

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

*для студентов технологического факультета
направления подготовки 35.03.07 Технология производства
и переработки сельскохозяйственной продукции*

Электронное издание

Пенза 2020

УДК 641 (075)
ББК 36-1. (я7)
И 46

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

Рекомендовано к изданию методической комиссией технологического факультета 14 сентября 2020 г., протокол № 1

Ильина, Г.В.

И 46 Сельскохозяйственная экология: учебное пособие [Электронный ресурс] Г.В. Ильина, Д.Ю. Ильин, С.А. Сашенкова. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020 – 272 с. – 1 электрон. опт. диск

В пособии приводится теоретический материал, необходимый для усвоения дисциплины студентами технологического факультета направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, квалификация бакалавр. Содержатся примеры, иллюстрации, упрощающие восприятие тем и отдельных вопросов.

© ФГБОУ ВО
Пензенский ГАУ, 2020
© Г.В. Ильина,
Д.Ю. Ильин,
С.А. Сашенкова, 2020

Оглавление

Введение	4
1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОТРАСЛИ ЭКОЛОГИИ. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА	8
2 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ	29
2.1 Понятие среды обитания и факторов среды	29
2.2 Влияние основных факторов среды на организмы	32
2.2.3 Температура	32
2.2.4 Влажность. Водный и солевой обмен на суше	39
2.2.5 Кислородный режим и его значение	48
2.2.6 Значение света	51
2.3 Жизненные среды	64
2.3.1 Водная среда	64
2.3.2 Наземно-воздушная среда	69
2.3.3 Почва как среда жизни	73
2.3.4 Живые организмы как среда жизни	81
2.4 Экология популяций	87
2.4.1 Структура популяции	87
2.4.2 Внутрипопуляционные группировки	88
2.4.3 Динамические процессы в популяциях	92
2.5 Биоценозы	97
2.6 Агроценозы	112
2.7 Биосфера	113
2.8 Природные ресурсы	118
2.8.1 Почва как природный ресурс	120
3 ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И ИХ РОЛЬ В АПК	124
3.1 Понятие о сельскохозяйственных экосистемах: классификация, типы и функции	124
3.2 Особенности круговорота веществ в сельскохозяйственных экосистемах	139
3.3 Техногенез	143
3.4 Природно-ресурсный потенциал сельскохозяйственного производства	153
3.5 Сельскохозяйственные ландшафты и проблемы землепользования	159
3.5.1 Растениеводческие ландшафты	160
3.5.2 Животноводство и его влияние на агроландшафт	169
3.6 Агроландшафты и химизация	174
3.7 Проблемы химических взаимодействий организмов в агроландшафтах. Почвоутомление	183
4 ЖИВОТНОВОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА	190
5 ЭКОЛОГИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	203
6 КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	220
7 ОРГАНИЧЕСКОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО	228
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	244
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	271

Введение

Проблема качества и экологической безопасности продовольственного сырья и продуктов питания с каждым годом приобретает все большую актуальность. Экологически чистыми считаются пищевые продукты, выработанные из растительного и животного сырья, произведенного в условиях, при которых на всех этапах получения, хранения и транспортирования в них не попадают вредные и нежелательные компоненты из окружающей среды. Эти продукты должны быть произведены по технологиям, исключаящим их загрязнение, и реализованы без промежуточного негативного воздействия отрицательных экологических факторов.

Положение дел с качеством и безопасностью продовольствия значительно обострилось в связи с резко возросшим потоком импортной продукции, которая не обеспечена сегодня действенной системой контроля, а также системой поставок продукции. Зарегистрированы десятки случаев ввоза продовольствия не только опасного по своим качественным характеристикам, но и ставшего причиной тяжелых интоксикаций и заболеваний людей.

Не являются исключением и продукты животноводства. Совершенно справедливо отмечается, что нет других пищевых продуктов, проблемы качества которых стояли бы так остро и были так важны, как качество молока и мясных продуктов, поскольку, во-первых, они являются продуктами, входящими в обязательный рацион питания здоровых и больных людей всех возрастов (молоко является главной составляющей продуктов питания детей с рождения). Во-вторых, мясо и молоко может быть переносчиком опасных заразных заболеваний, передаваемых от животного к человеку, а также от человека к человеку. В-третьих, молоко – такой продукт внутренней секреции животного, который выводит из его организма (в чистом или модифицированном виде) почти все вещества, попадающие в него. Кроме того, молоко и молочные продукты легко аккумулируют в себе крайне нежелательные или вредные вещества, попадающие в них в результате нарушения санитарных правил и регламентов основных и вспомогательных технологических процессов переработки молока.

В последние годы, в силу ряда причин, связанных с загрязнением окружающей среды, снижением санитарных требований, предъявляемых к производству продуктов животноводства (качество кормов, состояние скота, ферм и т.д.), в молочных продуктах появляются такие крайне нежелательные элементы как остатки различных биоцидов (пестициды, гербициды и т.п.), соли тяжелых металлов, афлатоксины, антибиотики, соматические клетки, опасные формы микроорганизмов, нитратов, а в некоторых случаях – радиоактивных изотопов. Значительная часть этих компонентов переходит в продукты.

Огромный ущерб несет растительному и животному миру загрязнение природных вод, в том числе источников питьевого водоснабжения, из-за неразумного использования химических удобрений и ядохимикатов, которое особенно возросло в последние три десятилетия. Загрязнение почв, воздуха и природных вод в наше время приобрело широкие масштабы, что стало реальной угрозой всему живому. Растительные и животные организмы составляют важные звенья цепей питания. Они отличаются чрезвычайно высокими уровнями накопления тяжелых металлов, ядохимикатов, разнообразных токсических веществ. У человека эти токсиканты оказывают жестокое кумулятивное воздействие на генетический аппарат и нервную систему.

Возделывание сельскохозяйственных растений и разведение животных – наиболее активные формы взаимодействия человека и природы.

Параллельно интенсифицируется рост «давления» на природные комплексы. Результатами этого «давления» являются: эрозия, засоление и заболачивание почв, уменьшение содержания в них гумуса, гибель полезной микрофлоры, загрязнение почв тяжелыми металлами, остаточными количествами пестицидов, уничтожение природных местообитаний и обеднение видового состава растений и животных, изменение гидрологического режима территорий, загрязнение компонентов биосферы, нарушение естественного биогеохимического круговорота веществ и т.д.

От экологической грамотности специалистов сельского хозяйства зависят защита окружающей среды от загрязнения и разрушения,

снижение ресурсо-, материало- и энергоёмкости сельскохозяйственного производства, внедрение малоотходных технологических систем и процессов, минимизация потерь сельскохозяйственной продукции, внедрение экологичных систем ведения земледелия, животноводства, производство экологически безопасной продукции и т.д. Экологизация должна быть неотъемлемым элементом плановой и технологической дисциплины в АПК, что создаст более действенные предпосылки рачительного хозяйствования на земле и обеспечит процветание и благополучие государства.

На современном этапе сельскохозяйственная экология – это наука о факторах внешней среды, их влиянии на организмы культивируемых растений и животных, о природных комплексах, преобразованных деятельностью человека для производства чистой экологической продукции растениеводства и животноводства.

Бурное развитие промышленности породило такие негативные явления, как деградация почв, загрязнение среды обитания и продуктов питания, появление новых болезней растений, животных и людей. В результате возникла потребность в «экологизации» сельского хозяйства, т. е. применении экологических законов для успешного функционирования аграрных экосистем.

Сельскохозяйственная экология – наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и окружающей средой (неорганической), а также с человеком, о структуре, связях и функциональной деятельности искусственно созданных ландшафтов.

Обеспечение устойчивого производства сельскохозяйственной продукции, сохранение и воспроизводство природно-ресурсной базы аграрного сектора, минимизация воздействия на окружающую природную среду – это основные задачи, стоящие перед этой наукой.

Объектом исследования сельскохозяйственной экологии являются сельскохозяйственные экосистемы и их компоненты.

Важнейшей задачей в данное время является систематизированное обучение будущих специалистов новым подходам решения проблемы устойчивого развития сельскохозяйственных экосистем и современным технологиям получения экологически «чистой» сельско-

хозяйственной продукции, а также основным принципам агроэкологического мониторинга и рационального использования природных ресурсов.

Изучение данной дисциплины способствует получению и развитию у обучающихся знаний о закономерностях существования сельскохозяйственных экосистем, что способствует более глубокому осмыслению причин возникновения экологических проблем, возникающих в результате сельскохозяйственного производства.

Важной задачей в подготовке бакалавров направления 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции является формирование экологического сознания при решении проблем природообустройства и рационального природопользования. В современных условиях только грамотные специалисты способны критически оценить состояние природной среды и её изменения под влиянием деятельности человека в процессе сельскохозяйственного производства.

1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОТРАСЛИ ЭКОЛОГИИ. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В настоящее время экология является одной из бурно развивающихся биологических и сельскохозяйственных наук. Термин «экология» впервые использовал немецкий биолог Эрнст Геккель в 1866 году, в своей книге «Всеобщая морфология организмов», где он дал свое определение экологии, как науке: «...это познание экономики природы, одновременное исследование всех взаимоотношений живого с органическими и неорганическими компонентами среды, включая непременно неантагонистические и антагонистическое взаимоотношения растений и животных, контактирующих друг с другом». Э. Геккель относил экологию к биологическим наукам и наукам о природе. Основное направление, сформулированное Э. Геккелем, соответствует современному пониманию аутоэкологии – экологии отдельных видов.

Несмотря на то, что термин «экология» был введен только в XIX веке, проведение экологических исследований было начато задолго до появления этого термина. Изначально экологические знания были составной частью таких наук как биология, география, химия, физика. В истории развития экологии можно выделить три основных этапа.

1. Зарождение и становление экологии как науки

(...– до 60-х г.г. XIX века)

На этом этапе накапливались данные о взаимосвязи организмов со средой их обитания, делались первые научные обобщения.

Например, в трудах древнегреческих ученых рассматривались вопросы строения живых организмов, значение среды обитания в их жизни. Аристотель (384–322 г.г. до н.э.). В работе «История животных» рассматривал такие вопросы как приуроченность организмов к местам обитания, одиночная или стайная жизнь, различия в питании. Теофраст (372–287 г.г. до н.э.) – ученик Аристотеля, основоположник географии растений. В «Истории растений» отмечал зависимость растительного покрова от климата и почв.

В средневековье развитие науки в значительной степени сдерживала церковь. Научные исследования сделались невозможными – содержание Библии было провозглашено основой всякого знания, не подвергаемой сомнениям. Научные достижения античного мира постепенно предавались забвению. Становлению научного мировоззрения способствовала Эпоха Возрождения. Ей соответствует период: конец XIII в. – XVI в. В конце этого этапа большой вклад в формирование экологических знаний внесли следующие выдающиеся ученые: Карл Линней (1707–1778 г.г.) – шведский естествоиспытатель, сторонник креационистской концепции в биологии, согласно которой многообразие форм органического мира есть результат их сотворения; Жан Батист Ламарк (1744–1829 г.г.) – французский ученый, автор первого эволюционного учения. Считал, что важнейшей причиной приспособительных изменений организмов, эволюции растений и животных является влияние внешних условий среды. Само живое, по Ламарку, возникло из неживого по воле творца и далее развивалось на основе строгих причинных закономерностей. Жорж Кювье (1769–1832 г.г.) – французский зоолог, сформулировал теорию катастроф, смысл которой сводился к тому, что творец актом творения создает органический мир каждой геологической эпохи заново, этот органический мир существует недолго, гибнет в результате мировой катастрофы, после чего происходит новый акт творения. Таким образом, был найден компромисс между религиозным мышлением и накопленным научным материалом. Ж.Б. Ламарк и Томас Мальтус (1766–1834 г.г.) впервые предупреждают человечество о возможных негативных последствиях воздействия человека на природу.

Ученые Российской АН также оказывали влияние на развитие экологии. Примером являются наблюдения, выполненные в ходе экспедиционных исследований путешественника Степана Петровича Крашенинникова (1713–1755 г.г.), нашедшие отражение в его работе «Описание земли Камчатской». В XVII–XVIII в.в. экологические сведения составляли значительную долю во многих биологических описаниях.

2. Оформление экологии в самостоятельную отрасль знаний

(60-е г.г. XIX в. – 50-е г.г. XX в.)

Чарльз Дарвин (1809–1882 г.г.) определил основные факторы эволюции органического мира. Ему принадлежат работы: «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859 г.) и «Происхождение человека» (1871 г.).

Русский ученый Василий Васильевич Докучаев, естествоиспытатель (1846–1903 г.г.) считается одним из основоположников экологии. В частности, он исследовал особенности почвообразования.

Как самостоятельная наука экология окончательно сформировалась в начале XX столетия. В это время американские ученые В. Шелфорд, Ч. Адамс публикуют важные обобщения по экологии животных. Крупнейший русский ученый XX в. Огромное влияние на развитие экологии оказали работы выдающегося русского геохимика В.И.Вернадского (1863–1945 г.г.). Он посвятил себя изучению процессов, протекающих в биосфере и разработал теорию, которая легла в основу современного учения о биосфере. Биосфера – область распространения жизни на нашей планете. В 1926 году В.И.Вернадский опубликовал книгу под названием «Биосфера», в которой впервые была показана планетарная роль совокупности всех видов живых организмов – «живого вещества». Впервые вся живая оболочка планеты предстала как единое целое. К 30-ым г.г. XX в. интенсивно развивается экспериментальная и теоретическая база, углубленно изучается состав, структура, функционирование наземных и водных комплексов. В современных условиях одним из наиболее значимых факторов, определяющих состояние биосферы, стала деятельность человека и ученые-экологи вновь обратились к научному исследованию В. И. Вернадского. Ведь именно он говорил еще в далекие 20-е годы о мощном воздействии человека на окружающую среду и о преобразовании современной биосферы. Для измененной биосферы, находящейся под контролем разума человека он предложил термин «ноосфера» – сфера разума.

Эти исследования привели к выводу о необходимости совместного изучения биоценоза и биотопа. Экология поднялась на более высокую ступень в результате нового подхода к изучению природных систем: в 1935 г. английский ботаник Артур Тенсли (1871–1955 г.г.) выдвинул понятие об экосистеме. В 1940 г. В.Н. Сукачев (1880–1967 г.г.), советский ботаник, географ, лесовод, обосновал близкое к этому понятию представление и биогеоценозе.

3. Современный этап – превращение экологии в комплексную науку, включающую в себя науки об охране природной и окружающей человека среды.

(50-е г.г. XX в. – до настоящего времени)

Связан этот этап с прогрессирующим загрязнением окружающей среды и резким усилением воздействия человека на природу. Современная экология анализирует природные условия (факторы) существования живых организмов, включая человека, и их изменения под влиянием разнообразных преобразующих или разрушающих воздействий. Основным практическим результатом развития экосистемной концепции явилось осознание необходимости перестраивать экономику в соответствии с экологическими законами. Особенностью экологических исследований становится широкое использование математического моделирования процессов, протекающих в биосфере, с целью поддержания ее устойчивости, а также необходимость разработки инженерных решений, направленных на улучшение качества окружающей среды. Современный период развития экологии связан с именами таких крупных ученых как Ю. Одум, Б. Небел, Н.Н. Моисеев, Н.Ф. Реймерс.

В 50-90 гг. 20-го столетия вопросам экологии посвящены работы отечественных и зарубежных исследователей, ученых, таких, как Ю.Одум, М.И.Будыко, В.Тишлер, В.А.Радкевич, Н.Ф.Реймерс, А.Г.Банников, А.С.Степановских и другие.

Предмет экологии.

Из всего многообразия существующих сегодня определений экологии можно сделать вывод, что экология включает в себя все три уровня организации биологических систем: организменный, популя-

ционный и экосистемный. Исходя из этого можно сформулировать следующее определение:

Экология – это комплексная наука, изучающая взаимоотношения организмов и образуемых ими сообществ между собой и со средой их обитания.

Современная экология – это комплексная дисциплина, далеко выходящая за рамки биологической науки. Она включает в себя следующие направления:

- общая экология
- геоэкология;
- глобальная экология;
- экология человека;
- прикладная экология;
- сельскохозяйственная экология.

Общая экология, как биологическая дисциплина, подразделяется на следующие направления:

- аутэкология, устанавливающая пределы существования организмов (особей) в среде их обитания и исследующая реакции на воздействие среды;
- демэкология изучает условия существования популяций как элементарных надорганизменных группировок;
- эйдэкология изучает вид, как надорганизменную биологическую систему;
- синэкология изучает сообщества животных, растений и микроорганизмов;
- глобальная экология изучает историю формирования, структуру и свойства биосферы, рассматривает биосферные процессы и дает прогнозы ее развития.

Кроме того, экология может классифицироваться по конкретным объектам исследования: экология растений, экология животных, экология микроорганизмов, экология водных организмов; В зависимости от среды, местообитания организмов: экология суши, экология моря, экология пресных вод, экология высокогорий и т.д.

На стыке экологии с другими отраслями знаний существуют такие направления как инженерная экология, математическая экология,

сельскохозяйственная экология, медицинская экология, космическая и т.д.

Наиболее важной и актуальной проблемой современной экологии необходимо признать определение роли и места человека в глобальных биосферных процессах. Перед человечеством на сегодняшний день стоит одна главная задача – предотвращение экологической катастрофы.

Что касается задач современной экологии, то и здесь нет единого подхода. Общеэкологические задачи должны осуществляться на конкретно-научном уровне. Изучая взаимосвязи животного с окружающей абиотической средой, экология решает разные задачи на каждом системном уровне организации жизни. На организменном уровне рассматриваются проблемы адаптации организмов, механизмы, обеспечивающие устойчивость их функционирования.

На популяционном уровне – это исследования форм взаимоотношений между организмами, обеспечивающих существование популяции как целостной, саморегулирующейся системы. Основное здесь – определение тех свойств популяции, которые обеспечивают возможность ее неограниченно длительного существования в постоянно изменяющихся условиях среды. Не изучение взаимосвязи отдельного организма со средой, а изучение взаимосвязей и приспособительных реакций популяции с условиями их существования должно стать основной задачей экологии. Популяционный уровень наиболее важен из-за возможности управления популяциями со стороны человека. Воздействие на отдельный организм никакого эффекта не дает, поскольку он смертен и его отдельно взятые индивидуальные свойства во взаимоотношениях между особями и средой в целом ничего не изменят. Но если воздействию подвергается вся популяция, то в случае ее гибели возможно ограничение (или уничтожение) какого-то природного ресурса, важного для человека.

На экосистемном (биогеоценотическом) уровне основной задачей является исследование закономерностей функционирования и продукционных процессов многовидовых биоценозов вместе с их неорганическим окружением.

На биосферном (глобальном) уровне выявляются причины и механизмы изменения элементов биосферы в результате воздействия человеческой деятельности. Двойное положение человека в биосфере (с одной стороны, это гетеротрофный живой организм, с другой – высокоразвитое живое существо, наделенное разумом и вооруженное достижениями научно-технической революции) диктует необходимость предельной осторожности и взвешенности решений при любой ее попытке вмешательства в исторически сложившиеся взаимосвязи и процессы живой природы.

Проблемы и задачи частной экологии предполагают решение вопросов сохранения физико-химического баланса в биосфере. Осуществление этих задач возможно на нескольких уровнях: технологическом, экономическом, юридическом и др.

К основным проблемам следует отнести:

- изменения климата Земли, парниковый эффект (антропогенное потепление), разрушение озонового экрана;
- загрязнение атмосферы, кислотные осадки;
- демографический взрыв, относительное перенаселение Земли в некоторых регионах; чрезмерную урбанизацию;
- загрязнение почв, уменьшение их площадей;
- загрязнение океана и поверхностных вод суши;
- радиоактивное загрязнение локальных участков;
- опустынивание, уменьшение площадей тропических и северных лесов;
- отсутствие утилизации промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов;
- ухудшение качества продуктов питания, в результате неправильного использования пестицидов, кормовых добавок, ветеринарных препаратов и др.;
- отсутствие средств для финансирования природоохранных мероприятий.

В настоящее время большинство международных экологических конфликтов условно можно разделить на четыре категории: рас-

пределение водных ресурсов, загрязнение морей, чистота воздуха, чистота воды.

Современная экология является научной базой рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, охраны окружающей среды. Последовательное решение насущных экологических проблем должно привести к снижению негативного воздействия общества на отдельные экосистемы и природу в целом, включая человека.

Сельскохозяйственная экология представляет собою особый раздел прикладной экологии, отличающийся широким аспектом проблем научного и прикладного характера. Основным предметом курса является комплексность сельскохозяйственного производства: с одной стороны, биология аграрных систем, а с другой, техногенное воздействие человека на становление и функционирование отдельных подсистем в рамках сложившейся системы в каждом конкретном случае.

Экологические идеи в сельском хозяйстве высказывали еще в середине восемнадцатого века русские агрономы А.М. Бажанов, А.Т. Болотов и др. Для понимания роли прикладных экологических наук, и прежде всего, сельскохозяйственной экологии, необходимо рассмотреть, как изменялись взаимоотношения человека и природы по мере развития человеческой цивилизации.

Биосфера возникла около 4 млрд. лет назад (в горных породах, сформированных 3,5 млрд. л.н. найдены следы первых живых организмов) и за время своего существования прошла путь развития, который называется эволюцией. Современный человек как биологический вид появился более 40 тыс. лет назад. Человеческое общество в своем развитии прошло ряд этапов, на каждом из которых оказывало определенное воздействие на биосферу.

1 этап – этап охотничества-собираательства. Большую часть своего развития человек был охотником-собирателем. Как собиратели люди имели кормовую территорию более 500 Га и проходили в сутки 25–30 км. На Земле в то время проживало не более 2 млн. чел. Влияние человека на окружающую среду было весьма ограниченным. Но

как только первобытные охотники научились пользоваться огнем, они начали разрушительное наступление на окружающую природу: заселили территории с умеренным климатом, использовали огонь для загона и ловли дичи, что вызывало пожары и, как следствие, разрушение растительных сообществ в различных районах земного шара и обеднение видового состава крупных позвоночных.

2 этап – этап аграрной цивилизации ~ 10 тыс. лет назад. На этом этапе происходит переход к ведению сельского хозяйства, развивается скотоводство и земледелие. Положительным результатом ведения сельского хозяйства явились следующие события:

- увеличение численности населения;
- возникновение ремесел;
- совершенствование орудий труда;
- зарождение процесса урбанизации.

Воздействие человека на биосферу увеличилось во много раз. Неумелое использование земель, безжалостная эксплуатация пастбищ часто приводила к бесплодности и превращению территорий, отведенных под культурные растения и пастбища, в пустыни. Сельское хозяйство развивалось по схеме: лес → пастбище → поля сельскохозяйственных культур → пустыни. Первые земледельческие цивилизации возникли в районах недостаточного увлажнения, что привело к созданию оросительных систем. Это вызвало локальные экологические катастрофы в бассейнах рек Тигр и Евфрат, приведшие к ослаблению или гибели государств в результате эрозии и засоления почв.

Таким образом, негативными последствиями воздействия человека на биосферу на этом этапе являются:

- разрушение экосистем: уничтожение лесов, засоление почв и опустынивание;
- вымирание крупных представителей фауны – конкурентов домашних животных.

Несмотря на изменение экосистем в локальном масштабе, деятельность человека вписывалась в биогеохимический круговорот веществ и не изменяла притока энергии в биосфере. Использовались в

основном растительные материалы (биodeградирующие) и металлы, полностью осуществлялось самоочищение вод и земель.

3 этап – этап индустриальной цивилизации. В XIX в. происходит зарождение и развитие промышленности, строятся города. В результате повышается уровень жизни людей – улучшается качество медицинского обслуживания, продуктов питания, люди получают образование, увеличивается продолжительность жизни.

Отрицательные последствия:

- наблюдается резкий рост населения – демографический взрыв;
- уменьшается разнообразие естественной среды (уничтожаются леса и болота, вытесняются дикие животные из развитых районов);
- нарушается круговорот веществ, так как отходы деятельности человека больше не минерализуются деструкторами. В процессе промышленного производства образуется большое количество веществ, которые невозможно разложить биологическим путем. Эти вещества накапливаются в биосфере, нарушая жизнедеятельность экосистем;
- потребление энергии резко возрастает, встает вопрос об истощаемости запасов угля, нефти и природного газа (с 1850 г. потребление энергии увеличивалось на 2,5 % ежегодно, с 1950 г. – на 5 %, с 1970 г. – на 10 %).

Можно дать следующую характеристику современного состояния биосферы:

1. Преобразуется облик планеты: уничтожаются леса; истощаются залежи полезных ископаемых; создаются новые водохранилища; на месте первичных биоценозов создаются вторичные агроценозы.

2. Изменяется химический состав воздуха, воды, почвы. Биосфера загрязняется веществами, которые не вовлекаются в круговорот и накапливаются в ней: пестициды, удобрения, отходы промышленности, радиоактивные вещества.

3. Снижаются темпы процесса самоочищения. Главную опасность представляет изменение не количества, а качества отходов, которые не используются микроорганизмами, не распадаются, не окис-

ляются. Вот почему в биосфере снизились темпы природного процесса биологической очистки, процесса самоочищения.

Но ресурсы биосферы не беспредельны. Биосфера теряет свою способность к восстановлению. Под устойчивостью биосферы понимается способность активной части биосферы – биоты – на основе жестких обратных связей гасить возникшее возмущение (принцип ЛеШателье в биологии). На современном этапе биота перестает выполнять принцип Ле-Шателье и теряет устойчивость.

Взаимодействие общества и природы можно представить в виде схемы социального обмена веществ и энергии (рис. 1).

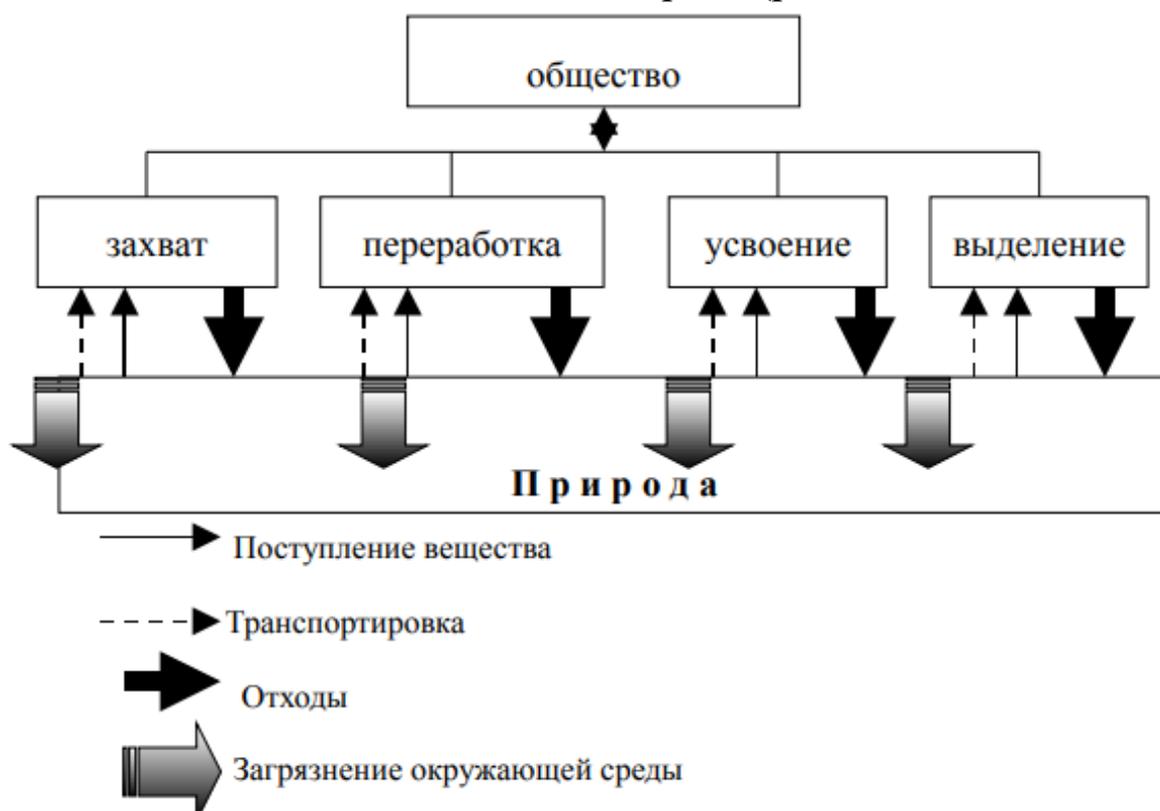


Рисунок 1 – Схема социального обмена веществ и энергии

Схема отражает изъятие из природы веществ и энергии, переработку веществ, усвоение обществом переработанных элементов природы, сброс в окружающую среду отходов.

