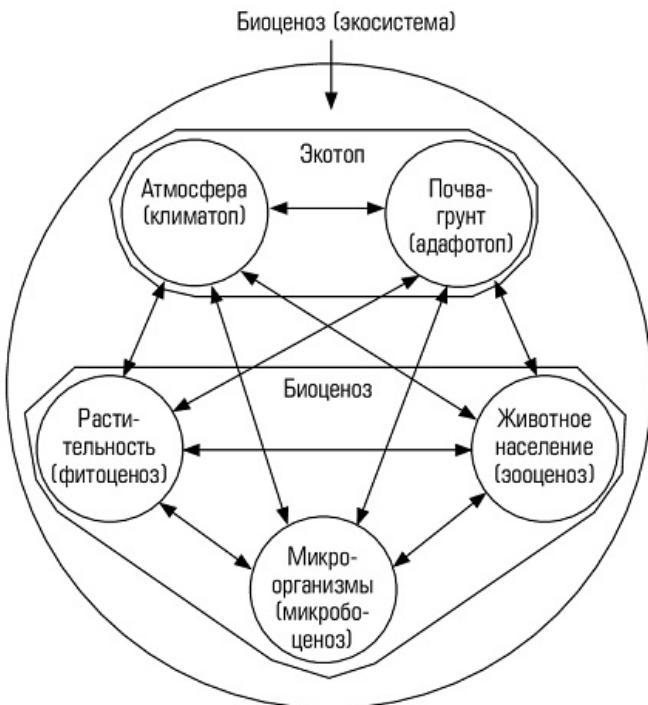


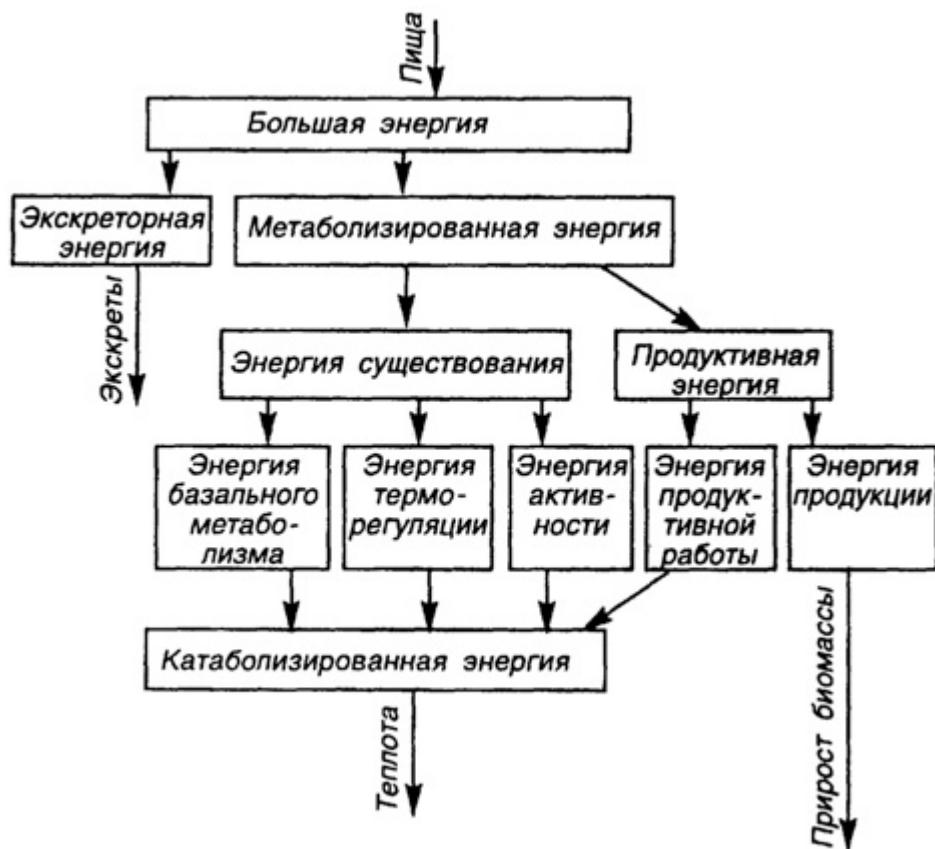
Рисунок 11 – Структура биогеоценоза и схема взаимодействия между компонентами

Для поддержания круговорота веществ в экосистеме необходимо наличие запаса неорганических веществ в усвояемой форме и трех функционально различных экологических групп организмов: **продуцентов, консументов и редуцентов**.

Продуцентами выступают автотрофные организмы, способные строить свои тела за счет неорганических соединений. Консументы - гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов и трансформирующие его в новые формы. Редуценты живут за счет мертвого органического вещества, переводя его вновь в неорганические соединения. Классификация эта относительная, так как и консументы, и сами продуценты выступают частично в роли редуцентов в течение жизни, выделяя в окружающую среду минеральные продукты обмена веществ.

Устойчивость экосистемы тем больше, чем больше она по размеру и чем богаче и разнообразнее ее видовой и популяционный состав. Основная функция совокупности живых существ (сообщества), входящих в экосистему, — обеспечить равновесное (устойчивое) состояние экосистемы на основе замкнутого круговорота веществ.

Живые организмы, входящие в экосистемы, для своего существования должны постоянно пополнять и расходовать энергию. Растения являются первичными поставщиками энергии для всех других организмов в цепях питания. Существуют определенные закономерности перехода энергии с одного трофического уровня на другой вместе с потребляемой пищей. Основная часть энергии, усвоенной консументом с пищей, расходуется на его жизнеобеспечение (движение, поддержание температуры тела и т. п.) (рис.12).



*Рисунок 12 – Схема распределения энергии в организме теплокровного гетеротрофа*

Эту часть энергии рассматривают как траты на дыхание, с которым в конечном счете связаны все возможности ее высвобождения из химических связей органического вещества. Часть энергии переходит в

тело организма-потребителя вместе с увеличивающейся массой, приростом, продукцией). Некоторая доля пищи, а вместе с ней и энергия не усваиваются организмом. Они выводятся в окружающую среду вместе с продуктами жизнедеятельности (экскрементами). В последующем эта энергия высвобождается другими организмами, которые потребляют продукты выделения.

Баланс пищи и энергии для отдельного животного организма можно, таким образом, представить в виде следующего уравнения:

$$\text{Эп} = \text{Эд} + \text{Эпр} + \text{Эпв},$$

где Эп - энергия потребленной пищи, Эд - энергия дыхания или обеспечения жизнедеятельности организма, включая движение, поддержание температуры тела, сердцебиение и т. п., Эп - энергия прироста (запасенная в теле организма-потребителя), Эпв - энергия продуктов выделения (в основном экскрементов).

Количество энергии, расходуемой организмами на различные цели, неоднозначно. Выделение энергии с экскрементами у плотоядных животных (например, хищников) невелико, у травоядных оно более значительно. Однако при всем разнообразии расходов энергии в среднем максимальны траты на дыхание, которые в сумме с неусвоенной пищей составляют около 90% от потребленной. Поэтому переход энергии с одного трофического уровня на другой в среднем принимается близким к 10% от энергии, потребленной с пищей. Эта закономерность рассматривается обычно как «правило десяти процентов».

Закономерности потока и рассеивания энергии имеют важные в практическом отношении следствия. Во-первых, с энергетической точки зрения крайне нецелесообразно потребление животной продукции, особенно с высоких уровней цепей питания. Образование этой продукции связано с большими потерями (рассеиванием) энергии. Особенно велики потери энергии при переходе с первого трофического уровня на второй, от растений к травоядным животным.

В трофических цепях организмы связаны определенными соотношениями. В качестве классического примера в экологической литературе рассматривается цепь питания: люцерна-телятина-мальчик. Показано, что если бы мальчик весом 48 кг питался только телятиной, то за

год ему потребовалось бы для обеспечения жизнедеятельности 4,5 теленка (2250 кг), для питания которых, в свою очередь, необходим урожай люцерны с площади 4 га весом 8211 кг. Такова энергетическая цепь животной пищи. Это соотношение выражают в виде экологических пирамид, которые строятся на основании чисел потребляемых организмов с каждым звеном цепи питания или массы продукции, потребляемой каждым последующим звеном. В основании пирамиды находится первое звено цепи питания, над ним располагается следующее звено, над которым, в свою очередь, третье звено и т.д. (рис. 13).

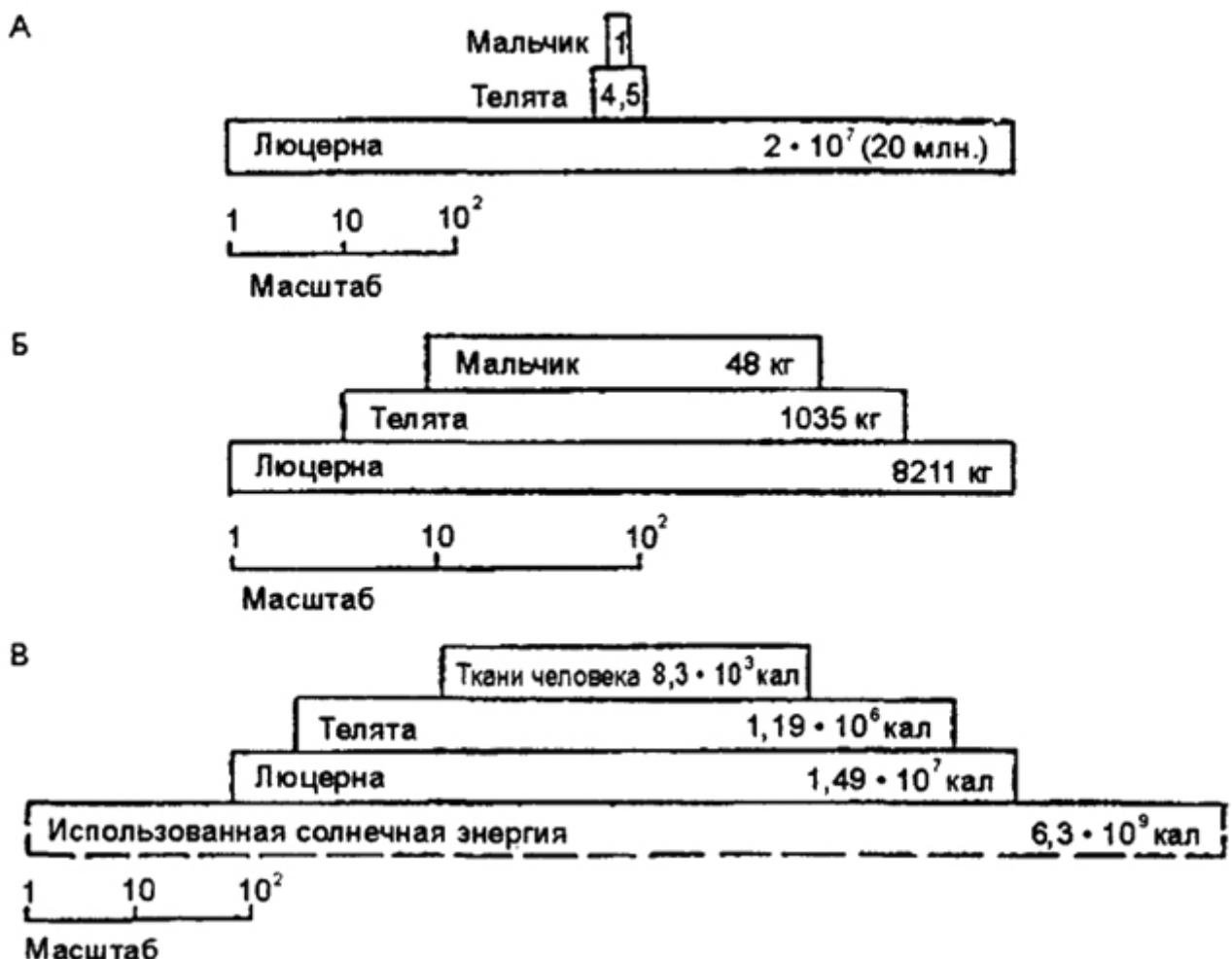


Рисунок 13 – Пропорциональное соотношение трофических уровней в экосистеме: А – пирамида чисел Элтона, Б – пирамида биомассы, В – пирамида энергии

Следует отметить, что при паразитических взаимоотношениях пирамида имеет перевернутый вид, так как первое (нижнее) звено – «хо-

зян» паразита гораздо меньше, чем последующее (верхнее), поскольку один хозяин может «прокормить» большое число паразитов.

Во-вторых, чтобы сократить вероятность дефицита продуктов питания для интенсивно возрастающей численности населения (по закономерности, близкой к экспоненте), надо, чтобы в рационе людей больший удельный вес занимала растительная пища. Энергетически идеально вегетарианство, однако в растительной пище нет многих веществ, необходимых для развития.

В-третьих, для увеличения КПД использования пищи при получении животноводческой продукции в условиях культурного хозяйства очень важно уменьшить основную статью нерационального расходования энергии – ее траты на дыхание. Это возможно за счет поддержания оптимального температурного режима в животноводческих помещениях, ограничения подвижности животных и, естественно, сбалансированности кормового рациона по различным элементам питания, а также применения различных биотехнических приемов (умеренные добавки стимуляторов роста, веществ, способствующих улучшению аппетита).

**Агроэкосистема** – экологическая система, объединяющая участок территории (географический ландшафт), занятый хозяйством, производящим сельскохозяйственную продукцию. В состав агроэкосистемы входят: почвы с их населением (животные, водоросли, грибы, бактерии); поля – агроценозы; скот; фрагменты естественных и полуестественных экосистем (леса, естественные кормовые угодья, болота, водоемы); человек.

Основные черты агроэкосистем определяет человек, который стоит на вершине экологической пирамиды и заинтересован в получении максимального количества сельскохозяйственной продукции. При этом, если человек следует экологическому императиву, он сохраняет почвы, биологическое разнообразие, не допускает сельскохозяйственного загрязнения и получает экологически чистую продукцию, а агроэкосистема приобретает черты устойчивости (*сестайнинга*). Агроэкосистема – автотрофная экосистема, основным источником энергии для которой является Солнце. Солнечная энергия усваивается растениями-продуцентами и фиксируется в урожае растениеводческой продукции

или передается по пищевым цепям консументам, главные из которых - скот, и редуцентам - прежде всего обитающим в почве животным-детритофагам. Перерабатывая органические остатки, они способствуют деятельности микроорганизмов-редуцентов, которые пополняют запас элементов питания, доступных корням растений. Большую роль в агроэкосистемах играют бактерии-азотфиксаторы, из которых наиболее важны виды, симбиотически связанные с бобовыми, так как при обработке почвы плугом биологическая азотфиксация за счет свободноживущих бактерий снижается в 4-5 раз.

В отличие от естественных экосистем агроэкосистемы более открыты, и из них происходит отток вещества и энергии с урожаем, животноводческой продукцией, а также в результате разрушения почв (дегумификация и эрозия почв). Для компенсации этих потерь и контроля состава агроэкосистемы (регулирование плотности популяций сорных растений, насекомых-вредителей и др.) человек вводит в агроэкосистемы дополнительные элементы питания (азотные, фосфорные и калийные удобрения) и затрачивает энергию на производство, транспортировку и внесение минеральных и органических удобрений и пестицидов, производство и ремонт сельскохозяйственных машин, горючее и т. д. Однако величина антропогенной энергии даже в наиболее энергонасыщенных хозяйствах составляет менее 1% от энергии Солнца, которая фиксируется растениями агроэкосистем. Агроэкосистемы весьма разнообразны и могут различаться по специализации (растениеводческие, животноводческие, комплексные) и по величине вложений антропогенной энергии (экстенсивные, компромиссные, интенсивные). Существуют как небольшиеaborигенные фермы, где используется только ручной труд и реже - мускульная сила животных, так и высокомеханизированные хозяйства и скотооткормочные комплексы, потребляющие много антропогенной энергии.

**Растениеводческие агроэкосистемы.** В экстенсивном хозяйстве используется залежно-переложная система земледелия (в условиях лесной зоны - подсечно-огневая система земледелия). В таких системах происходит постоянная ротация (заменяемость) участков пашни и есте-

ственной растительности, в результате чего восстанавливается плодородие почв.

При компромиссном хозяйстве почвовосстанавливающую роль играют посевы многолетних трав и однолетних бобовых культур в севооборотах, а также сидераты (зеленые удобрения). В умеренном количестве используются фосфорно-калийные удобрения, а для контроля плотности насекомых-вредителей - биологические методы защиты растений и система полезных симбиотических связей.

В интенсивном хозяйстве сохраняется та же схема производства, что и при компромиссном, но резко увеличиваются дозы минеральных удобрений, возможны полив и использование пестицидов в высоких дозах. Севообороты упрощаются до двух-трех звеньев и не включают сидератов или используется монокультура. С увеличением вложений антропогенной энергии возрастает риск разрушения почв.

**Животноводческие агрокосистемы.** Экстенсивный вариант - это выпас скота на естественных кормовых угодьях (с сенокошением или без него в зависимости от климата). Вложения антропогенной энергии при этом минимальны и сводятся к затратам на жизнеобеспечение пастухов и первичную обработку животноводческой продукции.

При компромиссном варианте корм производится на естественных кормовых угодьях и на пашне (многолетние травы, пропашные культуры и др.), плодородие почв которой поддерживается внесением навоза, возможно использование невысоких доз фосфорно-калийных удобрений.

При интенсивном варианте животноводческая продукция производится на скотооткормочных комплексах, а корма получают с пашни при высоких вложениях энергии и кроме того завозят из других районов (в таких странах, как Нидерланды или Сингапур - даже из других государств). Часть навоза вносится на поля, но его количество оказывается больше, чем можно внести в почву.

**Комплексные агрокосистемы.** При низких энерговложениях сохраняется ротация полей и естественных кормовых угодий (часть пашни через определенное время забрасывается для естественного восстановления плодородия, хотя частично оно поддерживается за счет

навоза). Минеральные удобрения либо не используются, либо вносятся в низких дозах фосфорно-калийные туки. Обеспечение почвы азотом достигается за счет биологической азотфиксации. Такой вариант хозяйства характерен для альтернативных систем земледелия. При интенсивном варианте производство кормов на естественных кормовых угодьях минимизируется, и с пашни получают как растениеводческую продукцию, так и корм для скота. Дозы вносимых удобрений и пестицидов высокие. Возможен полив. При компромиссном варианте наиболее полно реализуется адаптивный подход. Площадь пашни ограничена, ее плодородие поддерживается навозом, севооборотами и умеренными дозами фосфорно-калийных удобрений. Контроль сорняков, насекомых-вредителей и болезней культурных растений проводится либо биометодом, либо интегрированным методом защиты растений. Скот получает корм как на естественных кормовых угодьях, так и с пашни, поскольку в севооборотах значительное место занимают многолетние травы и кормовые однолетние бобовые культуры. Все это позволяет поддерживать достаточно высокую продуктивность агроэкосистем.

Поскольку с увеличением вложений антропогенной энергии затрудняется достижение сестайнинга агроэкосистем, наиболее оправданы экстенсивные животноводческие агроэкосистемы в условиях, где нет возможности получать растениеводческую продукцию, и компромиссные комплексные агроэкосистемы.

В первом случае необходимо регулирование пастбищных нагрузок для исключения пастбищной дигрессии. Возможны агроэкосистемы с дистанционным управлением, когда по существу сохраняется естественная экосистема, которая рационально используется. Например, в тундрах животным компонентом агроэкосистемы является дикий олень, в степях - сайгак, в саваннах - сложные многовидовые стада копытных (антилопы, зебры и т. д.), а человек изымает часть животных в соответствии с нормативом максимально допустимого урожая, обеспечивающим сохранность популяций. За счет дифференциации экологических ниш и более полного и равномерного потребления растительной биомассы такие агроэкосистемы могут давать мяса в несколько раз больше, чем агроэкосистемы с одним-двумя видами скота. Повышается эффек-

тивность использования пастбищ при совместном содержании скота разных видов и даже при разновозрастном стаде животных одного вида.

Во втором случае главное условие обеспечения сестайнинга - экологическая оптимизация структуры агроэкосистемы.

**Техногенез** – происхождение и изменение ландшафтов под воздействием производственной деятельности человека. Техногенез заключается в преобразовании биосферы, вызываемом совокупностью механических, геохимических и геофизических процессов.

Прямое техногенное воздействие на природную среду осуществляется хозяйственными объектами и системами при непосредственном контакте с ней в процессе природопользования или сбрасывания в неё отходов. Состав природных компонентов, подверженных промышленному влиянию включает в себя в различных сочетаниях воздух атмосферы, биоту и почвенный покров, подземные и поверхности воды, литологический фундамент, сюда же можно отнести и рельеф. Особенно значительные изменения природных комплексов происходит вследствие техногенных трансформаций рельефа, который всегда влечёт за собой снятие или погребение растительности и почвенного покрова. Это изменение водного режима, нарушение поверхности (оползни, просадки, обвалы, осьпи), изменение скорости направления процессов рельефообразования, изменение процессов почвообразования, загрязнение атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод продуктами дефляции отвалов; изменение микроклимата, изменение условий существования и развития биологического мира.

Под **загрязнением** окружающей среды понимают любое внесение в ту или иную экологическую систему не свойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений, прерывающих или нарушающих процессы круговорота и обмена веществ, потоки энергии со снижением продуктивности или разрушением данной экосистемы.

Различают природные загрязнения, вызванные природными, нередко катастрофическими, причинами, например извержение вулкана, и антропогенные, возникающие в результате деятельности человека.

Антропогенные загрязнители делятся на материальные (пыль, газы, зола, шлаки и др.) и физические, или энергетические (тепловая энергия, электрические и электромагнитные поля, шум, вибрация и т. д.). Материальные загрязнители подразделяются на механические, химические и биологические. К механическим загрязнителям относятся пыль и аэрозоли атмосферного воздуха, твердые частицы в воде и почве. Химическими (ингредиентами) загрязнителями являются различные газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, попадающие в атмосферу, гидросферу и вступающие во взаимодействие с окружающей средой – кислоты, щелочи, диоксид серы, эмульсии и другие.

Биологические загрязнители – все виды организмов, опасные или чужеродные среде (генетически модифицированные), а также болезнетворные микроорганизмы, отходы жизнедеятельности.

В условиях техногенеза биогенная миграция вещества и энергии заменяется техногенной. Проявление техногенеза в основном имеют аварийно-катастрофический, непреднамеренный и целенаправленный характер. Источниками техногенного загрязнения почв являются различные агротехнические приемы: применение пестицидов, органических и минеральных удобрений, орошение сточными водами и др. Техногенез характеризуются следующими показателями:

**Технофильность** – дает соотношение количества добываемого элемента к его содержанию в земной коре. Наиболее высокой технофильностью обладают С, Cl, Pb, Hg, Zn, Ni, Cu и т.д.

**Биофильность** - отношение среднего содержания элемента в живом веществе планеты к содержанию в земной коре.

**Деструктивная активность** - отношение массы элемента годовой добычи и выбросов в окружающую среду к массе элемента биологической продукции наземных растений в течение года (совмещает два предыдущих показателя). Показатель для Hg=5×10<sup>4</sup>; Cd, F, As - 5×10<sup>3</sup>; Sb, Pb, U - 5×10<sup>2</sup>; Se, Be, Ba, Sn - 5×10<sup>1</sup>.

Обследование источников загрязнений на территории и оценка рисков аварийных ситуаций. Необходимо учесть все имеющиеся на территории источники загрязнения, спектры выделяемых ими поллю-

тантов и их количество, а также особенности режима (годовая, сезонная, суточная динамика).

Ключевую роль в процессах трансформации и дальнейшей судьбе техногенных загрязнений играет почвенный покров, так как от его свойств и плодородия зависят, во-первых, размеры ущерба, наносимого поллютантами растительности, животным и человеку, во-вторых, возможности реализации тех или иных способов его уменьшения и проведения дезактивации и детоксикации среды обитания. Поскольку почва становится своеобразным депо, где накапливаются поллютанты, поступающие главным образом из воздуха, следует перечислить имеющиеся в окрестностях хозяйства источники загрязнений, по-разному влияющие на почвенный покров.

Итак, главное внимание обращается на следующие группы поллютантов: токсичные химические элементы, к которым относятся тяжелые металлы (ТМ) с удельной массой выше  $4,5 \text{ г}/\text{см}^3$ , а также мышьяк, сурьма, фтор, селен в соответствующих опасных дозах (в некоторых условиях алюминий, когда он чрезмерно насыщает организм, оказавшись в особо доступной для живых объектов форме); радионуклиды; органические токсиканты, включающие полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), из которых наиболее известен бенз(а)пирен, полихлорированные дibenзодиоксины (ПХДД), полихлорированные дibenзофураны (ПХДФ), полихлорированные бифенилы (ПХБ), полибромированные дibenзодиоксины (ПБДД) (несколько сотен упомянутых соединений превосходят по токсичности нервно-паралитические газы и могут мигрировать по пищевым цепям); агроядохимикикаты, в том числе пестициды, дефолианты, гормональные и антибиотические добавки к кормам и т.п. (пестициды накапливаются в почве в том случае, если интервал между повторными внесениями значительно меньше периода их полуразложения); микотоксины.

В окрестностях базовых хозяйств обследуются источники техногенных загрязнений и выявляются их следующие характеристики: вид переноса (ветром, поверхностными или грутовыми водами); спектр загрязняющих веществ (поллютантов), их количество, режим поступления на территорию; характер рассеяния в зависимости от ландшафта.

Оценка техногенного загрязнения агроэкосферы для почв до сих пор должным образом не отработана. Считается, что величину ПДК по содержанию ТМ и других токсичных элементов, как и по другим токсикантам, необходимо устанавливать в рамках целостной системы нормативов, обоснованных с помощью сопряженных агроэкосистемных исследований во всех звеньях пищевой цепи: в почве, растениях, кормах, продовольствии растительного и животного происхождения.

Сопряженные агроэкосистемные исследования распределения ТМ в почвах и их миграции по пищевым цепям к растениям, животным и человеку показали, что нередко при содержании токсичных элементов (Рb или Cd) в почве ниже ПДК они, тем не менее, переходят в растениеводческую и животноводческую продукцию в количествах, значительно превышающих ПДК для кормов и продовольствия, в том числе для молока, мяса, яиц. В то же время, например, медь, содержание подвижных форм которой в почве примерно в 2,0-2,5 раза выше ПДК, накапливается в продукции в дозах намного ниже ПДК. Из этого следует, что приводимые в литературе величины ПДК для почвы не соответствуют разнообразным природно-климатическим условиям России. Поэтому необходимо корректировать эти нормативы по каждому региону, исходя из принципа первичности определения значений ПДК для рационов питания человека, которые обосновываются экспериментами на лабораторных животных.

С целью определения характера миграции тяжелых металлов в трофической цепи и выявления влияния на него различных факторов определяют коэффициенты перехода ТМ в звеньях почва – кorma, korma – животноводческая продукция, почва – животноводческая продукция. При этом исследования должны проводиться сопряженным методом с одновременным охватом показателей нескольких объектов, связанных между собой звеньями трофической цепи.

Одним из главных результатов обследования становится экологическое ранжирование территории по следующим зонам: экологического благополучия (обеспечивается выращивание продукции для детского и лечебного питания без специальных мер защиты); экологической нормы (территории, пригодные для производства экологически безопасной

продукции без специальных мер защиты); экологического риска (возможно производство безопасной продукции благодаря специальным мерам защиты); экологического кризиса (допустимо возделывание ограниченного ассортимента культур, в основном технических, с применением специальных защитных мер); экологического бедствия (катастрофы) (территории, непригодные для возделывания сельскохозяйственных культур, ибо на них невозможна либо экономически невыгодна организация производства безопасной продукции, и поэтому подлежащие постоянной или временной консервации). С учетом результатов всех почвенных, агроландшафтных и агроэкологических обследований осуществляется районирование территорий, создающее реальную основу для целенаправленной разработки адаптивных систем земледелия и животноводства.

Анализ и контроль безопасности сырья животного происхождения, а также биологическая оценка продуктов питания проводятся по общепринятым методам ветеринарно-санитарной экспертизы молока и мяса.

Принципы организации агроэкосистемных исследований в условиях техногенеза. Поскольку техногенные загрязнения воздействуют на все звенья агроэкосистем (или пищевой пирамиды), высшей формой эксперимента становятся сопряженные опыты, охватывающие основные отрасли производства в рамках базовых хозяйств, расположенных в регионах техногенеза. В таких опытах устанавливаются коэффициенты накопления РН и ТМ в растительной продукции, коэффициенты их перехода в продукты животноводства и рационы питания людей, а также оценивается состояние здоровья населения. Следовательно, агроэкологические исследования должны проводиться комплексно при совместном участии почвоведов, агрономов, зоотехников, ветеринаров, гигиенистов и врачей.

Особенности проведения экспериментов в условиях радиационного техногенеза. Обычно роль пускового механизма при радиационном техногенезе играет авария на объекте. Каждая из них отличается от других спектром выброса радионуклидов в окружающую среду, однако

общие для всех аварий характеристики – периодичность (наличие периодов развития радиационного поражения территории) и зональность.

Как правило, в развитии радиационного поражения выделяют три периода. Первый (начальный, или развертывание аварии) характеризуется поражающим воздействием большого числа РН, включая относительно короткоживущие (в условиях Чернобыля он получил название периода йодной опасности). Второй – период аэрального загрязнения, когда происходит выпадение радиоактивных осадков из атмосферы (продолжается до конца первого вегетационного периода). Третий, или отдаленный, наступает со второго вегетационного периода, когда, по сути, и начинают принимать меры по преодолению радиационного загрязнения территории долгоживущими радиоизотопами – преимущественно  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , к которым добавляется небольшое количество изотопов плутония и других элементов, период полураспада которых составляет века и тысячелетия. В течение третьего периода из-за естественного распада РН и постепенного уменьшения их подвижности в пищевых цепях, а также вследствие защитных мероприятий идет понижение содержания радиоизотопов в кормах и продукции животноводства.

Зональность – следующая характеристика радиационного техногенеза, означающая необходимость разделения пострадавшей территории на зоны в зависимости от уровня радиации.

Любой эксперимент в животноводстве должен занимать определенное место в рамках создания адаптивной системы, поэтому необходимо при его планировании исходить из алгоритма разработки технологий адаптивного животноводства в условиях радиационного техногенеза (рис. 14). Такой алгоритм реализуется в виде эстафеты технологий с учетом биологических возможностей животных, природно-экономического, климатического и хозяйственного потенциала агроландшафтов, загрязненных радиоактивными веществами, а также требований к качеству кормов и продуктов питания. В этой связи перечисленные звенья и этапы не могут быть шаблонными. При разработке любой технологии следует исходить из закономерностей, установленных в экспериментах по изучению метаболизма радионуклидов у жив-

вотных, а также знания общих физиологических реакций организма и изменений в отдельных системах, сопровождающихся ухудшением здоровья, снижением продуктивности, сокращением срока хозяйственного использования и увеличением содержания изотопов в продукции животноводства.



*Рисунок 14 – Алгоритм разработки технологий адаптивного животноводства в условиях радиационного техногенеза*

Такой алгоритм реализуется в виде эстафеты технологий с учетом биологических возможностей животных, природно-экономического, климатического и хозяйственного потенциала агроландшафтов, загрязненных радиоактивными веществами, а также требований к качеству

кормов и продуктов питания. В этой связи перечисленные звенья и этапы не могут быть шаблонными. При разработке любой технологии следует исходить из закономерностей, установленных в экспериментах по изучению метаболизма РН у животных, а также знания общих физиологических реакций организма и изменений в отдельных системах, сопровождающихся ухудшением здоровья, снижением продуктивности, сокращением срока хозяйственного использования и увеличением содержания изотопов в продукции животноводства.

В каждом конкретном случае технологии молочного и мясного скотоводства необходимо строить на глубоком знании местных условий и ресурсов, тщательном анализе приемов максимального использования характерных для хозяйства или зоны положительных факторов.

Исследования по рациональному использованию земель в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем должны выполняться по ряду направлений: 1) сравнительное изучение технологии молочного скотоводства и производства говядины, качества молочной и мясной продукции в зонах, подвергшихся техногенному загрязнению, для контроля – в чистой зоне; 2) сравнительная оценка адаптации мясного скота разных пород в зависимости от факторов окружающей среды; 3) разработка методов подготовки скота к убою с целью получения чистой мясной продукции, соответствующей нормативно-техническим требованиям; 4) определение эффективности использования разных видов и доз сорбентов для снижения концентрации радионуклидов и тяжелых металлов в молочных продуктах; 5) анализ эффективности различных систем содержания молочного скота в помещениях разного типа и стоимости (капитальные здания стоечно-балочной, арочной, рамной конструкций и др.), в помещениях облегченного типа, трехстенных навесах и на площадках; 6) оценка способов содержания молочного и мясного скота с минимальными затратами труда и присутствием обслуживающего персонала; 7) сравнение различных типов кормления, способов содержания подопытных животных в стойловый и пастбищный периоды в помещении, на выгульно-кормовом дворе, на пастбище с максимальным использованием пастбищного травостоя и т.д.; 8) изучение эффективности различных вариантов технологии доращивания и от-

корма молодняка (нагул молодняка на пастбищах, подвергшихся техногенному загрязнению, откорм на чистых кормах и др.); 9) определение наиболее эффективного сезона отела коров в зависимости от природно-экологических и хозяйственных условий; 10) изучение способов очистки животных от токсикантов на заключительном этапе откорма.

Производство молока и мяса, удовлетворяющих нормативным требованиям, предусматривает установление допустимого содержания радионуклида в почве, кормах и рационах продуктивных животных. Сложность проблемы в том, что разнообразие ситуаций, обусловленное конкретными почвенно-климатическими и хозяйственными условиями, не позволяет унифицировать эти нормативы. Их расчет должен проводиться для каждой конкретной зоны или хозяйства с учетом типа почв, кормовых угодий, направления продуктивности животных, структуры их рационов и вклада отдельных кормовых продуктов в суммарную активность рациона.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) тяжелых металлов в кормах, сельскохозяйственной и пищевой продукции и нормы их поступления в организм продуктивных животных рассчитываются так же, как для радионуклидов.

Выращенные в зоне техногенного загрязнения корма должны использоваться дифференцированно для разных половозрастных групп животных в зависимости от содержания токсикантов. Корма, в которых нормативы по количеству тяжелых металлов превышены, следует использовать для выращивания ремонтного молодняка или на ранних стадиях откорма животных на мясо, а также для рабочего скота.

Существуют методы снижения перехода радионуклидов из рациона в продукцию животноводства. К таким методам относится, во-первых, предотвращение поступления радионуклидов в организм крупного рогатого скота (за счет соответствующего использования пастбищ, содержания и кормления коров в летне-пастбищный период, особенностей откорма крупного рогатого скота в пастбищный период, содержания скота в зимний период), во-вторых, использование сорбентов (природные цеолиты и ферроцианиды) для снижения всасывания радионуклидов в пищеварительном тракте продуктивных животных с при-

жизненной оценкой содержания радиоактивного цезия в мышечной ткани крупного рогатого скота.

Эффективное снижение поступления радионуклидов в организм животных и продукты животноводства достигается за счет коренного улучшения сенокосов и пастбищ (преобразование естественных угодий в искусственные, культурные, подбор видов и сортов для возделывания, мелиорация земель, оптимальные способы использования продукции). Составление и использование рационов, направленных на снижение поступления токсических веществ в организм животных и получаемую от них продукцию, обязательно должно проводиться с учетом сбалансированности по основным питательным веществам, микро- и макроэлементам, витаминам. В системе мероприятий по снижению количества токсических веществ (радионуклидов и тяжелых металлов) в продуктах животноводства наряду с традиционными, ранее разработанными приемами важную роль играют сорбенты.

Итак, организационные, агротехнические и зоотехнические мероприятия, разработанные на основании комплексных исследований на загрязненных территориях, обеспечат производство экологически безопасной и полноценной продукции, отвечающей нормативным требованиям. Только грамотные специалисты, имеющие устойчивые представления о методах снижения влияния техногенной нагрузки могут решить одну из сложнейших проблем современности – ведение животноводства в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем и разработать научно обоснованный комплекс мероприятий, гарантирующий производство экологически безопасной, биологически полноценной продукции и защиту населения в условиях возможных техногенных катастроф.

### **3. ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Природно-ресурсный потенциал* – это совокупность естественных ресурсов, являющихся основой экономического развития территории, которые могут быть вовлечены в хозяйственный оборот с учётом экономической целесообразности и возможностей научно-технического прогресса.

Преимущественно значение природно-ресурсного потенциала в сельском хозяйстве, специфика которого заключается в использовании природных процессов при возделывании сельскохозяйственных культур и разведении животных. Природно-ресурсный потенциал влияет на сельское хозяйство опосредовано действием большого количества политических, экономических, социальных, экологических, технологических и организационно-правовых факторов, которые определяют конкретные способы ведения хозяйства в различных типах природной среды. Эта природная среда всегда являлась необходимым условием и элементом производства разнообразных благ. До недавнего времени элементы природной среды в их количественном и качественном отношении воспроизводились естественным путем, самой природой. Природные факторы были обязательным условием процесса воспроизводства и не являлись его продуктом.

При современном положении экологической ситуации уже не возможно самовосстановление природных процессов. Природная среда является фактором, который вызывает качественные изменения в процессе воспроизводства. Воздействие этой среды на процесс воспроизводства средств производства не ограничивается пассивной функцией источника ресурсов и через эту функцию оказывает активное влияние на производительные силы сельскохозяйственного производства.

Природно-ресурсный потенциал территории определяется наличием запасов разведенных и учтенных природных ресурсов. Качество природных ресурсов оказывает влияние на реализацию экономического потенциала территории и эффективность использования природно-ресурсного потенциала сельскохозяйственного производства.

**Природные ресурсы** – это объекты и силы природы, которые на определенном уровне развития производительных сил и уровне изученности могут быть использованы для удовлетворения потребностей общества в форме непосредственного применения в материальной деятельности.

Дефицит топливно-энергетических, водных, лесных и других природных ресурсов в регионе ограничивает развитие и размещение здесь целого ряда производств. Одновременно следует отметить, что в условиях современного развития науки и техники, сельского хозяйства зависит размещение производств перерабатывающей отрасли от природных условий и ресурсов относительно ослабляется и, следовательно, расширяются возможности определения мест размещения производительных сил. Этому способствует повышение эффективности использования сырья, использование заменителей природных материалов, применение ресурсосохраняющих технологий.

Одновременно заметно возрастает значение некоторых составных природных ресурсов. В частности, чистая пресная вода является важным показателем не только развития и размещения производительных сил, но и регионального развития экономики в целом. Водные ресурсы – исключительно важный показатель как для водоемских отраслей промышленности (химической, энергетической, металлургической), так и для сельского хозяйства, развития населенных пунктов. Организация надежного водоснабжения, защита водных ресурсов от загрязнения и истощения приобретают в современных условиях особенной актуальности.

**Природные условия** – второй показатель размещения производительных сил. Они связаны с территориальными различиями в природной среде. Понятие «природные условия» охватывает свойства природы. Это климат, характеристика почв, рельеф местности, условия добычи полезных ископаемых. Природные условия в значительной мере определяют продуктивность и специализацию сельского хозяйства, развитие строительства, технологические характеристики некоторых производств, а также уровень жизни населения.