В настоящее время годовое потребление характеризуется следующими показателями: на каждого человека добывают и выращивают ~20 т сырья, перерабатываемого в продукты массой 2 т, которые непосредственно идут на потребление. Для этого затрачивается мощность 2,5 кВт и 800 т воды. Около 90 % сырья идет в отходы, так же

как и основная масса воды. В окружающую среду выбрасываются продукты, чуждые природе, радиоактивные вещества, тепло. В процессе переработки сырья возникает множество побочных веществ. Человек умеет синтезировать около 10 млн. веществ, производит в больших масштабах ~50 тыс., в особо крупных масштабах ~5 тыс. наименований. При этом, как уже сказано, в отходы уходит ~90 % сырья. Из 2 т конечного продукты в течение того же года выбрасывается не менее 1 т.

Масштабы антропогенного загрязнения на современном этапе развития общества достигли таких размеров, что в большинстве районов нашей планеты, особенно в крупных промышленных центрах, уровни загрязнения существенно превышают санитарно-гигиенические нормативы. НТР и бурный рост промышленного производства в XX в. способствовали не только росту благосостояния человека, но и поставили окружающую среду на грань экологической катастрофы.

Катастрофической является ситуация с существенными необратимыми негативными последствиями, для ликвидации которых требуется принятие инженерных и административных решений. Если после негативного воздействия сохраняется возможность восстановления (хотя бы частичного) нарушенных структурно-функциональных характеристик системы, то состояние соответствует кризисному.

Нынешнюю ситуацию можно охарактеризовать как экологический кризис. *Экологический кризис* – стадия взаимодействия между обществом и природой, на которой до предела обостряются противоречия между экономикой и экологией, а способности саморегулирования экосистем в условиях антропогенного воздействия существенно подорваны.

Существует пять основных направлений для выхода из экологического кризиса:

1. экологизация технологий (внедрение малоотходных, ресурсосберегающих технологий);

2. экономизация производств (развитие и совершенствование экономического механизма охраны окружающей среды);
3. административно-правовое воздействие (применение мер административной и юридической ответственности за экологические правонарушения);
4. экологическое просвещение (гармонизация экологического мышления, отказ от потребительского отношения к природе);
5. международно-правовая защита (гармонизация экологических международных отношений).

Опыт человечества показывает, что стремление людей к материальному обогащению и безграничному потреблению ресурсов является естественной чертой человека. С экологических позиций экономический рост представляет собой постоянное и все ускоряющееся увеличение потребления природных ресурсов. При этом прогресс нельзя запретить – он будет сопровождать человека всегда.

Остановить стихийное развитие событий помогут лишь знания.

Экологические знания позволяют понять, каким образом происходит воздействие человека на окружающую среду, и найти те пределы изменения условий, которые не допустят экологического кризиса. Таким образом, главнейшая цель экологии – вывести человечество из глобального экологического кризиса на путь устойчивого развития, при котором достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения без лишения такой возможности будущих поколений.

Концепция устойчивого развития была принята на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.).

В широком смысле стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между людьми (друг с другом) и между Обществом и Природой. В основе устойчивого развития лежит неразрывность эколого-экономических связей. Переход к устойчивому развитию обеспечивается сбалансированным решением социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружа-

ющей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущего поколения людей.

В сельское хозяйство вкладываются большие материальные средства. Но, ни вкладываемые средства, ни селекция сортов, ни агрохимия, ни орошение, ни расширение ассортимента пестицидов для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями пока не в силах остановить закономерное снижение почвенного плодородия. Причиной этого явления служат несбалансированные циклы углерода, фосфора, кальция, калия и других питательных элементов, а также усиливающаяся эрозия почвы. В целом, в мире ежегодно выходит из сельскохозяйственного оборота около 10 млн. га земель.

В странах Европы и Северной Америки в последние 3-4 десятилетия урожайность культур повысилась в 2-3 раза, но затраты энергии на увеличение указанной продукции возросли более чем в 10 раз. Такой американский вариант для подавляющего числа стран, включая и Россию, безусловно, неприемлем. Нарастание затрат в сельском хозяйстве (удобрения, пестициды, обработки и т.д.) ведет к загрязнению почвы, воды, воздуха, переводу почвы в минеральный субстрат – глину или песок, а водные экосистемы приводит к гибели.

Важная причина сложившейся тяжелой экологической ситуации – это недооценка общетеоретической обобщающей науки, способной раскрыть основы жизнедеятельности сельскохозяйственных систем. Работники сельского хозяйства достаточно хорошо управляют отдельными (частными) процессами сельскохозяйственного производства (выращивание кукурузы, пшеницы, риса и т.д.), но в большинстве случаев слабо владеют спецификой взаимоотношений между отдельными звеньями целостного комплексного механизма, включающего растениеводство, животноводство, почвы, водные ресурсы, человека и его уровень понимания проблем (образование, культура), а также его уровень технических возможностей. По своей структуре сельскохозяйственные сообщества можно приравнять к природным комплексам, сформировавшимся в жестких условиях (например, пустыня, тундра, болота и др.) и выделяющимся незначительным коли-

чеством видов растений и животных при весьма высокой их плотности в отдельные (обычно короткие) периоды года.

Использование успехов современной экологии для развития сельского хозяйства – это, несомненно, завтрашний путь науки и производства. Особое значение приобретает разработка теоретических основ сельскохозяйственной экологии (земледелие в широком понимании) с использованием достижений в отдельных областях сельскохозяйственного производства и строительства.

Среди научных направлений в области сельскохозяйственной экологии, развиваемых в нашей стране, являются следующие:

1. Создание смешанных (сорго и травосмесей) и совмещённых (разных видов) посевов и изучение взаимоотношения между культурами в них.

2. Изучение сочетаемости видов в травосмесях.

3. Изучение аллелопатических взаимоотношений между растениями в посевах.

4. Экология сорных растений и перспективы их контроля за счет уплотнения посевов.

Перспективным направлением в сельскохозяйственной экологии является оптимизация агросистемы через нормы высева, сроки посева или посадки, способы посева (чистые, сорго– и видосмеси, совмещенные, смешанные), севообороты и т.д. (Юрин, 1979). Интересно, что до расширения товарного производства в основном высевались смеси нескольких культур, что даже в самые неблагоприятные годы уводило земледельца от неурожая и обеспечивало в целом более высокий урожай при лучшем использовании природных ресурсов (Туганаев, 1984). Классификация сообществ сорняков строится обособленно от возделываемых растений, различающихся сроками и типами посева (сплошной посев, широкорядный), способами обработки почвы, сомкнутостью травостоя, сроками и способами уборки, нормами и типами удобрений, уплотнением почвы и т.д.

Сельскохозяйственная экология – наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и окружающей средой (неорганической), а также с человеком, о структуре, связях и функциональной де-

тельности искусственно созданных ландшафтов. Сельскохозяйственная экология, являющаяся прикладным ответвлением общей экологии, сформировалась как самостоятельная наука лишь в 50-60-е годы нынешнего столетия, хотя её отдельные разделы (экология растений, экология животных и т.д.) обособились еще в конце прошлого и в начале нашего века. Ученые пришли к пониманию того, что не только строение и развитие отдельных организмов, но и их взаимоотношение со средой обитания подчиняются определенным закономерностям, требующим специального изучения. Современная сельскохозяйственная экология является теоретической основой рационального использования природных ресурсов (воды, почвы, воздуха), разработки стратегии взаимоотношений человека и природы, сохранения биоразнообразия в условиях постоянного нарушения человеком складывающихся связей в культурных ландшафтах.

Долгое время не столько практики, сколько ученые в области экологии уделяли мало внимания тому комплексу, от решения которого зависело развитие сельскохозяйственного производства в мире в целом и в отдельных регионах, в частности. Среди таких проблем следует назвать следующие:

1. Рациональное использование земельных ресурсов.
2. Поддержание экологического равновесия и сохранение природного биоразнообразия.
3. Развитие биологических методов борьбы с вредителями и болезнями.
4. Изолированность исследований естественных и искусственных сообществ живых организмов.
5. Недооценка законов природы при создании искусственных сообществ.
6. Абстрагирование исследований искусственных сообществ без учета социально-экологического уровня общности людей.
7. Пренебрежительное отношение к агроландшафтной экологии со стороны специалистов сельскохозяйственного производства и недооценка необходимости её развития со стороны экологов.

8. Низкий уровень понимания проблем экологии со стороны общественности и правительственных органов.

В отдельных районах могут быть обозначены и другие проблемы, но вышеприведенные носят общий характер. Если обстоятельно проанализировать проблемы сельского хозяйства, то нетрудно заметить, что без глубоких экологических подходов решить их сегодня совершенно невозможно.

Основным предметом сельскохозяйственной экологии является изучение организмов на уровне популяций во всем комплексе взаимоотношений с окружающей средой. Главная причина возрастания интереса к сельскохозяйственной экологии в настоящее время – это её теснейшая связь с важнейшими проблемами существования человека: загрязнением и отравлением среды промышленными отходами, чрезмерным разрушением естественных сообществ, необходимостью повышения биологической продуктивности планеты, рациональным использованием биологической продукции и т.д. У прироста органического вещества есть свои пределы, определяемые энергией солнца, которая поглощается на нашей планете поверхностью растений, и эффективностью их фотосинтеза. Все это выдвигает огромную проблему перед сельскохозяйственной экологией. Вот почему эта наука современна. Она призвана определить обеспечение населения продуктами за счет рационального использования природы.

Основной задачей сельскохозяйственной экологии, таким образом, является разработка теоретических основ получения качественной продукции (растений, животных) на основе рационального использования плодородия почвы, водных ресурсов и разумного применения человеком средств механизации, химии, генетики и т.д.

Основной целью сельскохозяйственной экологии является изучение закономерностей многообразных взаимосвязей между населяющими сельскохозяйственные угодья организмами (растениями, животными и человеком) и средой обитания, и на этой основе обоснование наиболее рационального использования природных ресурсов для обеспечения нормальной жизнедеятельности человека.

Поставленная цель еще далека от выполнения. Для её претворения в жизнь необходимо решить несколько задач, среди которых важнейшими являются следующие:

1. Дальнейшее совершенствование и развитие методов исследований.
2. Совершенствование классификации состава, структуры и функционирования экосистем и дальнейшее развитие системного подхода в экологических исследованиях.
3. Совершенствование моделирования систем с целью предсказания путей их дальнейшей эволюции.
4. Глубокое изучение энергетических связей в экосистемах.
5. Изучение гомеостатичности экосистем, популяций отдельных видов и организмов и их продуктивности в зависимости от неустойчивости условий среды.
6. Совершенствование систем экологического прогноза и проектирования.

Сельскохозяйственная экология является своеобразной методологией мышления в сельском хозяйстве. Экологические задачи с разных сторон решают и конструктор, проектирующий легкие тракторы и агрегаты комплексного использования; и селекционер, создающий сорта с повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям; и агроном, разрабатывающий систему нормализации баланса питательных веществ и гумуса в почве; и экономист, оценивающий уровень технологии, и т.д. Одной из важных задач сельскохозяйственной экологии является получение чистой продукции при сохранении природных ресурсов и среды обитания человека. В общем плане задача экологии определяется получением максимальной продукции на единицу производимых затрат в виде удобрений, горючего и т.д., вводимых в систему, что возможно в том случае, когда посев будет максимально соответствовать почвенно-климатическим условиям региона.

Изучение растений и животных в природе – задача весьма не легкая. Если учесть, что даже самая простая среда очень сложная, то ничуть не покажется странным, почему экология не развивается так интенсивно, как, например, генетика, молекулярная биология, биофи-

зика и т.д. Наряду с экспериментом в экологии имеет значение наблюдение. Трудности экспериментальной проверки заставляют эколога переводить наблюдаемые факты на математические модели, что заменяет лабораторные эксперименты в других биологических науках. Различные методы моделирования в современной экологии составляют основу научного анализа.

Сельскохозяйственная экология изучает надорганизменные уровни организации антропогенных нарушенных систем. Элементарной единицей в экологии считается особь популяции (сорта); популяция со своими консортами образует элементарную подсистему в пределах системы; следующая промежуточная подсистема (ассоциация, однотипное сообщество) образуется совокупностью популяций, выполняющих сходную функциональную роль в системе и принадлежащих к единой трофической группировке; полная экологическая система состоит из совокупности организмов разных трофических уровней.

Жизнеобеспечение населения – основная задача эколога в сельском хозяйстве на основе увеличения первичной биологической продуктивности, севооборотов, расширение видового разнообразия возделываемых культур, обеспечения качественными продуктами питания богатыми белками, витаминами, минеральными веществами и другими необходимыми веществами и максимальным снижением нежелательных компонентов. Иными словами, производство продуктов питания как единственного источника энергии, является основным в процессе взаимодействия человечества с природой. Около 60% мирового производства продуктов питания приходится на зерновые культуры (из них более 40% – на рис и пшеницу), которые дают до 50% белка, потребляемого человеком, что поднимает роль аграрного сектора в формировании первичной биологической продукции.

Однако следует заметить, что интенсивное вовлечение человека в сферу аграрного производства приводит к возникновению и развитию противоречивых природы и общества. С одной стороны, необходимым условием удовлетворения потребностей человека является использование достижений науки и техники, а также наращивания

масштабов производства. С другой стороны, все отмеченное отрицательно сказывается на природе (истощаются и уничтожаются естественные природные ресурсы, нарушаются механизмы саморегуляции и стабильности экосистем, загрязняется вся окружающая среда в целом).

В экологии, в том числе и сельскохозяйственной, используются методы исследования и понятия, применяемые в других науках. Многие же методы исследований свойственны исключительно экологии. Например, если исследования экологии особей (аутэкология) иногда близки исследованиям в области физиологии, то изучение популяций и биоценозов относится всецело к экологии.

Основные методы экологических исследований: полевые, экспериментальные исследования с использованием экосистемного, популяционного, эволюционного и исторических подходов, изучение сообществ и анализ местообитаний.

Первостепенное значение имеют полевые исследования, т.е. изучение популяций видов и их сообществ в естественной обстановке. Полевые методы позволяют установить результаты влияния на организм определенного комплекса факторов окружающей среды, выяснить общую картину развития вида в конкретных условиях.

Однако полевые методы не всегда дают точный ответ на поставленные вопросы. Поэтому применяют экспериментальные методы, которые позволяют вычлнить и проанализировать роль отдельных факторов при постоянстве всех остальных в искусственно созданных и контролируемых условиях. В экологическом эксперименте трудно воспроизвести весь комплекс природных условий, но можно изучить влияние отдельных факторов на вид, популяцию или сообщество.

Модель – это абстрактное описание того или иного явления реального мира, позволяющее делать предсказания относительно этого явления. Модель должна быть статистической и строго математической для того, чтобы получить надежные прогнозы. Модель должна включать три основных компонента: анализируемое пространство (границы системы); подсистемы (компоненты), считающиеся важны-

ми для общего функционирования; рассматриваемый временной интервал.

В последнее время широкое распространение получило моделирование биологических явлений, т.е. воспроизводство в искусственных системах различных процессов, происходящих в живой природе. Примером биологических моделей может служить аппарат искусственного дыхания, кровообращения, искусственные почки, протезы.

При описании биологических явлений применяются методы математического моделирования. Они используются для экологического прогнозирования. Составление экологического прогноза является сложной и ответственной задачей и невозможно без всестороннего математического анализа всех аспектов взаимоотношений живых организмов и многочисленных факторов внешней среды. В последнее время среди прогнозистов широко распространилось понятие «мониторинг», которое включает не только наблюдение за состоянием окружающей среды, но и контроль, и управление за ее состоянием.

2 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

2.1 Понятие среды обитания и факторов среды

Жизнедеятельность любого организма обусловлена его взаимодействием с окружающей средой. *Среда* – это часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них прямое или косвенное воздействие. Из среды организмы получают все необходимое для жизни и в нее же выделяют продукты обмена веществ. Среда обитания каждого организма складывается из множества элементов неорганической, органической природы и элементов, приносимых человеком и его деятельностью. Причем эти составные элементы среды могут быть необходимы организму, могут быть безразличны или вредны для него.

Совокупность необходимых для организма элементов среды обитания, с которыми он находится в неразрывном единстве и без которых существовать не может – это условия существования или условия жизни.

Элементы среды, воздействующие на организм, называются *факторами среды* или *экологическими факторами*.

Экологический фактор – любой элемент среды, оказывающий прямое или косвенное влияние на живые организмы и на который организмы реагируют приспособительными реакциями.

Многообразие экологических факторов подразделяется на две большие группы: *абиотические* и *биотические*.

Абиотические факторы – это комплекс условий неорганической среды, влияющих на организм: свет, температура, влага, ветер, воздух, давление, течения, долгота дня; механический состав почвы, ее проницаемость, влагоемкость; содержание в почве или воде элементов питания, газовый состав, соленость воды и т.д.

Биотические факторы – это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие. Под биотическими факторами понимают влияние растений на других членов биоценоза, влияние животных на других членов биоценоза, а также *антропогенные* факторы – все формы деятельности человеческого общества.

Факторы всех групп играют значительную роль в существовании как отдельных организмов, так и их сообществ.

Несмотря на большое разнообразие экологических факторов в характере их воздействия на организм и в ответных реакциях живых существ есть ряд общих закономерностей. Интенсивность экологического фактора, наиболее благоприятная для жизнедеятельности организма, называется оптимумом, а дающая наихудший эффект, т.е. условия, при которых жизнедеятельность организма максимально угнетается, но он еще может существовать - пессимумом. Диапазон зон оптимума и пессимума служит критерием выносливости, пластичности организма по отношению к данному экологическому фактору и называется экологической валентностью.

Экологическая валентность (пластичность) – свойство видов адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды (рис. 2).

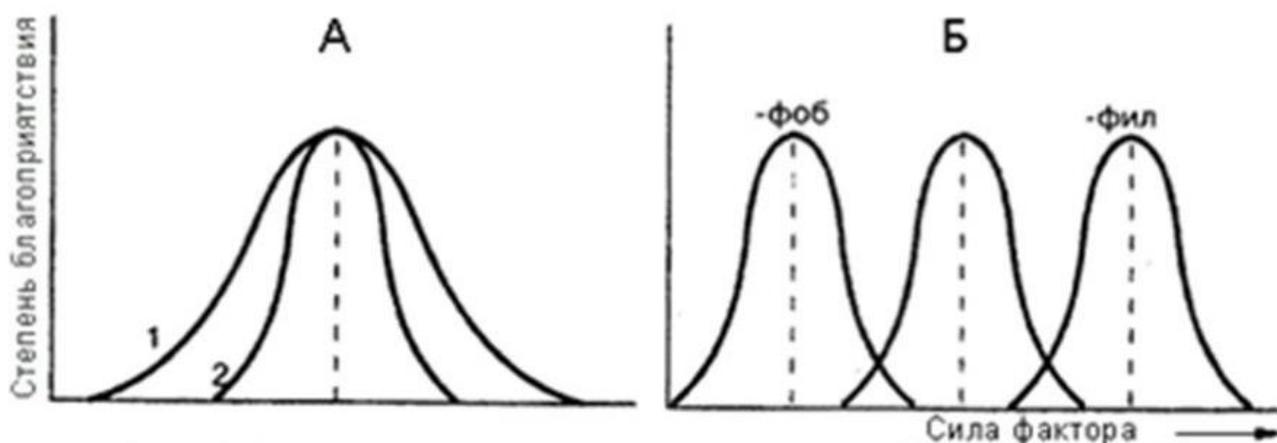


Рисунок 2 – Экологическая валентность видов: А- виды эврибионтный (1) и стенобионтный (2) по отношению к данному фактору; Б- виды, отличающиеся положением оптимума

Виды, способные существовать лишь при небольших отклонениях от оптимальной величины фактора, называются **стенобионтными**, а выдерживающие значительные изменения фактора – **эврибионтными**. Эврибионтность и стенобионтность характеризуют различные типы приспособленности организмов к выживанию. Эврибионтность, как правило, способствует широкому распространению видов. Стенобионтность обычно ограничивает ареалы.

Экологические факторы обычно действуют на организм не изолированно, а комплексно. Оптимальная зона и пределы выносливости организмов по отношению к тому или иному фактору могут заметно смещаться в зависимости от того, в каком сочетании и с какой силой проявляются одновременно другие факторы. Известно, что жару легче переносить в условиях сухого, а не влажного воздуха. Мороз более ощутим при сильном ветре.

Один фактор нельзя заменить другим полностью, однако при комплексном воздействии среды часто имеет место «эффект замещения», который проявляется в сходстве результатов воздействия разных факторов. Например, увядание растений приостанавливается как при увеличении воды в почве, так и при снижении температуры воздуха. В сельскохозяйственном производстве очень важно знать закономерности взаимодействия факторов, чтобы обеспечить оптимальные условия для культурных растений и домашних животных.

Факторы, которые ограничивают возможность существования вида в экстремальных для него условиях, называют *ограничивающими* или *лимитирующими*. Ограничивающее действие фактора будет проявляться и в том случае, когда другие факторы среды благоприятны или даже оптимальны. В роли ограничивающего фактора могут выступать как ведущие, так и фоновые экологические факторы.

Понятие о лимитирующих факторах было введено в 1840 году химиком Ю. Либихом. Изучая влияния на рост растений содержания различных химических элементов в почве, он сформулировал принцип, известный под названием закона минимума Либиха: «В комплексе экологических факторов сильнее действует тот, который наиболее близок к пределу выносливости».

Рассмотрим закон минимума Либиха на конкретных примерах.

В почве содержатся все элементы питания, необходимые для данного вида растений, кроме одного из них, например цинка. Рост растений будет на такой почве сильно угнетен или вообще невозможен. Если мы прибавим в почву нужное количество цинка, это приведет к увеличению урожая. Но если мы будем вносить любые

другие химические соединения, а цинк будет отсутствовать, это не даст никакого эффекта.

Закон минимума Либиха распространяется на все абиотические и биотические факторы, влияющие на организм. Сформулированный закон применим как к растениям, так и к животным.

Лимитирующим фактором может быть не только недостаток, но и избыток таких факторов, как, например, тепло, свет, вода. Представление о лимитирующем влиянии максимума наравне с минимумом ввел В. Шелфорд, сформулировавший "*закон толерантности*". Он гласит: «лимитирующим фактором, ограничивающим развитие организма, может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия. Диапазон между этими величинами определяет величину выносливости организма».

Таким образом, для каждого вида существуют пределы значений жизненно необходимых факторов среды, которые ограничивают зону его толерантности. Живой организм может существовать в некотором определенном интервале значений факторов. Чем шире этот интервал, тем больше устойчивость, или толерантность, данного организма. Закон толерантности является одним из основополагающих принципов современной экологии.

2.2 Влияние основных факторов среды на организмы

2.2.3 Температура

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

Так, температура на поверхности песка в пустыне может достигать порядка 60°C, а минимальные температуры воздуха в Восточной Сибири 70°C ниже нуля. Вообще, диапазон температур от + 50 до - 50°C представляет собой фундаментальную характеристику темпера-

турных условий в биосфере, хотя имеются и отклонения от этих параметров.

Хорошо выражена разница температурных режимов по климатическим зонам – от полярных пустынь Арктики и Антарктики с суровой и продолжительной зимой и прохладным коротким летом до экваториальной области, отличающейся высокими и относительно устойчивыми температурами. На температурные условия конкретной местности влияет близость моря, доступность для муссонных и пассатных перемещений воздушных масс, рельеф и ряд других факторов. В прибрежных областях низких широт или во влажных тропиках режим температур отличается большой стабильностью. Например, амплитуда годовых изменений температуры в Эквадоре составляет всего около 6°C , разница среднемесячных температур в бассейне Конго – $1-2^{\circ}\text{C}$, тогда как амплитуда только суточных перепадов температуры в континентальных пустынях может достигать $25-38$, а сезонных – более 60°C . На северо-востоке континента Евразии, на фоне существенно более низких среднегодовых температур, амплитуда сезонных изменений составляет почти 100°C .

В горах хорошо выражены вертикальный градиент температур, зависимость температурного режима от экспозиции склона, его изрезанности и т. п:

Значительно более сглажены температурные условия в почве. Если на ее поверхности температурные изменения отражают динамику температуры воздуха, то с глубиной сезонные и иные колебания уменьшаются и температурный режим становится стабильно благоприятным для живых организмов (рис. 3).

В океанической среде температурный режим отличается меньшими колебаниями: лишь в арктических и антарктических морях на небольших глубинах температура воды может опускаться до $-1,8^{\circ}\text{C}$. Как и в почве, с глубиной постоянство выраженности температурного фактора возрастает. В континентальных водоемах условия более разнообразны. Здесь температура воды не опускается ниже 0°C (водоемы пресные), а верхний предел характерен для некоторых термаль-

ных источников: температура воды в них держится около точки кипения и тем не менее там обитают некоторые прокариоты.

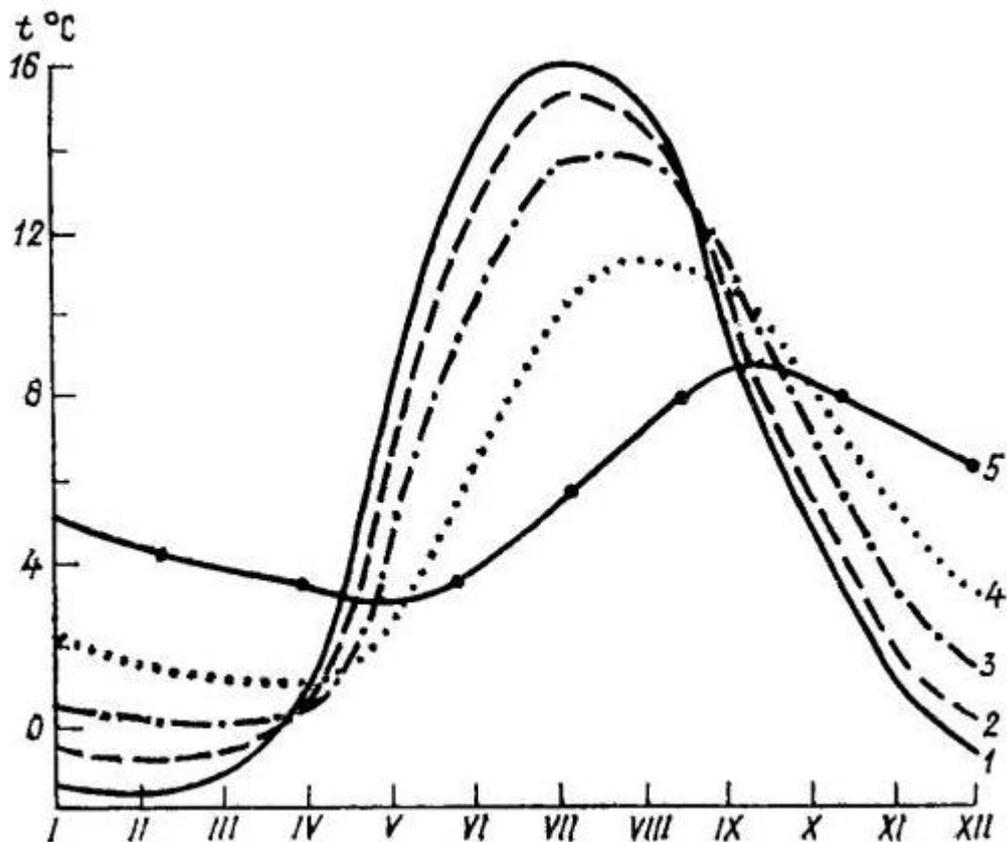


Рисунок 3 – Годовая динамика температуры почвы на различной глубине. Цифры у кривых – глубина замера температуры, см: 1) 20; 2) 40; 3) 80; 4) 160; 5) 320.