Климатические условия непосредственно влияют на возобновление рабочей силы. Так, в районах с холодным климатом средства на жилье, одежду, еду значительно выше в сравнении с районами теплого климата. В условиях научно-технического прогресса развитию производительных сил присуще усовершенствование не только орудий труда, но и методов производства, то есть технологии возделывания и выращивания. Технология всегда материализуются в той или иной системе средств труда, не являясь вещественным элементом производства. Но она определяет формы связи личных и вещественных элементов производства, а также все пространственные и временные связи между вещественными элементами и стадиями сельскохозяйственного производства. Так технологический процесс воздействует на развитие производительных сил. Отсюда следует, что технология является одним из важнейших элементов производственного потенциала сельского хозяйства.

Строительство перерабатывающих комплексов, хранилищ ядохимикатов, животноводческих комплексов и т.д. необходимо размещать, учитывая разнообразие возможных экологических критериев, сделать оптимальным выбор потенциальных участков для размещения производительных сил. Особенно важен этот вопрос сейчас, иначе игнорирование этими критериями приведет к ухудшению окружающей природной среды.

Важнейшим компонентом природно-ресурсного потенциала являются агроклиматические ресурсы, которые являются важнейшей предпосылкой жизнедеятельности культурных растений. Различные климатические факторы имеют неодинаковое биологическое значение в сельскохозяйственном производстве: одни из них являются основой жизнедеятельности растений, другие лишь корректируют действие основных факторов.

К числу климатических факторов, определяющих жизнедеятельность растений, относятся: тепло, влага и свет, они ассимилируются растениями в процессе образования органического вещества. Достаточное количество тепла обеспечивает широкий подбор растений с различными сроками созревания с одного поля. Недостаток влаги вызыва-

ет резкое снижение урожая и даже его гибель (засуха). Свет в природных условиях обычно не ограничивает произрастание сельскохозяйственных растений, поэтому световые ресурсы при сельскохозяйственной оценке климата не учитываются, за исключением продолжительности дня и ночи, когда это необходимо для растений, реагирующих на продолжительность дневного освещения.

Не менее важным параметром при рассмотрении агроклиматических ресурсов территории выступают условия зимования культур в умеренном поясе, где в зимний сезон наблюдаются отрицательные температуры и недостаток тепла сопровождается приостановкой вегетационного процесса. В такие периоды их выживаемость зависит от длительности морозов, продолжительности периода с устойчивым залеганием снежного покрова и его мощности.

Большинство культурных растений наиболее активно вегетируют при температуре выше 10°C, поэтому для характеристики термического режима условно принят показатель – сумма температур за период со средней суточной температурой воздуха выше 10°C.

Прямыми показателем ресурсов влаги являются атмосферные осадки – основной источник снабжения растений влагой. Необходимость влаги объясняется ее участием в фотосинтезе, терморегуляции живых организмов, переносе элементов питания. Условия увлажнения относятся к пассивному фактору, так как они определяют не энергию роста, а величину урожая.

Эффективность осадков в значительной степени зависит от условий их испарения. Поэтому при оценке климатических ресурсов условия влагообеспеченности растений характеризуются не количеством осадков, а относительными величинами в виде отношения количества осадков к испаряемости или к основным факторам испарения (температура воздуха, дефицит влажности воздуха и др.).

В качестве показателя при оценке условий увлажнения используется гидротермический коэффициент (ГТК), или показатель увлажнения, в виде отношения суммы осадков за период с температурой воздуха выше 10° к сумме температур за тот же период, уменьшенной в 10 раз.

Солнечная радиация относится к непременным условиям существования всех видов жизнедеятельности. Она представляет собой источник энергии, идущей на фотосинтез для создания органического вещества, оказывает воздействие на формирование органов растений, образование урожая, количество продукции, продолжительность вегетации, а также косвенно или непосредственно отражается на ряде процессов. Ответственных за важные свойства растений – зимостойкость, засухоустойчивость, стойкость к полеганию.

Световые ресурсы территории характеризуются количеством часов солнечного сияния. Степень влияния светового фактора определяется как качественным составом солнечных лучей, так и продолжительностью светового дня. Прямые солнечные лучи ускоряют наступление цветения и плодоношения, в то время как при рассеянном свете замедляется переход от вегетативной к генеративной стадии развития. Этот период тесно связан с отношением растений к продолжительности дня. Немалое значение для фотосинтеза имеет также интенсивность солнечной радиации и ее спектральный состав.

Важнейшей составляющей природно-ресурсного потенциала являются земельные ресурсы. Они обладают рядом особенностей, которые необходимо учитывать при их хозяйственной оценке. Главной из них является возобновимость земельных ресурсов. При рациональном использовании, высокой агротехнике, регулярном удобрении, почвозащитных и мелиоративных мероприятиях они могут использоваться непрерывно благодаря своему плодородию. *Плодородие* – это способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, воде и обеспечивать урожай благодаря совокупности определенных физических, химических и биологических свойств. Плодородие является одним из основных факторов, влияющих на уровень урожайности сельскохозяйственных культур.

Биологические ресурсы оказывают влияние на уровень развития отраслей животноводства, так как являются источниками поступления кормов для сельскохозяйственных животных.

Каждый регион отличается своей экономической и социальной структурой, местом в решении общегосударственных задач. Очень ва-

жен учет фактора регионального экономико-географического положения для размещения объектов сельскохозяйственной деятельности. Этот фактор отражает разнообразие и специфику природных условий и ресурсных запасов региона. Экономико-географическое положение влияет на хозяйственную специализацию региона и условия формирования отраслевых и межотраслевых территориальных комплексов, являющихся отражением территориального разделения труда на макроуровне.

Таким образом, ресурсный потенциал сельскохозяйственного предприятия – это совокупность земельных, трудовых и материальных ресурсов, находящихся в его распоряжении; таким образом, он определяется количеством, качеством и внутренней структурой каждого ресурса в отдельности. Элементы, составляющие ресурсный потенциал, для их количественной сопоставимости приводят к одной единице измерения (баллам ресурсного потенциала). Расчеты можно производить по методу соизмеримых сельскохозяйственных угодий и по методу, учитывающему степень влияния различных ресурсов на объем производимой продукции.

## **4. КРУГОВОРОТ ОСНОВНЫХ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ**

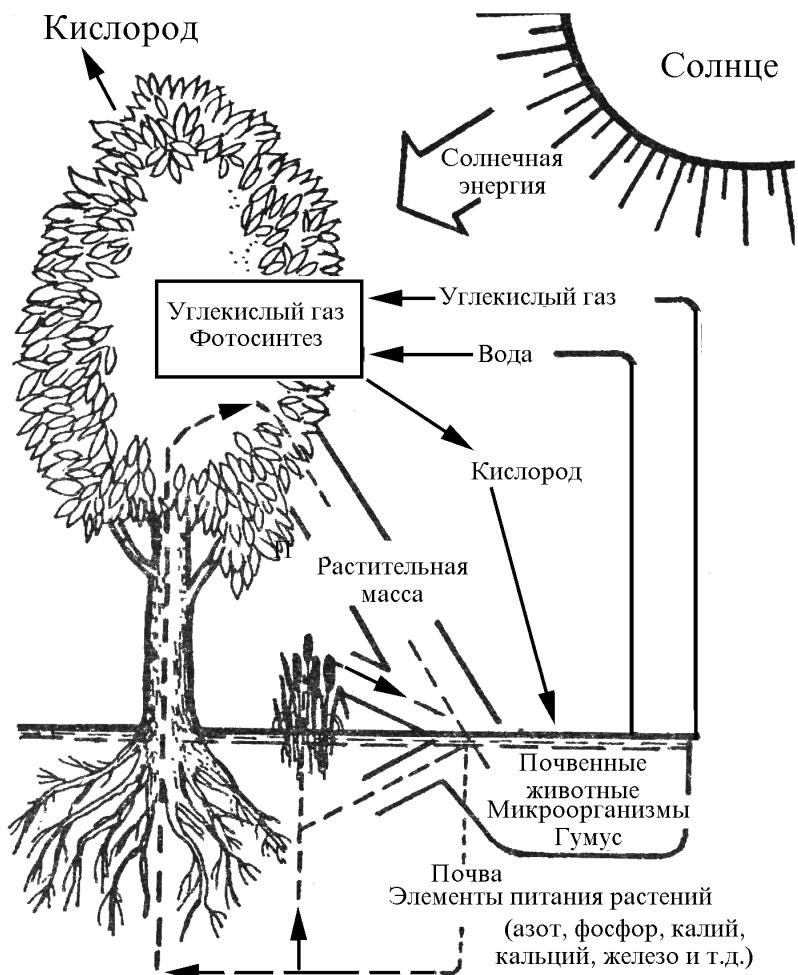
Круговорот веществ - закономерный процесс многократного участия веществ в явлениях, протекающих в биосфере планеты. Вещество, вовлеченное в круговорот, не только перемещается, но и испытывает трансформацию и нередко меняет свое физическое и химическое состояния. Особенно активную роль в ускорении круговорота и трансформации играют живые организмы. *Большой круговорот веществ* - это безостановочный планетарный процесс закономерного циклического, неравномерного во времени и пространстве перераспределения вещества, энергии и информации, многократно входящих в непрерывно обновляющиеся экологические системы биосферы. *Малый круговорот веществ* развивается на основе большого и заключается в круговой циркуляции веществ между почвой, растениями, микроорганизмами и животными. Оба круговорота взаимосвязаны и представляют собой единый процесс, который обеспечивает воспроизведение живого вещества и оказывает активное влияние на облик биосферы. На нашей планете всегда существовал *геохимический* круговорот веществ, но с появлением жизни на Земле геохимические связи стали *биогеохимическими* – более сложными и разнообразными.

Круговорот отдельных веществ В.И. Вернадский назвал *биогеохимическими циклами*. Суть циклов в следующем: химические элементы, поглощенные организмом, впоследствии его покидают, уходя в абиотическую среду, затем, через какое – то время, снова попадают в живой организм. Такие элементы называются *биофильными*.

В биогеохимических круговоротах следует различать две части: 1) резервный фонд – это огромная масса движущихся веществ, не связанных с организмами; 2) обменный фонд – значительно меньший, но весьма активный, обусловленный прямым обменом биогенным веществом между организмами и их непосредственным окружением.

Одним из примеров служит круговорот *углерода*. Углерод, включающийся в процессы биологического круговорота, содержится в ос-

новном в атмосфере в виде двуокиси ( $\text{CO}_2$ ). В состав органического вещества он включается в процессе фотосинтеза растений. Затем основная масса его поступает в пищевые цепи животных и накапливается в их телах в виде различного рода углеводов (рис. 15).



*Рисунок 15 – Схема биогеохимического круговорота вещества (по Р. Кашанову, 1984)*

Для обеспечения процессов жизнедеятельности значительная часть органических веществ растений и животных разлагается в процессе дыхания с выделением  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Мертвое органическое вещество разлагается особой группой организмов (в основном микробами и грибами) до исходных минеральных веществ и углекислоты ( $\text{CO}_2$ ), которая также возвращается в атмосферу. Некоторая часть углерода включается в большой, или геологический круговорот между сушей и океаном. Небольшая доля органического вещества и содержащегося в нем углерода, по выражению В. И. Вернадского, ускользает от

круговорота и уходит в ископаемое состояние в виде угля, торфа, нефти и других горючих соединений. Другая часть таким же образом концентрируется в донных карбонатных отложениях океана. Этот углерод, как и углерод горючих ископаемых, в настоящее время в значительной мере высвобождается человеком, использующим эти вещества в качестве энергетических, строительных и других ресурсов. Некоторое количество углерода высвобождается из твердых отложений (карбонатов) непосредственно организмами, особенно при выходе этих соединений из подводного состояния на сушу.

**Азот** – основным источником данного элемента является атмосфера, откуда в почву, а затем в растительные организмы азот попадает только в результате превращения в усвояемое соединение - нитраты ( $\text{NO}_3$ ). Последние образуются в основном в результате деятельности организмов - **азотфиксаторов**. К ним относятся отдельные виды бактерий, сине-зеленых водорослей и грибов. Частично нитраты образуются при грозовых разрядах и при фотохимических реакциях в атмосфере, откуда с осадками они попадают в почву.

Второй источник азота для растений - результат разложения органических веществ и, в частности, белков (протеинов) особой группой организмов - **аммонификаторов**. При этом в начале образуется аммиак ( $\text{NH}_3$ ), который в результате деятельности бактерий - **нитрификаторов** преобразуется в нитриты ( $\text{NO}_2$ ) и нитраты ( $\text{NO}_3$ ). Часть азота растениями усваивается в виде ионов аммония и мочевины, образующихся в результате разложения органических веществ.

Возвращение азота в атмосферу происходит в результате деятельности бактерий - **денитрификаторов**, разлагающих нитрата до свободного азота и кислорода (рис. 16).

Значительная часть азота, попадая в океан (в основном со стоком вод с континентов), используется водными фотосинтезирующими организмами (прежде всего фитопланктоном), а затем, попадая в цепи питания животных, частично возвращается на сушу с продуктами морского промысла или птицами. Небольшая часть азота, как и углерод, попадает в осадочные соединения.

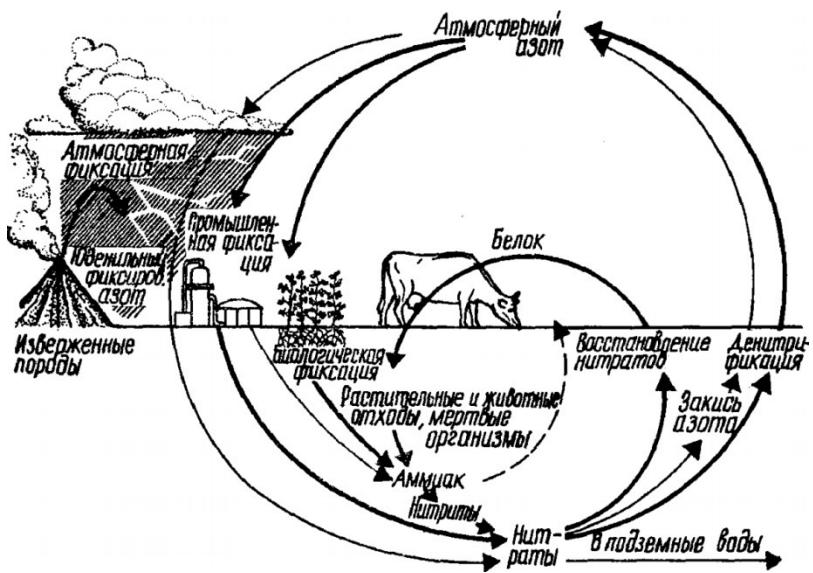


Рисунок 16 – Схема круговорота азота

В круговороте **фосфора** отсутствует газообразная фаза. После неоднократного потребления организмами на суше и в водной среде в конечном счете элемент выводится в донные осадки. Возвращение фосфора с организмами океана не компенсирует его потребности на суше (рис. 17).

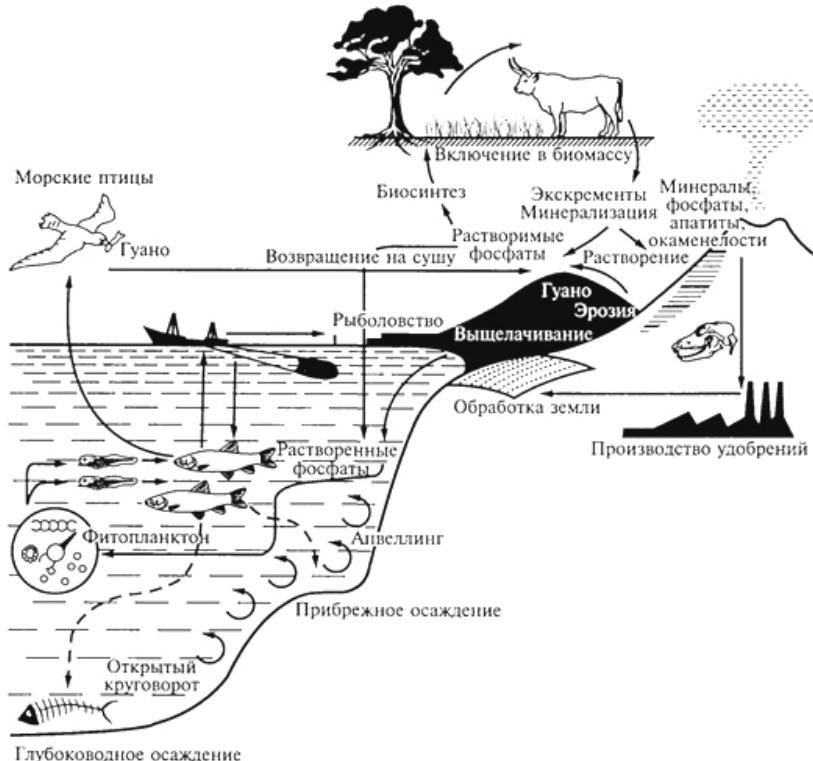


Рисунок 17 – Схема круговорота фосфора

Не компенсируются эти потребности и в результате использования природных минеральных соединений. В данном случае односторонний процесс, заканчивающийся осадочным циклом, грозит дефицитом фосфора для организмов. Дефицит фосфора в значительной мере восполняется человеком через внесение минеральных удобрений, представляющих в основном продукты переработки морских осадочных пород.

Сельскохозяйственная индустрия является основой жизни человеческого общества, так как дает человеку то, без чего невозможна жизнь – пищу и одежду. Сельское хозяйство обеспечивает сырьем пищевую, частично легкую, биотехнологическую, химическую (частично), фармацевтическую и другие отрасли народного хозяйства. Основой сельскохозяйственного производства является почва и продуктивность этой отрасли хозяйства зависит от состояния почв. Хозяйственная деятельность человека приводит к деградации почв, в результате чего ежегодно с поверхности Земли исчезает до 25 млн.  $\text{м}^2$  пахотного слоя почвы. Данное явление получило название **«дезертификации»**, т. е. превращения пахотных земель в пустыни.

Сельскохозяйственное производство оказывает существенное влияние на природные биогеохимические циклы некоторых химических элементов. В сфере земледелия в настоящее время находится около 15 млн.  $\text{км}^2$ , т.е. около 10 % от площади всей суши. Опасность агрогенных геохимических аномалий связана с большими масштабами проявления их и охватом практически всей сельскохозяйственной продукции. Попадающие в почву при ее обработке выхлопы техники, износ орудий; внесение удобрений и других химических веществ - главный вид агрогенного воздействия. Хотя удобрения увеличивают урожайность, они меняют химический состав почв, повышают концентрацию токсичных и канцерогенных соединений азота, фосфора и других химических элементов.

Структура биологического круговорота на площади земледелия трансформирована. Находившаяся в биогеохимическом равновесии с окружающей средой природная растительность заменена сельскохозяйственными культурами, которые способны существовать в условиях данных экогеосистем лишь благодаря человеку. Образующаяся продук-

ция возвращается в почву не полностью, так как частично удаляется в виде урожая. В систему биологического круговорота искусственно вводятся значительные массы азота, калия, фосфора и воды. Одновременно в результате механического нарушения почвы активизируются процессы эрозии и выноса химических элементов за пределы обрабатываемых площадей.

Обеспечение растущего населения Земли продуктами питания – одна из актуальных проблем современности. Поэтому расширяются старые и строятся новые горные предприятия, химические комбинаты для переработки горно-химического сырья в минеральные удобрения. Главным мероприятием в повышении урожайности является увеличение доз вносимых минеральных удобрений, т.е. искусственное включение масс химических элементов в биологический круговорот. Анализ масс миграционных потоков азота и фосфора показал, что количество этих элементов, искусственно включаемых в систему биологического круговорота, уже в 1970 г. превышало соответствующие массы, вовлекаемые в водную миграцию естественным путем.