Генеральная закономерность воздействия температуры на живые организмы выражается действием ее на скорость обменных процессов. Согласно общему для всех химических реакций **правилу Вант-Гоффа**, повышение температуры ведет к пропорциональному возрастанию скорости реакции. Разница заключается в том, что в живом организме химические процессы всегда идут с участием сложных ферментных систем, активность которых в свою очередь зависит от температуры. В результате ферментативного катализа возрастает скорость биохимических реакций и количественно меняется ее зависимость от внешней температуры. Величину температурного ускорения химических реакций удобно выражать коэффициентом 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 является линейной функцией температуры. Так, у тропических растений при температуре менее 10°C коэффициент Q_{10} приблизительно равен 3, но существенно уменьшается при возрастании температуры выше $25 - 30^{\circ}\text{C}$. У колорадского жука потребление кислорода в диапазоне $10 - 30^{\circ}\text{C}$ характеризуется величиной $Q_{10} = 2,46$, а при температуре $20 - 30^{\circ}\text{C}$ $Q_{10} = 1,8$. 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, семян, да и некоторых мелких организмов в обезвоженном состоянии. У прокариот высокая термоустойчивость определяется биохимическими особенностями протоплазмы; ряд видов бактерий обитают в горячих источниках с температурой воды порядка 70°C , а некоторые анаэробные археобактерии нормально существуют при $85 - 105^{\circ}\text{C}$!

У более сложно организованных растений и 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 $42 - 43^{\circ}\text{C}$. Растения, обитающие в степях, саваннах, пустынях, выдерживают нагревание до $50 - 60^{\circ}\text{C}$.

Нарушения метаболических и регуляторных процессов наступают и при очень низких температурах. Дисгармония функций в целом организме определяется, как и при гипертермии, 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 $23 - 20^{\circ}\text{C}$, 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 $30 - 27^{\circ}\text{C}$, тогда как биотоки коры больших полушарий регистрируются

до 22 – 21°C, а функция стволовой части мозга сохраняется при еще более низкой температуре.

Нехолодостойкие растения (обитатели влажных тропических лесов, водоросли теплых морей) погибают при температуре несколько выше 0°C из-за инактивации ферментов и нарушения ряда метаболических процессов.

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 ульт-раструктуры 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 прове-

дением 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: пойкилотермные и гомойотермные.

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

Гомойотермный тип теплообмена базируется на высоком уровне метаболизма, свойственном птицам и млекопитающим. Интенсивность обмена веществ у этих животных на один - два порядка выше, чем у всех других живых организмов при оптимальной температуре среды. Так, у мелких млекопитающих потребление кислорода при температуре среды 15 – 20° С составляет примерно 4 – 5 тыс. см³ • кг⁻¹ • ч⁻¹, а у беспозвоночных животных при такой же температуре – 10 – 20 см³ • кг⁻¹ • ч⁻¹. При одинаковой массе тела (2,5 кг) суточный

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

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

2.2.4 Влажность. Водный и солевой обмен на суше

В наземной среде условия водно-солевого обмена ужесточаются прежде всего тем, что вода становится фактором и ресурсом, обеспеченность которым не стабильна. Как доступность капельножидкой воды, так и влажность окружающей среды выражены на суше в крайне изменчивой и часто лимитированной форме. Выработка адаптаций к дефициту влаги – ведущее направление эволюции при освоении различными группами организмов наземной среды.

Эволюционное освоение суши растениями и животными шло через биотопы с условиями, смягчающими лимитирующие жизнь свойства наземной среды. Растения вначале (силур – девон) селились только в обширных мелководных водоемах и по их берегам. Позднее (начиная с карбона) благоприятный влажный и теплый климат вызвал появление богатой растительности как по берегам водоемов, так и в некотором удалении от них. Дальнейшее освоение суши шло уже на основе специальных морфофизиологических адаптации, открывших возможность освоения и сухих местообитаний.

Беспозвоночные животные осваивали сушу через этап обитания в почве или в сырых околоводных биотопах. Достаточно благоприятные условия влажности в этом случае способствовали отрыву от водоемов, причем без обязательной смены типа органов дыхания и водного обмена. Поэтому в почве до сих пор встречаются формы как с водным, так и с воздушным типом дыхания и с покровами различного строения. Да и на суше многие беспозвоночные, заселяющие влаж-

ные местообитания, сохранили органы дыхания практически водного типа.

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 большие пространства с громадной 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, predeterminedенных неблагоприятными условиями водного дыхания в мелких, богатых органическими веществами и дефицитных по кислороду водоемах.

Таким образом, объединяющим условием освоения наземной среды было, по крайней мере, для эукариот, обитание во влажных биотопах.

Среди обитателей биотопов с устойчиво высокой влажностью большое число видов относится к категории *пойкилогидрических* растений. Содержание воды в тканях у таких видов очень изменчиво и зависит от влажности среды. Влагообмен идет через поверхность тела. При высыхании растение переходит в состояние оцепенения. Это открывает возможность заселения и таких биотопов, в которых высокая влажность выражена лишь сезонно, сменяясь подчас длительными периодами сухости. К пойкилогидрическим «растениям» относится, собственно, более широкий круг форм: помимо низших (зеленые водоросли) и высших растений (некоторые мхи, папоротники, вторично – отдельные виды цветковых) в эту группу входят цианобактерии, некоторые грибы и лишайники.

Высшие наземные растения в подавляющем большинстве относятся к *гомойогидрическим* формам, способным поддерживать определенное соотношение гидратуры цитоплазмы и окружающей среды, т. е. относительное постоянство обводненности тканей. Регуляция гидратуры (показателем которой служит осмотическое давление клеточного сока) может достигаться либо приспособлениями корневой системы, обеспечивающими постоянный приток воды, либо путем

ограничения транспирации. Определенное значение имеет и запасание воды в клетках и даже на уровне целого организма.

Важное обстоятельство, существенно отличающее растения от животных, – то, что для первых вода не только фактор среды, но и ресурс, непосредственно участвующий в продукции (роль воды в процессе фотосинтеза). Поэтому разрыв связи растения с источником воды невозможен; при временном разрыве этой связи неизбежен переход в неактивное состояние (анабиоз). Отсюда – важная роль структуры корневой системы, заметно различающейся у растений, обитающих в разных условиях водообеспеченности.

С этим связано еще одно важное отличие от животных: через корневую систему растение получает и воду, и минеральные соли, т.е. водно-солевой обмен у них и в наземной среде остается целостным процессом. У животных же 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.

Растения, обитающие во влажных биотопах, подразделяются на несколько экологических групп. *Гидрофиты* – наземные растения, укореняющиеся в дне водоема (иногда и вне водоема, в переувлажненной почве). Приспособившиеся к таким условиям виды (тростник, кубышка, калужница, вахта и др.) имеют хорошо выраженную систему аэренхимы – заполненные воздухом полости, общая губчатость тканей. Погруженные в воду части таких растений имеют полости, сообщающиеся с устьицами находящимися в воздухе частей, что способствует газообмену и проникновению кислорода к органам, испытывающим в нем недостаток. Подводные органы характеризуются отсутствием кутикулы и перидермы, что, вероятно, способствует получению воды и питательных веществ, минуя корневую систему. Устьица на подводных органах не функционируют (видимо, они представляют собой рудимент, указывающий на вторичность обитания в воде).

Виды цветковых, у которых вторичная связь с водой выражена в наиболее полной форме, часто объединяют в группу *гидатофитов*. Это растения, тело которых полностью погружено в воду, корневая система редуцирована, поглощение воды и солей идет по всей поверхности. Сюда относятся элодея, рдесты, уруть, ряска и другие виды, которые вне водоемов существовать не могут.

Гигрофиты – уже настоящие наземные растения, обитающие в местах с высокой влажностью воздуха и обеспеченным почвенным водоснабжением. Это главным образом обитатели влажных тропических лесов и тенистых лесов умеренной зоны. Различают гигрофиты теневые и световые. Теневые гигрофиты произрастают в приземном, влажном ярусе тенистых лесов различных климатических зон. К ним относятся, например, бодяк, недотрога, тропические лесные травы. Обитание в условиях постоянно высокой влажности определяет малую устойчивость к сухости воздуха. Для этих форм характерно развитие особых водяных устьиц, выделяющих капельножидкую влагу. Световые гигрофиты растут на открытых местах, но в условиях высокой влажности воздуха и почвы. К ним относятся папирус, рис, росянка и др.; отличаются от теневых более эффективной транспирацией.

Группа *мезофитов* охватывает широкий круг видов растений, относящихся к различным жизненным формам и занимающих различные местообитания, в том числе и не отличающиеся сильной увлажненностью. К этой группе относятся, в частности, лиственные древесные породы, многие лесные и луговые травянистые растения. Мезофиты отчетливо показывают приспособленность к ограниченному водоснабжению и изменчивой влажности воздуха. У них достаточно высоко осмотическое давление клеточного сока, что обеспечивает сосущую силу корневой системы. Благодаря этому растение получает достаточно влаги для поддержания тургора (что способствует росту) и для протекания процесса фотосинтеза. Впадение в неактивное состояние («покой») в неблагоприятные сезоны года представляет собой адаптацию к комплексу факторов, в числе которых условия поддержания водного баланса занимают одно из ведущих мест.

Характерным приспособлением к надежному водообеспечению у растений является структура корневой системы, которую подразделяют на экстенсивный и интенсивный типы. Экстенсивная корневая система охватывает большой объем почвы, но слабо ветвится в нем. Интенсивная корневая система отличается тем, что небольшой объем почвы густо пронизан многочисленными ветвящимися корнями и корневыми волосками. Эти два типа корневых систем отражают две крайние «стратегии» эффективного использования запасов влаги в почве. Имеются переходные формы структуры корней, а в ряде случаев корневая система может отличаться даже в пределах одного вида, проявляя тенденцию к увеличению экстенсивности в условиях уменьшения влаги в почве. Показано, например, что у ржи, корневая система которой в принципе относится к интенсивному типу, в разных условиях увлажнения почвы общая длина корней без корневых волосков в 1000 см³ почвы может меняться от 90 м до 13 км, а поверхность волосков в тех же условиях демонстрирует 400-кратные изменения.

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.

Растения, приспособившиеся к обитанию в местах с недостаточным увлажнением, в том числе в условиях, совершенно недоступных даже для мезофитов, относятся к группе *ксерофитов* (от греч. *xeros* – сухой). Ксерофиты распространены в пустынях, степях, жестколистных вечнозеленых лесах и в сухих биотопах типа песчаных дюн, про-

греваемых склонов и т. п. Способность их в активном состоянии переносить неблагоприятные для других растений условия недостаточного увлажнения определяется набором специфических адаптации. По принципу этих адаптации растения-ксерофиты подразделяются на две группы: *суккуленты* и *склерофиты* (рис. 4).

Суккуленту в своих приспособлениях к дефициту влаги исходят из принципа запасания. Это сочные, мясистые растения с хорошо развитой водозапасающей паренхимой в листьях и стеблях. Наиболее типичные представители суккулентов – кактусы, агавы, алоэ, молодило; и др. У некоторых видов запасание воды происходит в корнях.



Рисунок 4 – Суккуленты (алоэ, опунция) и склерофиты (ковыль, саксаул).

Корневая система суккулентов расположена поверхностно и не отличается густотой ветвления. Суккулентам свойственно интенсивное насыщение влаги осадков из самых верхних горизонтов почвы; объемистые запасы влаги дают возможность этим растениям - «оппортунистам» нормально переживать сухие периоды между осадками. Помимо морфологических приспособлений запасание большого количества воды определяется некоторыми физиологическими свойствами. Так, у кактусов в клеточном соке содержится много сахаров - пентоз, повышающих его водоудерживающую силу.

Вода, полученная при выпадении осадков, обеспечивает длительное существование растения. Прослежено, например, что кактус

Cereus, не получая воды в течение двух лет, потерял за это время лишь 13 % массы, а другой за три года – 36 %.

Закрытые днем устьица препятствуют газообмену и поступлению в растение CO_2 , что затрудняет фотосинтез. Как адаптация к этому ряд видов суккулентов поглощают CO_2 ночью, когда устьица открыты, а используют в фотосинтезе на следующий день; это сопряжено с определенными биохимическими приспособлениями.

Склерофиты по морфологическим признакам и по принципам поддержания водного баланса прямо противоположны суккулентам. Они не способны запасать воду в органах и тканях, а напротив, отличаются слабой обводненностью и внешне выглядят как сухие, жесткие, не сочные растения. Принцип их адаптации к засушливым условиям – способность к активной перестройке водного режима организма в соответствии с обеспеченностью его влагой извне. Склерофиты отличаются высокой тканевой устойчивостью к дегидратации – могут терять до 25% влаги без заметных патологических последствий. Их цитоплазма сохраняет свои свойства при такой степени обезвоживания, которая смертельна для других растений.

Важное приспособление склерофитов заключается в свойственной им большой сосущей силе корней, что определяется высоким, до 60 атм., осмотическим давлением клеточного сока. Это позволяет извлекать влагу даже при малом ее количестве в почве. Вопреки ожиданию, а также и прежним представлениям, склерофиты отличаются высокой интенсивностью транспирации, но это свойственно им только в благоприятных условиях водоснабжения. Показано, что при этом транспирация у склерофитов может быть в 2 – 3 раза выше, чем у мезофитов. При возрастании дефицита влаги транспирация активно тормозится. Все это снижает расход воды в засушливых условиях.

Большое значение в особенностях водно-солевого обмена в ксерофитных условиях имеет повышенное содержание солей в почвах аридных регионов. Избыточное поступление солей через корневую систему создает условия, нарушающие клеточно-тканевые процессы, и вредно для растений. Однако солеустойчивость разных видов различна. Растения – *галофиты* переносят достаточно большие концен-

трации солей и часто растут на сильно засоленных почвах (рис. 5). Они не просто устойчивы к солевой нагрузке, но и испытывают в ней необходимость: будучи помещенными на почвах, бедных солями, они извлекают их корнями более активно, чем другие виды растений.

Настоящие галофиты накапливают в тканях до 10 % солей (солянки). Это ведет к увеличению осмотического давления клеточного сока, что повышает возможность извлечения воды из засоленных почв, в которых осмотическое давление водного раствора также повышено. Такое свойство – важное приспособление водного обмена в условиях засоленных почв; оно встречается и у других видов, обитающих в сходных условиях.



Рисунок 5 – Растение солончаков – солерос солончаковый

У некоторых из них повышение сосущей силы корней достигается увеличением концентрации в клетках органических веществ, в первую очередь углеводов (например, полини). В результате они эффективно сосут воду из почвы, а избыток солей не наносит им вреда из-за того, что цитоплазма таких видов плохо проницаема для электролитов.

Ряд видов растений, обитающих на засоленных почвах, избавляются от избытка солей либо выведением их через специальные железы на поверхности листа (например, *Limonium*, *Tamarix* и др.), либо связыванием их с органическими веществами протопласта. Некоторые виды концентрируют полученные с водой соли в локальных участках органов (например, особые волоски на листьях) и таким образом выводят их из метаболизма.

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 адаптации: 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, образуемая 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.

2.2.5 Кислородный режим и его значение

Энергетические процессы в живом организме основываются на окислительно-восстановительных реакциях. При этом лишь некоторые группы микроорганизмов осуществляют эти процессы без участия кислорода путем гликолиза и брожения. Абсолютное большинство живых организмов, в том числе высшие растения и животные, получают энергию благодаря аэробному окислению органических веществ. Этот путь более выгоден энергетически, он связан с закономерными процессами газообмена: постоянным притоком O_2 и выносом CO_2 , образующегося в результате окисления органических субстратов. При такой системе энергетического обеспечения жизнедеятельности организмов кислород приобретает роль важнейшего экологического фактора.

Механизм газообмена заключается в диффузии газов – кислорода и диоксида углерода – по градиенту их концентрации. Это обстоя-

тельство определило принципиальные пути эволюционного становления системы газообмена и механизмы экологических вариантов этой системы в различных по обеспеченности кислородом условиях существования.

У растений дыхание в отличие от фотосинтеза осуществляется всеми органами и тканями. Кислород проникает в растения через устьица, растворяется в жидкостях клеточных стенок и отсюда по градиенту парциального давления проникает в цитоплазму. В связи с этим возникает проблема важности влажной поверхности оболочек и мембран, связывающая процессы дыхания с условиями водного обмена. В принципе растения (по крайней мере, их надземные части) не лимитированы по снабжению кислородом. Экологически вызванные трудности могут возникать с дыханием корней при переувлажнении почвы. Аэрация почвы обеспечивается системой пор, заполненных отчасти воздухом, а отчасти водой. В условиях переувлажнения почв (паводки, длительные ливневые дожди) все поры заполняются водой, и даже в верхних, обычно наилучшим образом аэрированных горизонтах почвы возникает ситуация кислородной недостаточности.

Это нарушает рост корней и их функцию; снижается уровень поглощения воды и транспирации. При длительной нехватке кислорода для корневой системы растение увядает и погибает. Поэтому нормально корневая система растений не проникает в горизонты грунтовых вод.

Для большинства растений минимальная концентрация кислорода в почвенной влаге, которая обеспечивает рост и функционирование корней, составляет около 1 – 2 мг/л (сосна, ель). Однако устойчивость разных видов к недостатку кислорода в почве различна и связана с их биологией. Высокой устойчивостью к дефициту кислорода отличаются растения-гидрофиты, корни которых нормально развиваются в переувлажненной почве. Такая устойчивость отчасти объясняется толерантностью на тканевом уровне, а отчасти тем, что нехватка кислорода в почве компенсируется передачей его в корни из надземных частей растения по воздухоносной системе.

У животных диффузионный принцип газообмена лежал в основе формирования специализированных органов дыхания. Для крупных форм это связано с разделением общего процесса дыхания на две составляющие: внешнее дыхание (газообмен в дыхательных органах) и внутреннее (газообмен в клетках и тканях). При этом формируется транспортная система (гемолимфа, кровь), функционально объединяющая эти два процесса. Объясняется это тем, что скорость диффузии кислорода прогрессивно уменьшается по мере удаления от поверхности газообмена; кроме того, на этом пути кислород активно поглощается живыми клетками. Поэтому дыхание через поверхность тела без участия транспортной системы эффективно лишь для очень мелких организмов. Подсчитано, что при сферической форме тела такой тип дыхания может обеспечить потребность в кислороде лишь у организмов диаметром около 1 мм. Этим условиям отвечают, например, простейшие.

Известны и более крупные животные, осуществляющие газообмен прямо через поверхность. Они либо имеют сильно уплощенное тело, благодаря чему кислород легко диффундирует на всю его толщину (плоские черви), либо их поверхность сложно структурирована, открывая доступ кислорода к отдельным клеткам (губки), либо, наконец, живые клетки расположены тонким слоем на поверхности инертной массы воды и минеральных веществ (медузы). Все эти формы отличаются очень низким уровнем окислительного метаболизма.

В большинстве же случаев у многоклеточных животных сформировались специальные органы внешнего дыхания, связанные транспортной системой со всеми клетками и тканями организма.

Принцип таких органов достаточно однообразен: формируются открытые участки покровных эпителиальных тканей, густо снабженные системой кровеносных капилляров. Через эти участки осуществляется диффузия O_2 из внешней среды в кровь и CO_2 – в обратном направлении. Высокой специализации как органы газообмена достигли легкие позвоночных животных (рис. 6).

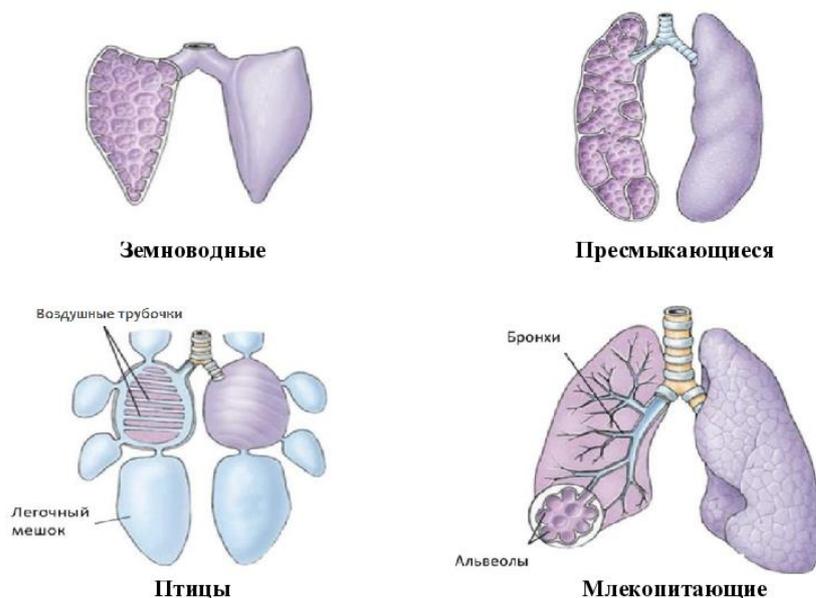


Рисунок 6 – Усложнение строения легких в ряду позвоночных животных

2.2.6 Значение света

Свет как экологический фактор имеет важнейшее значение уже потому, что является источником энергии для процессов фотосинтеза, т. е. участвует в образовании органических веществ из неорганических составляющих. Он играет большую и разнообразную роль в различных жизненных процессах у животных, что определяется его физическими свойствами.

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 нм¹ 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 теп-

лового режима среды. ИК-радиация в основном несет тепловую энергию, и биологическое ее действие связано с многими процессами.

Не вся солнечная радиация достигает поверхности Земли. За пределами атмосферы перпендикулярная к солнечным лучам поверхность получает энергию порядка $2,00 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ ($1,39 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2 \cdot \text{с}$). Эта величина называется солнечной постоянной; она слегка варьирует по сезонам года в соответствии с изменением удаления Земли от Солнца. При прохождении через атмосферу часть солнечной радиации рассеивается молекулами газов воздуха и водяными парами, часть отражается от облаков. Этот процесс связан и с изменением качественного состава радиации. В частности, наиболее коротковолновая часть спектра (с длиной волны примерно до 300 нм) отражается озоновым экраном. Установлено, что изменение концентрации озона на 10 % вызывает изменение уровня УФ-излучения в тропосфере в 1,5—2 раза. На уровне Земли эти колебания меньше за счет рассеивания излучения газообразными и пылевидными примесями в атмосфере.

Ионизирующее излучение включает космические лучи, а также естественную и искусственную радиоактивность. На поверхности Земли эта форма воздействия на организмы связана 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 поглощается кожей; по опасности УФ-С близок к X-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 Са и Р, а соответственно нормальный рост и развитие скелета. Особенно 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 реп-

тилий и грызунов, обитающих в условиях высокой инсоляции, пигментирована брыжейка, причем тем большей поверхности, чем выше уровень облучения в свойственных виду 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 ориентация 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 % полуденного 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/см², 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.

В процессе фотосинтеза свет выступает как источник энергии, которая используется пигментной системой (хлорофилл, в некоторых случаях – его аналоги). В результате происходит расщепление молекулы воды с выделением газообразного кислорода, а энергия, полученная фотохимической системой, утилизируется для преобразования диоксида углерода в углеводы:



Способность использовать лучистую энергию у хлорофилла 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. Некоторые бактерии, имеющие бактериохлорофиллы, способны поглощать свет в длинноволновой части спектра (максимум в области 800 – 1000 нм).

Зеленый лист поглощает в среднем 75 % падающей на него лучистой энергии. Но коэффициент использования ее на фотосинтез невысок: около 10 % при низкой освещенности и лишь 1 – 2 % - при высокой. Остальная энергия переходит в тепловую, которая затрачивается на транспирацию и другие процессы.

Наиболее важные внешние факторы, влияющие на уровень фотосинтеза, - температура, свет, диоксид углерода и кислород. На уровне самого растения на этот процесс влияют содержание хлорофилла и воды, особенности анатомии листа, концентрация ферментов.

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 растений и 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 открытия и закрытия цветков у высших растений, 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, поедающие грубые, богатые клетчаткой корма, отличаются, как правило, круглосуточной активностью. Семяноядные 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 по-

стоянной. 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.

Сигнальная, синхронизирующая роль фотопериода отчетливо проявляется в условиях эксперимента, когда на фоне неизменной освещенности (чаще всего – при содержании в темноте) у подопытных организмов проявляется суточный ритм, свойственный данному виду в естественной обстановке. Это явление было впервые обнаружено и описано еще в XVIII в. в опытах с растениями, которые в норме опускают листья или складывают их на ночь и расправляют днем. После помещения в полную темноту эти растения сохраняли суточный ритм движения листьев.

В настоящее 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 циркадианные 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.). 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 циркадианных 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. Такое же влияние оказывал актиномицин D – антибиотик, подавляющий синтез ДНК (опыты в обоих случаях проведены на одноклеточной водоросли *Gonyaulax polyedra*).

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-мембранной моделью, включающей два этапа: трансляции специфических белков на рибосомах и последующего встраивания этих белков в клеточные мембраны. Близка к мембранной 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 мембранной 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 околосоуточной 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 – сложный 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 растений это связано с сезонным характером репродукции, определенными сроками образования семян, формированием

клубней и других форм запасаения питательных веществ перед зимой, обеспечивающих начало активной вегетации на следующий год, и т. д. Уже в первой половине XX в. было твердо установлено, что эти процессы имеют эндогенный, генетически запрограммированный характер; конкретные погодные условия только модифицируют их протекание. Установлена и важная роль фотопериода в регуляции сезонных периодических явлений у растений.

У большинства животных также 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 *цирканнуальными (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 фотопериоду.

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

У сусликов, в течение трех лет содержавшихся в условиях постоянного освещения и стабильной температуры, выявлены цирканнуальные ритмы с периодом 344 сут; у них же обнаружена цирканну-

альная периодичность потребления пищи. Родившихся в виварии детенышей этого вида выращивали в различных вариантах сочетания температуры и режима освещения. У всех подопытных животных обнаружены цирканнуальные ритмы спячки и динамики массы тела с периодичностью около 300 сут, не зависящие от фотопериода. Длвшиеся 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.

2.3 Жизненные среды

Среда жизни – часть природы с особым комплексом факторов, для существования в которой у разных систематических групп организмов сформировались сходные адаптации. На Земле можно выделить четыре основные среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную, живой организм.

2.3.1 Водная среда

Водная среда жизни характеризуется высокой плотностью, особыми температурным, световым, газовым и солевым режимами. Организмы, обитающие в водной среде, называются *гидробионтами* (от греч. *hydor* – вода, *bios* – жизнь).

В воде *температура* изменяется в меньшей степени, чем на суше, из-за высокой удельной теплоемкости и теплопроводности воды. Повышение температуры воздуха на 10°C вызывает повышение температуры воды на 1°C. С глубиной температура постепенно снижается. На больших глубинах температурный режим относительно постоянен (не выше +4°C). В верхних слоях наблюдаются суточные и сезонные колебания (от 0 до +36°C). Поскольку в водной среде температура изменяется в узком диапазоне, то для большинства гидробионтов требуется стабильная температура. Для них губительны даже небольшие отклонения температуры, вызванные, например, сбросом предприятиями теплых сточных вод. Гидробионты, способные существовать при больших колебаниях температуры, встречаются только в мелких водоемах. Из-за небольшого объема воды в этих водоемах

наблюдаются значительные суточные и сезонные перепады температуры.

Света в воде меньше, чем в воздухе. Часть солнечных лучей отражается от ее поверхности, а часть поглощается толщей воды. День под водой короче, чем на суше. Летом на глубине 30 м он составляет 5 ч, а на глубине 40 м – 15 мин. Быстрое убывание света с глубиной связано с его поглощением водой.

Граница зоны фотосинтеза в морях находится на глубине около 200 м. В реках она колеблется от 1,0 до 1,5 м и зависит от прозрачности воды. Прозрачность воды в реках и озерах сильно снижается из-за загрязнения взвешенными частицами. На глубине более 1500 м свет практически отсутствует.

В водной среде содержание **кислорода** в 20-30 раз меньше, чем в воздухе, поэтому он является лимитирующим фактором. Кислород поступает в воду за счет фотосинтеза водных растений и способности кислорода воздуха растворяться в воде. При перемешивании воды содержание кислорода в ней возрастает. Верхние слои воды богаче кислородом, чем нижние. При дефиците кислорода наблюдаются **заморы** (массовая гибель водных организмов). Зимние заморы бывают, когда водоемы покрываются льдом. Летние – когда из-за высокой температуры воды уменьшается растворимость кислорода. Причиной может быть и повышение концентрации токсичных газов (метана, сероводорода), образующихся при разложении отмерших организмов без доступа кислорода. Из-за непостоянства концентрации кислорода большинство водных организмов по отношению к нему являются эврибионтами. Но есть и стенобионты (форель, планария, личинки поденок и ручейников), которые не переносят недостатка кислорода. Они являются индикаторами чистоты воды. Углекислый газ растворяется в воде в 35 раз лучше кислорода, и его концентрация в ней в 700 раз выше, чем в воздухе. В воде CO₂ накапливается благодаря дыханию водных организмов, разложению органических остатков. Углекислый газ обеспечивает фотосинтез и используется при образовании известковых скелетов беспозвоночных.

Соленость воды играет важную роль в жизни гидробионтов. Природные воды по содержанию солей разделяют на группы, представленные в таблице:

Таблица 2 – Соленость природных вод

Тип природных вод	Содержание солей, г/л
Пресные воды	менее 0,5
Солоноватые воды	0,5-16
Соленые воды	более 16

В Мировом океане соленость составляет в среднем 35 г/л. Самое высокое содержание солей в соленых озерах (до 370 г/л). Типичные обитатели пресных и соленых вод являются стенобионтами. Они не переносят колебаний солености воды. **Эврибионтов** сравнительно немного (лещ, судак, щука, угорь, колюшка, лосось и др.). Они могут жить как в пресной, так и в соленой воде.

Все растения водной среды называются **гидрофитами** (от греч. *hydor* – вода, *phyton* – растение). В соленых водах обитают только водоросли. Тело у них не разделено на ткани и органы. К изменению состава солнечного спектра в зависимости от глубины водоросли приспособились путем изменения состава своих пигментов. При переходе от верхних слоев воды к глубинным окраска водорослей изменяется в последовательности: зеленые – бурые – красные (самые глубоководные водоросли).

Зеленые водоросли содержат зеленый, оранжевый и желтый пигменты. Они способны к фотосинтезу при достаточно высокой интенсивности солнечного света. Поэтому обитают зеленые водоросли в мелких пресных водоемах или на морском мелководье. К ним относятся: спирогира, улотрикс, ульва и др. У бурых водорослей, помимо зеленого, содержатся бурый и желтый пигменты. Они способны улавливать менее интенсивное солнечное излучение на глубине 40-100 м. Представителями бурых водорослей являются фукус и ламинария, обитающие только в морях. Красные водоросли (порфира, филлофора) могут жить на глубине более 200 м. Кроме зеленого, они

имеют красный и синий пигменты, способные улавливать даже незначительный свет на большой глубине.

В пресных водоемах в стеблях высших растений слабо развита механическая ткань. Например, если извлечь из воды кувшинку белую или кубышку желтую, то их стебли поникают и не способны поддерживать цветки в вертикальном положении. Опорой для них служит вода за счет ее высокой плотности. Адаптацией к недостатку кислорода в воде является наличие в органах растений аэренхимы (воздухоносной ткани). Минеральные вещества находятся в воде, поэтому слабо развиты проводящая и корневая системы. Корни могут вообще отсутствовать (ряска, элодея, рдест) либо служить для закрепления в субстрате (рогоз, стрелолист, частуха). Корневых волосков на корнях нет. Листья чаще тонкие и длинные либо сильно рассеченные. Мезофилл не дифференцирован. Устьица у плавающих листьев находятся на верхней стороне, а у погруженных в воду – отсутствуют. Для некоторых растений характерно наличие листьев разной формы (*гетерофилия*) в зависимости от того, где они находятся. У кувшинки и стрелолиста форма листьев в воде и на воздухе разная.

Пыльца, плоды и семена водных растений приспособлены к распространению водой. Они имеют пробковые выросты или прочные оболочки, предотвращающие попадание воды внутрь и загнивание.

В водной среде *животный мир* более богат, чем растительный. Благодаря независимости от солнечного света животные заселили всю толщу воды. По типу морфологических и поведенческих адаптаций их разделяют на следующие экологические группы: *планктон, нектон, бентос*.

Планктон (от греч. *planktos* – парящий, блуждающий) – организмы, обитающие в толще воды и передвигающиеся под действием ее тока. Это мелкие ракообразные, кишечнополостные, личинки некоторых беспозвоночных. Все их адаптации направлены на повышение плавучести тела:

- увеличение поверхности тела за счет сплющивания и удлинения формы, развития выростов и щетинок;

- уменьшение плотности тела в связи с редукцией скелета, наличием жировых капель, пузырьков воздуха, слизистых чехлов.

Нектон (от греч. *nektos* – плавающий) – организмы, обитающие в толще воды и ведущие активный образ жизни. Представителями нектона являются рыбы, китообразные, ластоногие, головоногие моллюски. Противостоять течению им помогают адаптации к активному плаванию и уменьшению трения тела. Активное плавание достигается за счет хорошо развитой мускулатуры. При этом могут использоваться энергия выбрасываемой струи воды, изгибание тела, плавники, ласты и т. д. Уменьшению трения тела способствуют адаптации: обтекаемая форма тела, эластичность кожных покровов, наличие на коже чешуи и слизи.

Бентос (от греч. *benthos* – глубина) – организмы, обитающие на дне водоема или в толще донного грунта. Адаптации бентосных организмов направлены на уменьшение плавучести:

- утяжеление тела за счет раковин (моллюски), хитинизированных покровов (раки, крабы, омары, лангусты);

- закрепление на дне с помощью органов фиксации (присоски у пиявок, крючки у личинок ручейника) или уплощенного тела (скаты, камбала). Некоторые представители зарываются в грунт (многощетинковые черви).

В озерах и прудах выделяют еще одну экологическую группу организмов – **нейстон**. **Нейстон** – организмы, связанные с поверхностной пленкой воды и обитающие постоянно или временно на этой пленке или до 5 см вглубь от ее поверхности. Их тело не смачивается, поскольку его плотность меньше плотности воды. Особым образом устроенные конечности позволяют передвигаться по поверхности воды, не погружаясь (клопы водомерки, жуки вертячки). Своеобразной группой водных организмов является также **перифитон** – организмы, образующие на подводных объектах пленку обрастания. Представителями перифитона являются: водоросли, бактерии, протисты, ракообразные, двустворчатые моллюски, малощетинковые черви, мшанки, губки.

2.3.2 Наземно-воздушная среда

Наземно-воздушная среда – самая сложная по экологическим условиям, так как располагается на границе двух оболочек Земли (литосферы и атмосферы). Эта среда качественно отличается от водной по своим физическим параметрам.

Наземно-воздушная среда характеризуется шестью основными абиотическими факторами, определяемые свойствами как атмосферы, так и литосферы (рис. 7).

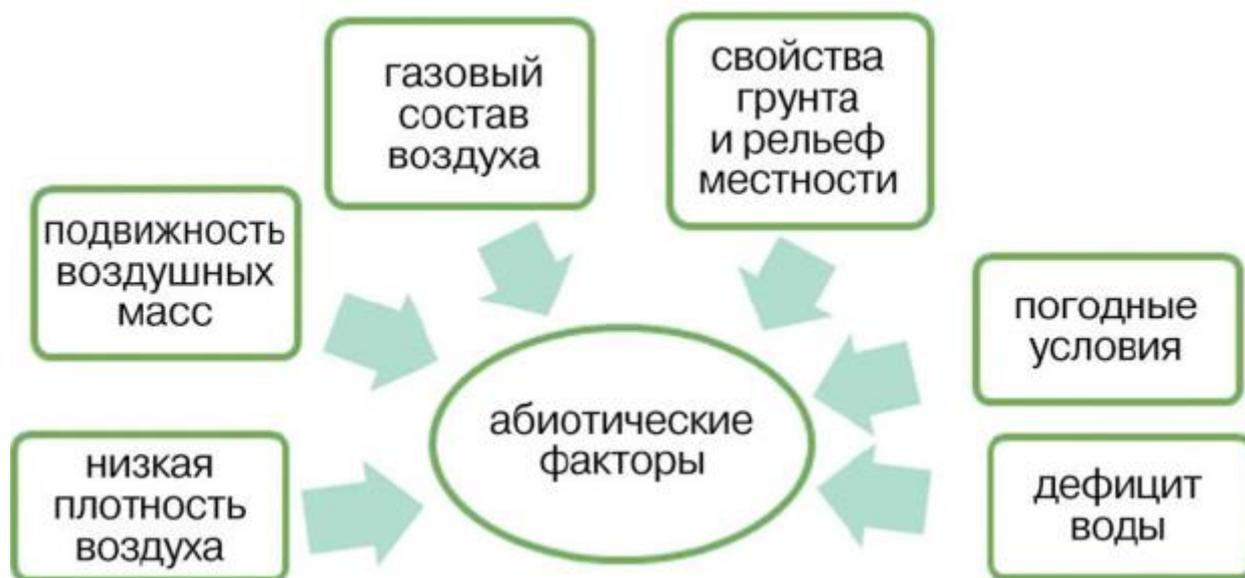


Рисунок 7 – Абиотические факторы наземно-воздушной среды

Низкая плотность воздуха затрудняет поддержание формы тела и потому провоцирует образование собственной опорной системы. Например, растения обладают разнообразными механическими тканями, животные – скелетом.

Малая плотность воздуха обуславливает также низкую сопротивляемость передвижению. Поэтому многие наземные животные использовали в ходе эволюции экологические выгоды этого свойства воздушной среды, приобретя способность к полету. К активному полету способны 75% видов всех наземных животных, преимущественно насекомые и птицы, но встречаются летуны и среди млекопитающих и рептилий. Но у всех этих видов основная функция их жизненного цикла – размножение – осуществляется на поверхности земли.

Для большинства из них пребывание в воздухе связано только с расселением или поиском добычи.

Благодаря *подвижности воздуха*, существующим в нижних слоях атмосферы вертикальным и горизонтальным передвижениям воздушных масс возможен пассивный полет ряда организмов. Множество микроорганизмов и животных, споры, семена, плоды и пыльца растений регулярно присутствуют в воздухе и разносятся воздушными течениями. За счет ветра происходит опыление многих растений, например семейства буковых, березовых, ореховых, злаков, пальм.

Кроме физических свойств воздушной среды, для существования наземных организмов чрезвычайно важен ее *газовый состав*. Газовый состав воздуха в приземном слое атмосферы довольно однороден в отношении содержания главных компонентов: азот -78% по объему, кислород -21% по объему, 1% составляют другие газы (аргон, углекислый газ, водород и т.д.) Однако различные примеси газообразных, капельножидких и твердых (пылевых) частиц, попадающих в атмосферу из отдельных источников, могут иметь существенное экологическое значение. Кислород из-за постоянно высокого его содержания в воздухе не является фактором, ограничивающим жизнь в наземной среде. Лишь в отдельных местах, в специфических условиях создается временный его дефицит, например, в скоплениях разлагающихся растительных остатков, запасах зерна, муки.

Содержание углекислого газа может изменяться в отдельных участках приземного слоя воздуха в довольно значительных пределах. Например, при отсутствии ветра в центре больших городов концентрация его возрастает в десятки раз. Закономерны суточные изменения содержания углекислоты в приземных слоях, связанные с ритмом фотосинтеза растений. Сезонные обусловлены изменениями интенсивности дыхания живых организмов, преимущественно микроскопического населения почв. Повышенное насыщение воздуха углекислым газом возникает в зонах вулканической активности, возле термальных источников и других подземных выходов этого газа. В

высоких концентрациях углекислый газ токсичен. В природе такие концентрации встречаются редко.

В природе основным источником углекислоты является так называемое *почвенное дыхание*. Почвенные микроорганизмы и животные дышат очень интенсивно. Углекислый газ диффундирует из почвы в атмосферу, особенно энергично во время дождя. Много его выделяют почвы умеренно влажные, хорошо прогреваемые, богатые органическими остатками. Например, почва букового леса выделяет CO_2 от 15 до 22 кг/га в час, а неудобренная песчаная всего 2 кг/га.

В современных условиях мощным источником поступления дополнительных количеств CO_2 в атмосферу стала деятельность человека по сжиганию ископаемых запасов топлива.

Низкое содержание углекислого газа тормозит процесс фотосинтеза. В условиях закрытого грунта можно повысить скорость фотосинтеза, увеличив концентрацию углекислого газа; этим пользуются в практике тепличного и оранжерейного хозяйства. Однако излишние количества CO_2 приводят к отравлению растений.

Азот воздуха для большинства обитателей наземной среды представляет инертный газ, но ряд прокариотических организмов (клубеньковые бактерии, азотобактер, клостридии, сине-зеленые водоросли и др.) обладает способностью связывать его и вовлекать в биологический круговорот.

Местные примеси, поступающие в воздух, также могут существенно влиять на живые организмы. Прежде всего, это относится к ядовитым газообразным веществам — метану, оксиду серы, оксиду углерода, оксиду азота, сероводороду, соединениям хлора, а также к частицам пыли, сажи, засоряющим воздух в промышленных районах. Оксид серы (SO_2), например, ядовит для растений даже в концентрациях от одной пятидесятитысячной до одной миллионной от объема воздуха. Вокруг промышленных центров, загрязняющих атмосферу этим газом, погибает почти вся растительность.

Свойства грунта и рельеф местности составляют *эдафические факторы среды*. Они влияют на условия жизни наземных организмов, в первую очередь растений.

Характер корневой системы растений зависит от водного режима, аэрации, сложения, состава и структуры почвы. Например, корневые системы древесных пород (березы, лиственницы) в районах с многолетней мерзлотой располагаются на небольшой глубине и распростерты вширь. Там, где нет многолетней мерзлоты, корневые системы этих же растений менее распростерты и проникают вглубь.

Рельеф местности и характер грунта влияют на специфику передвижения животных. Например, копытные, страусы, дрофы, живущие на открытых пространствах, нуждаются в твердом грунте для усиления отталкивания при быстром беге. У ящериц, обитающих на сыпучих песках, пальцы окаймлены бахромкой из роговых чешуй, которая увеличивает поверхность опоры.

Условия жизни в наземно-воздушной среде осложняются, кроме того, *погодными изменениями*. *Погода* – это непрерывно меняющееся состояние атмосферы у земной поверхности до высоты примерно 20 км (граница тропосферы). Изменчивость погоды проявляется в постоянном изменении температуры и влажности воздуха, облачности, осадков, силы и направления ветра и т.п. Для погодных изменений наряду с закономерным чередованием их в годовом цикле характерны непериодические колебания, что существенно усложняет условия существования наземных организмов.

Многолетний режим погоды характеризует *климат местности*. В понятие климата входят не только средние значения метеорологических явлений, но также их годовой и суточный ход, отклонения от него и их повторяемость. Климат определяется географическими условиями района. Для большинства наземных организмов, особенно мелких, важен не столько климат района, сколько условия их непосредственного местообитания. Очень часто местные элементы среды (рельеф, экспозиция, растительность и т.д.) так изменяют в конкретном участке режим температуры, влажности, света, движения воздуха, что он значительно отличается от климатических условий местности. Такие локальные модификации климата, складывающиеся в приземном слое воздуха, называют *микроклиматом*. В каждой зоне микроклиматы очень разнообразны, например, широко известны

различия температуры, влажности воздуха и силы ветра на открытом пространстве и в лесу, в травостое и над оголенными участками почвы, на склонах северной и южной экспозиций. Особый устойчивый микроклимат возникает в пещерах и других закрытых местах.

Большое значение оказывают осадки. Они обеспечивают водой, способствуют созданию запасов влаги в определенной местности. Кроме этого, они могут играть и другую экологическую роль. Так, сильные ливневые дожди или град оказывают иногда механическое воздействие на растения или животных.

Дефицит влаги – одна из наиболее существенных особенностей наземно-воздушной среды. Режимы влажности среды на суше очень разнообразны – от полного и постоянного насыщения воздуха водяными парами в некоторых районах тропиков до практически полного их отсутствия в сухом воздухе пустынь. Водообеспечение наземных организмов зависит также от режима выпадения осадков, наличия водоемов, запасов почвенной влаги, близости грунтовых вод и т.п. В целом для наземных организмов потери воды приводят к гибели скорее, чем голодание.

2.3.3 Почва как среда жизни

Почва представляет собой рыхлый тонкий поверхностный слой суши, контактирующий с воздушной средой. Несмотря на незначительную толщину, эта оболочка Земли играет важнейшую роль в распространении жизни. Почва представляет собой не просто твердое тело, как большинство пород литосферы, а сложную трехфазную систему, в которой твердые частицы окружены воздухом и водой.

Почва, или педосфера, это особое естественно-историческое образование, возникшее в результате изменения верхнего слоя литосферы под совместным воздействием воды, воздуха, солнечной энергии и живых организмов.

Почва – это сложное трехфазное тело, в котором твердые частицы окружены водой и воздухом. Почва отличается рядом особенностей: большой плотностью, отсутствием света, пониженной амплитудой колебания температуры, недостаточностью кислорода и сравнительно высоким содержанием углекислого газа. Она характеризуется

достаточно рыхлой, пористой структурой. Имеющиеся полости заполнены смесью газов и водными растворами.

Почва состоит из твердой, жидкой и газообразной составляющих. Твердая фаза преобладает в почве. Она представлена минеральной и органической частями. Больше всего минералов первичных, оставшихся от материнской породы. Меньше – вторичных, образовавшихся в результате разложения первичных. К вторичным минералам относятся глинистые минералы коллоидных размеров и соли, выпадающие в осадок из почвенных вод. Органическая часть представлена *гумусом* – сложным органическим веществом, образовавшимся в результате физико-химического разложения отмершей органики.

Почва как среда обитания обладает целым рядом специфических свойств. Механическим составом почвы называется весовое соотношение в почве частиц разного размера. К механическим элементам почвы относятся камни (частицы больше 3мм), гравий (1 —3мм), песок (0,05 — 1 мм), пыль (0,001—0,05 мм), ил (0,0001—0,001 мм). В зависимости от соотношения этих элементов почвы делят на глинистые, суглинистые, супесчаные, песчаные, каменистые. От механического состава почвы зависят ее влагоемкость, водопроницаемость, воздушный и тепловой режим и ряд других характеристик.

Еще одно свойство почвы – ее *структурность*, т.е. способность почвы естественным образом распадаться на отдельные элементы. Структурные элементы почвы в зависимости от размера и формы могут быть комковатыми, зернистыми, чешуйчатыми, пылеватыми и т.п.

Еще одно свойство почвы – *сложение*. Бывают почвы с рассыпчатым, рыхлым, уплотненным, плотным и слитым сложением. Сложение зависит от механического и химического состава почвы. С глубиной размеры полостей между частицами почвы быстро уменьшается. На луговых почвах на глубине 1 см размеры этих полостей составляют около 3 мм, на глубине 2 см – 2 мм, на глубине 3 см – 1 мм, глубже размеры этих полостей еще меньше.

В почвах обычно выделяют несколько горизонтов, которые обозначаются латинскими буквами (рис. 8).



Рисунок 8 – Почвенные горизонты

A0 – лесная подстилка.

A1 – перегнойно-аккумулятивный, или гумусовый горизонт. Он образуется при накоплении остатков растений и животных и преобразовании их в гумус.

A2 – горизонт вымывания, или элювиальный горизонт. Он залегает под перегнойным горизонтом. Горизонт вымывания беден питательными веществами.

B – горизонт вымывания, или иллювиальный горизонт. Он наиболее плотный, обогащенный глинистыми частицами.

C – материнская горная порода.

Со структурой почвы связаны водный режим и ее аэрация. В рыхлой пористой почве в верхних слоях (до 70 см) воды мало, ее содержание увеличивается только на большой глубине. Обратное соотношение отмечено у тяжелых, плотных почв. Песчаные почвы имеют малую влагоемкость и быстро высыхают, глинистые (тяжелые) почвы содержат мало воздуха и плохо прогреваются.

Вода в почвах присутствует в разных состояниях. Ее подразделяют на *гравитационную, капиллярную, пленочную* и *гигроскопическую*. В почвенной воде содержатся неорганические и органические соли, кислоты и другие вещества.

Гравитационная вода заполняет широкие промежутки между частицами почвы и просачивается вниз под действием силы тяжести. Если в почве много гравитационной воды, то условия существования в ней приближаются к условиям существования в водоеме.

Занимающая мелкие поры капиллярная вода благодаря силам поверхностного натяжения способна подниматься по узким каналам почвы вверх. *Тонкоструктурные* почвы (глины) удерживают больше капиллярной воды, чем *грубоструктурные* почвы (пески).

Пленочная и гигроскопическая вода удерживается в виде тонкой пленки вокруг отдельных мелких почвенных частиц.

Кроме того в почвенном воздухе содержится парообразная вода. В самых сухих почвах воздух имеет большую влажность, чем на поверхности.

Наиболее доступной для корневой системы растений является гравитационная и капиллярная вода.

Газовый состав почвы изменчив. В нем меньше, чем в атмосферном воздухе, кислорода и больше концентрация углекислого газа, метана, аммиака, сероводорода. В плотных почвах аэрация затруднена, и кислород может стать для некоторых организмов лимитирующим фактором.

Колебания температуры резко выражены только на поверхности почвы, однако с глубиной они сглаживаются, и на глубине свыше 3 м они уже практически незаметны.

С глубиной заметно меняется не только температура, но целый ряд других экологических факторов, в частности, водный режим и газовый состав. Так, по мере возрастания глубины уменьшается содержание кислорода и возрастает концентрация углекислого газа.

Неоднородность почвы приводит к тому, что в этой среде имеется большое разнообразие экологических условий для различных групп живых организмов, что определяет большую насыщенность этой среды обитания жизнью.

В почвах умеренного климата корни растений составляют 15 т/га, бактерии – 3 т/га, грибы – 3 т/га, насекомые – 1 т/га, дождевые черви – 500 кг/га, простейшие – 100 кг/га, нематоды – 50 кг/га.

В нескольких кубических дециметрах почвы обитают миллиарды бактерий, микроскопических грибов и простейших, миллионы коллембол, тихоходок и нематод, сотни тысяч клещей и колембол, десятки дождевых червей и множество других животных. Кроме того на поверхности почвы обитают многочисленные микроскопические водоросли (зеленые, желто-зеленые, сине-зеленые, диатомовые).

Совокупность всех живущих в почве организмов называется **эдафоном**. В зависимости от степени связи с почвой обитающих там животных объединяют в три экологические группы.

Геобионты (дождевые черви, почвенные нематоды, коллемболы, панцирные клещи) постоянно живут в почве.

Геофилы – это животные, часть жизненного цикла которых проходит в почве. К ним, в частности, относятся насекомые, чьи личинки развиваются в этой среде обитания (цикады, майские жуки).

Геоксены лишь иногда поселяются в почве в поисках временного убежища или укрытия (тараканы, кивсяки).

Кроме того обитающих в почве животных разделяют на несколько размерных групп.

Одна из таких экологических групп обитающих в почве живых организмов – это **микрофауна (микробиота)**. Животные этой группы живут в почвенных порах, заполненных капиллярной или гравитационной водой. Они обитают также в пленочной воде. К микрофауне

относятся разнообразные водные организмы: бактерии, простейшие животные, а также коловратки и тихоходки (рис. 9).

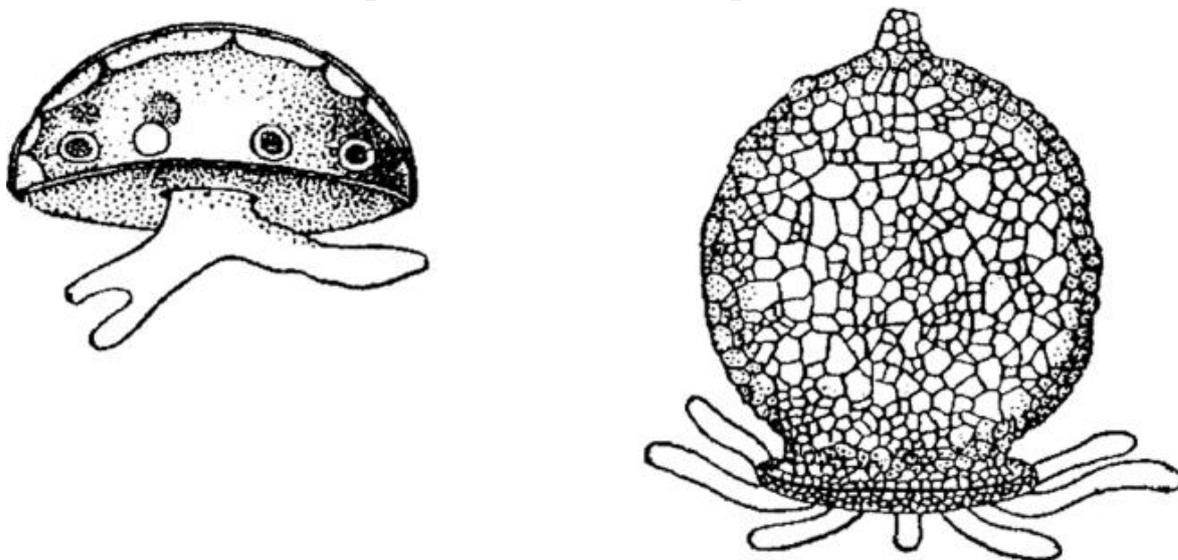


Рисунок 9 – Представители микрофауны — раковинные амёбы

Многие из них живут и в обычных водоемах. Только часть почвенных видов имеет очень мелкие размеры. Так, амёбы водоемов имеют размеры 50-100 мкм, а почвенные – всего 10-15 мкм. Размеры почвенных жгутиковых не превышают 2-5 мкм; почвенные инфузории также имеют очень мелкие размеры. Во время высыхания почвы многие представители микрофауны переживают этот неблагоприятный для них период в *инцистированном* состоянии.

К следующей экологической группе, носящей название *мезофауна*, или *мезобиота*, относят совокупность мелких сухопутных животных, активно перемещающихся по естественным ходам почвы и дышащих воздухом. Размеры этих почвенных животных составляют от десятых долей миллиметра до 2 – 3 мм. У них нет приспособлений к рытью почвы, и они перемещаются по естественным ходам. К этой экологической группе относятся почвенные клещи, в частности, панцирные (рис. 10), мелкие первичнобескрылые насекомые (коллемболы, протуры, двухвостки), почвенные нематоды, мелкие многоножки и крылатые насекомые (в частности, очень мелкие жуки).

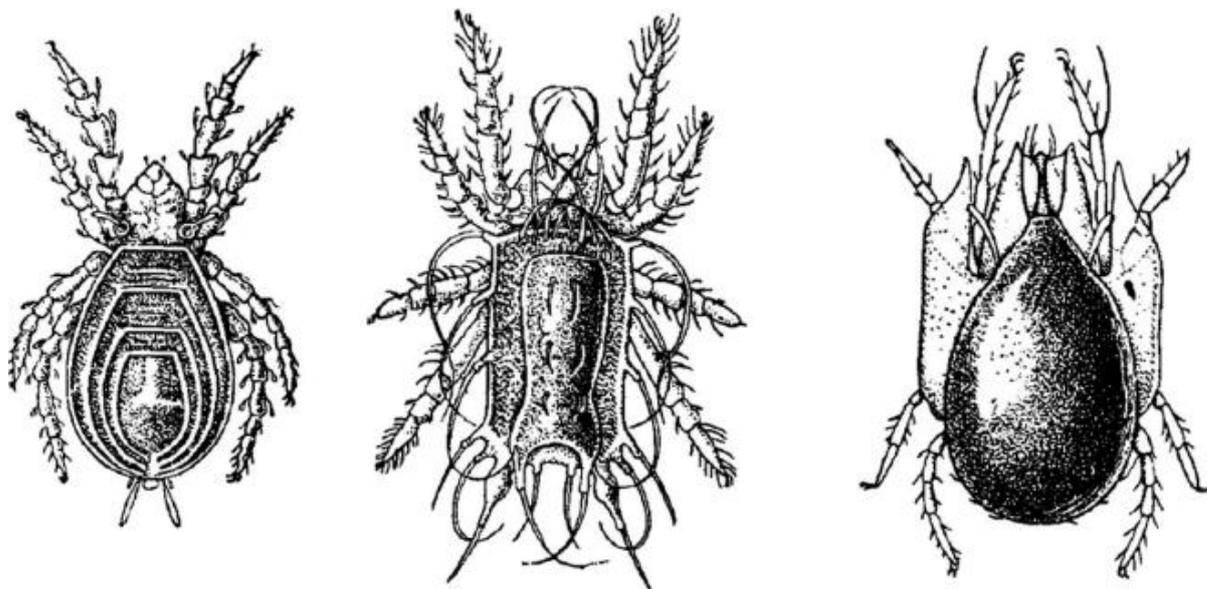


Рисунок 10 – Представители мезофауны почвы – панцирные клещи

Периоды затопления водой почвы животные этой экологической группы переживают в пузырьках воздуха, который задерживается вокруг их тел благодаря несмачиванию их покровов. Некоторые представители мезофауны обладают приспособлениями, позволяющими им переносить временное высыхание благодаря частичной непроницаемости покровов. Кроме того некоторые виды при уменьшении влаги в почве способны перемещаться в более глубокие горизонты почвы. Представители микро- и мезофауны способны переносить зимнее промерзание почвы.