Агрохимическая интенсификация сельского хозяйства породила проблему азота, имеющую особое биогеохимическое и экологическое значение. Во-первых, искусственное введение крупных масс азота в обрабатываемые почвы ведет к разбалансированности массообмена элемента в системе «почва - растительность». Не вовлеченные в биологический круговорот избыточные массы азота в виде нетратов активно участвуют в водной миграции. В результате соединения азота аккумулируются в геохимически подчиненных экогеосистемах (отрицательных элементах рельефа, озерах, а также водохранилищах, образованных плотинами гидроэлектростанций). Повышение концентрации азота вызывает усиленный рост водной растительности, зарастание водоемов, перегрузку их мертвыми растительными остатками и продуктами разложения. Во-вторых, аномально высокая концентрация в почве растворимых соединений азота влечет за собой повышенное их содержание в сельскохозяйственных продуктах питания и питьевой воде.

Имеющиеся данные говорят о том, что в настоящее время нормальное функционирование глобального цикла азота сохраняется bla-

годаря незамкнутости природных циклов массообмена, связывающих отдельные экогеосистемы. Вместе с тем в некоторых сельскохозяйственных регионах избыточные массы азота не могут быть вовлечены в биологический круговорот и захватываются в водную миграцию, что нарушает нормальное функционирование биогеохимически подчиненных экогеосистем в районах интенсивного сельскохозяйственного производства.

Итак, высокая продуктивность агроэкосистем имеет два значительных отрицательных последствия: нарушение круговорота веществ и потока энергии. Круговорот веществ изменен в результате ежегодного изъятия урожая, что выражается в уменьшении содержания питательных веществ – утрате плодородия. Почвенное плодородие, определяемое в основном запасами гумуса, является главной экономической и экологической характеристикой агроэкосистемы.

Величина потерь питательных элементов определяется следующими параметрами агроэкосистем: составом почв, их происхождением и подстилающими породами; микроклиматом; геоморфологией; соотношением сельскохозяйственных угодий и лесных насаждений; технологиями внесения и видам удобрений; наличием ферм и животноводческих комплексов и др.

Утрата плодородия сопровождается в следующими процессами. Потери биогенных элементов: азота – в процессе денитрификации, выщелачивания; фосфора при выщелачивании, калия – при вымывании. Уменьшение содержания гумуса ухудшает условия развития полезной микрофлоры, в том числе и «почвоочистительной». Агротехника, при которой уменьшается разнообразие возделываемых культур, увеличивает угрозу потери питательных веществ при вымывании их за пределы корнеобитаемого слоя почвы. Потери почвой коллоидов в агроэкосистемах вызваны окислением и разрушением органического вещества, что происходит в результате длительной обработки почвы, а также при орошении. Параллельно окислению органического вещества происходит и интенсивная минерализация, что ведет к значительным потерям его подвижной части. В агроэкосистемах процессы окисления и мине-

рализации усиливаются вследствие снижения густоты растительного покрова и повышения температуры почвы.

Создание агроэкосистем сопровождается в первую очередь изменением потока энергии – субсидии ее в виде физического или механизированного труда в процессе сельскохозяйственного производства. В соответствии с энергозатратами и продуктивностью все агроэкосистемы можно разделить на два типа: **доиндустриальные и интенсивные механизированные**.

Агроэкосистемы доиндустриального периода – самодостаточные, с интенсивным использованием дополнительной энергии в виде мышечных усилий человека и животных; поставляют продукты питания для конкретного фермера и для продажи или обмена на местных рынках. Интенсивные механизированные агроэкосистемы с крупными энергетическими дотациями в форме горючего, химикатов и работы машин, поставляют продукты питания в количестве, превышающем местные потребности, где избыток продуктов идет на экспорт. Химические элементы, экспортируемые с продуктами растениеводства и животноводства за пределы аграрных ландшафтов, выключаются из биотического круговорота сельскохозяйственных экосистем. Поступая с экскрементами людей в канализационные системы городов, других населенных пунктов, они вовлекаются в геологический круговорот.

Утечке химических элементов из сельскохозяйственных экосистем способствует традиционный способ утилизации трупов павших животных. Химические элементы, содержащиеся в них, при захоронении в могильники надолго выключаются из биотического круговорота сельскохозяйственных экосистем.

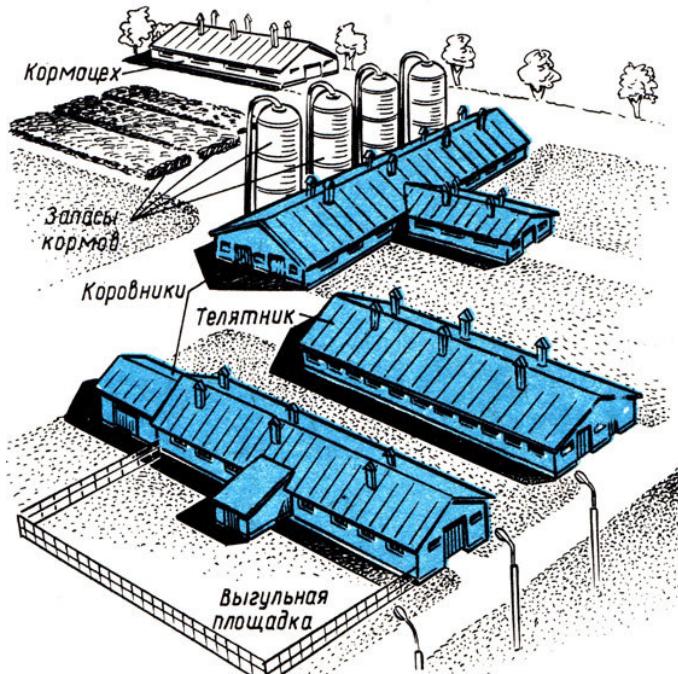
Биотический круговорот нарушается также в результате притока в сельскохозяйственные системы минеральных, азотных, фосфорных, калийных удобрений, пестицидов и других веществ.

В сельскохозяйственные экосистемы ежегодно поступает значительное количество разнообразных пестицидов, предназначенных для борьбы с вредными насекомыми, сорнями растениями и другими вредителями сельского хозяйства. Пестициды включаются в пищевые цепи и биотический круговорот.

Следовательно, в сельскохозяйственных экосистемах изменяется баланс химических веществ: приток – отток. Это влияет на геохимическую обстановку в аграрных ландшафтах, состояние флоры и фауны, биологическую продуктивность и воспроизводительную способность культурных растений.

## 5. ЖИВОТНОВОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

Животноводческие фермы и комплексы являются в настоящее время серьезными источниками загрязнения, особенно водных объектов и атмосферного воздуха (рис. 18).



*Рисунок 18 – Облик традиционной малой фермы для выращивания молочного скота*

По степени воздействия на окружающую среду, влияние крупных животноводческих комплексов соизмеримо с влиянием промышленных объектов. Вблизи животноводческим комплексов и ферм промышленного типа особую угрозу окружающей среде представляют скопления навоза, а также нитратное и микробное загрязнение почв, фитоценозов, поверхностных и грунтовых вод. Повсюду в сельскохозяйственных районах реки содержат значительные количества нитратов и фосфатов, причем первые из них образуются из отходов животноводства, а последние – из промышленных удобрений.

**Отходы животноводства** содержат различные органические вещества: мочевина, фенолы, медицинские препараты, добавляемые в

корм, и т.д. В стоках содержатся и неорганические вещества: соединения азота, фосфора, калия, цинка, марганца, меди, кобальта и др. Кроме того, там присутствуют и патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, нематоды, простейшие насекомые), вызывающие заболевания как животных, так и человека. Известно, что микробное и общее загрязнение в районе расположения животноводческих комплексов в 8-10 раз превышают естественный фон загрязнения почвенного и снежного покрова. Особую опасность представляет свиной навоз, который содержит 1,5% аммиака, различные патогенные микроорганизмы, которые могут служить источником заражения человека. Угрозу окружающей среде представляют также стоки силосных ям. Поэтому при выборе места для размещения животноводческих комплексов должны быть обоснованы возможности утилизации навоза и производственных стоков с учетом природоохраных требований. В РФ около 20% пастбищных территорий деградированы в различной степени (в засушливых регионах степень деградации выше в 2-3 раза). Деградация пастбищ является следствием несоответствия плотности скота и способности пастбищ к самовосстановлению. Экологическими следствиями деградации пастбищ являются эрозия почвы, изреживание растительного покрова, выделение углерода из отходов органических веществ, снижение биологического разнообразия и нарушения кругооборота воды. При пастбищном животноводстве происходит выборочное поедание отдельных растений, что изменяет видовой состав растительного сообщества и без коррекции может сделать данное пастбище непригодным для дальнейшего использования. Кроме того, что поедается зеленая часть растения, происходит уплотнение почвы, что меняет условия существования почвенных организмов. При особо длительном или чрезмерном (в расчете на животное) выпасе почва уплотняется, поверхность пастбищ оголяется, что усиливает испарение и приводит в континентальных секторах умеренного пояса к засолению почв, а во влажных районах способствует заболачиванию. При смене стойбищ происходит процесс возврата пастбища к исходному состоянию (**демутация**). Демутация развивается медленно, она растягивается на многие годы.

Из животноводческих помещений в атмосферу поступает аммиак, сероводород, углекислый газ. Так, птицефабрика на 400 тыс. несушек получает в год такое количество помёта, что при разложении его выделяется около 700 т. газов, в том числе 450 т. метана (65%), 208 т. углекислого газа (30%) и 35 т. водорода, индола, скатола, сероводорода, аммиака и других соединений (5%). Химическому и биологическому загрязнению атмосферного воздуха в значительной мере способствуют недостаточно отработанные технологии на промышленно-животноводческих комплексах и птицефабриках. Источниками загрязнения атмосферы являются помещения для содержания скота, откормочные площадки, навозохранилища, биологические пруды, пруды-накопители сточных вод, поля фильтрации. В зоне животноводческих комплексов и птицефабрик атмосферный воздух загрязнен микроорганизмами, пылью, аммиаком и другими продуктами жизнедеятельности животных, часто обладающими неприятными запахами (свыше 45 различных веществ). Эти запахи могут распространяться на значительном расстоянии (до 10 км), особенно от свинокомплексов. В связи с тем, что эти отходы находят небольшое применение, запах от накапливающегося навоза возрастает. Таким образом, в настоящее время удаление отходов стало главной проблемой фермеров.

Развитие животноводства на промышленной основе, создание прочной кормовой базы, расширение отгонных пастбищ, большая концентрация поголовья скота на ограниченной площади, изменение традиционных форм его содержания обусловливают необходимость использования большого количества воды из рек, озер и других водных объектов, что оказывает существенное влияние на состояние самих водоемов и окружающей среды в целом. Как известно, промышленное животноводство - один из самых крупных водопотребителей. Высокая концентрация поголовья скота на ограниченных площадях, использование гидравлических систем уборки и удаления экскрементов животных приводят к образованию огромных объемов жидкого навоза, а также связанных с эксплуатацией производственных помещений значительных количеств вредных летучих химических веществ, неприятных запахов, интенсивного шума и др. Санитарно-гигиенические условия на

фермах в основном поддерживаются с помощью воды: для мытья животных, очистки помещений и их дезинфекций, подготовки кормов, мытья посуды и аппаратуры, гидросмыыва навоза и т.д. Вместе с тем с возрастанием потребления воды для нужд животноводства увеличивается сброс навозосодержащих сточных вод в водоемы, в результате чего они загрязняются и утрачивают свои полезные свойства. Даже сброс небольших доз неочищенных навозосодержащих сточных вод от животноводческих ферм и комплексов вызывает массовые заморы рыбы и причиняет значительный экономический ущерб. Такой процесс носит название **эвтрофикации** водоема.

Стоки животноводческих комплексов загрязняют как подземные, так и поверхностные воды. Загрязнение подземных вод происходит в результате фильтрации из навозохранилищ, а также в случае внесения в почву доз навозной жижи. Это вызывает серьезную тревогу, т.к. подземные воды питают колодцы, водозaborы, сообщаются с открытыми водоемами.

Животноводство и отрасли, перерабатывающие сельскохозяйственное сырье создают самую большую проблему в сфере сельского хозяйства – проблему утилизации отходов, занимающих значительные земельные площади и являющихся мощным источником загрязнения. Присутствие в таких отходах болезнетворных организмов может вызвать у людей вирусные и паразитарные заболевания. В почве могут распространяться возбудители всевозможных инфекционных заболеваний (возбудители сибирской язвы, газовой гангрены, столбняка, ботулизма). Из числа патогенных микроорганизмов, временно обитающих в почве, преобладают возбудители кишечных инфекций (паратифов, брюшного тифа, дизентерии, холеры, сальмонеллеза, амебиаза, бруцеллеза, лептоспироза, туляремии, чумы, коклюша). Некоторые из этих бактерий могут долго сохраняться в почве: возбудители холеры, паратифов и тифа – до 4 месяцев, туляремии – до 3 месяцев, бруцеллеза – до 6 месяцев. Возбудители туберкулеза, микозов, дифтерии и проказы остаются жизнеспособными от 3-4 недель до 16 месяцев. Обычно заражение человека происходит при контакте с павшими или больными животными, через загрязненные овощи, через сырье и продукты, получен-

ные от больных животных (молоко, мясо, шерсть), а также через слизистую или поврежденный кожный покров при контакте с зараженной почвой.

Промышленное производство птицы, говядины и свинины сталкивается с проблемой отходов, загрязняющих воздух, воду и почву. Одним из основных источников загрязнения является навоз, который попадает в возу, почву, атмосферу. Особенно большое количество навоза накапливается при стойловом содержании скота. В случае неправильного выбранного способа утилизации такого вида отходов, навоз попадает в воду и вносит в нее значительный объем биогенных веществ. Выпас животных на пастбищах, также приводит к заражению водной среды, поскольку их часто располагают вблизи водоемов. Кроме того, перед тем как попасть в воду часть навозной массы успевает впитаться в почву. Сбор и удаление навоза, а также других выделений на животноводческих фермах уже длительное время представляет серьезную проблему для ферм, специализирующихся на производстве мяса. Навоз собирают в загонах для скота, откуда он вновь возвращается в землю в виде удобрения, вносимого для повышения урожая. Финансовые расходы при этом имеют существенное значение, и управляющие постоянно ищут способы их уменьшить. Грамотно организованная утилизация отходов очень важна для успешного ведения конкурентоспособного хозяйства, к тому же эта сфера находится под пристальным государственным контролем. Тем не менее, хозяйств, оснащенных современными очистными сооружениями, в России единицы. Отходы животноводства образуются в огромных количествах в результате концентрации животных на центральных производственных пунктах. Главной проблемой является не количество, а их концентрация. В специализированных птицеводческих хозяйствах находятся тысячи птиц, но количество земли в этих районах часто недостаточно для применения отходов в качестве удобрений. Крупномасштабные операции с животными при существующих средствах удаления твердых отходов создают опасность для почвы. Причем точно неизвестно, сколько таких отходов можно поместить в почву без нанесения ей ущерба. Животноводческие отходы требуют больших затрат труда для их распределения по площади и разме-

щения в земле. Эти отходы трудно высушить, они имеют сильный запах и в отдельных районах могут создавать опасность в результате выделения сероводорода. Кроме того, отходы животноводства скапливаются в районах, транспортировка из которых стоит дорого. В высушенном виде они имеют спрос среди домашних садоводов, цветоводов, но это составляет менее 1 % их общего количества.

Существуют различные технологии переработки и утилизации навоза:

- многоступенчатая очистка с разделением на жидкую (карантирование в полевых хранилищах и обеззараживание – в аэротенках) и твердую (помещается в штабеля) фракции;
- производство торфо-компостных или торфо-навозных удобрений с биотермическим обеззараживанием;
- анаэробная переработка (метаногеноз) или сбраживание жидкого навоза;
- утилизация на полях орошения.

Причиной того, что жидкие животноводческие отходы стали сегодня серьезной экологической проблемой всех без исключения регионов России, загрязняя почву, грунтовые воды и воздух, является отсутствие совершенной технологии их очистки и дальнейшего использования. Защита окружающей среды требует, чтобы колоссальные объёмы стоков, производимые сегодняшним животноводством, перерабатывались экологически целесообразными методами, использующими передовые технологии.

Охрана окружающей среды от отходов животноводства, профилактика инфекционных, инвазионных и других заболеваний людей и животных связаны с реализацией мероприятий по созданию эффективных систем сбора, удаления, хранения, обеззараживания и использования навоза и навозных стоков, усовершенствованием и эффективной работой воздухоочистных систем, правильным размещением животноводческих комплексов и сооружений обработки навоза по отношению к населенным пунктам, источникам хозяйственно-питьевого водоснабжения и другим объектам, т.е. с комплексом мероприятий гигиенического, технологического, сельскохозяйственного и архитектурно-

строительного профилей. Необходимое условие сохранения природной среды – захоронение трупов животных в биотермических ямах (яма Беккари, чешская яма и др.), сжигание трупов, инфицированных сибирской язвой и иными спорообразующими возбудителями.

Животноводческие фермы и комплексы, предприятия, перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию, должны иметь необходимые санитарно-защитные зоны и очистные сооружения, исключающие загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, поверхности водоемов и атмосферного воздуха. Нарушение указанных требований влечет за собой ограничение, приостановление либо прекращение экологически вредной деятельности сельскохозяйственных и иных объектов по предписанию специально уполномоченных на то государственных органов РФ в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора.

Для объектов сельского хозяйства, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека, в соответствии с санитарной классификацией устанавливаются следующие размеры санитарно-защитных зон:

Класс I - санитарно-защитная зона 1000 м установлена для свиноводческих комплексов, комплексов крупного рогатого скота.

Класс II - санитарно-защитная зона 500 м - для ферм звероводческих, складов для хранения пестицидов свыше 500 т., производства по обработке и проправлению семян.

Класс III - санитарно-защитная зона 300 м - для ферм овцеводческих, складов для хранения ядохимикатов и минеральных удобрений более 50 т., обработки сельскохозяйственных угодий пестицидами с применением тракторов (от границ поля до населенного пункта), кролиководческих ферм.

Класс IV - санитарно-защитная зона 100 м - для тепличных и парниковых хозяйств, складов сухих минеральных удобрений и ХСЗР (зона устанавливается и для предприятий по переработке и хранению пищевой продукции), мелиоративных объектов с использованием животноводческих стоков.

Класс V - санитарно-защитная зона 50 м - для хранилищ фруктов, овощей, картофеля, зерна, материальных складов, хозяйств с содержанием животных (свинярники, коровники, питомники, конюшни, зверофермы) до 50 голов.

Как известно, сами по себе отходы производства и потребления также подразделяются на пять классов опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду. Классификация отходов в зависимости от источника их образования и других факторов приводится в Федеральном классификационном каталоге отходов, утвержденном Приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (в ред. от 28.11.2017; далее — ФККО). В подтипе «Отходы животноводства (включая деятельность по содержанию животных)» ФККО входят следующие группы отходов: отходы разведения крупного рогатого скота; отходы разведения и содержания лошадей и прочих животных семейства лошадиных отряда непарнокопытных; отходы разведения верблюдов и прочих животных семейства верблюжьих; отходы разведения овец и коз; отходы разведения свиней; отходы разведения сельскохозяйственной птицы; отходы разведения и содержания животных прочие.

Внутри каждой группы содержатся виды навоза и помета на разных стадиях перепревания: свежий (только что образовавшийся) и перепревший. В процессе перепревания из отхода улетучивается влага, а также происходит естественный процесс микробиологического разложения органических соединений. После перепревания класс опасности отхода снижается. Так, свежий навоз крупного рогатого скота, конский, верблюжий, мелкого рогатого скота, пушных зверей, диких животных после перепревания переходит из IV в V класс опасности, а свежий навоз свиней и птичий помет — из III в IV класс опасности.

Отходы животноводства удаляются механическим способом (транспортерами, бульдозерами и др.) или гидравлическим (самотеком либо прямым смызовом водой) (рис.19).