Более крупных почвенных животных относят к группе **макрофауна (макробиота)**.

Животные этой экологической группы передвигаются в почве, самостоятельно прокапывают ходы. В связи с этим у них в процессе эволюции появляются различные адаптации. Так, личинки комаров-долгоножек способны раздвигать почвенные частицы за счет перекачивания гемолимфы с одной части тела в другую. Таким же образом передвигаются в почве и дождевые черви, перекачивая целомическую жидкость. Дождевые черви, кроме того, способны «проедать» почву, пропуская ее сквозь пищеварительную систему. Насекомые, в частности, медведка (рис. 11), используют для рытья почвы конечности, часто имеющие лопатообразную форму. Представители макрофауны могут совершать вертикальные миграции в почве. При наступлении

засухи или зимних холодов они перемещаются вглубь почвы, а при избыточном увлажнении пытаются спастись на поверхности (дождевые черви).



Рисунок 11 – Представитель макрофауны почвы— медведка

Иногда выделяют еще одну экологическую группу — **мегафауна** (**мегабиота**). К ней относят крупных землероев, в частности, млекопитающих (крота (рис. 12), златокрота, сумчатого крота, слепыша, слепушонку, голого землекопа и др.), а также рептилий (безногого сцинка, слепозмейку, щитохвостую змею и др.).



Рисунок 12 – Представитель мегафауны почвы — крот

У всех представителей мегафауны в той или иной степени редуцированные органы зрения и имеются приспособления для рытья почвы. Безногие ящерицы раздвигают почву клинообразной головой. Млекопитающие роют тоннели либо с помощью сильных, вооруженных мощными когтями передних конечностей (крот, златокрот, сумчатый крот, покор), либо рыхлят почву резцами (слепыш, слепушон-

ка, голый землячок). Излишки почвы обычно выбрасываются на поверхность, таким образом возникает ряд холмиков (кротовины крота).

В целом почвенная среда жизни представляет собой как бы своеобразный *переход от водной среды к наземно-воздушной*, что позволило академику М.С. Гилярову сформулировать гипотезу о выходе организмов из водной среды на сушу через почвенную среду, предположив, что почва как среда обитания сыграла особую роль в эволюции животного мира. Вероятно, некоторые членистоногие, которые первоначально были водными обитателями, через почву смогли перейти к наземному образу жизни. М.С. Гиляров создал новую отрасль биологии – *почвенную зоологию*, рождением которой считается 1939 г., когда в журнале «Почвоведение» были опубликованы две его статьи: «Почвенная фауна и жизнь почвы» и «Влияние почвенных условий на фауну почвенных вредителей».

2.3.4 Живые организмы как среда жизни

Для животных и растений, ведущих паразитический образ жизни, организм на котором или в котором они поселяются, является специфической средой обитания. Практически нет ни одного вида многоклеточных организмов, не имеющих внутренних обитателей. Чем выше организация хозяев, чем больше степень дифференцированности их тканей и органов, тем более разнообразные условия они могут предоставить своим сожителям. В этом направлении большие научные разработки сделаны учеными Догелем, Павловским. Паразитизм – явление столь всеобщее, что единственные живые существа, не подверженные нападению паразитов, это те паразиты, которые являются последним звеном длинной цепи питания. Однако чем ниже на эволюционной ступени лестницы находится группа живых организмов, тем больше она включает видов паразитов. Некоторые группы низших животных состоят исключительно из паразитических форм. У позвоночных паразитизм, как способ существования, встречается крайне редко. Многие паразиты почти полностью утратили связь с внешним миром – все стадии их развития проходят в организ-

ме хозяев (плазмодий, трихинелла). Существует несколько путей возникновения паразитизма:

1 путь - квартирантство, когда более мелкий организм поселяется в жилище более крупного или вблизи его и со временем переходит на тело хозяина и внутрь его, переключаясь на питание за счет его пищи или соков, причиняя ему вред. Так квартирант превращается в паразита, а тело хозяина становится для него средой обитания.

2 путь - через хищничество. Если хищник нападает на крупную добычу, которую не может съесть сразу, он прикрепляется к ней и постоянно питается тканями или соками. При определенных условиях хищник проникает внутрь тела хозяина, находит там благоприятную среду обитания и может превратиться в паразита.

3 путь – случайное проникновение будущего паразита в организм хозяина. Отдельные особи не погибают, а приспособляются к новым условиям, превращаясь в паразита. Паразитов обычно делят на две группы: эктопаразиты и эндопаразиты.

Эктопаразиты – это наружные паразиты, обитающие на поверхности тела хозяина. Это клещи, пиявки, блохи, у растений повилка европейская и др.

Эндопаразиты – внутренние паразиты, живущие внутри тела хозяина. Это большинство гельминтов, бактерии, вирусы, паразитические простейшие.

Различают **стационарный** и **временный** паразитизм. При стационарном паразитизме паразит на длительное время, часто на всю жизнь, связывает себя с хозяином. При временном паразитизме паразиты часть своей жизни проводят свободно (кровососущие двукрылые, клопы).

Чрезвычайно высокая плодовитость и сложные жизненные циклы развития позволяют им выжить в борьбе за существование. Например, аскарида продуцирует за 5-6 месяцев 50-60 млн. яиц, а свиной цепень за год - 600 млн. яиц и живет до 18 лет. Разумеется, из такого огромного количества яиц какая-то часть паразитических организмов всегда найдет подходящие условия для развития.

В ряде случаев паразиты сами становятся средой обитания других видов. В таком случае возникает явление *сверхпаразитизма* или *гиперпаразитизма*.

Живые организмы не только испытывают воздействия со стороны паразитов, но и реагируют на них. Паразит должен преодолевать сопротивление организма хозяина, его защитные реакции. Это сопротивление называется активным иммунитетом. Здоровые особи животных и растений обладают защитными приспособлениями, которые не позволяют проникать в них патогенным организмам. Так, у животных защитной реакцией является выработка гуморального иммунитета (образование в крови антител, подавляющих паразита). Ослабленные животные теряют сопротивляемость и подвергаются заражению.

Отношения между паразитом и хозяином в растительном и животном мире определенным образом уравновешены. Паразит не может размножаться до такой степени, чтобы привести к вымиранию популяции хозяина и лишиться себя источника питания и среды обитания. Следовательно, паразиты, как и свободноживущие виды, имеют сложную систему приспособлений к своей среде обитания. Паразиты в процессе своего онтогенеза проходят сложные жизненные циклы. На всех этапах возникают порой значительные затруднения в связи с переходом от одного хозяина к другому. Эти трудности решаются у разных видов паразитов путем усиления способностей к размножению, как отражение закона большого числа яиц. Но это не единственное средство компенсации всех потерь, которые сопровождают паразита на всех этапах его развития – от рассеивания яиц или личинок до заражения окончательного хозяина. У многих групп паразитов в онтогенезе имеется особая фаза размножения, партеногенез, которая компенсирует потери. Весь жизненный цикл приобретает характер чередования поколений: половое, взрослое поколение сменяется бесполом, когда размножение осуществляется посредством партеногенеза. У одних групп паразитов, таких, как кокцидии и сосальщики, такое чередование поколений является пра-

вилком, у других (нематоды, цестоды) лишь некоторые виды или группы видов обладают сменой поколений.

Дело еще и в том, что у многих паразитов чередование поколений комбинируется со сменой двух и более хозяев. Причем одно поколение живет у одного хозяина, другое – у другого (рис.13).

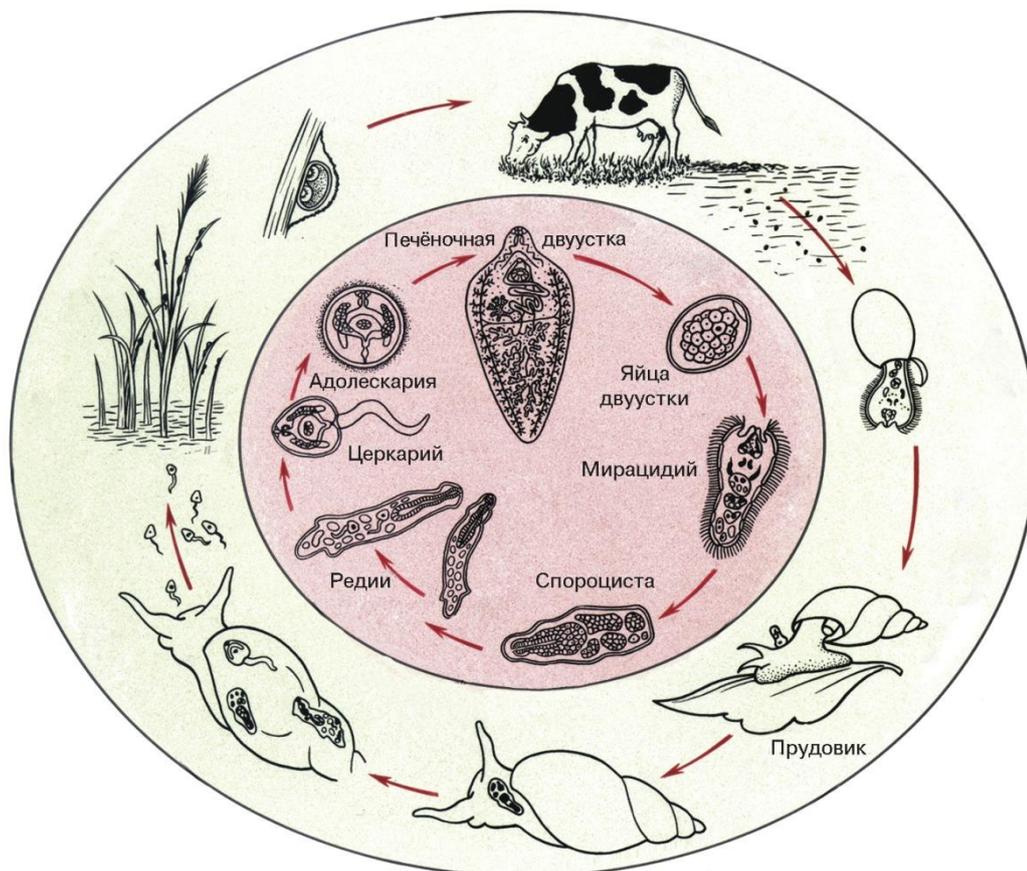


Рисунок 13 – Жизненный цикл печеночного сосальщика

Паразиты в течение своего онтогенеза часто используют не одного, а двух, трех, а иногда большее число хозяев. В зависимости от этого паразитов подразделяют на **моноксенные** (с одним хозяином), **дисксенные** (с двумя хозяевами), **триксенные** (с тремя хозяевами) и **поликсенные** (многохозяинные). Хозяева, участвующие в жизненном цикле данного паразита, являются компонентами определенной экологической системы и связаны между собой трофическими, топическими и иными связями. И второе, в организме каждого из них паразит достигает, как правило, определенной стадии развития в онтогенезе. Паразит последовательно меняет своих хозяев, по мере перехода от одной стадии развития к другой.

По стадиям развития паразита их дифференцируют на **дефинитивных, промежуточных, дополнительных** и **резервуарных**.

Дефинитивные хозяева – хозяева (животные, а также человек), в организме которых паразитируют взрослые формы паразитов, размножающиеся половым путем.

Промежуточные хозяева – хозяева, в организме которых паразитируют личиночные формы паразитов. Если личиночные формы размножаются в них, то только бесполом путем. Чаще всего личинки не размножаются, но претерпевают определенное развитие, завершающееся формированием, так называемой, инвазионной личинки. Дальнейшая судьба личинки связана с паразитированием в другом хозяине - дефинитивном или дополнительном.

Дополнительные хозяева требуются для сохранения расселительных личинок и увеличения вероятности инвазирования основного хозяина. Двукратная смена хозяев характерна для некоторых цестод (например, лентецы), многих трематод. Функции дополнительных хозяев существенно отличаются от промежуточных. Личинки в них не развиваются. Иногда увеличиваются в размерах, превращаются в иную жизненную форму, но большей частью пребывают в стадии покоя, инцистируются, заключаются в многослойную оболочку.

Резервуарные хозяева – в организме резервуарных хозяев личинки находятся также в инцистированном состоянии. Никаких морфологических изменений в них не происходит. Их численность растет за счет реинвазии. Хозяева, выполняющие эту роль, являются своего рода накопителями, сохраняющими таких личинок. Этому способствует определенное место их в биоценозе, например, в системе “хищник-жертва”. Накапливая и сохраняя их в себе, хозяева этого типа увеличивают вероятность передачи паразитов дефинитивному хозяину для успешного завершения жизненного цикла паразита.

В отличие от промежуточных и дополнительных хозяев, участвующих в жизненном цикле паразита, резервуарные хозяева чаще всего бывают факультативными, необязательными. Например, часто

встречающийся гельминт *Syngamus trachea*, паразитирует во взрослой стадии в трахее многих птиц, домашних, диких (в том числе певчих). Это геогельминт. Его развитие, т.е. созревание личинок, происходит во внешней среде без участия промежуточного хозяина. Птицы же заражаются случайно, склевывая яйца гельминта, зрелых личинок, вместе с пищей. Часто в этот процесс вклиниваются резервуарные хозяева, роль которых выполняют дождевые черви и наземные моллюски, слизни. Последние, будучи детритофагами, проглатывают вместе с почвой и детритом яйца сингамусов с личинками. Личинки выходят в их организме из оболочек яйца, проникают в мускулатуру. Там они находятся до склевывания их птицами в инактивированном состоянии. Такая же роль принадлежит и наземным моллюскам. В резервуарных хозяевах личинки сохраняются гораздо дольше, чем во внешней среде. Поскольку дождевых червей и моллюсков часто склевывают птицы, то вероятность завершения жизненного цикла увеличивается при этом многократно.

Резервуарные хозяева, накапливающие в своих организмах инвазионных личинок паразитов, в значительной мере облегчают реализацию жизненных циклов паразитов. Например, плотоядные млекопитающие, хищные рыбы имеют больше вероятности инвазирования через своих жертв, чем при случайном проглатывании мелких беспозвоночных. Но бывает и иначе, если окончательный хозяин данного паразита имеет более прочные связи с промежуточными и поэтому чаще заражается от них, нежели от резервуарных. Например, свиньи заражаются чаще нематодами рода *Physocerphalus*, заглатывая возбудителей при поедании промежуточных хозяев - личинок и взрослых жуков-носорогов, выкапывая их из почвы, и гораздо реже - от грызунов, также резервуарных хозяев этих нематод. Инвазионные личинки этих нематод могут накапливаться также у чаек, сов, как у резервуарных хозяев, но которых свиньи не поедают. Все указанные животные – резервуарные хозяева могут рассматриваться как некоторые регуляторы численности паразитов, сохранения вида.

Видими, резервуарными хозяевами становятся животные, которые трофически связаны с промежуточными или другими источ-

никами инвазии. Они заражаются личинками, которые в их организме не находят нужных условий для развития. Таких хозяев называют “каптивными” от латинского слова “*captio*” – ловушка.

2.4 Экология популяций

2.4.1 Структура популяции

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.

В состав одного вида организмов может входить несколько, иногда много популяций, всегда в большей или меньшей степени изолированных друг от друга. Если представителей разных популяций одного вида поместить в одинаковые условия, они сохранят свои различия. Но принадлежность к одному виду обеспечивает возможность получения плодовитого потомства от представителей разных популяций. Популяция – элементарная форма существования вида в природе. Рассмотрим основные характеристики популяций.

Численность – это число особей (поголовье животных или количество растений) 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 (например, плотность населения — количество человек, приходящееся на один квадратный километр, или для гидробионтов — это количество особей на литр или кубометр).

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 деление 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 возраста представлены относительно равномерно. Такие популяции называются **нормальными**, или обладающими **сложной возрастной структурой**. Если в такой популяции преобладают старческие особи, это свидетельствует о наличии факторов, нарушающих процесс воспроизводства. Такие популяции называются **регрессивными** или **вымирающими**. Популяции, представленные в основном молодыми особями, рассматриваются как **внедряющиеся** или **инвазионные**.

2.4.2 Внутрипопуляционные группировки

Многие виды животных нормально развиваются только тогда, когда объединяются в довольно большие группы (например, волки, бакланы, котики и др.). Это явление носит название эффект группы. Группам присущи все типичные черты популяций, но они характеризуются более высокой степенью объединения и способностью к саморегуляции численности. Это свойство носит название эффекта группы. Одним из показателей эффекта группы является территориальность. Многие животные привязаны к определенным местам. Они метят границы своей территории, строят гнезда или жилища, выкармливают молодняк. Положительное значение территориальности заключается в том, что она предупреждает перенаселенность.

Самое сильное проявление эффекта группы свойственно общественным насекомым (пчелы, муравьи, термиты не могут жить изолированно, в одиночку). Но эти вопросы изучены еще слабо, не решен даже вопрос о том, что же является у них популяцией: семья, колония семей или другая какая-то группировка особей.

Не менее важным показателем эффекта групп служит фазовая изменчивость. Она была впервые обнаружена в 1921 году Б.П. Уваровым у саранчовых. У них четко различают две формы: одиночную и стадную.

Каждая популяция неоднородна, т.к. в своем составе слагается из особей различных возрастов, находящихся на разных стадиях развития; неполовозрелых, размножающихся и прекративших размножение самцов и самок; одиночных и стадных особей и т.д. Такое явление носит название *полиморфизм* популяций.

Возрастные внутрипопуляционные группы существуют у многих видов отдельно друг от друга (т.е. наличие в популяции популяций различных возрастов). Например, дальневосточные лососи, кета и горбуша образуют популяции, в которых все особи имеют одинаковый возраст и такие популяции не смешиваются друг с другом. Даже внутри одной популяции камбалы можно обнаружить изолированные группы одновозрастных особей, обитающих в определенных зонах моря. У насекомых, развивающихся с метаморфозом, например, у комаров, личинки и куколки (особи предрепродуктивного возраста) живут и питаются в воде, а взрослые насекомые живут в наземно-воздушной среде, причем самки питаются кровью теплокровных животных. Возрастные группировки могут отличаться и по характеру питания: гусеницы бабочек поедают ткани растений, а взрослые насекомые питаются нектаром цветков. Возрастные группировки характерны для всех животных, т.к. с возрастом у них меняется питание, водный и тепловой обмен со средой, образ жизни и т.д.

Половые группировки формируются в популяциях на основе половых морфологических и экологических различий (половой диморфизм; различия в питании самцов и самок; обособления половых групп в период развития молодняка). Например, самцы жуков - оленей имеют видоизмененные наподобие рогов верхние челюсти, тогда как у самок они имеют типичное строение. У щитовок самки бескрылые и ведут неподвижный образ жизни, а самцы крылатые, летают. Самки иксодовых клещей питаются кровью млекопитающих и птиц, а самцы вообще не питаются и не нападают на животных и человека. Большую часть года самцы северного морского котика и самки с молодняком живут отдельно, причем самцы постоянно мигрируют, а самки с детенышами находятся на берегу. У некоторых перелетных птиц самки и самцы зимуют порознь. Значительно сложнее устроены

полиморфные колонии общественных насекомых (пчелы, муравьи, термиты), но до сих пор не ясно, можно ли считать пчелиную семью, колонии муравьев и термитов популяциями.

Функциональные внутрипопуляционные группировки связаны как с возрастными, так и с половыми различиями особей в популяции. Мальки окуня питаются преимущественно инфузориями, колостратками, фитопланктоном; сеголетки потребляют червей, веслоногих и ветвистоусых ракообразных, мальков других видов рыб; годовики – исключительно ихтиофаги. Головастики лягушек питаются исключительно водорослями, а взрослые животные – насекомыми, т.е. функциональная трофическая роль головастиков – фитофаги, а взрослые лягушки – хищники. Самцы некоторых глубоководных рыб – удильщиков настолько малы, что ведут паразитический образ жизни на теле самок, которые являются хищниками, т.е. самцы и самки не равноценны между собой по функциональному значению.

Сезонные внутрипопуляционные группировки высшего развития достигают у насекомых. У тлей сезонный полиморфизм выражается последовательной сменой в популяции обоеполых поколений, бескрылых особей и крылатых партеногенетических самок.

Внутрипопуляционный генетический полиморфизм заключается в изменении частоты мутаций в разные годы и сезоны. Исследование этого явления позволяет выяснить механизмы, поддерживающие динамическое состояние популяций. Полиморфизм позволяет особям популяции занимать различные экологические ниши и исключать внутрипопуляционную конкуренцию, а также усложняет и разнообразит связи организма со средой, в результате чего увеличиваются возможности для освоения арены жизни.

В жизни вида и в динамике популяций полиморфизм имеет большое значение – отдельные группы, обладая специфическими чертами, занимают различные экологические ниши и исключают тем самым внутрипопуляционную конкуренцию. При этом усложняются и становятся более разнообразными связи организма со средой. В результате организм приобретает широкие возможности для освоения арены жизни.

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.

Этологическая структура популяции связана с одиночным или одиночно-семейным образом жизни животных организмов.

Одиночный образ жизни, при котором особи популяции независимы и обособлены друг от друга, характерен для многих видов, но лишь на определенной стадии жизненного цикла. Полностью одиночное существование организмов в природе не встречается, т.к. при этом было бы невозможным осуществление их основной жизненной функции – размножение. У видов с одиночным образом жизни часто образуются временные скопления особей – в местах зимовок, в период, предшествующий размножению и т.д. Дальнейшее усложнение отношений внутри популяции таких животных осуществляется по двум направлениям: усиление связи между половыми партнерами и возникновение контакта между родительским и дочерним поколением.

При одиночно-семейном образе жизни усиливаются связи между родителями и их потомством. Простейший вид такой связи, например у птиц – забота одного из родителей об отложенных яйцах: охрана кладки, инкубация, дополнительное аэрирование.

Противоположный оседлому образу жизни – групповой образ жизни (колониальный или стадный), при котором особи постоянно или периодически образуют плотные стада или стаи. При большом скоплении особей на ограниченной территории возрастает конкуренция между ними. Поэтому групповой образ жизни в большинстве

случаев характерен для кочующих животных (исключение колонии), поскольку подвижный образ жизни снижает уровень пищевой конкуренции.

Колонии – это групповое поселение оседлых животных. Они могут существовать длительно или возникать лишь на период размножения, как, например, у многих птиц – грачей, чаек, гагар, тупиков и т.д. По сложности взаимосвязей между особями колонии животных чрезвычайно разнообразны – от простых территориальных скоплений одиночных форм до объединений, где отдельные члены выполняют разные функции видовой жизни.

Стаи – это временное объединение животных, которые проявляют биологически полезную организованность действий. Стаи облегчают выполнение каких-либо функций в жизни вида: защиты от врагов, добычи пищи, миграции. Наиболее широко стайность распространена среди птиц и рыб, у млекопитающих характерна для многих собачьих. В стаях сильно развиты раздражительные реакции и ориентация на соседа.

Стада – это более длительные и постоянные объединения животных по сравнению со стаями. Основу группового поведения животных в стадах составляют взаимоотношения доминирования – подчинения или иерархические взаимоотношения по рангу, основанных на индивидуальных различиях между особями (возраст, физическая сила, опыт и наследственные качества).

Естественные популяции – это динамическое единство находящихся во взаимоотношениях организмов. Динамика популяций в упрощенном варианте может быть описана такими показателями, как рождаемость и смертность. Это наиболее важные популяционные характеристики, на основании анализа которых можно судить об устойчивости и перспективном развитии популяции.

2.4.3 Динамические процессы в популяциях

Рождаемость определяется числом особей, рожденных в популяции за определенный промежуток времени. Различают **максимальную** рождаемость в условиях отсутствия лимитирующих факторов. Это теоретический максимум скорости образования новых особей в

идеальных условиях (*биотический потенциал*). *Реализованная* рождаемость (или просто рождаемость) характеризует прирост или увеличение численности популяции при фактических или специфических условиях окружающей среды.

Реализованная рождаемость – величина переменная, она зависит от параметров популяции и специфических физических условий среды. Обычно рождаемость выражают числом особей, родившихся за некоторый промежуток времени.

Смертность – величина, обратная рождаемости. Это число погибших в популяции особей за единицу времени. При определении смертности популяции учитываются все погибшие особи независимо от причины смерти.

Для анализа роста численности популяции обычно пользуются данными, отражающими величину смертности. Для этого определяют, как смертность распределяется по возрастам.

Максимальная продолжительность жизни у разных организмов различна. Особенно высока она у растений, в частности среди древесных пород. Чемпионом среди них можно считать мамонтово дерево, леса из которых произрастают в Калифорнии. Возраст этих деревьев высотой до 85 м оценивается в 3000-5000 лет.

У животных считается, что наиболее высокой продолжительностью жизни отличается черепаха из Индийского океана. Она может жить 200-300 лет. Из крупных хищников дольше всех живут медведи – 50 лет. Среди птиц – лебеди (150-170 лет).

Популяции обладают способностью к *естественному регулированию* численности. *Саморегуляция* – необходимое приспособление организмов для поддержания жизни в постоянно меняющихся условиях. Саморегулирование популяции осуществляется действующими в природе двумя взаимно уравновешивающимися буферными силами. Это, с одной стороны, свойственная организмам способность к размножению, а с другой стороны зависящие от плотности популяции реакции, ограничивающие воспроизводство.

Тенденция живых систем, в т.ч. и популяций, поддерживать внутреннюю стабильность с помощью собственных регулирующих

механизмов, называется *гомеостазом*, а колебания численности популяций в пределах какой-то средней величины – их *динамическим равновесием*. Следовательно, любая популяция растений, животных и микроорганизмов – это совершенная живая система, способная к саморегуляции.

Конкуренция лежит в основе *внутрипопуляционного гомеостаза*. Она здесь может проявляться в жестких и смягченных формах. Жесткие формы обычно заканчиваются гибелью части особей. В растительном мире это проявляется в явлениях так называемого *самоизреживания* фитоценозов. Например, на стадии всходов и молодых растений в лесных сообществах на одном гектаре насчитывается до нескольких сотен тысяч древесных растений. К возрасту спелости (100-120 лет для хвойных видов и 50-70 лет для лиственных) число экземпляров обычно не превышает 1000 на 1 га, но чаще исчисляется несколькими сотнями. Остальные погибают в процессе острой конкурентной борьбы. В результате этого, с одной стороны, освобождается пространство для остающихся более сильных особей, а с другой – ослабленные и погибающие особи выполняют положительную роль для сохранения популяции через включение в процессы круговорота, обогащение почвы минеральными веществами и гумусом. Часть ослабленных особей, еще при жизни, становится донорами для питания более сильных экземпляров. Это возможно в результате имеющего место срастания корней. Частным подтверждением таких явлений служат не единичные случаи нарастания годовых колец на пнях деревьев («растущие пни»).

В животном мире результат острой внутривидовой борьбы проявляется часто в форме *каннибализма*. Такие явления наиболее часты среди хищников. Например, взрослые окуни 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.