*Рисунок 19 – Скребковый транспортер в коровнике*

До места их сбора, обеззараживания, карантирования и подготовки к использованию отходы животноводства транспортируются с помощью насосов, трубопроводов (жидкие фракции) либо механическим способом (мобильным транспортом). Удаленные отходы животноводства могут быть подвергнуты компостированию естественным способом (в данном случае процесс компостирования в буртах длится до 6 месяцев) либо анаэробному сбраживанию в метатенках.

По сложившейся практике отходы животноводства складируются в специальных объектах — навозо- и пометохранилищах, лагунах для хранения бесподстилочного навоза, на специальных площадках и др. Срок хранения обусловлен влажностью отхода, условиями хранения, площадью сооружения, эпизоотическим состоянием хозяйства и др., поэтому точные сроки каждый раз необходимо определять согласно технологии производства конкретного предприятия.

Отходы животноводства необходимо карантиrovать и обеззараживать. Обеззараживание может проводиться химическим или термическим методом в короткие сроки либо естественным путем. Естественное биологическое обеззараживание осуществляется путем выдерживания в секционных навозохранилищах или прудах-накопителях в течение 12 месяцев. Кроме того, отходы животноводства подвергаются *дезинвазии* биологическим, физическим или химическим методом. Сроки выдерживания отходов животноводства при использовании биологического метода: в открытых хранилищах: навоз крупного рогатого скота – 6 месяцев; навоз свиней – 12 месяцев; помета в пометохранилищах – 3–6 месяцев.

Таким образом, процесс перепревания отходов животноводства из свежего состояния до состояния, в котором их можно использовать как удобрение, довольно сложный, может осуществляться разными способами и занимать длительное время (до 12 месяцев).

Пути снижения экологической нагрузки животноводческих комплексов на окружающую среду разнообразны. В частности, большие объемы органических отходов могут быть преобразованы в источник энергии – биогаз.

**Биотопливо** или **биогаз** – это смесь различных газов, которая образуется в результате деятельности особых микроорганизмов, питающихся различной органикой, в том числе навозом. После его получения навоз или помет превращаются в качественное удобрение, содержащее калий, азот, фосфор и почвообразующие кислоты. Плюсы переработки навоза в биотопливо очевидны, это: снижение выброса парниковых газов; сокращение расхода невозобновляемых видов топлива; очистка экскрементов от гельминтов, а также различных возбудителей болезней; возможность утилизации кухонных отходов.

Навоз, как и помет, является не только экскрементами животных, но и очень сложным веществом. Оно наполнено различными микроорганизмами, которые участвуют во многих химических и физических процессах. Во время нахождения в кишечнике они перерабатывают пищу, разрушают сложные органические цепочки, превращая их в простые вещества, пригодные для усваивания через стенки кишечника.

При этом численность и активность микроорганизмов корректируется желудочным соком и выделяемыми кишечником веществами. После попадания в биореактор их часть начинает усиленно поглощать кислород, выделяя в процессе своей жизнедеятельности различные газы (рис. 20).

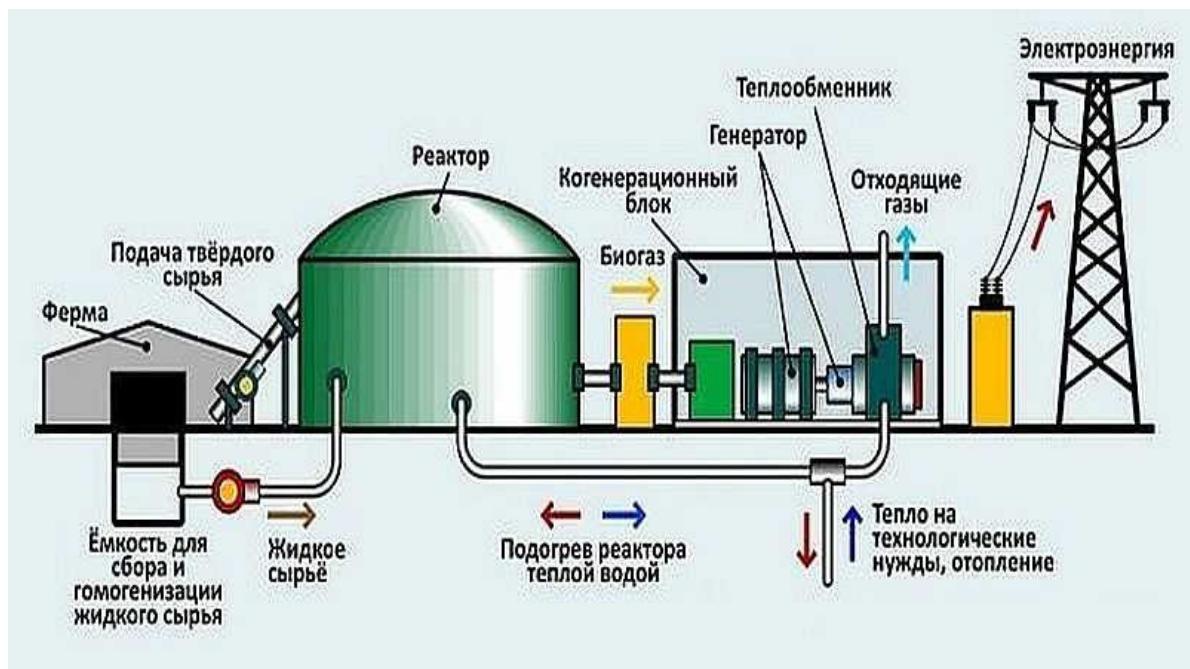


Рисунок 20 – Схема биогазовой установки

Именно они расщепляют сложные органические соединения, превращая их в вещества, пригодные для питания метанообразующих микроорганизмов. Этот процесс называют *гидролизом* или *брожением*. Когда уровень кислорода падает до критического значения, эти микроорганизмы гибнут и перестают участвовать в происходящих процессах, а их работу выполняют *анаэробные* бактерии, то есть не нуждающиеся в кислороде.

Биогаз используют в качестве топлива для производства: электроэнергии, тепла или пара, или в качестве автомобильного топлива. Биогазовые установки могут устанавливаться как очистные сооружения на фермах, птицефабриках, спиртовых заводах, сахарных заводах, мясокомбинатах. Биогазовая установка может заменить ветеринарно-санитарный завод, т. е. падаль может утилизироваться в биогаз вместо производства мясокостной муки. Среди промышленно развитых стран ведущее место в производстве и использовании биогаза по относитель-

ным показателям принадлежит Дания — биогаз занимает до 18 % в её общем энергобалансе. По абсолютным показателям по количеству средних и крупных установок ведущее место занимает Германия — 8000 установок. В Западной Европе не менее половины всех птицеферм отапливаются биогазом.

Важно при выборе территории под животноводческие комплексы и фермы учитывать не только экономические, транспортные, технические условия, но и требования охраны окружающей среды, направленные на предотвращение загрязнения ее отходами животноводства. В первую очередь учитываются климато-географические и метеорологические характеристики местности для обеспечения рассеивания загрязнений, выбрасываемых в атмосферный воздух. Неблагоприятными в этом отношении являются инверсии, штиль, туманообразование, пересеченный рельеф местности. В таких условиях (повторяющиеся низкие инверсии, штиль, туман) загрязняющие вещества накапливаются в приземном слое атмосферы и плохо рассеиваются, а в районах с повышенной влажностью распространение запахов происходит на значительные расстояния.

Большое значение имеет количество выпадающих осадков, преобладающие ветра и температурный режим местности. Необходимо предотвращение смыва животноводческих отходов дождевыми и талыми водами, устранение запахов, распространяющиеся по розе ветров на населенные пункты. Кроме этого, учитывается почвенно-грунтовая характеристика местности (тип почвы, наличие и крутизна склонов, уровень залегания грунтовых вод, наличие рек). Под открытые площадки выбирают место с уклоном не менее 2° (может быть создан искусственно). Для сбора ливневых и талых вод необходимо создавать накопительные пруды. Глинистые почвы и низкий уровень залегания грунтовых вод являются благоприятными факторами, препятствующими проникновению загрязняющих веществ в грунтовые воды.

Животноводческий комплекс (навозохранилище, склады кормов) должен быть отделен от ближайшего жилого района санитарно-защитной зоной, размеры которой зависят от вида и поголовья животных, систем удаления и очистки навозных стоков. Санитарно-защитная

зона должна представлять собой участок территории яйцевидной формы, вытянутой в направлении преобладающих ветров. Вдоль границы территории комплекса и по возможности между отдельными зданиями следует создавать защитные лесные полосы из древесных насаждений.

При выборе места для строительства животноводческого комплекса необходимо учитывать возможности утилизации навоза и других производственных стоков.

## 6. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В соответствии с природоохранительным законодательством Российской Федерации нормирование качества окружающей природной среды производится с целью установления *предельно допустимых норм воздействия*, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. При этом под воздействием понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных, культурных интересов и вносящая физические, химические, биологические изменения в природную среду.

*Экологическое нормирование* предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на экосистему. Допустимой считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды.

Как экологическое, так и санитарно-гигиеническое нормирование основаны на знании эффектов, оказываемых разнообразными факторами воздействия на живые организмы. Одним из важных понятий в токсикологии и в нормировании является понятие вредного вещества. В специальной литературе принято называть вредными все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям. Кроме того, как правило, все *ксенобиотики* (чужеродные для живых организмов, искусственно синтезированные вещества) рассматривают как вредные. Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на концепции пороговости воздействия. *Порог вредного действия* – это минимальная доза вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения, выходящие за пределы физиологических и приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология. Таким образом, пороговая доза вещества

(или пороговое действие вообще) вызывает у биологического организма отклик, который не может быть скомпенсирован за счет гомеостатических механизмов (механизмов поддержания внутреннего равновесия организма).

Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов. В основе санитарно-гигиенического нормирования лежит понятие предельно допустимой концентрации.

**Предельно допустимые концентрации (ПДК)** – нормативы, устанавливающие концентрации вредного вещества в единице объема (воздуха, воды), массы (пищевых продуктов, почвы) или поверхности (кожа работающих), которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.

Предусмотрены максимальные и для высококумулятивных веществ средние сменные концентрации в воздухе рабочей зоны, максимальные разовые и средние суточные концентрации в атмосферном воздухе населенных мест. Наряду с величиной ПДК вредных веществ определяется класс их опасности (для регламентирования вентиляции, планировочного и аппаратурного оформления технологического процесса).

Для пищевых продуктов определяют нормы **допустимого остаточного количества (ДОК)** вредных веществ.

Нормирование загрязнений кожи химическими веществами у работающих осуществляется путем установления **предельно допустимого уровня (ПДУ)** такого загрязнения.

Обоснование ПДК вредных веществ проводят по результатам экспериментов на лабораторных животных, включая изучение влияния веществ на различные функции организма, в т. ч. и репродуктивную (гонадотропный и эмбриотропный эффекты), на наследственный аппарат (мутагенный эффект), на выявление возможности отдаленных по-

следствий (ускоренное старение, канцерогенный эффект); в ряде случаев используют данные наблюдений за людьми, эпидемиологические сведения о влиянии веществ на здоровье работающих или проживающих в определенной местности лиц и другие материалы. Количественно ПДК определяются, как правило, для воздуха в  $мг/м^3$ , для воды в  $мг/л$ , для продуктов питания и почвы в  $мг/кг$ , для кожи в  $мг/см^3$ . Предельно допустимые концентрации утверждаются министерством здравоохранения РФ; контроль за их соблюдением возложен на органы и учреждения санитарно-эпидемической службы; ПДК для водоемов рыбопромыслового назначения утверждаются и контролируются органами рыбнадзора.

Под **токсичностью** понимают способность веществ вызывать нарушения физиологических функций организма, что в свою очередь приводит к заболеваниям (интоксикациям, отравлениям) или, в тяжелых случаях, к гибели. Фактически токсичность – мера несовместимости вещества с жизнью.

Степень токсичности веществ принято характеризовать величиной **токсической дозы** - количеством вещества (отнесенными, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающим определенный токсический эффект. Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность вещества. Различают *среднесмертельные* ( $ЛД_{50}$ ), *абсолютно смертельные* ( $ЛД_{100}$ ), *минимально смертельные* ( $ЛД_{0-10}$ ) дозы. Цифры в индексе отражают вероятность (%) появления определенного токсического эффекта - в данном случае смерти – в группе подопытных животных.

**Экологический контроль** – это проверка соблюдения предприятиями, организациями, т.е. всеми хозяйствующими субъектами и гражданами экологических требований по охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности общества.

Цели экологического контроля:

1. проверка исполнения требований экологического законодательства;
2. проверка соблюдения нормативов и нормативных документов в области охраны окружающей среды.

Выполнение этих задач возложено на систему экологического контроля, которая состоит из *государственного, производственного, муниципального и общественного* контроля.

В настоящее время сложились три формы экологического контроля: предупредительная, карательная, информационная.

**Предупредительная** форма экологического контроля включает в себя разработку и введение в действие нормативов качества окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, выдачу разрешений на различные виды природопользования, установление лимитов сбросов и выбросов загрязняющих веществ, лимитов хранения твердых отходов. Сюда можно отнести различные виды предупреждений о необходимости проведения обязательных или необходимых в данном конкретном случае природоохранных мероприятий.

**Карательная** форма экологического контроля применяется в тех случаях, когда последствия правонарушений не позволяют ограничиться только предупреждением. Данная форма выражается в наступлении различных видов юридической ответственности (материальной, административной, уголовной, гражданско - правовой). В качестве карательной формы экологического контроля может применяться пресечение экологически вредных действий. Например, ограничение, приостановление или прекращение какого либо производства.

**Информационная** форма экологического контроля выражается преимущественно в сборе и анализе соответствующей экологической информации, необходимой для принятия государственными органами решений в области природопользования и охраны окружающей среды.

Объектами экологического контроля являются: состояние окружающей среды, ее отдельных объектов, степень их изменения под влиянием хозяйственного воздействия; выполнение обязательных мер по охране окружающей среды и ее объектов; соблюдение природоохранного законодательства.

**Государственный** экологический контроль проводится от имени государства, а не какого- либо ведомства, что дает независимые и более объективные результаты.

В процессе такого контроля государственные инспекторы могут использовать следующие действенные меры: предъявлять требования и выдавать предписания юридическим и физическим лицам об устранении выявленных нарушений; приостанавливать хозяйственную и иную деятельность нарушителей; привлекать нарушителей к административной ответственности; посещать предприятия, учреждения и организации независимо от форм собственности и подчинения, знакомиться с документами, необходимыми для выполнения служебных обязанностей; проверять работу очистных сооружений и установок, а также установленных природоохранных требований и нормативов; устанавливать нормативы и давать разрешения на сборы и выбросы вредных веществ; назначать государственную экологическую экспертизу; требовать устранения выявленных недостатков, привлекать виновных лиц к административной ответственности, направлять материалы о привлечении их к ответственности, предъявлять иски в суд о возмещении вреда, причиненного окружающей среде и здоровью граждан.

Контроль состояния окружающей среды в сельском хозяйстве (экологический контроль) – важнейшая правовая мера обеспечения рационального природопользования и охраны окружающей среды. Помощью экологического контроля в основном обеспечивается принуждение соответствующих субъектов экологического права к исполнению экологических требований. Часто меры юридической ответственности за экологические правонарушения применяются в процессе экологического контроля или по его результатам. Государственный экологический контроль имеет достаточно широкий круг полномочий, которые прописаны в Конституции РФ, законах, экологическом законодательстве, а также в специальных подзаконных актах.

Сельское хозяйство является сложным комплексом экологических связей, в котором активно взаимодействуют земельные и другие природные ресурсы. Поэтому существует широкий круг уполномоченных органов РФ в области охраны окружающей среды. В 2000 году Указом президента была установлена действующая и в настоящее время структура федеральных органов исполнительной власти.

Государственный контроль охраны природной среды в сельском хозяйстве возложен на Федеральную службу по технологическому, экологическому и атомному надзору, а также на Федеральную службу по надзору в сфере природопользования в соответствии с их полномочиями они следят за охраной атмосферного воздуха и вод в очень значимых для сельского хозяйства сферах.

Специальными функциями по осуществлению экологического контроля и надзора в сельском хозяйстве наделен Минсельхоз РФ. Данный орган исполнительной власти контролирует правильное использование средств химизации и защиты растений. Существует ряд других органов, которые выполняют подобные задачи. Например, Государственная комиссия по химическим средствам борьбы с вредителями, сорняками и болезнями руководит испытаниями пестицидов. Еще в Министерстве существует служба контроля, которая следит за остатками пестицидов в пищевых продуктах и других объектах, а также очень значимой является служба защиты растений.

Важную роль играет в государственном экологическом контроле Россельхознадзор, который также является федеральным органом исполнительной власти. Он выполняет функции по контролю и надзору в области карантина и защиты растений, ветеринарии, безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами, следит за обеспечением плодородия почв и соблюдением земельных отношений (в части, касающейся земель сельскохозяйственного назначения), а также следит за защитой населения от болезней, общих для человека и животных.

**Экологический паспорт предприятия** – специализированный документ, регламентирующий функционирование данного объекта в отношении охраны окружающей среды, использования ресурсов, а также эколого-экономическую оценку его деятельности. Соответственно, в паспорте отражается непосредственная хозяйственная деятельность объекта, образующиеся при этом выбросы, сбросы и отходы, материально-сырьевая баланс, а также мероприятия по восстановлению окружающей природной среды, и непосредственно данные об исходящих из этого экологических затратах предприятия.

Экологический паспорт является одним из значимых документов, опираясь на данные которого осуществляется государственный экологический контроль. Разрабатывается он на основе экологической документации предприятия, такой как: данные статистической отчетности, экологические разрешения, расчет допустимых нормативов, сведения об очистных сооружениях и прочих нормативных документов в сфере охраны окружающей среды.

Экологический паспорт предприятия необходим природопользователям для анализа количества загрязняющих веществ, образующихся вследствие хозяйственной деятельности объекта, установления способов их минимизации. Этот документ незаменим при возникновении необходимости предоставления информации в контролирующие органы в ответ на соответствующие запросы.

Законодательством Российской Федерации обязательная экологическая паспортизация предприятий не предусмотрена. Поэтому, чаще всего она проводится по желанию самого природопользователя за счет средств предприятия.

В первую очередь экологический паспорт включает в себя сведения и данные о самом предприятии: климатическую характеристику и сведения о роде деятельности исследуемого хозяйственного объекта. Сведения о технологии и материально-сырьевом балансе, выпускаемой продукции и технологическом оборудовании находятся непосредственно на самом предприятии, например, в техническом отделе.

Следующим необходимым документом являются сведения об используемых земельных ресурсах. Далее собираются сведения о выбросах в атмосферу, водопотреблении и водоотведении, образующихся на предприятии отходах. Такого рода информация содержится в документах об инвентаризации соответствующих источников и хранится в отделе охраны окружающей среды предприятия, как и данные о проведенной рекультивации нарушенных земель. Последними собираются данные об эколого-экономических показателях предприятия, которые включают в себя справки по платежам за загрязнение, текущим и капитальным затратам на охрану окружающей среды. Соответствующую информацию также можно получить в бухгалтерии исследуемого объ-

екта. Здесь же можно получить сведения о себестоимости и стоимости продукции, получаемой предприятием прибыли и т.п.

Данные о товарной продукции включают в себя ее наименование, объемы производства и проектную мощность предприятия. Также в экологическом паспорте указываются сведения о ее ценовом диапазоне, себестоимости и рыночной стоимости продукции, а также прибыли предприятия от ее реализации.

## **7. ОРГАНИЧЕСКОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**

**Органическое** (экологическое, биологическое) сельское хозяйство – форма ведения сельского хозяйства, в рамках которой происходит со-зательная минимизация использования синтетических удобрений, пе-стицидов, регуляторов роста растений, кормовых добавок. Напротив, для увеличения урожайности, обеспечения культурных растений эле-ментами минерального питания, борьбы с вредителями и сорняками, активнее применяется эффект севооборотов, органических удобрений (навоз, компости, пожнивные остатки, сидераты и др.), различных ме-тодов обработки почвы и т. п.

Согласно организации International Federation of Organic Agriculture Movements, «Органическое сельское хозяйство — производ-ственная система, которая поддерживает здоровье почв, экосистем и людей. Зависит от экологических процессов, биологического разнооб-разия и природных циклов, характерных для местных условий, избегая использования неблагоприятных ресурсов. Органическое сельское хо-зяйство объединяет традиции, нововведения и науку, чтобы улучшить состояние окружающей среды и развивать справедливые взаимоотно-шения и достойный уровень жизни для всего вышеуказанного».

Согласно IFOAM, органическое сельское хозяйство направлено на работу с экосистемами, биогеохимическими циклами веществ и эле-ментов, поддерживает их и получает эффект от их оптимизации. Орга-ническое сельское хозяйство предполагает в долгосрочной перспективе поддерживать здоровье как конкретных объектов, с которым имеет де-ло (растений, животных, почвы, человека), так и всей планеты.

Принципы органического земледелия в настоящее время рассмат-риваются как основа развития этой отрасли во всем мире.

**Принцип здоровья** – органическое сельское хозяйство должно поддерживать и улучшать здоровье почвы, растений, животных, людей и планеты как единого и неделимого целого.

**Принцип экологии** – органическое сельское хозяйство должно ос-новываться на принципах существования естественных экологических систем и циклов, работая, сосуществуя с ними и поддерживая их.

**Принцип справедливости** – органическое сельское хозяйство должно строиться на отношениях, которые гарантируют справедливость с учётом общей окружающей среды и жизненных возможностей.

**Принцип заботы** – управление органическим сельским хозяйством должно носить предупредительный и ответственный характер для защиты здоровья и благополучия нынешних и будущих поколений и окружающей среды.

Органическое сельское хозяйство это производственная система, поддерживающая здоровье почвы, экосистем и людей. Она опирается на экологические процессы, биологическое разнообразие и циклы, адаптированные к местным условиям, вместо использования ресурсов с побочными, нежелательными эффектами. Органическое сельское хозяйство сочетает в себе традиции, инновации и науку с целью улучшения состояния окружающей среды, развития справедливых отношений и повышения качества жизни всех участников.

Методы органического производства подразумевают применение естественных процессов и веществ, а также ограничивают или полностью исключают использование синтезированных средств.

Так же, как и в обычном животноводстве, в **органическом животноводстве** главной задачей является производство продуктов питания и животного сырья. Животноводство играет центральную роль в органическом сельском хозяйстве. Большая часть органических сельскохозяйственных предприятий занимается животноводством. В биолого-динамическом сельском хозяйстве (одна из разновидностей органического сельского хозяйства) обязательным условием является разведение крупного рогатого скота. Для органического сельского хозяйства наряду с производством продуктов питания, животного сырья наибольшее значение имеют условия содержания животных. Животноводство поставляет для земледелия навоз, который служит ценным органическим удобрением для растений. Он является составной частью круговорота веществ органического предприятия. Взаимодействие животноводства и растениеводства является составной частью сельскохозяйственного организма. Каждое органическое сельскохозяйственное предприятие должно ориентироваться на замкнутую целостную систему.

му, которая производит органическое удобрение для растениеводства, которое производит корма для животных. Стандарты органического животноводства превышают стандарты обычного животноводства (табл. 4).

*Таблица 4 – Различия между обычным и органическим животноводством*

Характеристики и процессы	Обычное животноводство	Органическое животноводство (предписание ЕС 2092 / 91 / ЕС)
Породы и происхождение	Разводят высокопродуктивные специальные породы и помеси в зависимости от цели производства	Разводят выращенных только в органических предприятиях животных. Поддерживается разнообразие пород, особенно находящихся под угрозой исчезновения. Используются большей частью малочисленные местные породы, разводящиеся при чистопородном скрещивании.
Содержание животных (здания и выгоны)	Применяется закон защиты животных (правила содержания животных)	Применяются исключительные правила по гуманному содержанию животных / Ограничения по поголовью и высокие требования к помещениям (запрет скученности, требования к величине помещений в зависимости от вида животных, запрет на привязное содержание)
Кормление	Используются сбалансированные рационы с применением таких кормовых добавок, как корма животного происхождения, ферменты, стимуляторы роста, синтетические аминокислоты и т.д.	Используются по возможности корма собственного производства, рационы составляются с учетом биологических особенностей животных (например, в кормлении жвачных не применяются корма животного происхождения). Не используются никакие синтетические кормовые добавки, аминокислоты, стимуляторы роста.
Уход за животными и обращение с ними	Управление ростом и развитием, при необходимости профилактика и лечение	Никакой профилактики в виде применения химических препаратов (исключение: только 2 случая ветеринарного лечения в год) время не ис-

	лактика заболеваний, путем проведения прививок. Согласно инструкции по применению лекарства выделяется время, после которого можно использовать продукцию от данного животного.	пользования продукции от животного после применения медикаментов удваивается. Ограничения при проведении вмешательства в организм животного (обезроживание, подрезание клювов, отщипывание зубов, подрезания хвостов и т. д.)
Использование животных в виде транспорта	Используется предписание защиты животных при использовании их в виде транспорта	Используется предписание защиты животных при использовании их в виде транспорта, кроме того необходимо использовать животных на как можно более коротких расстояниях

В органическом животноводстве отказались от определенных методов разведения, кормов и кормовых добавок, которые разрешены в обычном животноводстве. Применяются мероприятия, соответствующие естественным условиям и способствующие сохранению здоровья животных. Если в органическом животноводстве мероприятия направлены на гуманное содержание животных в естественных условиях и способствуют сохранению здоровья животных, то в обычном животноводстве упор делается на повышение продуктивности.

Отношение общества к сельскохозяйственным животным в последние десятилетия значительно изменилось. Люди стали задумываться не только о том, как повысить производительность получаемой продукции, но и каким способом получить продукцию, чтобы не причинить большого вреда здоровью животного. Большое внимание стало уделяться защите животных и гуманному обращению с ними. Уже в 1965 году Брамбелл Комитти упомянул о «5 свободах» в содержании животных. Они требовали, чтобы животные были свободны от: голода (неправильного питания) и жажды; значительных физических и тепловых нагрузок; боли, нарушений в жизнедеятельности и болезней; страха

и стресса; плохого обращения с ними. Эти «пять свобод» стали общеизвестными, хотя не имели законного статуса. Законы, регламентирующие содержание животных, появились позднее. Закон обязывает человека нести ответственность за жизнь и благополучие животного и выступает в защиту всех видов животных.

Каждое животное имеет индивидуальные потребности и поведение, которые свойственны виду, к которому оно принадлежит. Индивидуальные потребности животных служат для размножения, потребления пищи, проявления поведенческих реакций, продуктивности и здоровья. Органическое животноводство основывается на том, что животное, которое может удовлетворять свои видовые и индивидуальные потребности, считается здоровым и продуктивным. Таким образом, внимание уделяется не только экстерьеру, конституции и физиологии животного, но и возможности применения приспособливающегося поведения животного как важного звена для физического и психического состояния сельскохозяйственных животных. Такое животное находится в гармонии с собой и с окружающей средой. Хорошие условия содержания, возможно создать для животных только при условии, что работающие с животными люди имеют необходимые для этой работы знания, способности и желание. Регулярное наблюдение за животными, документация всех происшествий в содержании животных, привлечение специалистов при проблемах, обсуждение с коллегами, а также регулярное повышение квалификации необходимы для понимания животных, их потребностей и особенностей и улучшения условий их содержания. В органическом животноводстве целью является хорошее содержание и использование животных. Ограничение свободы действий, света, тепла, антисоциальное содержание (в одиночестве, или скученности) запрещено в органическом животноводстве. В органическом животноводстве не разрешено прижигание рогов, подрезание клювов, купирование хвостов, выламывание зубов и т.д. Животным должны предоставляться в достаточных количествах: типичные для вида животного корма, чистая вода, условия для сна и отдыха, условия для проявления социального поведения, условия для миграции. Поэтому животным предоставляются в зависимости от вида и половозрастной

группы места для кормежки, поения, выделения, возможности к размножению, пастбищное содержание, просторные помещения для свободного перемещения, водоемы, лужи и места для игр и миграции. При этом нарушения, травмы и болезни должны предотвращаться (иммунитет), естественная резистентность увеличиваться и продуктивность повышаться. Полноценное кормление высококачественными кормами и в достаточном количестве является необходимым для здоровья и жизнедеятельности животных. Каждый вид животного имеет свои особенности в кормлении, переваривании, усвоении корма и в физиологии пищеварения. Кормление в органическом животноводстве должно соответствовать данным требованиям. Система пищеварения – это один из самых важных отличительных признаков у различных видов животных. Различие заключается в количестве преджелудков. По этому признаку животные делятся на: жвачных, которые кроме собственно желудка имеют 3 преджелудка, например крупный рогатый скот, овцы, козы; моногастрических – одножелудковых, например, птица, свиньи, лошади. У жвачных животных прием пищи длится продолжительное время. Они имеют 3 преджелудка (рубец, сетка, книжка), в которых бактерии разлагают целлюлозу и клетчатку сырой (растительной) пищи. Рубец коровы имеет объем около 150 л и составляет вместе с содержимым примерно 25-30% от общей живой массы. Составная часть корма разлагается в преджелудках бактериями на ценные питательные вещества (аминокислоты, жирные кислоты, углеводы). Жвачные животные после проглатывания пищи снова отрыгивают ее, еще раз пережевывают и опять проглатывают. Только после бактериального пищеварения в преджелудках корм поступает в собственно желудок – съчуг. Поступившая масса в нем переваривается с помощью соляной кислоты и ферментов и усваивается организмом. Из-за этой особенности пищеварения применение концентрированных кормов в кормлении жвачных является неэффективным. Так для производства 1 кг говядины требуется примерно 7 кг концентрированного корма, в то время как для свиней достаточно 3 кг. Жвачные животные способны переваривать большое количество растительной массы и грубых кормов и производить ценные продукты питания для человека, что является очень важным фактором во многих

регионах с большими площадями пастбищ и сенокосов в условиях нехватки продуктов питания.

Птицы не имеют зубов. Они употребляют пищу в неизмельченном виде. Корм у них, как и у жвачных, не сразу попадает в желудок. Вначале корм попадает в зоб (выпячивание пищевода в виде мешка), где увлажняется секретом и размягчается. Затем попадает в железистый отдел желудка, где под влиянием соляной кислоты и ферментов происходит его частичное переваривание. После этого корм поступает в мышечный отдел желудка и с помощью мелких камней измельчается. Пищеварительный тракт домашних птиц намного короче, чем у других видов сельскохозяйственных животных. У куриц он длиннее тела в 8 раз, уток в 10 раз, гусей в 11 раз. Для сравнения, у жвачных животных он длиннее тела в 30 раз, свиней – в 25 раз, у лошадей – в 15 раз. Облегчает пищеварение птиц, употребление насекомых. При таком небольшом желудочно-кишечном тракте пищеварительные питательные вещества в корме должны быть концентрированными. Поскольку у птиц очень высокая активность и высокий обмен веществ, то им необходимо очень хорошо переваривать пищу и довольно в большом количестве, для поддержания постоянного баланса энергии. Так как бактериального синтеза аминокислот как у жвачных не происходит, они должны присутствовать в рационе. Питательные вещества у птиц усваиваются в основном в кишечнике. Кал и моча выделяются через клоаку. Яйца также откладывают через клоаку.

Свиньи имеют крепкие зубы и сильные верхние и нижние челюсти. Они не имеют преджелудков и зоба, а только желудок. Корм поступает через пищевод непосредственно в желудок, поэтому должен быть легкоусвояемым. Плохо усвояемый корм выделяется в неизмененном виде. Таким образом, для кормления свиней лучше всего использовать концентрированные корма в измельченном виде. Корма должны быть богатыми аминокислотами, так как бактериального синтеза в желудке у свиней не происходит. Корм должен быть полноценным и легкоусвояемым. Сырая клетчатка нужна как балластное вещество.

Непарнокопытные животные (лошади, ослы и др.) имеют свои особенности пищеварения. Они не могут в больших количествах потреблять корма, богатые сырой клетчаткой, как жвачные животные. Тем не менее, у них присутствует бактериальное пищеварение в слепой кишке, функция которой схожа с функцией преджелудков жвачных. Переваренный корм и синтезированные бактериями питательные вещества всасываются в толстом отделе кишечника. Таким образом, легкоусвояемые питательные вещества всасываются в желудке, а трудно перевариваемые грубые корма, под воздействием бактерий расщепляются в слепой кишке. Поэтому однокопытные животные считаются хорошими потребителями как грубых, так и концентрированных кормов.

Кроме того, каждый вид животных, порода и отдельная особь имеют свои предпочтения в корме. Некоторые растения животными не поедаются, хотя и являются высокопитательными. Растения, обладающие активной защитой (крапива), также не поедаются в процессе роста, но животные охотно их поедают в сушеном, силосованном и запаренном виде. Так же не поедаются растения, имеющие пассивную защиту (шипы, колючки). Кроме того, некоторые животные (козы, овцы, лошади) могут использовать низкорослую траву, отщипывая ее зубами у самой земли, крупный рогатый скот не способен на это, им необходима трава повыше, так как растения они захватывают языком.

Потребность в энергии и протеине, а также в других питательных веществах должна покрываться за счет усвоенных кормов. Максимальное потребление корма ограничено объемом желудочно-кишечного тракта, поэтому большое значение имеет качество кормов, их питательная ценность. Потребность в питательных веществах невозможно покрыть за счет дачи животным большого количества неполнцененных, бедных этими веществами кормов. Количество потребляемых кормов зависит также от живой массы животного; чем она больше, тем больше кормов требуется ему. Однако существуют нормы потребления кормов (в сухой массе корма) на единицу живой массы. Крупному рогатому скоту требуется сухого вещества корма в размере 2% от живой массы, овцам и козам примерно 4% (например, корове с живой массой 500 кг требуется 10 кг сухого вещества корма в день, для овцы с живой массой

50 кг требуется 2 кг сухого вещества корма в день). Для оценки энергетической питательности кормов и определения потребности животных в энергии всемирно признана энергетическая кормовая единица (ЭКЕ), характеризующая эти показатели по обменной энергии. Данная единица измеряется в джоулях (Дж). При кормлении в органическом животноводстве не могут использоваться все корма, разрешенные для обычного содержания животных. Для высокопродуктивных животных трудно составлять сбалансированные рационы, из-за недостатка в них незаменимых аминокислот, прежде всего лизина, метионина, триптофана, цистина и треонина. Применение синтезированных аминокислот и животных кормов в органическом животноводстве запрещено. Собственные корма, производимые на предприятии, должны анализироваться по энергетическим кормовым единицам (ЭКЕ), для правильного планирования и составления сбалансированных рационов. В экологических кормах содержится, как правило, меньше переваримого протеина и ценных аминокислот, чем в таких же кормах обычного происхождения. Это нужно учитывать при составлении рационов для животных. Наиболее важными являются следующие корма: зерно, бобовые, травы, листва и корнеплоды. В рационе корма обязательно должны содержаться микро- макроэлементы и витамины. Цель любого предприятия обеспечить животных кормами собственного производства. Но закупки недостающих кормов тоже возможны. Поголовье животных в органическом животноводстве должно ориентироваться на возможность производства кормов в предприятии. Таким образом, нет смысла содержать большое поголовье свиней и домашней птицы в регионах с большими площадями пастбищ и сенокосов, где необходимо было бы закупать большое количество концентрированных кормов. В таких регионах лучше всего содержать крупный рогатый скот и других жвачных животных. Свиней и птицу лучше содержать в регионах с развитым земледелием, где пашни используются в основном для производства зерновых. Во время вегетации растений обычно имеется избыток кормов, которые должны заготавливаться на зиму. Корма заготавливаются путем высушивания и силосования. Зерновые могут закладываться на хранение при 14%-ной влажности. Сено заготавливается путем высу-

шивания, силос – путем силосования (сквашивания) трав. В органическом животноводстве Европы травяной силос сенокосов и клеверный силос пашни является самым важным кормом. Дата уборки сена и силоса в органическом животноводстве, как правило, на неделю позже, чем в обычном. Вследствие этого содержание почти всех питательных веществ в корме ниже, чем в обычном животноводстве. Сено высушивается прямо на сенокосе (на земле) либо на каких-либо приспособлениях, или под крышей в помещении. На открытом воздухе высушивание происходит солнцем и ветром; в помещениях – горячим воздухом из вентилятора. При влажности менее 14% сушку прекращают, и сено помещают для хранения в склад. Силосование – это второй по значимости способ консервирования объемистых кормов. Для силосования травы сенокосов или пашни (клевер, люцерна, кукуруза, подсолнечник и др.) сбраживаются при помощи молочнокислых бактерий без доступа кислорода. Возможно применение силосующих концентратов и вспомогательных веществ для предотвращения гнилостного брожения. Силосование происходит либо в силосных ямах, в которых силосуемую массу уплотняют и трамбуют тракторами, затем герметично укрывают, либо в силосных башнях, либо в рулонах, которые прессуются и упаковываются в пленку. Наряду с полноценным кормлением, соответствующем виду животного, необходимо обеспечить животных достаточным водоснабжением и достаточным количеством минеральных веществ. Минеральные вещества, витамины и соли необходимы в виде кормовых добавок, которые должны включаться в рацион индивидуально для каждого вида животных, каждой половозрастной группы и продуктивности. Животные также должны получать воду в необходимых количествах. Недостаток воды оказывается не только нарушением процессов жизнедеятельности, но и плохой усвоемостью корма. Часть потребности в воде покрывается за счет влаги, содержащейся в кормах. В свежем виде, к примеру, трава и корнеплоды имеют влажность 80-90%, силос 65-70%, а зерно и сено лишь 12-14%. Загрязненная вода является вредной для животных, такая вода плохо оказывается на здоровье животных и получаемой от них продукции (вредные вещества в молоке, мясе или яйцах). Вода для поения животных должна отвечать таким же требованиям.

ниям, как и питьевая вода для людей. Потребность в воде животных зависит от температуры окружающей среды и выполняемой работы. При температуре воздуха 10°C жвачным животным требуется примерно 2-3 л воды на 1 кг сухого вещества корма, при 30°C потребность в воде увеличивается на 4-6 л воды, лактирующим животным требуется дополнительно 0,87 л на килограмм молока. Поэтому нужно заботиться о том, чтобы животные всегда были обеспечены чистой водой.