Таким образом, саморегуляция обеспечивается механизмами торможения роста численности. Таких гипотетических механизмов три:

1) при возрастании плотности и повышенной частоте контактов между особями возникает стрессовое состояние, уменьшающее рождаемость и повышающее смертность;

2) при возрастании плотности усиливается миграция в новые места обитания, краевые зоны, где условия менее благоприятны, повышается смертность;

3) при возрастании плотности происходят изменения генетического состава популяции – замена быстро размножающихся на медленно размножающихся особей.

В основе *внутрипопуляционного гомеостаза* лежит внутривидовая конкуренция. Она здесь может проявляться в жестких и смягченных формах. Жесткие формы обычно заканчиваются гибелью части особей. В животном мире результат острой внутривидовой борьбы проявляется часто в форме *каннибализма*. Такие явления наиболее часты среди хищников. Например, взрослые окуни 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, исключения их из процессов размножения. Помимо выше описанной регуляции существует еще саморегуляция, при которой на численности популяции сказывается изменение качества особей. 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. 14).

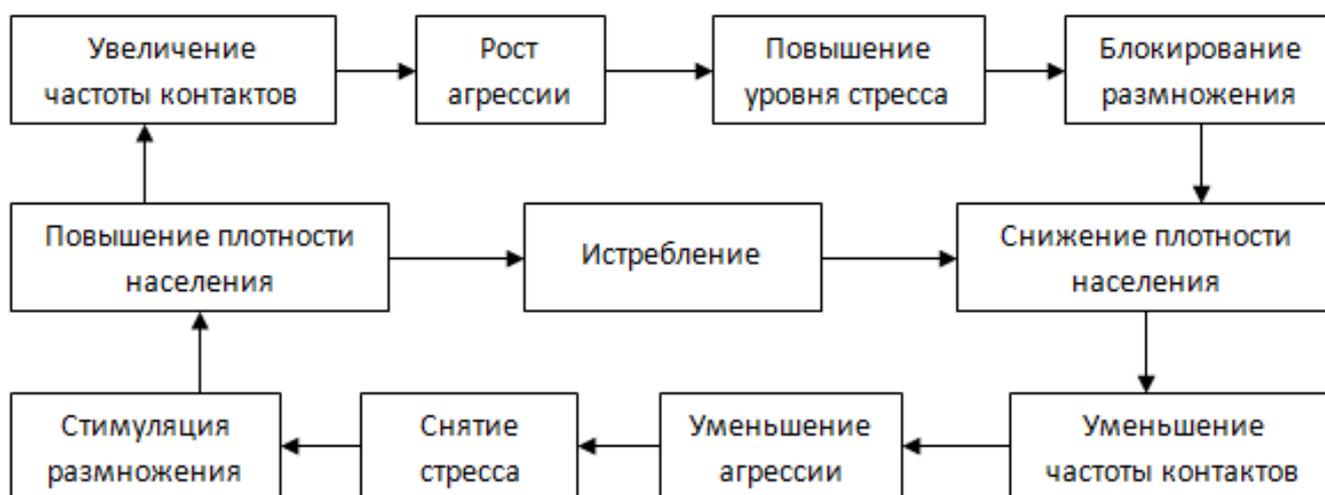


Рисунок 14 – Схема развития стресс-реакции млекопитающих в ответ на дефицит территории

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 половозрелостью 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.

Большинство животных и растений подвержено старению, которое проявляется в снижении жизнеспособности с возрастом после периода зрелости.

2.5 Биоценозы

Синэкология, или экология сообществ изучает ассоциации популяций растений, животных и микроорганизмов, образующих эти сообщества (биоценозы), пути их формирования и развития, структуру и динамику, энергетику, продуктивность.

Биоценоз – группа взаимосвязанных популяций растений, животных и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех же условиях среды (термин предложен К. Мебиусом в 1877 г.). Но биоценоз не может существовать независимо от среды. Пространство с более или менее однородными условиями, заселенное сообществом организмов (биоценозом), называется биотопом. Биоценоз с биотопом образуют макросистему более высокого ранга – **биогеоценоз** (рис. 15).

По В.Н. Сукачеву, биогеоценоз – совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений: атмосферы, гидрологических условий, горной породы, растительности и животного мира, микроорганизмов и почвы.

Понятие биогеоценоза почти тождественно понятию "экосистема", предложенному в 1935 г. А. Тенсли, хотя в понятии "экосистема" заключен функциональный смысл, а в понятии "биогеоценоз" – структурный.

Условно биоценоз можно расчленить на **фитоценоз** (сообщество растений), **зооценоз** (сообщество животных) и **микробоценоз** (сообщество микроорганизмов), хотя отдельно эти компоненты существовать не могут (рис. 16). Человек преобразует естественные биоценозы (луга, леса) в искусственные (поля, сады), или агробиоценозы, которые отличаются небольшим количеством видов, но высокой их численностью. Агробиоценозы без постоянной поддержки со стороны человека существовать не могут, в отличие от естественных биогеоценозов, где действуют сложные регулирующие механизмы.

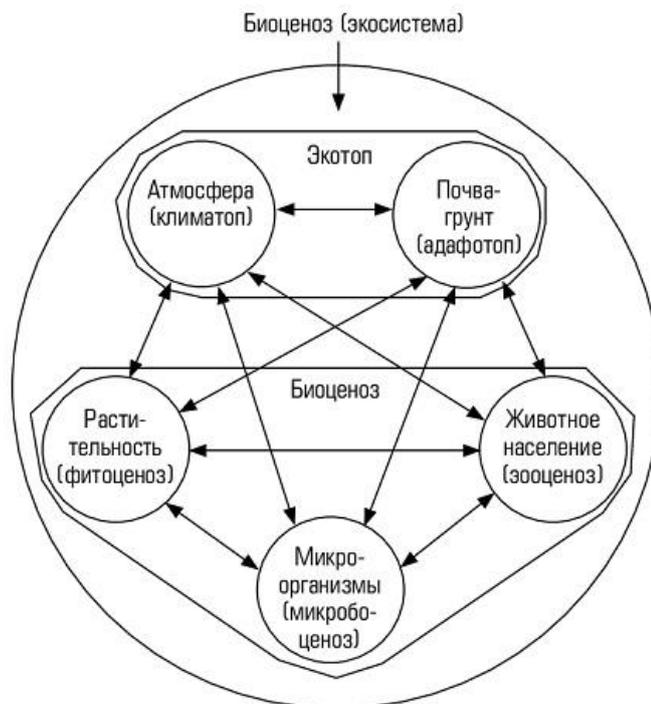


Рисунок 15 – Структура биогеоценоза и схема взаимодействия между компонентами

Совокупность влияний одних организмов на другие в сообществе называют биотическими факторами. Основной формой взаимоотношений организмов в биоценозах являются пищевые и пространственные связи, объединяющие организмы в единое целое. Основными формами биотических отношений являются:

1. **Конкуренция** – взаимодействие между организмами одного и разных видов, когда они используют одни и те же ресурсы окружающей среды при их недостатке (в одном водоеме не могут жить вместе узкопалый и длиннопалый раки). Гаузе вывел закон конкурентно-гоисключения: два одинаковых в экологическом отношении вида существовать совместно не могут.

2. **Хищничество** – форма межвидовых отношений, при которых одни организмы ловят, убивают и поедают других животных. Как у хищников, так и у жертв имеются приспособления (морфологические, физиологические, биохимические и др.), в результате чего численность жертв и хищников удерживается в пределах какой-то величины.

3. **Паразитизм** – межвидовые отношения, при которых один вид (паразит) использует другой вид (хозяина) как среду жизни и ис-

точник пищи. У хозяина может жить несколько видов паразитов, образующих сообщество - паразитоценоз.

4. **Комменсализм (нахлебничество)** – форма симбиоза (совместного проживания), при которой один из партнеров (комменсал) питается остатками пищи или выделениями другого (хозяина), не причиняя ему вреда. Так, мальки рыб живут среди щупалец медуз и питаются остатками их пищи.

5. **Синойкия (квартирантство)** – форма симбиоза, при которой совместное обитание организмов разных видов полезно для одного и безразлично для другого (усоногие раки на теле китов – эпойкия, рыба фиерасфер внутри тела голотурии – энтойкия; мучные клещи расселяются, прикрепляясь к телу крупных насекомых – форезия; лишайники растут на стволах деревьев - эпифитность).

6. **Мутуализм** – форма симбиоза, взаимовыгодное сожительство разных видов (рака - отшельника и актинии, гриба и водоросли в теле лишайника).

7. **Зоохория** – форма взаимоотношений, при которых животные способствуют растениям в распространении семян и плодов.

8. **Аллелопатия** – взаимодействие организмов посредством химических продуктов обмена, выделяемых во внешнюю среду (выделения фасоли угнетают рост пшеницы).

9. **Аменсализм** – взаимодействия, при которых возникают неблагоприятные условия для одной или нескольких популяций других видов (плесневые грибы подавляют рост бактерий).

10. **Рабовладельчество.** Отмечено у муравьев - амазонок, похищающих личинки и куколки муравьев других видов, которые, став взрослыми, выполняют все работы в муравейнике амазонок.

Между растениями бывают контактные (прямые) взаимодействия и косвенные. Первые приводят к искривлению ствола, изменению формы кроны и т. д. Косвенные осуществляются через изменение условий среды обитания (выделение фитонцидов, изменение освещенности в результате гибели соседнего дерева и т. д.).

В процессе эволюции растения и животные развивались совместно, что привело к выработке взаимных приспособлений, или ко-

адаптаций (растения насекомоопыляемые, семяноядные, нектароядные и плодоядные животные). Поэтому многие виды растений и животных могут существовать только вместе. В тропических лесах отмечается мирмекофилия, когда сильно разросшиеся нектарники растений служат убежищем для муравьев, а они защищают растение от вредителей.

В 1923 - 1924 гг. ученые - экологи Лотка и Вольтерра разработали математические модели взаимоотношений паразит - хозяин (Лотка) и хищник - жертва (Вольтерра) (рис. 16).

$$\frac{dN_{\text{ж}}}{dt} = N_{\text{ж}}(\varepsilon_1 - \gamma_1 N_{\text{ж}})$$

$$\frac{dN_{\text{х}}}{dt} = -N_{\text{х}}(\varepsilon_2 - \gamma_2 N_{\text{ж}})$$



Рисунок 16 – Колебания численности взаимосвязанных видов, на примере хищников и жертв (модель Лотки-Вольтерры)

Сущность выводов Лотки: численности паразита и хозяина взаимно обусловлены, по мере увеличения плотности популяции хозяина возрастает и плотность популяции паразита, а последняя приводит к снижению численности хозяина, а следовательно, и паразита. Аналогичные выводы получил Вольтерра при взаимоотношениях хищник - жертва. Гаузе (1930) установил, что хищник может полностью уничтожить свою жертву, после чего погибает и сам. В 1934 г. Гаузе установил правило конкурентного исключения, согласно которому близкородственные виды, занимающие сходные экологические ниши, не могут сосуществовать.

Растения и животные – *автотрофы* и *гетеротрофы* с момента возникновения развиваются совместно, проходят свой эволюционный путь в тесном контакте и взаимосвязи. Примером глубоких взаимных приспособлений могут служить опыляемые насекомыми растения и насекомые-опылители. Растения сыграли большую роль во взаимоотношениях с животными. Именно в процессе сопряженной эволюции определились группы животных со специализированным питанием: плотоядные, зерноядные, травоядные, питающиеся нектаром и т.д., как видно первостепенное значение в биотических связях имеют трофические связи. Растения служат пищей для большой группы животных – фитофагов и тем самым определяют их численность, географическое распространение и распределение по местам обитания (практически все организмы за исключением хищников и паразитов питаются растительной пищей). Есть еще специализированные группы сапрофагов, питающихся разлагающимися органическими веществами, а также копрофагов, питающихся экскрементами животных.

В определенные периоды жизни растительную пищу употребляют и плотоядные животные (медведи, лисы, насекомоядные птицы (дятлы)). В связи с приуроченностью к тому или иному виду пищи у различных групп животных выработались морфофизиологические и экологические признаки. Так, например, питание трудноперевариваемой пищей (клетчаткой) привело к удлинению кишечника, сформировался сложный желудок жвачных, где вдобавок поселились инфузории-симбионты, способствующие усвоению клетчатки.

Велика роль животных в опылении растений. В настоящее время до 80% видов покрытосеменных растений опыляется насекомыми, птицами. Связи насекомых-опылителей с цветковыми растениями постепенно в процессе эволюции выразились в такой тесной взаимной зависимости, что раздельно их существование невозможно.

Не менее важна роль животных в распространении растений (семян и спор). Распространителями являются птицы, грызуны, белки, муравьи. Многие копытные также являются распространителями растений. Семена, попадая в пищеварительный тракт, сохраняют жизнеспособность и в результате транспортируются на большие рас-

стояния. Подсчитано, что при внесении 60т/га конского навоза, внесится 700 тысяч семян сборных растений.

В любом биогеоценозе между количеством и качеством животного населения и растительности должна быть определенная пропорция. Если увеличивается количество фитофагов, они уничтожают больше растений и, в конце концов, обрекают самих себя на гибель. В природе исторически выработались и функционируют механизмы, поддерживающие наиболее выгодные количественные соотношения численности травоядных животных и растений, служащих им пищей.

Для организмов каждого вида характерно определенное *местообитание* – место, где они живут, встречаются. Существует более широкое понятие – *экологическая ниша* (Джозеф Гриннелл, 1917). Ю.Одум (1975) включает в понятие "экологическая ниша" физическое пространство, занимаемое организмом, его функциональную роль в сообществе и положение относительно градиентов факторов внешней среды. Как образно выражается Ю.Одум, местообитание – это "адрес" организма, а экологическая ниша – его биологическая "профессия". Разные в систематическом отношении виды могут занимать одни и те же экологические ниши: травянистая степная растительность Австралии состоит из совершенно других видов, чем травянистая растительность степей Европы, но как продуценты в своих экосистемах они выполняют аналогичные функции, т.е. являются экологическими эквивалентами. Это касается также антилоп Африки и кенгуру Австралии.

Один и тот же вид в разные периоды развития может занимать различные экологические ниши: головастик питается растительной пищей, а взрослая лягушка – плотоядное животное. Среди водорослей имеются виды, которые функционируют попеременно как автотрофы, и как гетеротрофы. В лесу растения разных ярусов занимают различные экологические ниши.

Таким образом, *экологическая ниша вида* – это положение, которое вид занимает в системе биоценоза, комплекс его связей и требований к факторам среды.

Каждый конкретный биоценоз характеризуется строго определенным видовым составом. Типичной характеристикой биоценоза является относительно малое количество видов, особи которых встречаются часто. И, наоборот, в каждом биоценозе есть много видов с небольшим числом особей. Например, в лесу, состоящем из десятков видов растений, только 1 или 2 из них дают до 90% древесины. Эти виды называют доминирующими, они занимают господствующее положение в биоценозе. Виды, живущие за счет доминантов, получили название преобладающих, например, в дубраве таковыми являются: насекомые, птицы (сойки), грызуны.

В биоценозе есть и так называемые «*эдификаторы*». Это строители сообщества, то есть виды, создающие условия для жизни других видов данного биоценоза. Все виды, слагающие биоценоз, связаны с доминирующими видами и эдификаторами. Внутри биоценоза формируются более или менее тесные группировки, комплексы популяций, зависящие от растений-эдификаторов. Так создаются своеобразные структурные единицы биоценоза – консорции.

Консорция – это совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биогеоценоза трофически или топически связана с центральным видом – автотрофным растением, обычно в роли центрального вида выступает эдификатор – основной вид, определяющий особенности биоценоза (рис. 17).

Популяции остальных видов консорции образуют ее ядро, за счет которого существуют виды, разрушающие органическое вещество, создаваемое автотрофами. Примером консорции может служить растение со всеми связанными с ним организмами (паразиты, вредители, симбионты).

Видовая структура биоценоза характеризуется не только числом видов, входящих в его состав, то есть видовым разнообразием, но и их количественным соотношением.

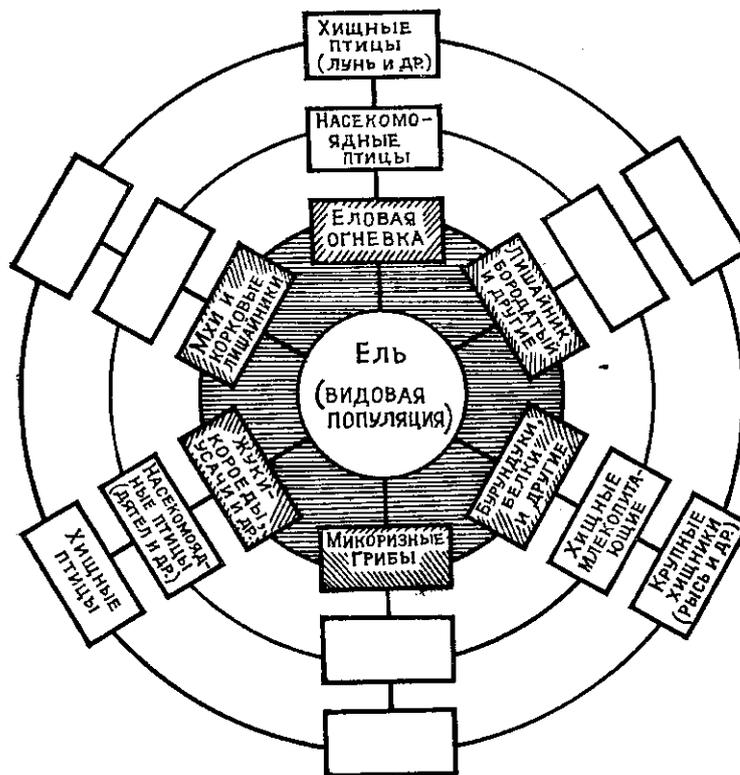


Рисунок 17 – Схема консорции растения в популяции ели

В ходе эволюции, приспособляясь к определенным абиотическим и биотическим условиям, живые организмы так разместились в биогеоценозе, что практически не мешают друг другу, то есть их распределение носит *ярусный характер*. Пространственная структура определяется сложением фитоценоза, подразделяющегося на вертикальные слои (ярусы). *Ярусность* – это явление вертикального расчленения биоценоза на разновысокие структурные части. В смешанном лесу выделяют 6 ярусов: I - деревья первой величины (сосна, ель); II - деревья второй величины (рябина, береза); III - подлесок из кустарников (шиповник); IV - подлесок из высоких кустарничков и трав (вереск, иван-чай); V - низкие кустарнички и травы (клюква, кислица); VI - мхи, лишайники. Ярусно располагаются и подземные корни растений. Для каждого яруса в биоценозе характерен свой состав животных. Такие горизонтально расположенные структурные части биоценоза получили название синузий, а очень сильно различающиеся по видовому составу яруса называют парцеллами.

Каждый биоценоз складывается из определенных экологических групп организмов. Эти группы, занимая сходные экологические ниши

в разных биоценозах, могут иметь неодинаковый видовой состав, например, в сухих условиях доминируют склерофиты и суккуленты, а на увлажненных территориях - гигрофиты.

Таким образом, *экологическая структура биоценоза* – это его состав из групп организмов, выполняющих в сообществе в каждой экологической нише определенные функции.

Экологическая структура биоценоза в комплексе с видовой и пространственной, а также с особенностями экологической ниши служит макроскопической его характеристикой, которая дает возможность определить свойства того или иного биоценоза, выяснить его устойчивость во времени и пространстве, а также предвидеть последствия изменений, вызванных влиянием антрополических факторов.

На основании взаимоотношений видов в популяциях биоценозы подразделяются на *сложные* и *простые*. Многоярусные биоценозы, состоящие из большого количества популяций многих видов растений, животных и микроорганизмов, связанных между собой разнообразными пищевыми и пространственными отношениями, называют сложными. Сложные биоценозы наиболее устойчивы к неблагоприятным воздействиям. Исчезновение отдельных видов существенно не отражается на судьбе таких биоценозов, при этом происходит лишь незначительная перестройка их организации. В сложных биоценозах, например биоценозах тропических лесов, никогда не наблюдается вспышек массового размножения отдельных видов.

Для простых, например, тундровых биоценозов, характерны сильные подъемы численности леммингов, падение или взлеты численности песцов и животных, оказывающих существенное влияние на растительный покров. Объясняется это тем, что в упрощенном тундровом биоценозе не хватает видов, которые при необходимости могли бы заменить основной вид и выступить в качестве корма для хищников.

Как уже отмечалось, между организмами биоценоза устанавливаются прочные, пищевые взаимоотношения. Они и объединяют прямо или косвенно большую группу организмов в единый комплекс.

Цепь питания обычно состоит из трех основных звеньев – *продуценты* – *консументы* – *редуценты* (рис. 18).



Рисунок 18 – Схема пищевой цепи с указанием трофических уровней

В каждой цепи питания формируются определенные трофические уровни, характеризующиеся различной интенсивностью протекания потока веществ и энергии. Зеленые растения – создатели органического вещества – образуют первый трофический уровень, фитофаги – второй, плотоядные животные – третий и т.д. Все звенья цепи питания взаимосвязаны и взаимозависимы. Между ними, от первого к последнему, осуществляется передача веществ и энергии. При передаче энергии с одного трофического уровня на другой происходит ее потеря. В результате цепь питания не может быть длинной, чаще она состоит из 4-6 звеньев. Однако такие цепи в чистом виде обычно не встречаются, поскольку одни и те же виды могут быть одновременно в разных звеньях. Это происходит, потому что *монофагов* в природе чрезвычайно мало, чаще встречаются *олигофаги* и *полифаги*.

Рассмотрим, к примеру, цепь питания, основным звеном которой является капуста. Следующим звеном в ней будут гусеницы бе-

лянки, моли, совки, зайцы, то есть все животные питающиеся капустой. Следовательно, капуста выступает основным звеном многих цепей, поскольку от последующего звена тянутся еще цепи. Так, заяц, поедая разные растения, входит как консумент первого порядка в большое количество цепей питания. Хищники также питаются различными растительноядными и плотоядными животными, а потому являются звеньями многих цепей.

Подобные общие звенья связывают цепи питания в сложную систему. В результате в каждом биоценозе формируются комплексы цепей питания, представляющие собой единое целое. Так создаются циклы, или сети питания. В любой цепи питания не вся пища используется на рост особи, то есть на накопление биомассы. Часть ее расходуется на удовлетворение энергетических затрат организма: на дыхание, движение, размножение, поддержание температуры тела. При этом биомасса одного звена не может быть переработана последующим полностью. В противном случае исчезли бы ресурсы для развития живой материи. В каждом последующем звене пищевой цепи происходит уменьшение биомассы по сравнению с предыдущим. Обычно чем больше масса начального звена, тем она больше в последующих звеньях. Это касается не только биомассы, но и численности особей и потока энергии. Данное явление изучено и названо пирамидой чисел, или пирамидой Элтона. Различают пирамиду численности (особей), пирамиду биомассы и пирамиду энергии (рис. 19).

Основание пирамиды образуют растения – продуценты. Над ними располагаются фитофаги, следующее звено представлено консументами II порядка, затем III порядка и так до вершины пирамиды, которую составляют наиболее крупные хищники. Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи. И поскольку на верхние этажи пирамиды энергии доходит в очень малых количествах, цепь редко состоит из 4-5 звеньев.

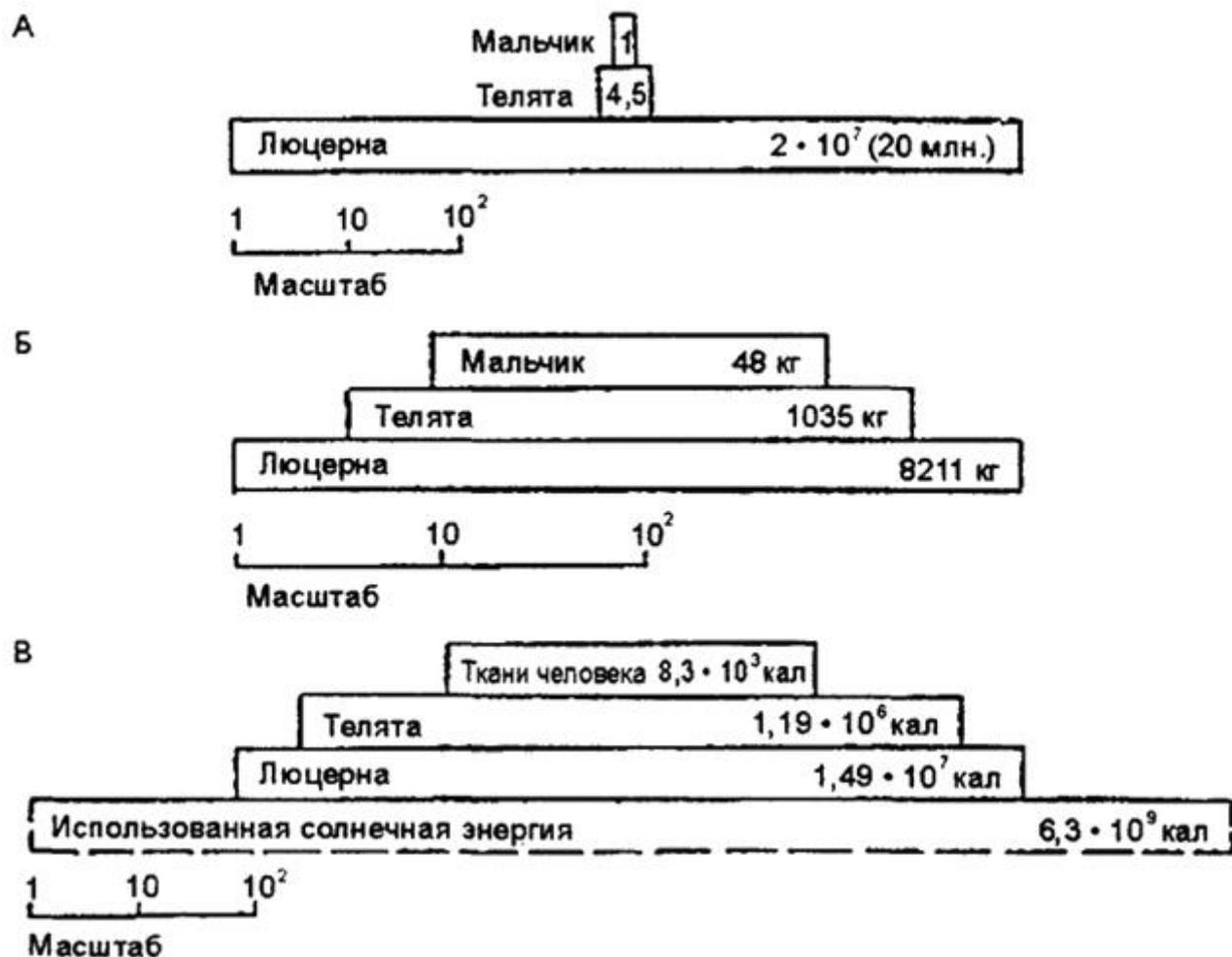


Рисунок 19 – Пропорциональное соотношение трофических уровней в экосистеме: А – пирамида чисел Элтона, Б – пирамида биомассы, В – пирамида энергии

Ю. Одум сделал расчеты потока энергии от звена к звену в упрощенной теоретической экосистеме, сведя ее к одной примитивной цепи, функционирующей в течение года. Он рассуждал так, допустим, имеется посев люцерны на площади в 4 га. На этом поле кормятся телята (предполагается, что они едят только люцерну), а телятиной питается 12-летний мальчик. Результаты расчетов представленные в виде 3-х пирамид – численности, биомассы и энергии, свидетельствуют, что люцерна использует всего 0,24% всей падающей на поле солнечной энергии, из которой 8% приходится на телят; 0,7% энергии, накопленной телятами, расходуется на развитие и рост ребенка с 12 до 13 лет. Несмотря на то, что рассматриваемая схема искусственна, она дает четкое представление о масштабах снижения к.п.д. по мере перехода от основного звена в пирамиде к ее вершине:

из всей солнечной энергии падающей на 4 га люцернового поля, лишь немногим больше миллионной части ее хватает на пропитание мальчика в течение года.

Правило пирамиды чисел универсально и объективно отражает круговорот веществ и поток энергии в биосфере. В масштабе всей биосферы это правило никогда не нарушается.