В животноводстве стремятся получить животных, отвечающих интересам животноводов. При этом в стаде отбираются те животные, которые лучше соответствуют целям селекции. Эти животные используются в дальнейшем разведении. На сегодняшний день в мире насчитывается примерно 5500 различных пород сельскохозяйственных животных, которые разводятся в различных климатических условиях – от тропиков до Заполярья, при экстенсивных и интенсивных условиях разведения. Например, в Германии разводится около 35 различных пород овец, которые выращивались для различных типов ландшафта и направлений продуктивности. В последние десятилетия становится не столь важной приспособленность животных к локальным условиям внешней среды (местному климату, кормам, болезням). Круглогодовое содержание в помещениях, благоприятный климат, ветеринарные препараты и оптимизированное кормление позволяли одностороннее развитие в сторону максимальной продуктивности, которая не была бы возможной в естественных условиях окружающей среды и питания. Это одностороннее развитие для получения максимума продукции от животных было так успешно, что на сегодня почти все виды сельскохозяйственных животных состоят из немногих высокопродуктивных пород и линий. Менее продуктивные аборигенные породы находятся под угрозой исчезновения. В органическом животноводстве условия внешней среды снова обретают большое значение. Аборигенные животные не требуют такого большого количества концентрированных кормов в рационах. У них ограничивается ветеринарное вмешательство. Они свободно выпасаются на пастбище, поедая привычные корма. В органическом животноводстве некоторые признаки животных важнее, чем при обычном содержании: например, здоровье, долголетие, энергич-

ность, социальное поведение, материнский инстинкт или нетребовательность к условиям содержания и кормления. Культурные породы животных, которые отличаются высокой продуктивностью, также представляют интерес для органического животноводства. Животные аборигенных пород не достигают такой высокой продуктивности. Возможно проведение скрещивания заводских высокопродуктивных пород с аборигенными для получения так называемого эффекта гетерозиса. Помеси, полученные от таких скрещиваний, имеют более высокие показатели продуктивности, чем обе родительские породы, участвующие в скрещивании (в среднем). Чем больше разница в продуктивности между породами, тем больший эффект гетерозиса. Это используется, к примеру, при гибридизации – крайней форме скрещивания, когда скрещиваются животные не только разных пород, но и видов. Проблемы дальнейшего скрещивания состоят в том, что помеси могут потерять свои особенности, и у них может не проявиться эффект гетерозиса. Целью в экологическом животноводстве является собственное разведение животных. Например, из-за закрытых производственных кругооборотов меньше опасность эпизоотий. В основном используется естественная случка, однако искусственное осеменение также допускается. Пересадка эмбрионов и генотехнические методы запрещены. Скрещивание и гибридизация свиней и домашней птицы (например, курнесушек и бройлеров) обычны в органическом животноводстве. Эти помеси гибридов используются в основном, как пользовательные животные и не используются в разведении. Покупка животных из обычных предприятий (не органических) жестко регламентирована и должна протекать согласно предписанию эко-ЕС 2003 года. На продуктивность животных, кроме наследственных задатков (генотипа), большое влияние оказывают условия окружающей среды (кормление и содержание). Таким образом, зачастую животные не достигают такой высокой продуктивности в органическом животноводстве, какой бы могли достичь в обычных интенсивных условиях кормления и содержания, как в обычном животноводстве. Это особенно относится к высокопродуктивным животным, которые обычно показывают невысокую продуктивность при условиях органического животноводства. Органическое жи-

вотноводство должно учитывать условия окружающей среды предприятия, занимающегося органическим сельским хозяйством. При этом для животных важны следующие показатели: величина роста, характер развития (скороспелость, позднеспелость), возможности потребления корма (большое потребление объемистых кормов), возможности откладывания жира (в виде резерва, для преодоления периода недостатка кормов). Кроме того, экстремальные условия развития (низкие температуры) требуют: хорошего развития волосяного покрова; соответствующей пигментации кожи; отложение жира под шкурой. На основе этого животные имеют: хорошую плодовитость, резистентность (устойчивость к болезням), правильное социальное поведение. Все эти показатели имеют высокую значимость для разведения в принципе всех сельскохозяйственных животных. Хотя в органическом животноводстве возможно скрещивание и гибридизация, для «философии» органического сельского хозяйства наиболее подходит чистопородное разведение. Разведение внутри хозяйства всегда ориентировано на местные производственные условия. Животные, рожденные в хозяйстве, приспособлены к местным условиям, социальной структуре стада, условиям разведения. При этом выработанная толерантность уменьшает риск стресса и болезней. Кроме того, собственное разведение сокращает затраты на покупку животных. Однако в некоторых случаях требуется дополнительная покупка племенных животных. В первую очередь, для предотвращения близкородственного разведения необходима регулярная ротация производителей (раз в 2 года). Для этого нужно обмениваться производителями с другими органическими предприятиями.

Здоровье животных является равновесием животного организма и окружающей среды, свободой от болезней и снижения продуктивности. Здоровье – это существенный признак сельскохозяйственного животного, который определяет степень его пригодности для конкретного назначения. Охрана здоровья животных является, следовательно, также предметом руководства, планирования и организации, а также определения направления сельскохозяйственного производства. Здоровое содержание сельскохозяйственных животных – это одна из самых важных целей органического животноводства. Хорошее содержание, кормление

и уход за животными – основа здорового развития. Хорошие условия развития, правильный уход и знания о здоровье и болезнях животных – это существенные предпосылки не позволять возникать болезням вовсе. Раннее распознавание болезни и принятие мер – для ветеринарного лечения или вынужденного убоя являются существенными факторами в борьбе с болезнью.

В органическом животноводстве ограничено применение ветеринарных препаратов. Сокращение применения этих препаратов возможно сохранением здоровья животных, путем правильного содержания, кормления и уходе. Владелец сельскохозяйственных животных не может сохранить здоровье животных при сложных инфекционных заболеваниях, эпидемиях. Для предупреждения заразных заболеваний необходима постоянная проверка состояния здоровья животных ветеринарным врачом. При введении в стадо новых животных их нужно содержать в карантине минимум 3 недели.

Смена персонала, нетерпение в обращении с животными, плохой контроль и неумение обращаться с животными – самые частые причины возникновения проблем с продуктивностью животных, последствием чего являются частые тяжелые воспаления вымени, большой отход детенышей, тяжелые и хронические воспаления легких и другие заболевания. Высокая заболеваемость и смертность среди животных являются результатом нерешенных проблем в содержании и уходе за животными. Данные проблемы должны вовремя решаться.

Плохие корма также являются большой опасностью для здоровья животных. В корма не должна попадать земля и другие посторонние вещества. Все корма должны быть высокого качества. Плохие корма, например с плесенью (микотоксины), могут привести к заболеваниям и даже вызвать летальный исход животного. Испорченный корм не может использоваться в кормлении животных. В кормлении животных должен использоваться только сбалансированный корм по энергетическим кормовым единицам (ЭКЕ), протеину, по всем микро-, макроэлементам, витаминам и аминокислотам.

Для фермеров, создающих органическое производство, кроме мотивации, важным фактором является экономический аспект. Если такое

производство может обеспечить семью, домашнее хозяйство и если приносит стабильный доход, гарантирующий производителю достойную жизнь, его можно назвать успешным.

В зоне умеренного климата, где традиционное сельское хозяйство дает высокие приrostы урожая, переход к органическому производству, как правило, приводит к снижению урожайности от 10% до 50%, в зависимости от культуры и системы отопления. Ради полной уверенности, фермеру, заинтересованному в переходе от традиционного к органическому производству, в первые несколько лет следует ожидать снижение урожайности и только после трех-пяти лет некоторое восстановление.

Органическое сельское хозяйство является формой сельского хозяйства с меньшими затратами и большим снижением издержек. Фермер, который переходит на органическое сельское хозяйство, может весьма эффективно снизить затраты, например, полностью рециклировать максимальное количество материалов. Затраты на оплату труда (рабочей силы) можно снизить применением профилактических мер по защите от болезней, вредителей и сорняков. Инвестиционные затраты могут быть уменьшены за счет использования местных растений при подготовке собственных пестицидов, содержания животных для собственного производства, удобрений, молока, яиц и мяса, производства собственного корма для скота, обмена/совместного использования оборудования и механизации с соседями и т.д.

Органическое производство ориентировано на будущее и на дальнейшее развитие, причем не только с точки зрения защиты окружающей среды и улучшения общего состояния организма человека, но и с точки зрения экономического процветания.

Без содействия государства, органическое производство вряд ли сможет выдержать конкуренцию со стороны традиционного производства, поскольку его эффекты не могут рассматриваться в краткосрочном периоде. Должного эффекта можно дождаться только после нескольких лет.

## **СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ**

**АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ** — совокупность условий неорганической среды, влияющих на организмы.

**АБРАЗИЯ** — разрушение берегов крупных водоемов волнами и прибоем.

**АБСОРБЦИЯ** — поглощение вещества или энергии всей массой (объемом) поглощающего тела.

**АВТОТРОФИЗМ** (*trophe* — питание) — питание организмов (авто-трофов) неорганическими веществами посредством фотосинтеза или хемосинтеза. Благодаря автотрофии создается первичная продукция.

**АВТОТРОФНОСТЬ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА** — понятие, предложенное В.И. Вернадским (1937) для обозначения процесса получения человечеством пищи и энергии за счет энергии солнца без участия продуцентов.

**АВТОТРОФНЫЙ** — питающийся неорганическими веществами.

**АВТОТРОФНЫЕ ОРГАНИЗМЫ** — организмы, использующие для построения своего тела углекислый газ в качестве единственного или главного источника углерода и обладающие как системой ферментов для усвоения, так и способностью синтезировать все компоненты клетки.

**АГРОБИОГЕОЦЕНОЗ** (агробиоценоз, агроценоз) — вторичные, измененные человеком искусственные элементарные единицы биосферы (пашня, сад, огород, пастбища и т.д.).

**АГРОИНДУСТРИЯ** — сельскохозяйственное производство на индустриальной основе.

**АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ** — создание лесных полос и насаждений на крутых склонах, по балкам и оврагам, на песках и т.п.

**АГРОЭКОСИСТЕМЫ** — неустойчивая, искусственно созданная и регулярно поддерживаемая человеком экосистема культурных биосистем. Как и естественные экосистемы, агросистемы являются элементарными единицами биосферы ( поля, искусственные пастбища, огорода, сады, виноградники, лесные насаждения и т.п.).

**АГРОЦЕНОЗ** — созданное с целью получения сельскохозяйственной продукции и регулярно поддерживаемое человеком биотическое сообщество, обладающее малой экологической надежностью, но высокой урожайностью (продуктивностью) одного или нескольких избранных видов (сортов, пород) растений или животных.

**АГРИКУЛЬТУРНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ** — переход человечества около 10 тыс. лет тому назад от собирательского хозяйства к производящему, возникновение земледелия и скотоводства.

**АДАПТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА** — альтернативная техногенная стратегия ведения сельского хозяйства, в полной мере вовлекающая в аграрный процесс качественно новые экологические и агробиологические факторы (виды, сорта, агроценозы), обеспечивающие высокую продуктивность и экологическую устойчивость агроэкосистем.

**АДАПТАЦИЯ** (лат. адаптацио — приспособление) — комплекс приспособительных морфофизиологических, поведенческих и информационно-биоценотических реакций, обеспечивающий возрастание устойчивости к воздействию факторов внешней среды и успех в конкуренции.

**АДСОРБЦИЯ** — поглощение вещества из газообразной среды или раствора поверхностью другого вещества (тела).

**АККЛИМАТИЗАЦИЯ** (лат. ад — к, для, при + гр. клима (климатос) — наклон /древние греки связывали климатические особенности местности с различным наклоном солнечных лучей к земной поверхности/) — устойчивое приспособление к жизни в новых условиях и комплекс мероприятий по вселению какого-либо вида в новые места обитания.

**АНТИБИОТИКИ** (греч. anti — против, bios — жизнь) — органические вещества, образуемые микроорганизмами и обладающие способностью убивать микробов (или препятствовать их росту).

**АРЕАЛ** (лат. area — площадь, пространство) — часть земной поверхности (территории или акватории), в пределах которой распространен и проходит полный цикл своего развития данный таксон: вид, род, семейство.

**АРИДИЗАЦИЯ** — процесс, приводящий к потере природным комплексом (экосистемой) сплошного растительного покрова с дальнейшей невозможностью его восстановления без участия человека.

**АРИДНАЯ ЗОНА** (лат. aridus — сухой) — засушливая зона.

**АРИДНОСТЬ** — сухость климата, приводящая к недостатку влаги для жизни организмов.

**БАЛАНС ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ** (тепловой) — совокупность прихода и расхода тепла. Различают Б.э. (т.) атмосферы, земной поверхности, Земли, почвы и т.д.

**БАССЕЙН ВОДОСБОРНЫЙ** — территория, с которой собираются воды, поступающие затем в водоток (реку) или стоячий водоем (озеро, пруд, море).

**БАТИАЛЬ** — область океанического дна на континентальном склоне на глубинах от 500 м до 3 км. Характеризуется незначительными сезонными колебаниями температуры, слабой подвижностью вод, большим давлением и отсутствием света.

**БЕДСТВИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ** — любое (природное, природно-антропогенное, антропогенное) изменение природной среды, ведущее к ухудшению здоровья населения или к затруднениям в ведении хозяйства.

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ** — 1) обеспечение гарантии предотвращения экологически значимых катастроф и аварий в результате совокупности определенных действий; 2) степень соответствия существующих или предполагаемых экологических условий задачам сохранения здоровья населения для обеспечения длительного и устойчивого социально-экономического развития; 3) комплекс состояний, явлений и действий, обеспечивающий экологический баланс на Земле на том уровне, к которому может без серьезного ущерба адаптироваться человечество.

**БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ** — направленная на рациональное использование природных ресурсов технология отдельного производства или промышленного комплекса, обеспечивающая получение продукции без отходов. Включает в себя комплекс мероприятий, обеспечивающих минимальные потери природных ресурсов при производстве сырья, топлива и энергии, а также максимальную эффективность и экономичность их применения.

**БИОГЕННЫЙ** — происходящий от живого организма, связанный с ним.

**БИОГЕОЦЕНОЗ** — сложная природная система, объединяющая на основе обмена веществ и энергии совокупность живых организмов (биоценоз) с неживыми компонентами — условиями обитания; к живым компонентам биогеоценоза относятся автотрофные и гетеротрофные организмы.

**БИОСИСТЕМА** — любая система, состоящая из однотипного («однородного» и «разнородного», по В. И. Вернадскому) живого вещества — его макромолекула, все клеточные структуры, сами клетки, ткани, органы, их системы, индивид, особь. Последнюю можно отнести уже к биоэкосистемам, так как особь как индивидуальная консорция

состоит из индивида и сожителей. К биосистемам относятся также семьи, популяции, сообщества.

**БИОСРЕДА** — среда, создаваемая или видоизменяемая сообществом живых организмов.

**БИОСФЕРА** (гр. биос — жизнь и гр. сфера — шар) — качественно своеобразная планетная оболочка, включающая в себя не только организмы, но и всю среду их жизни, охваченную и преобразованную деятельностью этих организмов. Круговороты вещества и энергии, обусловленные обменными процессами между различными функциональными компонентами биосферы, обеспечивают существование и целостность последней.

**БИОТА** — совокупность видов растений, грибов, животных и микроорганизмов (флоры и фауны) биоценоза, а также более крупных таксонов и экосистем. Организмы биоты связаны друг с другом сложными биотическими, а со средой — небиотическими взаимоотношениями.

**БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ** — совокупность влияний, оказываемых на организм жизнедеятельностью других организмов.

**БИОТОП** (гр. биос — жизнь и гр. топос — место) — место с относительно однородными условиями, занятое одним биоценозом. Ср. Местообитание.

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ** (биоритмы) — циклические (суточные, сезонные и др.) колебания интенсивности и характера тех или иных биологических процессов и явлений, дающие организмам возможность приспосабливаться к циклическим изменениям окружающей среды.

**БИОМАССА** — выраженное в единицах массы (веса) или энергии количество живого вещества тех или иных организмов, приходящееся на единицу объема или площади.

**БИОТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ** — теоретически максимальная скорость увеличения популяции вида.

**БИОЦЕНОЗ** (гр. биос — жизнь и гр. кайнос — новый, общий) — совокупность популяции различных видов растений, животных и микроорганизмов, населяющих относительно однородное жизненное пространство.

**БИОЦИД** — 1) вещества, способные уничтожить живые организмы; 2) истребление всего живого на больших территориях.

**БИОАККУМУЛЯЦИЯ** (био — лат., accumulatio — накопление) — накопление загрязнителей в организмах высоких трофических уровней.

**ВАЛЕНТНОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ** — характеристика (величина) способности вида существовать в разнообразных условиях среды.

**ВЕЩЕСТВО ВРЕДНОЕ** — 1) химическое соединение, которое при контакте с организмом человека может вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья; 2) химическое вещество, вызывающее нарушение в росте, развитии или состоянии здоровья организмов, а также способное повлиять на эти показатели со временем, в том числе в цепи поколений.

**ВЕЩЕСТВО ЖИВОЕ** — совокупность тел живых организмов, населяющих Землю, вне зависимости от их систематической принадлежности.

**ВЗРЫВ ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ** — резкое увеличение народонаселения, связанное с улучшением социально-экономических или общеэкологических условий жизни.

**ВОДООЧИСТКА** — техническое доведение качества воды, поступающей в водопроводную сеть, до установленных нормативами показателей.

**ВЫБРОС(Ы)** — кратковременное или за определенное время поступление в окружающую среду любых загрязнителей. Различают: 1) В. от отдельного источника; 2) суммарный В.

**ГЕНОФОНД** — 1) совокупность генов (аллелей) одной группы особей (популяции, группы популяции или вида), в пределах которой они характеризуются определенной частотой встречаемости; 2) вся совокупность видов живых организмов с их проявившимися и потенциальными наследственными задатками.

**ГЕОСФЕРЫ** — концентрические оболочки различной плотности и состава, слагающие Землю. От периферии к центру планеты различают магнитосферу, атмосферу, гидросферу, литосферу, мантию и ядро Земли. С гидросферой, атмосферой и литосферой тесно взаимодействует живая оболочка Земли (биота).

**ГЕТЕРОТРОФЫ** — организмы, использующие в качестве источника питания органические вещества, произведенные другими организмами. К гетеротрофам относятся человек, все животные, некоторые растения, большинство бактерий, грибы. В пищевой цепи экосистем составляют группу консументов.

**ГИДРОБИОНТЫ** — растения, животные и микроорганизмы, обитающие в водной среде.

**ГИПОТРОФИЯ** — 1) уменьшение объема органа или части его, для обозначения этого понятия чаще употребляют термин атрофия; 2) хроническое расстройство питания у детей, выражющееся в похудении, потере или недостаточности нарастания массы тела, сопровождающееся рядом болезненных нарушений, во многих случаях связанное с неблагоприятными экологическими условиями.

**ГЛОБАЛЬНЫЙ** — 1) относящийся к территории всего земного шара, охватывающий весь земной шар, всемирный; 2) всесторонний, полный, всеобщий, универсальный.

**ГОМЕОСТАЗИС** — состояние внутреннего динамического равновесия природной системы, поддерживаемое возобновлением основных ее структур, вещественно-энергетическим составом и постоянной функциональной саморегуляцией ее компонентов. Гомеостазис характерен и необходим для всех природных систем — от космических до организма и атома. Термин «гомеостаз» чаще всего употребляется для организменного (структурного) уровня организации.

**ГОМОЙОТЕРМНЫЕ ЖИВОТНЫЕ** — животные с постоянной, устойчивой температурой тела, почти не зависящей от температуры окружающей среды; к ним относятся птицы и млекопитающие.

**ГРУЗ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ** — наличие в популяции и виде в целом летальных и других отрицательных мутаций, вызывающих в цепи поколений гибель особей или снижение их жизнеспособности.

**ГЛОБАЛЬНАЯ СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ (ГСН)** — в области оценки окружающей среды основным направлением международной природоохранной деятельности стало ее создание. В рамках которой решаются такие задачи, как определение состояния окружающей среды в регионах мира, раннее оповещение о потенциальных опасностях в этой области, изучение взаимодействия между обществом и природой в различных странах. ГСН состоит из трех компонентов: глобальной системы мониторинга окружающей Среды (ГСМОС), международного регистра потенциально токсичных химических веществ (МРПТХВ) и международной системы информации по окружающей среде (ИНФОТЕРРА).

**ГЛОБАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ГСМОС)** — проводит работу по пяти основным направлениям, связанным со здоровьем человека (с участием Всемирной организации здравоохранения), климатом (со Всемирной метеорологической организацией), дальним переносом загрязняющих веществ (с Европейской экономической комиссией).

**ГУМУС** — перегной — органическая часть почвы, образующаяся в результате биохимического превращения растительных и животных остатков; содержание гумуса показатель плодородия почвы.

**ДЕГРАДАЦИЯ СРЕДЫ** — 1) ухудшение природной среды жизни человека; 2) совместное ухудшение природных условий и социальной среды жизни (например, в некоторых городах).