Биологическая продуктивность – это воспроизведение биомассы растений микроорганизмов и животных, входящих в состав биогеоценозов. Этот процесс протекает в природе с определенной скоростью, поэтому биологическую продуктивность можно выразить продукцией за сезон, за год, за любую другую единицу времени. Биологическую продуктивность нельзя смешивать с **биомассой**. Например, за год планктонные водоросли на единицу площади синтезируют столько же органического вещества, сколько и высокопродуктивные леса, однако биомасса последних, в сотни тысяч раз больше.

Органическое вещество, создаваемое продуцентами в процессе фотосинтеза или хемосинтеза, называют **первичной продукцией** экосистемы. Первичной продукцией определяется общий поток энергии через биотический компонент экосистемы.

Количество органического вещества, накопленного гетеротрофными организмами, называется **вторичной продукцией**. Вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого трофического уровня.

Практически вся чистая первичная продукция Земли служит для поддержания жизни всех гетеротрофных организмов. Питание людей большей частью обеспечивается **сельскохозяйственными культурами**. Годовой прирост культурных растений равен примерно 16% от всей продуктивности суши. Половина урожая идет непосредственно на питание людей, остальное – на корм домашним животным, используется в промышленности и теряется в отходах. Всего человек потребляет около 0,2% первичной продукции Земли. Однако особенно трудно обеспечить население вторичной продукцией. В рацион человека должно входить не менее 30г белков в день. Поэтому увеличение биологической продуктивности экосистем и особенно вторич-

ной продукции является одной из основных задач, стоящих перед человечеством.

Одной из характерных особенностей биоценозов является их *суточная* и *годовая динамика*. В каждом естественном биоценозе имеются группы организмов, активность жизни которых выпадает на разное время суток. Одни активны ночью, а днем пассивны, другие наоборот. У растений в течение суток также изменяются интенсивность и характер физиологических процессов, в ночные часы не происходит фотосинтез, у некоторых цветки раскрываются только ночью и опыляются ночными животными.

Большое значение в динамике биоценозов имеют суточные миграции животных, например, зоо- и фитопланктон днем держится на глубине 100 – 200 м, а ночью поднимается к поверхности.

Более существенные отклонения в биоценозах наблюдаются при сезонной динамике. Они обусловлены биологическими циклами организмов, зависящими от сезонной цикличности природных явлений. Смена времен года оказывает значительное влияние на жизнедеятельность растений и животных (периоды цветения, плодоношения, активного роста, листопада и зимнего покоя у растений; спячка, зимний сон, диапауза и миграции у животных).

Любой биоценоз не может существовать неограниченно долго, так как под влиянием жизнедеятельности организмов происходят изменения, благоприятные для одних видов и неблагоприятные для других. В результате на данном месте развивается другой биоценоз, более приспособленный к новым условиям.

Последовательная, трактующая направленная, чаще необратимая смена одного биоценоза другим называется *экологической сукцессией*. Последовательность сменяющихся в ходе сукцессии сообществ называют серией, а завершающую стадию – *климаксом*, или *климаксным сообществом*.

Если сукцессия протекает в результате внутренних процессов в сообществе (превращение озера в болото в результате накопления органики), то ее называют *автогенной*; если решающую роль играют внешние воздействия (например, лесные пожары) – *аллогенной*.

Если в ходе сукцессии валовой продукции образуется больше, чем затрачивается на дыхание ($P > R$), то говорят об *автотрофной* сукцессии (при такой сукцессии в сообществе преобладают автотрофы). Напротив, если сукцессия начинается с состояния $P < R$, то это *гетеротрофная* сукцессия (в сообществе преобладают гетеротрофы).

Если сукцессия начинается на лишенном жизни месте (на потоке застывшей лавы), то ее называют *первичной*. Вторичная сукцессия начинается на месте ранее существовавшего сообщества (на заброшенном поле злаковых культур). Например, на скалах в ходе первичной сукцессии первыми появляются различные виды цианобактерий и лишайников (пионерные виды), сменяя друг друга. В ходе этого процесса накапливаются их отмершие части (органика), постепенно формирующие слой гумуса, а также происходит разрушение горных пород. Это приводит к образованию почвы, изменению микроклимата. В дальнейшем на данном месте появляются мхи, травы, деревья. Так продолжается многие тысячи лет, поэтому первичные сукцессии занимают весьма длительный период.

Вторичная сукцессия развивается на субстрате, первоначально измененном деятельностью комплекса живых организмов. Такие сукцессии чаще всего имеют восстановительный (демутационный) характер. Примером вторичной сукцессий может служить восстановление климаксового лесного биоценоза после пожаров или вырубки. Вторичная сукцессия заканчивается стабильной стадией сообщества через 150—250 лет, а первичная длится 1000 лет.

Каждая сукцессия завершается *климаксом* (теория Клементса, 1916). Ее автор предполагал, что для каждой климатической области характерен лишь один тип климакса (*климатический, или региональный климакс*). Сейчас выделяют также *локальные (эдафические)* климаксы, соответствующие особым условиям субстрата (рельефу, почве, водному режиму и т. д.), когда регулярные внешние воздействия препятствуют развитию экосистемы до теоретически конечного климакса.

Климаксное состояние сообщества не бывает постоянным, устойчивым. Поэтому термин "климакс" условен в смысле приобретения

биоценозом определенной замедленности в развитии, т. к. даже при кажущейся неизменности, в биоценозе протекают процессы, подготавливающие его к сукцессии. Критериями климаксного сообщества служат видовой состав, отношение продукция/дыхание, время оборота и т. д.

2.6 Агроценозы

Агроэкосистемы (агроценозы) отличаются от естественных экосистем следующими функциональными особенностями:

- получением наряду с космической *дополнительной антропогенной энергии* в виде удобрений, пестицидов, механизации, поливной воды, труда и др.;
- *искусственным отбором* и культурой более продуктивных растений и животных и на их основе новых разновидностей, гибридов и видов;
- *пониженным разнообразием* организмов.

Чаще всего посевы представлены одним видом, даже одним сортом, они являются монокультурными при максимальном выходе одного продукта, а значит, обладают меньшей приспособленностью и пониженной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды (засуха, морозы, и др.).

Ю.Одум разделяет агроэкосистемы на два типа:

- *агроэкосистемы доиндустриального периода* с дополнительной энергией в виде мышечных усилий человека и животных;
- *интенсивные механизированные агроэкосистемы* с крупными энергетическими дотациями в форме топлива, химикатов, работы машин и пр.

Все агроценозы – поля, огороды, сады, культурные пастбища и т.д. – с позиции экологии специально поддерживаются человеком на начальных стадиях формирования агроэкосистемы, поскольку это молодая стадия сукцессии дает наиболее чистую продукцию. Приемами агротехники все конкурентные виды уничтожаются как сорняки, пищевые цепи в виде вредителей истребляются. В результате вмешательства человека в процессы, идущие в экосистеме, в ее функционировании возникают определенные помехи, поэтому и создают-

ся агроэкосистемы, не способные к самовозобновлению, саморегулированию и крайне неустойчивые. Они постоянно находятся под угрозой гибели от массовой вспышки вредителей, болезней, от засухи или переувлажнения.

Антропогенное вмешательство вызывает соответствующие помехи в механизмах передачи обратных связей между биологическими компонентами экосистемы, но только неустанная забота о них со стороны человека позволяет им существовать. Несмотря на все принимаемые меры, в этих экосистемах бывают катастрофы.

Для создания высокопродуктивной и устойчивой экосистемы необходимо поддерживать максимально возможное многообразие биогеоценозов, создавая оптимальный ландшафт. Агроценозы должны быть разнообразны и содержать такие компоненты, как лесные полосы, перелески, живые изгороди. Все неудобные земли рекомендуют использовать под зеленые насаждения, парки. Среди высокопродуктивных агроценозов следует сохранять как можно больше природных участков различного масштаба с нетронутыми естественными биогеоценозами с их богатым биологическим разнообразием, где с максимальной полнотой осуществляется биотический круговорот веществ и охраняется ценный генофонд.

2.7 Биосфера

Биосфера (греч. био - жизнь, сфера - шар) - область существования и функционирования живого вещества и само это вещество. Для существования биосферы необходимы такие условия, как наличие воды в жидком состоянии и наличие лучистой энергии солнца, которая используется для синтеза биомолекул в процессе фотосинтеза.

Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы, тропосферу и гидросферу и верхние горизонты литосферы.

Атмосфера – воздушная оболочка планеты, граничащая с космическим пространством. Верхняя граница распространения жизни в атмосфере определяется губительным действием солнечной радиации. Она проходит на высоте 20-25 км и ограничена слоем озона, который задерживает губительную для жизни коротковолновую часть

ультрафиолетового излучения Солнца. Но область распространения живых организмов ограничена в основном тропосферой (например, верхняя граница полета орлов находится на высоте 7 км, растения в горных системах и насекомые в воздушной среде не распространяются выше 6 км. Верхняя граница постоянного обитания человека - 5 км, обрабатываемых им земель - 4,5 км, леса в горных системах тропиков не растут выше 4 км).

Живые организмы существуют, но не размножаются до верхней границы стратосферы (споры, микроорганизмы).

В состав биосферы полностью включается *гидросфера* – водная оболочка Земли. В гидросфере организмы проникают на всю глубину мирового океана (10-11 км), но наибольшая концентрация наблюдается

в поверхностных слоях, куда проникает солнечный свет. Обычно эта глубина не превышает 200 м в морях и континентальных пресноводных бассейнах. Здесь возможен фотосинтез и продуцируется первичная биологическая продукция.

Литосфера – это верхняя твердая оболочка земли. В литосфере жизнь встречается на глубине 2-3 км (иногда указывают ученые 3,5-7,5 км), что обусловлено температурой земных недр и уровнем проникновения воды в жидком состоянии. Более всего населена поверхность суши и океана. Величина биомассы (общая численность живых организмов) для всей планеты оценивается в 3×10^{12} т, при этом 95% этой величины - растения и 5% - животные.

Наиболее густое скопление живых организмов В.И.Вернадский назвал *пленками жизни*. На суше это почва и растительный покров, его животный мир, а в мировом океане - планктонный поверхностный слой. В этих слоях наиболее благоприятные условия для образования и развития организмов в тех формах, которые существуют на земле.

Впервые термин *биосфера* ввел в научный обиход великий натуралист и мыслитель Жан Батист Ламарк (1744-1829).

В 1875 г. знаменитый австрийский биолог Э. Зюсс ввел это понятие в науку повторно, назвав так живую оболочку земли.

Более глубокое и широкое представление о биосфере встречается у В.И.Вернадского (1863-1945). Учение о биосфере является одним из крупнейших его обобщений в области естественных наук.

Живое вещество – это основа биосферы, хотя и составляет крайне незначительную ее часть. Если его выделить в чистом виде и распределить равномерно по поверхности Земли, то это будет слой около 2 см или 0.01% от массы всей биосферы.

К основным особенностям живого можно отнести следующие:

1. Способность быстро занимать (осваивать) все свободное пространство. В. И. Вернадский назвал это **всюдностью** жизни.

2. Движение не только пассивное (под действием силы тяжести, гравитационных сил и т.д.), но и активное (например, против течения воды, движения воздушных потоков, силы тяжести и т.д.).

3. Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти, сохраняя при этом высокую физико-химическую активность.

4. Высокая приспособительная способность (адаптация) к различным условиям и в связи с этим освоение не только всех сред жизни (водной, наземно-воздушной, почвенной организменной), но и крайне трудных по физико-химическим условиям.

5. Феноменально высокая скорость протекания реакций.

6. Высокая скорость обновления живого вещества.

Все перечисленные и другие свойства живого вещества обуславливаются концентрацией в нем больших запасов энергии. По В. И. Вернадскому, по энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать только лава, образующаяся при извержении вулканов.

Всю деятельность живого вещества в биосфере можно, с определенной долей условности, свести к нескольким основополагающим функциям, которые позволяют значительно дополнить представление о его преобразующей биосферно-геологической деятельности.

В. И. Вернадский выделял девять функций живого вещества. В настоящее время название этих функций несколько изменено, некоторые из них объединены.

1. Энергетическая.

Связана с запасанием энергии в процессе фотосинтеза, передачей ее по цепям питания, рассеиванием.

2. Газовая.

Способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом. В частности, включение углерода в процессы фотосинтеза, а затем в цепи питания обуславливало аккумуляцию его в биогенном веществе (это органические остатки, известняки и т.п.). В результате этого шло постепенное уменьшение содержания углерода и его соединений, прежде всего двуокиси (CO_2) в атмосфере с десятков процентов до современных 0,03%. Это же относится и к накоплению в атмосфере кислорода, синтезу озона и другим процессам.

С газовой функцией в настоящее время связывают два переломных периода в развитии биосферы. Первый из них относится ко времени, когда содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1% от современного. Это обусловило появление первых аэробных организмов (способных жить только в среде, содержащей кислород). С этого времени восстановительные процессы в биосфере стали дополняться окислительными. Это произошло примерно 1,2 млрд. лет назад. Второй переломный период в содержании кислорода связывают со временем, когда концентрация его достигла примерно 10 % от современной. Это создало условия для синтеза озона и образования озонового слоя в верхних слоях атмосферы, что обусловило возможность освоения организмами суши (до этого функцию защиты организмов от губительных ультрафиолетовых лучей выполняла вода, под слоем которой возможна была жизнь).

3. Окислительно-восстановительная.

Связана с интенсификацией под влиянием живого вещества процессов как окисления, благодаря обогащению среды кислородом, так и восстановления, прежде всего в тех случаях, когда идет разложение органических веществ при дефиците кислорода. Восстановительные процессы обычно сопровождаются образованием и накоплением сероводорода, а также метана. Это, в частности, делает безжиз-

ненными глубинные слои болот, а также значительные придонные толщи воды (например, в Черном море). Этот процесс, в связи с деятельностью человека, прогрессирует.

4. *Концентрационная.*

Это способность организмов концентрировать в своем теле химические элементы, повышая их содержание, по сравнению с окружающей средой, на несколько порядков.

5. *Деструктивная.*

Разрушение организмами и продуктами и продуктами их жизнедеятельности, в том числе и после их смерти, как самих остатков органического вещества, так и косных веществ. Наиболее существенную роль в этом отношении выполняют низшие формы жизни – грибы, бактерии.

6. *Транспортная.*

Перенос вещества и энергии в результате активной формы движения организмов. Часто такой перенос осуществляется на колоссальные расстояния, например, при миграциях и кочевках животных.

7. *Средообразующая.*

Эта функция является в значительной мере интегративной (результат совместного действия других функций). В широком понимании результатом данной функции является вся природная среда. Она создана живыми организмами, они же и поддерживают в относительно стабильном состоянии ее параметры практически во всех геосферах.

8. *Рассеивающая.*

Выделяется наряду с концентрационной функцией живого вещества и является противоположной ей по результатам. Она проявляется через трофическую (питательную) и транспортную деятельность организмов. Например, рассеивание вещества при выделении организмами экскрементов, гибели организмов, при перемещениях в пространстве, смене покровов. Железо гемоглобина крови рассеивается, например, кровососущими насекомыми.

9. *Информационная.*

Выражается в том, что живые организмы и их сообщества накапливают определенную информацию, закрепляют ее в наследственных структурах и затем передают последующим поколениям. Это один из проявлений адаптационных механизмов.

Совокупность живых организмов в биосфере В.И.Вернадский назвал «живым веществом, рассеянным в мириадах особей». Живое вещество он считал формой активированной материи. Специфика его заключается в том, что живое вещество биосферы характеризуется огромной свободной энергией, химические реакции в нем протекают при низких температурах и в тысячи, миллионы раз быстрее, чем в неживом веществе. Слагающие живое вещество индивидуальные химические элементы (белки, ферменты) устойчивы только в живых организмах, оно характеризуется саморегулируемым движением и стремится заполнить собой все возможное пространство. Живое вещество в биосфере представлено в виде индивидуальных организмов, на Земле – в виде биоценозов. Для него характерно наличие эволюционного процесса, так как благодаря непрерывному чередованию поколений современное живое вещество генетически связано с живым веществом прошлых геологических эпох.

2.8 Природные ресурсы

В общем смысле под *ресурсами* понимают любые источники и предпосылки получения людям необходимых материальных благ. Экологов в первую очередь интересуют ресурсы природные, то есть вся совокупность естественных продуктов природы, используемых человеком для удовлетворения материальных и культурных потребностей.

По характеру использования природные ресурсы делятся на *исчерпаемые* и *неисчерпаемые* (рис.20).

Исчерпаемые ресурсы в свою очередь делятся на исчерпаемые возобновимые и невозобновимые. Если использование возобновимых ресурсов может носить непрерывный характер, то есть на смену использованным в процессе естественного роста накапливаются новые,

то невозобновимые ресурсы представляют собой какой-то определенный конечный запас, который может быть использован в течение того или иного промежутка времени полностью и восстановление его невозможно. К группе возобновимых природных ресурсов прежде всего относятся *биологические* ресурсы – растительность и животный мир. Это лесные ресурсы, ресурсы сельскохозяйственных растений, домашних и диких животных. К возобновимым ресурсам относятся некоторые минеральные ресурсы, например, соли, выпадающие в осадок в соленых озерах и морских лагунах. Однако в результате неправильной деятельности человека возобновимые ресурсы могут стать невозобновимыми. Например, исчезли отдельные виды животных (тур, тарпан, стеллерова корова).



Рисунок 20 – Классификация природных ресурсов

К невозобновляемым ресурсам относятся залежи полезных ископаемых, т.е. богатства недр земли. При добыче полезных ископаемых необходимо стремиться к более полному извлечению их из недр и к уменьшению потерь при переработке и использовании. Неисчер-

паемые ресурсы – это космические ресурсы (солнечная радиация, морские приливы, ветер, текущая вода). Однако неисчерпаемость этих ресурсов относительна. На первый взгляд эти ресурсы таят в себе неисчерпаемые возможности. Однако многие так называемые неисчерпаемые ресурсы оказываются, в конце концов, конечными из-за того, что среда их происхождения становится зачастую непригодной для сложившегося хозяйства и жизни человека. Так, запас воды на земном шаре огромен, но пресной воды для пищевых и промышленных целей ограничен. При сильном загрязнении природной среды становятся ограниченными и малодоступными даже солнечная энергия, чистый воздух.

2.8.1 Почва как природный ресурс

Почва – это поверхностный слой земной коры, формирующийся в течение тысячелетий из элементов биосферы под воздействием солнечной энергии, воды, воздуха, климатических факторов и различного рода организмов. Почвенный покров выполняет одну из основополагающих функций на Земле – обеспечивает существование жизни. Почва – важнейший природный ресурс, и главным ее свойством является *плодородие*.

Плодородие почвы – способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности. Это *эмерджентное* свойство почвы: оно появляется только при взаимодействии её компонентов.

Почвы производят примерно 95 % всех продовольственных ресурсов планеты. Плодородие почвы зависит от наличия в ней верхнего слоя – гумуса. **Гумус** – это органическое вещество почвы, образующееся в результате разложения растительных и животных остатков и продуктов жизнедеятельности организмов. Гумус содержит основные элементы питания растений.

Почва весьма чувствительна к воздействию антропогенных факторов и очень часто подвергается разрушению. Почвенный покров является саморегулирующейся биологической системой. Но его раз-

рушение все реже компенсируется почвообразовательными процессами.

Площади сельскохозяйственных угодий в мире постоянно сокращаются вследствие *деградации* (разрушения) почвенного покрова Земли под действием ветра (*выветривание*), кислотных осадков (*закисление*), неправильной агротехники, засоления, загрязнения пестицидами,

Кроме того, происходит постоянный отвод все новых земель под застройку городов, поселков, под размещение промышленных предприятий.

Использование и охрана земли осуществляются на основе представлений о земле как о природном ресурсе, используемом в качестве средства производства в сельском и лесном хозяйствах и иной деятельности человека. Природная среда стала заметно меняться за последние десятилетия в связи с возросшим масштабом взаимодействия человечества на внешнюю среду и эксплуатацию природных богатств. Научно-технический прогресс характеризуется гигантским ростом потребления энергетических ресурсов, каменного угля, нефти, горюче-смазочных материалов, торфа, сланцев. Используется атомная энергия. Быстрыми темпами идет интенсификация сельского хозяйства, эксплуатация сельскохозяйственных угодий. Высокими темпами развивается промышленность органического синтеза, применение цветных металлов, рост транспортных средств, электронной и космической техники.

Научно-технический прогресс несет человечеству много благ и одновременно немало нежелательных последствий.

В конце XX столетия объем мировой сельскохозяйственной продукции растет быстрее, чем население. Однако этот рост сопровождается, как известно, существенными издержками: *сведением лесов* для расширения посевных площадей, *засолением и эрозией почв, загрязнением среды удобрениями, пестицидами* и т.д.

В дальнейшем развитии сельского хозяйства стратегическим направлением является повышение урожайности, позволяющее обеспечить растущее население продовольствием без увеличения посева-

ных площадей. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур может быть достигнуто за счет расширения орошения. Большое значение, особенно при недостатке водных ресурсов, должно придаваться капельному орошению, при котором вода рационально используется путем непосредственной ее подачи к корневой системе растений. Другой путь – выведение и возделывание новых сортов сельскохозяйственных культур. Возделывание новых сортов, например, зерновых культур, более продуктивных и устойчивых к болезням, дало в последние десятилетия XX в. основной прирост сельскохозяйственной продукции. Этот успех селекционеров был назван *«зеленой революцией»*.

Урожайность повышается при чередовании возделываемых культур (*севооборотах*) применительно к зональным условиям, а нередко и при переходе от монокультуры к смешанным посевам, например, совместному выращиванию зерновых культур с бобовыми, особенно на кормовые цели.

Известно, что природные многовидовые ассоциации растений значительно реже страдают от вспышек развития насекомых-вредителей, возбудителей болезней, чем популяции монокультур в агроценозах. Это объясняется высокой концентрацией сельскохозяйственных культур, что делает их удобным объектом для многочисленных хищников, паразитов, возбудителей заболеваний и других вредных организмов, освобождающихся от конкуренции, присущей им в естественной обстановке. Отсюда – важным путем повышения урожайности является снижение потерь от вредителей, болезней и сорняков путем интегрированной системы защиты сельскохозяйственных культур, где особое значение в борьбе с вредными организмами придается агротехническим, селекционным, семеноводческим приемам, севооборотам, биологическим методам. Химический метод применяется в крайних случаях, в годы, когда вредные организмы превышают порог вредности, создается угроза потерь урожая и другие приемы не дают возможности предотвратить эти потери.

Для получения максимального урожая и длительного поддержания плодородия почвы, технология внесения удобрений также слож-

на и требует определенной экологической культуры. Оптимальное соотношение между минеральными и органическими удобрениями, их нормы, сроки, способы и место внесения, использование полива и рыхление почвы, учет погодных условий – это неполный перечень факторов, которые влияют на эффективность применения удобрений.

Повышенные нормы, неправильные сроки или способы внесения, например, азотных удобрений, приводят к накоплению их в почве, а в растениях, соответственно, нитратов, вредных в избыточных количествах для человека. Поверхностное и чрезмерное внесение удобрений приводит к частичному их смыву в реки, озера, отравлению воды, гибели животных и растений. Многочисленные примеры нерационального обращения с удобрениями свидетельствуют о необходимости тщательного и серьезного выполнения всех работ в этой отрасли сельского хозяйства.

Вероятно, в XXI в. сельское хозяйство современного типа сохранится. В его развитии нынешние тенденции позволяют надеяться, что растущее население Земли будет обеспечено продовольствием.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И ИХ РОЛЬ В АПК

3.1 Понятие о сельскохозяйственных экосистемах: классификация, типы и функции

Процессами производства пищевых ресурсов на основе использования почвенно-климатического потенциала охвачены огромные площади планеты, представленные разномасштабными (от парцелл до крупных возделываемых массивов) сельскохозяйственными экосистемами. Под сельскохозяйственной экологической системой (агроэкосистемой) в настоящее время понимают природный комплекс, преобразованный сельскохозяйственной деятельностью человека. Одной из главных ее особенностей является появление в ней искусственного отбора и селекции растений и животных. Долгое время искусственный отбор растений имел одну цель: получить высокий урожай. В результате растения утратили свой «оборонный потенциал», способность противостоять болезням. Поэтому в агробигеоценозах нередко возникали вспышки массовых болезней растений.

Преобразование природных ландшафтов в сельскохозяйственные сопровождалось изменением живой и неживой природы, пищевых цепей и геохимических циклов. Экосистемы из многокомпонентных, богатых информацией, превратились в малокомпонентные, информативно обедненные, т. е. из гетерогенных превратились в гомогенные.

Отсутствие общепринятой классификации *сельскохозяйственных экосистем (агроэкосистем)* восполняется в известной мере типизацией структур земледелия, применяемой ФАО. Согласно этой типизации, агроэкосистемы классифицированы в соответствии с выделяемыми в настоящее время пятью видами землепользования:

1. *Земледельческое, или полевое*, землепользование – богарные, орошаемые агроэкосистемы (ротации зерновых, бобовых, кормовых, овощных, бахчевых, технических и лекарственных культур).
2. *Плантационно-садовое* землепользование – плантационные агроэкосистемы (чайный куст, дерево какао, кофейное дерево,

сахарный тростник), садовые агроэкосистемы (плодовые сады, ягодники, виноградники).

3. **Пастбищное** землепользование – пастбищные агроэкосистемы (отгонные пастбища: тундровые, пустынные, горные; лесные пастбища; улучшенные пастбища; сенокосы; окультуренные луга).

4. **Смешанное** землепользование – смешанные агроэкосистемы, характеризующиеся равнозначным соотношением и сочетанием нескольких видов землепользования, а также процессов получения как первичной, так и вторичной биологической продукции.

5. Землепользование в целях производства **вторичной биологической продукции** – агропромышленные экосистемы (территории интенсивного «индустриализированного» производства молока, мяса, яиц и другой продукции на основе преобладающих процессов снабжения системы веществом и энергией извне).

Значительное разнообразие сельскохозяйственных экосистем по размерам, целевому назначению, используемым технологическим системам пока что ограничивает возможность разработки универсальной схемы типизации этих образований.

Сельскохозяйственные экосистемы, как и естественные, состоят из множества взаимосвязанных биологических, физических и химических компонентов. Любая группа компонентов, между которыми установились функциональные связи, образует систему (характеризуется взаимообусловленностью компонентов, а не их набором, суммой).

Сельское хозяйство существенно трансформирует природные комплексы. В результате сформировались разнообразные антропогенные сельскохозяйственные образования (пашни, садовые насаждения, луга, пастбища и т. д.), занимающие около трети суши, в том числе почти 1,5 млрд. га пашни. Территории, подлежащие ежегодной перепашке, требующие внесения удобрений, регулярного формирования искусственных (управляемых) фитоценозов, относятся к сельскохозяйственным образованиям полевого типа. Сады, ягодники, виноградники, плантации чая и кофейного дерева, садовые образования представляют собой многолетние фитоценозы. Наибольшую террито-

рию в качестве базы для получения сельскохозяйственной продукции занимают луга и пастбища, простирающиеся от тропических саванн до субарктической зоны на площади более 3 млрд. га. В этих угодьях процесс формирования первичной биологической продукции идет естественным путем, и используется она для получения вторичной биологической продукции (разведение и содержание различных видов одомашненных животных, размножающихся под присмотром и управлением человека). Площади пастбищ вдвое превышают площадь пашни. К тому же при пастбищном содержании затраты энергии на производство 1 кг белка мясного крупного рогатого скота на 65–70 % ниже, чем при скармливании кормового зерна. Особой формой сельскохозяйственного производства является получение вторичной биологической продукции на промышленной основе (молочные и откормочные комплексы, свинокомплексы, птицефабрики). Высокая концентрация поголовья, совмещение процессов получения и переработки животноводческой продукции на ограниченных площадях требуют тщательных экологических решений. К категории агроэкосистем можно также отнести сообщества растений и животных, искусственно создаваемые человеком в морской и пресноводной средах.