**ДЕПОПУЛЯЦИЯ** — уменьшение численности населения людей или животных.

**ДЕСТРУКТОРЫ** — организмы, главным образом бактерии и грибы, в ходе всей жизнедеятельности превращающие остатки органических веществ в неорганические.

**ДЕТРИТ** — 1) мелкие частицы остатков организмов и их выделений в водной среде (взвешенные в воде или осевшие на дно водоема); 2) изредка употребляемый в отечественной литературе англоязычный синоним русского слова «перегной».

**ДОЗА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ (ПДД)** — максимальное количество вредного агента, проникновение которого в организмы (через дыхание, пищу и т.п.) еще не оказывает на них пагубного влияния.

**ДОМЕСТИКАЦИЯ** — процесс превращения диких животных в домашних, а также диких растений в культурные.

**ДЕРНИНА** — верхний слой почвы, густо переплетенный живыми и отмершими корнями и корневищами растений. В наибольшей степени развита в целинной степи и на лугах.

**ЖИЗНЕННАЯ ФОРМА ЖИВОТНЫХ** — организмы разных видов, имеющие сходные морфологические и экологические приспособления для обитания в одинаковой среде.

**ЗАКОН МИНИМУМА (Ю. Либиха)** — выносливость организма самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей, то есть жизненные возможности лимитирует тот экологический фактор, количество которого близко к необходимому организму или экосистеме минимуму и дальнейшее снижение которого ведет к гибели организма или деструкции экосистемы.

**ЗАКОН НЕУСТРАНИМОСТИ ОТХОДОВ ИЛИ ПОБОЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРОИЗВОДСТВА (ХОЗЯЙСТВА)** — в любом хозяйственном цикле образующиеся отходы и возникающие побочные эффекты неустранимы, они могут быть лишь переведены из одной формы в другую или перемещены в пространстве.

**ЗАКОН СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ** — в ходе исторического развитая при получении полезной продукции на ее единицу в среднем затрачивается все большее количество энергии.

**ЗАКОН ТОЛЕРАНТНОСТИ** (В. Шелфорда) — лимитирующим фактором процветания организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости (толерантности) организма к данному фактору.

«**ЗАКОНЫ**» ЭКОЛОГИИ Б. КОММОНЕРА — 1) все связано со всем; 2) все должно куда-то деваться; 3) природа «знает» лучше; 4) ничто не дается даром.

**ЗДОРОВЬЕ** — состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не просто отсутствие заболеваний или недомоганий (ВОЗ).

«**ЗЕЛЕНОЕ**» ДВИЖЕНИЕ — общественное течение, оформленное или не оформленное в виде политических партий и выступающее за сохранение окружающей среды (против ядерной угрозы, за чистоту атмосферы, вод и т.п.). Политическое лицо «зеленых», программы их деятельности пока еще недостаточно оформились.

**ЗОНА НАПРЯЖЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ** -1) ареал (территория или акватория), в пределах которого наблюдается переход состояния природы от кризисного к критическому; 2) территория, где отдельные негативные показатели здоровья населения (заболеваемость детей, взрослых, число социальных и психических отклонений и т.п.) достоверно выше нормы, существующей в аналогичных местах страны и мира, не подвергающихся выраженному антропогенному воздействию данного типа.

**ЗОНА ПОВЫШЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА** — это территория, на которой существует повышенная вероятность неблагоприятных последствий для здоровья людей и состояния экосистем, следствие любых — преднамеренных или случайных, постепенных или катастрофических, антропогенных или природных — объектов и факторов. Факторы, о которых идет речь, связаны прежде всего с наличием на данной территории потенциально опасных производств и объектов, а также с повышенной вероятностью особо опасных природных явлений.

**ЗОНА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЕДСТВИЯ** — участки территорий, где в результате хозяйственной или иной деятельности, а также естественных катаклизмов произошли необратимые изменения окружаю-

щей среды, влекущие за собой увеличение заболеваемости и смертности населения, разрушение биогеоценозов.

**ЗОНА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ** — это регион, в котором все биосфера (воздух, вода, земля) не содержат повышенных количеств загрязняющих веществ, не фиксируется повышенный уровень радиоактивности, не нарушены растительный покров и гидробаланс, не наблюдается уменьшение численности и разнообразия видов живых существ, не растет заболеваемость населения, остаются неизменными уровни рождаемости, смертности и продолжительности жизни населения.

**ЗОНА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КАТАСТРОФЫ** — территория или акватория, в пределах которой наблюдается переход состояния природы от катастрофической фазы к коллапсу, что делает ее непригодной для жизни человека.

**ЗОНА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА** — территория (или акватория), в пределах которой определенный вид хозяйственной деятельности человека способен вызвать возникновение опасных экологических ситуаций (например, места подводной добычи нефти, захоронения радиоактивных или ядовитых отходов и т.п.).

**ЗОНА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ** — участки территорий, где в результате хозяйственной или иной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения окружающей среды, влекущие за собой нарушение здоровья населения, равновесия естественных экосистем, прежде всего повреждение генетических фондов растений и животных.

**КАТАСТРОФА ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ** — сравнительно быстро происходящая цепь событий, приведших к труднообратимым или необратимым процессам деградации природы (сильное опустынивание) и/или ее загрязнению (заражению), к реальной опасности тяжелых заболеваний и смерти людей, мутагенным и канцерогенным эффектам, к росту генетических пороков.

**КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ (ПДК)** — норматив, количество вредного вещества в окружающей среде, практически не влияющее на здоровье человека.

**КОНСУМЕНТ** (лат. consumo — потребляю) — организм, потребляющий готовые органические вещества, но не доводящий их разложение до простых минеральных составляющих Ср. Продуцент, Реду-цент.

**КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ** — практическое освоение определенных видов природных ресурсов,

основанное на экономически и экологически оправданном использовании их полезных свойств, всестороннем вовлечении их в хозяйственный оборот.

**КРАСНАЯ КНИГА** — аннотированный список животных или растений, находящихся под угрозой исчезновения. В Книге указывается современное и прошлое распространение, численность, воспроизводство, принятые необходимые меры охраны. Международную Красную книгу ведет Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП). По ее образцу созданы национальные Красные книги в ряде стран, в том числе в СНГ.

**КЛИМАТ** — режим погоды, характерный для данной местности в силу ее географического положения.

**КРИЗИС ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ** — напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой, характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе ресурсо-экологическим возможностям биосфера или крупного ее подразделения.

**КСЕНОБИОТИК** — любое чужеродное для данного организма или их сообщества вещество (пестициды, препараты бытовой химии и др. загрязнители), могущие вызвать нарушение биотических процессов, в том числе заболевание и гибель живых организмов.

**КСЕРОФИТИЗАЦИЯ** — опустынивание местности. Ксерофиты — растения, живущие в засушливой местности (пустыни, сухие степи и др.).

**КУМУЛЯЦИЯ** — увеличение, собирание, сосредоточение действующего начала, например, увеличение концентрации пестицидов в пищевой цепи.

**ЛИМИТЫ (КВОТЫ) ВЫБРОСОВ** — система экологических ограничений, представляющих собой установленные предприятиями-природопользователями на определенный срок объемы предельно допустимых выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

**ЛОКАЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ** — загрязнение окружающей среды проявляющееся в пределах значительной территории (регионе). Региональное загрязнение формируется на основе локальных загрязнений при увеличении их количества или пространственно-временных масштабов.

**МСОП** — Международный союз охраны природы и природных ресурсов международной системы сотрудничества в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

**МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ** - истребление вредителей (насекомых, грызунов и др.) с помощью простейших механических приспособлений (приманки, ловушки, заградительные канавы) или вручную.

**МОНИТОРИНГ** — длительное слежение за какими-то объектами или явлениями; в приложении к среде жизни — слежение за состоянием и своевременное предупреждение о создающихся критических ситуациях (повышении загазованности воздуха выше ПДК и т.п.), вредных или опасных для здоровья людей.

**МУТАГЕН** — любой агент (фактор), вызывающий мутацию. Различают физические М., физико-химические М., химические М., биологические М.

**МИГРАЦИЯ** (лат. *migratio*, от *migro* — перехожу, переселяюсь) — перемещение, переселение животных, вызванное изменением условий существования в местах их обитания или связанное с циклом их развития.

**НАГРУЗКА АНТРОПОГЕННАЯ** — степень прямого и косвенного воздействия людей и их хозяйственной деятельности на природу в целом или на ее отдельные экологические компоненты и элементы (ландшафты, природные ресурсы, виды живого и т.д.).

**НАРУШЕННЫЕ ЗЕМЛИ** — участки, на которых в результате хозяйственной деятельности человека уничтожена растительность, разрушен почвенный покров, изменен гидрологический режим и рельеф местности.

**НИША ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ** — совокупность всех факторов среды (абиотических и биотических), в пределах которых возможно существование вида и его преобразующая деятельность — функциональное место вида (его «профессия») в сообществе и биоценозе.

**НОРМА САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ** — качественно-количественный показатель, соблюдение которого гарантирует безопасные или оптимальные условия существования человека, например, норма жилой площади на 1 члена семьи, норма качества воды, воздуха и т.д.

**НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА СРЕДЫ (ВОДЫ, ВОЗДУХА, ПОЧВ...)** — установление пределов, в которых допускается изменение

ее естественных свойств. Обычно норма определяется по реакции самого чуткого к изменениям среды вида организмов (организма-индикатора), но могут приниматься также санитарно-гигиенические и экономически целесообразные нормативы.

**ОВОС** — оценка воздействия на окружающую среду. Заключение о воздействии хозяйственного объекта на окружающую среду, составленное в соответствии с утвержденными правилами. С 1988 года требование о проведении ОВОС было распространено на все сферы деятельности.

**ОЗНОВЫЙ ЭКРАН — ОЗНОВЫЙ СЛОЙ** — слой, состоящий из озона (газа синего цвета с резким запахом), высота его расположения от 10 до 15 км, максимум на высоте 20-25 км. Защищает жизнь в биосфере от влияния коротковолнового ультрафиолетового излучения.

**ПЕСТИЦИД** — химическое соединение, используемое для защиты растений, сельскохозяйственных продуктов, древесины, изделий из шерсти, хлопка, кожи, а также для борьбы с переносчиками опасных заболеваний.

**ПИРАМИДА ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ** — соотношение между продуцентами, консументами (первого, второго порядков) и редуцентами в экосистеме, выраженное в их массе (числе — пирамида чисел Элтона, заключенной энергии — пирамида энергий) и изображенное в виде графической модели.

**ПЛАТЕЖИ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ** — плата за выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников, сброс в водные объекты загрязняющих веществ, размещение отходов. Указанная плата взимается из прибыли, остающейся в распоряжении предприятий, направляется в экологические фонды и используется на природоохранные цели.

**ПЛАТЕЖИ ЗА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ** — плата за пользование природными ресурсами (земля, недра, вода, лес и иная растительность, животный мир, рекреационные и другие ресурсы).

**ПОДСЕЧНО-ОГНЕВАЯ СИСТЕМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ** — примитивная система земледелия, при которой сельскохозяйственные растения несколько лет выращивали на землях, освобожденных от леса путем его вырубки или сжигания. После утраты плодородия участок забрасывали и осваивали новый. Плодородие почвы восстанавливалось под воздействием естественной растительности.

**ПОЛИТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ** — целена-правленная деятельность государства, общественных организаций,

юридических и физических лиц по обеспечению экологической безопасности.

**ПОЛЛЮТАНТ** — вещество, загрязняющее среду жизни (обычно подразумевается антропогенное, коммунальное, промышленное или сельскохозяйственное загрязнение). Русский синоним — загрязнитель.

**ПОПУЛЯЦИЯ** (фр. population, от лат. populus — народ, население) — совокупность особей одного вида, в течение большого числа поколений населяющая определенное пространство с относительно однородными условиями существования.

**ПОТЕНЦИАЛ БИОТИЧЕСКИЙ** — 1) наследственно обусловленная степень сопротивляемости вида неблагоприятным факторам среды; 2) потенциальная способность живых организмов увеличивать численность в геометрической прогрессии.

**ПРАВИЛО Ю.ОДУМА** — при неизменном потоке энергии через пищевую сеть более мелкие наземные организмы с более высоким удельным метаболизмом создают меньшую биомассу, чем более крупные.

**ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА** — максимальный уровень воздействия антропогенных факторов, при котором сохраняется функциональная целостность экосистем.

**ПРОДУЦЕНТ** (лат. producer — производящий) — организм, производящий органические вещества из неорганических составляющих. Различают фото- (гелио-) и хемосинтетики. Ср. Консумент, Редуцент.

**РЕДУЦЕНТ(Ы)** (лат. reducer — возвращающий) — виды, главным образом микроорганизмы и грибы, в ходе жизнедеятельности превращающие органические остатки в неорганические вещества. Синоним — деструкторы.

**РЕСУРСЫ ВОЗОБНОВИМЫЕ** — все природные ресурсы, находящиеся в пределах биосферного круговорота веществ, способные к самовосстановлению за сроки, соизмеримые с темпом хозяйственной деятельности человека.

**РЕСУРСЫ НЕВОЗОБНОВИМЫЕ** — та часть природных ресурсов, которая не самовосстанавливается в процессе круговорота веществ в биосфере за время, соизмеримое с темпом хозяйственной деятельности человека.

**СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ** — совокупность законодательных, медицинских и биологических мероприятий,

направленных на поддержание равновесия между биосферой и антропогенными, а также естественными внешними нагрузками.

**СМОГ** — 1) сочетание пылевых частиц и капель тумана; 2) термин, используемый для обозначения видимого загрязнения воздуха любого характера.

**СТАГНАЦИЯ** — 1) задержка развития, застой в производстве, торговле и т.п.; 2) естественно возникающий дефицит кислорода в водоеме.

**СТРЕСС** (англ. стресс — напряжение) — 1) состояние напряжения организма — совокупность физиологических реакций, возникающих в организме животных и человека (возможно, и у растений) в ответ на воздействие различных неблагоприятных факторов (стрессоров): холода, голода, психических и физических травм, облучения, кровопо-тери, инфекции — или, наоборот, исключительно благоприятных: радости, полового возбуждения и т.п.; 2) напряженное состояние экосистемы, испытывающей повреждающее воздействие необычных природных и антропогенных факторов, проявляющееся в изменении энергетических процессов, круговорота биогенных веществ и структуры сообщества.

**СУКЦЕССИЯ** (лат. сукцессио — преемственность, наследование) — последовательная система биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных факторов или воздействий человека; ныне, как правило, наблюдается и результат сложного взаимодействия природных и антропогенных причин.

**ТЕХНОСФЕРА** — часть биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого и косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия социально-экономическим потребностям человечества. Техносфера — это здания, различного рода сооружения, системы коммуникации, производственное оборудование, транспортные средства и т.д.

**ТЕРАТОГЕН(Ы)** — вещества, действие которых на организм приводит к аномалиям в его развитии, возникновениям уродств.

**ТОЛЕРАНТНОСТЬ** — способность организмов относительно безболезненно выносить отклонения факторов среды жизни от оптимальных для него.

**ТРОФИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ** — совокупность организмов, занимающих определенное положение в общей цепи питания. Удаленность организмов от продуцентов одинакова. Они характеризуются опреде-

ленной формой организации и утилизации энергии. Организмы разных трофических цепей, получающие пищу через равное число звеньев в трофической цепи, находятся на одном трофическом уровне.

**УРАВНЕНИЕ ЛОТКА — ВОЛЬТЕРРА** — пара дифференциальных уравнений, позволяющих модельно рассчитать конкурирующие взаимоотношения между двумя видами в системах «хищник — жертва», «паразит — хозяин», «потребитель — корм».

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ** — развитие, обеспечивающее должный баланс между решением социально-экономических проблем и сохранением окружающей среды, удовлетворение основных жизненных потребностей нынешнего поколения с сохранением таких возможностей для будущих поколений.

**ФАКТОР** — движущая сила совершающихся процессов или влияющее на эти процессы условие.

**ФАКТОР АНТРОПОГЕННЫЙ** — фактор, обязанный своим происхождением деятельности человека.

**ФАКТОР БИОГЕННЫЙ** — группа факторов, связанных как с прямым, так и с опосредованным влиянием живых организмов на среду жизни ныне и в прошлые эпохи (совокупность биологических, биотических и биоценотических факторов).

**ФАКТОР СРЕДЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ** — любое условие среды, движущаяся сила совершающихся процессов, на которые живое реагирует приспособленными реакциями, а косное — теми или другими изменениями собственной структуры.

**ФИТОФАГИ** — животные, питающиеся растениями.

**ЦЕПЬ ПИЩЕВАЯ** (трофическая цепь питания) — ряд видов или групп, каждое предыдущее звено в котором служит пищей следующему.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ** — состояние природной среды, при которой отсутствует угроза нарушения естественного баланса в физико-химических, биологических контактах биосфера, а также разрушения экологических систем под влиянием того или иного вида техногенного или иного антропогенного воздействия, а также от стихийных бедствий.

**ЭКОМОНИТОРИНГ** — слежение за состоянием окружающей человека природной среды и предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША** — совокупность всех факторов среды в ареале, при которых возможно существование определенного вида.

**ЭФФЕКТ ТЕПЛИЧНЫЙ (ПАРНИКОВЫЙ)** — постепенное потепление климата на планете в результате накопления в атмосфере антропогенного углекислого газа, который аналогично покрытию теплицы, пропуская коротковолновые солнечные лучи, препятствует длинноволновому тепловому излучению с поверхности Земли.

**ЮНЕП** — в соответствии с рекомендациями Стокгольмской конференции (1972 г.) была создана программа ООН по окружающей среде — ЮНЕП — основной международный орган природоохранной деятельности в мире. Перед ЮНЕП были поставлены следующие задачи: 1) оценка окружающей среды и организация глобального экологического мониторинга, обмен информацией в этой области; 2) управление глобальной природоохранной деятельностью; 3) вспомогательные меры, охватывающие собой сферы образования, общественной информации, подготовки и переподготовки кадров, технического обслуживания и т.п.

**ЯВЛЕНИЕ АНТРОПОГЕННОЕ** — событие, прямо или косвенно вызванное хозяйственной деятельностью человека или его поведением.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Агроэкология /В.А. Черников, Р.М. Алексахин и др.; Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Богородский, О.В. Основы сельскохозяйственной экологии: Учебное пособие/ О.В. Богородский. – Иркутск: ИСХИ, 1995. – 222 с.
3. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996г.- 367 с.
4. Насатуев, Б.Д. Органическое животноводство/ Б.Д. Насатуев. – Учебное пособие. - Улан-Удэ: БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2008. – 127 с.
5. Организационные формы материально - технического обеспечения // Организация сельскохозяйственного производства: Учебник / Под ред. Ф. К. Шамирова. - М., 2000. – 215 с.
6. Сельскохозяйственная экология / Н.А. Уразаев, А.А. Вакулин и др. - М.: Колос, 2000. - 304 с.
7. Хуснидинов, Ш.К. Практикум по сельскохозяйственной экологии/ Ш.К. Хуснидинов, Т.Г. Кудрявцева: Учебное пособие.- Иркутск, 2003.-65с.
8. Шакиров, Ф.К. Организация сельскохозяйственного производства/ Ф.К. Шакиров, В.А. Удалов, С.И. Грядов и др.; Под ред. Ф.К.Шакирова.- М.: Колос, 2000.-504с.
9. Шилов, И.А. Экологическая физиология животных/ И.А. Шилов. – М., Высшая школа, 1984.

Галина Викторовна Ильина  
Светлана Анатольевна Сашенкова  
Дмитрий Юрьевич Ильин

# **Экология животноводства**

**Учебное пособие**

Компьютерная верстка Г.В. Ильиной

---

Подписано в печать  
Бумага Гознак Print  
Усл. печ. л. 9,5

Формат 60 × 84 1/16  
Отпечатано на ризографе  
Тираж 100 экз. Заказ №

---

РИО ПГСХА  
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30