По энергетическим вложениям выделяют агроэкосистемы доиндустриальные с дополнительной энергией в виде мышечных усилий человека и животных. Это самодостаточные системы, в которых выращенная продукция попадает либо самому производителю, либо на продажу (обмен) на местные рынки. Основная доля земель в мире (до 60 %) обрабатывается этим способом, большая часть таких земель находится в Азии, Африке, Южной Америке. При своей примитивности они гармонизируют с природными системами. По усредненным данным в такие системы вкладывается энергии около $2 \cdot 10^9$ Дж/га.

Среди агроэкосистем *доиндустриального* периода различают следующие типы:

- *скотоводческие* (разведение крупного рогатого скота);

– *кочевые* или *подсечно-огневые* (расчистка участков леса и сжигание древесных остатков с последующим выращиванием сельскохозяйственных культур);

– *заливные системы* (орошение во время паводков).

Кроме доиндустриальных агроэкосистем существуют *интенсивные механизированные агроэкосистемы*. Они характеризуются крупными энергетическими дотациями в виде горючего, пестицидов, удобрений и др. Продукция получается в количестве превышающем местные потребности, она идет на экспорт. Величина дополнительной энергии существенна – $20 \cdot 10^9$ Дж/га (целесообразный предел внесения дополнительной энергии $15 \cdot 10^9$ Дж/га).

Как и любые биокосные системы, сельскохозяйственные экосистемы имеют многоуровневую, иерархически обусловленную организацию. Сельскохозяйственные экосистемы низшего ранга входят в состав системных образований более высокого уровня и им соподчинены. Рассматривая сельскохозяйственные экосистемы, чаще всего исходят из следующего ранжирования:

– *агросфера* – глобальная экосистема, объединяющая всю территорию Земли, преобразованную сельскохозяйственной деятельностью человека;

– *аграрный ландшафт* – экосистема, сформировавшаяся в результате сельскохозяйственного преобразования ландшафта (степного, таежного и т. д.);

– *сельскохозяйственная экологическая система* – экосистема на уровне хозяйства;

– *агробιοценоз* – поле, сад, бахча, теплица, оранжерея;

– *пастбищный биоценоз* – природное или культурное пастбище, используемое для выпаса сельскохозяйственных животных;

– *ферменный биоценоз* – конюшня, коровник, свинарник, кошара, птичник, животноводческий комплекс, зоопарк, виварий.

Приведенная структуризация отражает многоплановость взаимодействия человека с окружающей природной средой в процессе сельскохозяйственного производства. *Агросфера* состоит из экологических систем низшего уровня – аграрных ландшафтов, которые, в

свою очередь, представляют совокупность полевых, пастбищных, ферменных биогеоценозов. В аграрных ландшафтах человек создал природно-технические системы для обитания растений (теплицы, оранжереи и т. д.), млекопитающих животных (коровники, свинарники, конюшни, кошары), птиц (птичники, птицефабрики), полезных насекомых (ульи для пчел и т. д.). Теплицы и оранжереи, скотные дворы, животноводческие фермы и комплексы, ульи аквариумы – это природно-технические системы, функционирующие по принципу искусственных биогеоценозов.

Агросфера – продукт сельскохозяйственной деятельности человека, главного компонента антропогеоценозов.

Антропогеоценоз – биокосная система, компонентами которой являются люди, человеческие поселения (по терминологии В.П. Алексеева, человеческие популяции – в биологическом понимании, хозяйственный коллектив – в социально-экономическом) и окружающая человека живая и неживая природа.

Антропогеоценоз может не ограничиваться пределами населенного пункта. Он может распространяться на всю территорию, которую население эксплуатирует, на все пространство, являющееся объектом хозяйственной деятельности людей.

Учитывая процесс формирования развития и эксплуатации агроэкосистемных образований, можно, выделить три базовых типа агроэкосистем (учитываются естественное плодородие почв и условия его воспроизводства) (рис. 21).



Рисунок 21 – Базовые типы агроэкосистем

Природоёмкие агроэкосистемы характеризуются неполным воспроизводством естественного плодородия, что приводит к падению его уровня.

Для **природоохранного** типа агроэкосистем характерно простое воспроизводство естественного плодородия и, как следствие, сохранение его уровня.

Природоулучшающий тип направлен на расширенное воспроизводство и повышение уровней естественного плодородия.

В последнее время доминирует природоёмкий тип. Пропорционально типу воспроизводства почвенного плодородия меняется эффективность привносимой в агроэкосистемы антропогенной энергии.

У агроэкосистем слабо выражена способность к саморегулированию, без поддержки человека они быстро распадаются и трансформируются в естественные биогеоценозы (например, мелиорированные земли – в болота, насаждения лесных культур – в лес). Агроэкосистемы с преобладанием зерновых культур существуют не более одного года, многолетних трав – три-четыре года, плодовых культур – 20–30 лет, а затем они распадаются и отмирают. Полезащитные лесные полосы, являющиеся элементами агроэкосистем, в степной зоне существуют не менее 30 лет. Однако без поддержки человеком

(рубки, ухода, дополнения) они постепенно «дичают», превращаясь в естественные экосистемы, или погибают.

Преобладающая разновидность сельскохозяйственных экосистем (агроэкосистем) – искусственные фитоценозы:

окультуренные (планово эксплуатируемые луга и пастбища);

полукультурные (непостоянно регулируемые искусственные насаждения – сеяные, многолетние луга);

культурные (постоянно регулируемые многолетние насаждения, полевые и огородные культуры);

интенсивно культурные (парниковые и оранжерейные культуры, гидропоника, аэропоника и другие, требующие создания поддержания особых почвенных, водных и воздушных условий).

Главным *сходством природных экосистем и агроэкосистем*

является автотрофность, но при этом природная экосистема является собой область с замкнутым циклом и элементов питания, и первичной продукции, т. е. потоки вещества реализуются преимущественно внутри системы, а вынос их из системы почти отсутствует. В агроэкосистемах происходит преимущественно вынос продукции из системы, иногда за тысячи километров от первоначального источника формирования этой продукции.

Основные отличия природных экосистем от агроэкосистем заключаются в следующем:

биотическое сообщество природной экосистемы разнообразнее, чем в агроэкосистеме, и полнее использует доступное ей пространство ниши;

характеристики отдельных индивидуумов (генетика, возраст, состояние) внутри определенного вида имеют тенденцию к изменению в природных экосистемах, но относительно постоянны в агроэкосистемах;

природные экосистемы более непрерывные в пространстве и во времени, основная часть полученной в них продукции используется для различных целей в этих экосистемах;

экспорт продуктов продовольствия из агроэкосистем лимитирует использование полученной продукции внутри этих систем и делает их зависимыми от затрат материалов и труда человека.

Кроме того, некоторые процессы в агроэкосистемах происходят иначе, чем в природных экосистемах. Например, скорость инфильтрации воды в природных экосистемах выше, что существенно снижает и поверхностный сток, и вероятность развития эрозии почвы. В естественных условиях эрозию сдерживает также растительный покров, сохраняющийся в течение всего года.

Потери влаги в природной экосистеме обычно выше. Вследствие больших потерь влаги по почвенному профилю перемещается меньший объем воды, что снижает вымывание и поступление в грунтовые воды питательных веществ. В природных экосистемах в больших количествах содержатся органические коллоиды, которые обеспечивают ионообменную и водоудерживающую способность 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 минерализации усиливаются вследствие снижения густоты растительного покрова и повышения температуры почвы.

Цикл круговорота биогенных элементов в природных экосистемах более закрытый, чем в агроэкосистемах, где значительная их часть отчуждается с урожаем. Газообразные потери азота из почвы в агроэкосистемах значительно выше, чем в природных экосистемах, вследствие большей активности денитрифицирующих микроорганизмов. В природных экосистемах способность растений поглощать элементы питания выше, чем скорость образования доступных их форм в почве. Растения природных экосистем имеют более разнообразную корневую систему, что позволяет полнее использовать почвенный профиль. Агротехника, при которой уменьшается разнообразие возделываемых культур, несколько снижает эффективность ис-

пользования влаги, но и увеличивает угрозу потери питательных веществ при вымывании их за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Естественные экосистемы выполняют три основные жизнеобеспечивающие функции (*место, средство, условия жизни*). Агроэкосистемы в отличие от них формируются для получения максимально возможного количества продукции, служащей первоисточником пищевых, кормовых, лекарственных и сырьевых ресурсов, т. е. функции агроэкосистем в основном ограничиваются предоставлением средств жизни. В этом главная причина преобладания ресурсоемкого и природоразрушающего типов агроэкосистем. Перспектива же за природосообразными агроэкосистемами. Добиться этого можно лишь при выполнении агроэкосистемами в полной мере функций воспроизводства и сохранения условий жизни. Формирование агроэкосистем (а в большей мере их реконструкция, поскольку доля вновь образуемых агроэкосистем очень невелика по сравнению с уже исторически сложившимися) должно отвечать главному требованию – они должны быть природоохранными.

Доиндустриальные агроэкосистемы требуют постоянного дополнительного привнесения энергии в виде мышечных усилий человека и животных. Агроэкосистемы этого типа, как правило гармонирующие с природными экосистемами, занимают значительные площади пахотных земель в странах Азии, Африки и Южной Америки. В агроэкосистемы доиндустриального типа ежегодно дополнительно поступает около $2 \cdot 10^9$ Дж/га, а в интенсивные механизированные агроэкосистемы развитых стран – до $2 \cdot 10^{11}$ Дж/га (целесообразный предел внесения дополнительной энергии – $1,5 \cdot 10^{10}$ Дж/га).

В аграрных ландшафтах изменен поток энергии. В них наряду с солнечной энергией используют дополнительные энергетические ресурсы (энергетические субсидии). Энергетическая субсидия – это вспомогательный поток энергии, затрачиваемый на обработку земли, орошение, удобрение почв, борьбу с вредными насекомыми и т. д.

Энергоемкость агроэкосистем закрытого грунта как особой формы растениеводства очень высока. Закрытый грунт используют для выращивания сельскохозяйственных растений, главным образом

овощей и цветов, под защитой стекла или прозрачной пленки, что создает под ними благоприятные экологические условия. Природно-технические системы закрытого грунта бывают неотапливаемыми (парники, вегетационные домики) и отапливаемыми (теплицы и др.). Закрытый грунт позволяет получать несколько урожаев в год, но это крайне трудоемко и обычно требует больших затрат дополнительной энергии.

Дополнительную энергию используют в сельскохозяйственных системах в самых разнообразных формах, например сжигание топлива в двигателях внутреннего сгорания тракторов, комбайнов и др. Много энергии овеществлено в производстве удобрений и пестицидов, используемых в растениеводстве.

Повышение урожайности культур сопровождается значительным повышением их энергоемкости.

Существуют скрытые затраты дополнительной энергии и на производство животноводческой продукции. Энергетические субсидии необходимы для строительства животноводческих помещений, поддержания в них оптимального микроклимата (тепло, свет и др.), охраны животных от заболеваний и т. д.

К экологически организованной агроэкосистеме предъявляется требование *сестайнинга*. Использование данного понятия применительно к агроэкосистемам предложено А. Шапкиным и Б. Миркиным с соавторами. Сестайнинг обеспечивается на основе экологического закона, требования, предусматривающего систему запретов на ресурсоразрушающие методы природопользования (почвы, пастбища, гидрологический режим территории, биологическое разнообразие и т. д.). Для того чтобы осуществить требования сестайнинга, необходима оптимизация агроэкосистемы. Для этого предлагается расчетным путем устанавливать оптимальное соотношение учитываемых компонентов, основными из которых являются пашня, естественные и кормовые угодья, скот. В одних и тех же природных условиях могут реализовываться различные функциональные варианты агроэкосистемы – растениеводческая, животноводческая и комплексная, что зависит от экономической целесообразности. Сестайнинг достигается при

любом количестве привносимой энергии (экстенсивный, интенсивный и адаптивный варианты).

Для любого варианта агроэкосистемы сестайнинг означает приближение к экологическому равновесию за счет обеспечения максимальной замкнутости циклов вещества, минимизации количества антропогенной энергии, повышения биологического разнообразия и его потенциальной способности к формированию полезных симбиотических связей.

Уменьшение площади пашни, повышение доли естественных кормовых угодий, усиление значения лесомелиорации, сокращение поголовья скота, усовершенствование севооборотов путем повышения доли почвовосстанавливающих культур – это требования к реализации оптимизации агроэкосистемы.

Существует обобщенная характеристика основных типов агроэкосистем и тактик достижения сестайнинга (табл. 3).

Энергетический баланс экосистем, меняющийся в зависимости от климатической зоны, объективно обуславливает формирование у экосистем приспособленности к «оптимальному» поглощению лучистой энергии, возможному в конкретных условиях.

Адаптированность энергетического баланса экосистемы, соответствующая энергозатратам на теплообмен и транспирацию, повсеместно определяет продукционную эффективность как естественных, так и искусственных ценологических образований.

Энергетические особенности различных природных зон планеты позволяют выделить 5 основных (глобальных) типов агроэкосистем:

1. Тропический тип. Характеризуется высокой обеспеченностью теплом, способствующей непрерывной вегетации. Земледелие, главным образом, на основе функционирования агроэкосистем с преобладанием многолетних культур (ананасы, бананы, какао, кофе, многолетний хлопчатник и др.). Однолетние культуры здесь дают несколько урожаев в год. Особенностью является непрерывная потребность во вложении антропогенной энергии в связи с постоянным в течение года проведением полевых работ. Для агроэкосистем этого

типа присуща фактически равнозначность естественного и антропогенного процессов массо- и энергообмена.

2. Субтропический тип. Интенсивность антропогенных потоков веществ и энергии меньше; проявляются дискретность и дисперсность этих потоков. В основном характерно наличие двух вегетационных периодов – летнего и зимнего. Произрастают многолетние растения, которые имеют хорошо выраженный период вегетативного покоя (виноград, грецкий орех, чай и др.). Однолетние растения летнего периода представлены кукурузой, рисом, соей, хлопчатником и т. д.).

3. Умеренный тип. Агроэкосистемы характеризуются лишь одним (летним) вегетационным периодом и продолжительным («нерабочим») периодом зимнего покоя. Очень высокая потребность во вложении антропогенной энергии приходится на весну, лето и первую половину осени.

4. Полярный тип. Земледелие носит очаговый характер. Агроэкосистемы существенно ограничены территориально и по видам возделываемых культур (листовые овощи, ячмень, некоторые корнеплоды, ранний картофель).

5. Арктический тип. Агроэкосистемы открытого грунта отсутствуют. Возделывание культурных растений исключено из-за очень низких температур теплого периода: в летние месяцы бывают длительные похолодания с отрицательными температурами. Возможно использование закрытого грунта.

На территории современной России главенствующими являются агроэкосистемы умеренного типа со всеми вытекающими требованиями по организации их рационального функционирования.

Резюмируя все вышеизложенное, можно заключить, что продукционный процесс агроэкосистемы обеспечивается интенсивностью и направленностью процессов обмена веществ и переноса энергии между возделываемой культурой и окружающей природной средой, находящимися под управлением человека. Качеством управления, степенью его природосообразной достаточности обуславливает-

ся, в конечном счете, экосистемный уровень биологической организации агроэкосистем.

Таблица 3 – Обобщенная характеристика основных типов агроэкосистем и тактик достижения сестайнинга

Группы по размеру антропогенной энергетической субсидии (а. э. с.)	Продуктивность	Степень адаптивности	Специализация	Тактика сестайнинга
Экстенсивные (низкие а. э. с.)	Низкая	Высокая	Растениеводческая	Обеспечение достаточной длительности залежно-переложной стадии
			Животноводческая	Обеспечение баланса между продуктивностью кормовых угодий и поголовьем скота
			Комплексная	Обеспечение баланса между площадями пашни и луга и поголовьем скота
Интенсивные (высокие а. э. с.)	Высокая	Низкая	Растениеводческая	Применение севооборотов с травами и сидератами
			Животноводческая	Утилизация бесподстилочного навоза, возврат его на пашню
			Комплексная	Утилизация бесподстилочного навоза, возврат его на пашню
Адаптивные (умеренные а. э. с.)	Умеренно высокая	Высокая	Растениеводческая	Сидерация, севообороты биометодов
			Животноводческая	Обеспечение адаптивной структуры агроэкосистемы, сохранение биологического разнообразия
			Комплексная	Севообороты, полная утилизация навоза, применение

Резюмируя, следует обозначить и охарактеризовать следующие *отличительные особенности функционирования агроэкосистем от природных систем.*

Естественные системы и агроэкосистемы имеют свойственные им потоки энергии и возможности накопления ее, внутренние и внешние круговороты веществ, обладают способностью регулировать эти процессы, которые существенно отличаются друг от друга.

Первое различие между естественными и искусственными экосистемами (агроэкосистемами) состоит в разном направлении отбора.

Естественный отбор, отменяя нежизнеспособные формы организмов и их сообществ, ведет организацию естественных экосистем к их фундаментальному свойству – устойчивости. При недостатке света, тепла и влаги, питательных элементов выживают те конкурирующие виды, которые способны пройти весь жизненный цикл и оставить потомство.

Агробиоценозы находятся вне сферы естественного отбора, эти системы создаются и поддерживаются человеком.

Искусственный отбор направлен прежде всего на повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Причем урожайность не связана с устойчивостью к неблагоприятным факторам.

Второе отличие связано с поступающей энергией. Естественные экосистемы используют единственный источник энергии – солнце. КПД использования солнечной энергии мал, однако естественные экосистемы устойчиво существуют на этом количестве энергии, трансформируя ее в различных пищевых цепях

Для большинства типов растительного покрова КПД накопления биомассы составляет в среднем 1,0–2,0 % поглощенной ФАР (область фотосинтетически активной радиации, равная 0,38–0,71 мкм). Пустынные кустарники имеют КПД 0,03 %, альпийские травянистые растения – 0,15–0,75 %. Наиболее высокий КПД у лесных экосистем – 2,0–4,0 %. В целом растительный покров России характеризуется величиной КПД около 0,7 % поглощенной ФАР.

Агробиоценозы наряду с солнечной энергией получают дополнительную. Доля антропогенной энергии составляет 5–10 % от об-

щей. К такой энергии относятся: мышечные усилия человека, удобрения, пестициды, орошение, сельскохозяйственные машины и др. Энергетические вложения всегда сопровождаются вещественными, что оказывает влияние на биологический круговорот в агроценозах. В целом же КПД хорошего посева за вегетационный период не превышает 1,0–4,0 %.

Третье отличие состоит в разнообразии экологического состава фитоценоза.

Разнообразие экологического состава фитоценоза обеспечивает устойчивость продукционного процесса при колебании погодных условий в различные годы. Угнетение одних растений в естественных экосистемах приводит к повышению продуктивности других.

В результате сохраняется способность к созданию продукции в разные годы.

Агроценоз полевых культур – сообщество монодоминантное, односортовое. Действие неблагоприятных факторов одинаково отражается на всех растениях агроценоза. Угнетение роста и развития одной культуры не может быть компенсировано усиленным ростом других растений. В результате устойчивость агроценоза ниже, чем в естественных экосистемах.

Четвертое отличие заключается в наличии растений с различными фенологическими ритмами.

Наличие широкого спектра растений с различными фенологическими ритмами позволяет естественным экосистемам осуществлять продукционный процесс в течение всего вегетационного периода непрерывно, наиболее полно и экономно расходуя ресурсы тепла, влаги и питательных элементов.

В агроэкосистемах период вегетации культурных растений короче вегетационного сезона. В агробиоценозе рост растений одновременен и последовательность стадий развития во многом синхронна. Поэтому время взаимодействия растений и их остатков с почвой намного короче, чем в естественных системах, что негативно отражается на обменных процессах в системе. Надземные растительные остатки поступают на почву на короткий промежуток времени, лишь

в конце лета и начале осени, минерализация их осуществляется лишь в следующем сезоне, что негативно отражается на уровне почвенного плодородия.

Пятое отличие. Одно из самых существенных различий между естественными экосистемами и агроэкосистемами заключается в степени скомпенсированности круговорота внутри экосистемы.

В естественных экосистемах приход вещества в цикл за определенный период в среднем приблизительно равен выходу вещества из цикла.

Антропогенное воздействие нарушает скомпенсированность (замкнутость) биологического круговорота. В агроэкосистемах часть веществ изымается из экосистемы безвозвратно. В агроценозах с растительной продукцией выносятся 50,0–60,0 % органического вещества. Даже внесение удобрений не может компенсировать выносимые с урожаем элементы питания.

Уменьшение содержания гумуса ухудшает условия развития полезной микрофлоры, в том числе «почвоочистительной», способствует утрате запасов внутрипочвенной энергии, элементов питания, благоприятствует усилению процесса смыва и вымывания, т. е. обуславливает деградацию базиса.

Шестое отличие заключается в том, что природные системы авторегуляторны, агроэкосистемы – управляемых человеком. Человек в агроэкосистемах контролирует или изменяет влияние природных факторов. В связи с чем необходимо найти условия повышения урожайности культур при минимальных затратах вещества и энергии, при которых бы сохранялось и повышалось почвенное плодородие.

3.2 Особенности круговорота веществ в сельскохозяйственных экосистемах

В результате разнообразных вещественных и энергетических превращений в литосфере, гидросфере и атмосфере происходит массо- и энергообмен на планете. С появлением жизни эти круговороты и потоки усилились, претерпев существенные качественные изменения в результате развития биогенной миграции.

Деятельность человека вносит заметные коррективы в процессы массо- и энергообмена, затрагивая и изменяя их территориальные временные характеристики. Агроэкосистемы, конечно, причастны к этим изменениям (и подчас в немалой степени), способствуя, в частности, разомкнутости круговоротов веществ и др. Так, вследствие разомкнутости круговорота азота под влиянием химизации агроэкосистем планеты в воде и почвах накапливается и не возвращается в атмосферу ориентировочно около 10 млн. тонн данного элемента. Избыток биогенных веществ – это причина загрязнения природных вод, развития нежелательных процессов в почвах и т. д. Сельское хозяйство изменяет в круговороте веществ и потоков энергии интенсивность и траектории их перемещения. Особенно опасно вовлечение в круговорот искусственно синтезированных веществ, в том числе и ксенобиотиков.

В пределах территориальных участков, находящихся под влиянием формирующихся и функционирующих агроэкосистем, складываются свои особенности развития и перемещения миграционных потоков веществ, что по-разному сказывается на состоянии природных комплексов и их компонентов и требует нестандартных решений при рассмотрении конкретных природоохранных ситуаций.

В природных экосистемах внутренний круговорот питательных веществ по объему значительно превышает их поступление из атмосферы и потери на выбывание из почвы.

В управляемой сельскохозяйственной экосистеме распределение питательных веществ меняется, что проявляется в снижении их переноса от первичных продуцентов к потребителям (*консументам*), а также в последующем закономерном изменении режима поступления этих веществ к *редуцентам*. Это вызвано применением в агроэкосистемах пестицидов, осуществлением агротехнических мероприятий (регулирующего фактора). Характерно, что после заделки растительных остатков при последующей обработке почвы активность редуцентов повышается. Важно, что в результате управления агроэкосистемой наблюдаются изменение обычного («консервативного») круговорота питательных веществ и увеличение скорости их перехода в

абиотическое состояние. В агроэкосистемах изменяются или подавляются присущие природным системам свойства саморегулирования, что ведет к снижению биотической устойчивости.

В перспективе должно быть обеспечено максимальное приближение свойств искусственных образований к свойствам природных. К этому и должны сводиться агроэкологические решения, основывающиеся на учете особенностей массо- и энергообмена в сельскохозяйственных экосистемах.

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 естественной 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 агроэкосистемы. 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 агроэкосистемы. При низких энергозатратах 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 эффективность 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.

3.3 Техногенез

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, осыпи), 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 характеризуется 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= 5×10^4 ; Cd, F, As - 5×10^3 ; Sb, Pb, U - 5×10^2 ; Se, Be, Ba, Sn - 5×10^1 .

Обследование источников загрязнений на территории и оценка рисков аварийных ситуаций. Необходимо учесть все имеющиеся на территории источники загрязнения, спектры выделяемых ими поллютантов 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 $4,5 \text{ г/см}^3$, 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 дибензодиоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), полихлорированные бифенилы (ПХБ), полибромированные дибензодиоксины (ПБДД) (несколько сотен упомянутых соединений превосходят по токсичности нервно-паралитические газы и могут мигрировать по пищевым цепям); агродохимикаты, 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 полураспада); микотоксины.

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

Оценка техногенного загрязнения агроэкоферы 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 (Pb 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 больше 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 – корма, корма – 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 радионуклидами – преимущественно ^{137}Cs и ^{90}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. 22). 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 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.

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.



Рисунок 22 – Алгоритм разработки технологий адаптивного животноводства в условиях радиационного техногенеза

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 исполь-

зования 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 откорма 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, обу-

словленное 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 прижизненной 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.

3.4 Природноресурсный потенциал сельскохозяйственного производства

Природноресурсный потенциал – это совокупность естественных ресурсов, являющихся основой экономического развития территории, которые могут быть вовлечены в хозяйственный оборот с учетом 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 опосредствовано действием большого количества политических, экономических, социальных, экологических, технологических и организационно-правовых факторов, кото-

рые 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.

Природноресурсный потенциал территории определяется наличием запасов разведанных и учтенных природных ресурсов. Качество природных ресурсов оказывает влияние на реализацию экономического потенциала территории и эффективность использования природноресурсного 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 эффективно-

сти 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 водоемких 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 отличиями в природной среде. Понятие «природные условия» охватывает свойства природы. Это климат, характеристика почв, рельеф местности, условия добывания 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 материализуется 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 вызывает 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 .

Прямым 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 неперенным 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 рассеян-

ном 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 важен 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 по-

тенциал, 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.

3.5 Сельскохозяйственные ландшафты и проблемы землепользования

Вплоть до середины двадцатого столетия увеличение продукции шло в основном за счет вовлечения новых посевных площадей. Поскольку на планете практически не осталось территорий, пригодных к распашке, была выдвинута идея интенсификации использования земель за счет увеличения доз удобрений, пестицидов, обработок, орошения. Земледелие постепенно приобретало промышленный характер. Еще на этапе экстенсивного ведения хозяйства просматривались противоречия между природой и создаваемыми человеком агроландшафтами. Однако с так называемой "интенсификацией" использования ("зеленая революция", индустриальная технология и т.д.) отношения между природой и агроландшафтами приобрели катастрофические противоречия, усилившие процессы опустынивания суши и водных бассейнов (образование водных пустынь) и в целом нарушения глобальных (биосферных) процессов, в конце концов ведущих к региональным и биосферному экологическому кризису.

Агроландшафты являются специфичными малоустойчивыми биосистемами, весьма упрощенными по своей структуре и составу с выраженной нестабильностью и неспособностью к саморегуляции. Они ежегодно создаются заново или постоянно поддерживаются через использование значительных количеств энергии и ресурсов и потому не могут быть хотя бы относительно замкнутыми (поэтому в их структуру легко внедряются сорняки), а для их поддержания постоянно требуется дополнительная энергия (удобрения, поливы, пестициды, обработки, замена сортов и т.д.).

Преобразование природных ландшафтов в агроландшафты сопровождается активным поступлением во все компоненты окружающей среды биогенных элементов, влияние которых связано с увели-

чением распаханности территорий, трансформации угодий мощной техникой и гидромелиорацией, развитием процессов химизации на основе как минеральных, так и органических удобрений. В пределах аграрных территорий главными источниками нагрузки биогенами являются сельскохозяйственные угодья (пашни, сенокосы, пастбища), объекты животноводства (помещения для содержания скота, отстойники сточных вод, навозохранилища и жижеборники), склады минеральных удобрений, сельские населенные пункты и садово-огородные территории.

3.5.1 Растениеводческие ландшафты

На долю растениеводства в структуре пахотных земель в разных районах страны приходится до 60% и больше. Культивируемые зерновые, технические, масличные и другие растения, являющиеся важнейшими элементами агроландшафтов, весьма сильно поражаются вредителями и болезнями. Поэтому на их поддержание расходуется дополнительная энергия. Другими словами, агроландшафты в основном существуют за счет энергии человеческого труда. Отсюда вытекает, что растениеводство в целом в условиях активного применения техники выделилось как экологически опасная отрасль. Растениеводство обуславливает истощение невозполняемых ресурсов. При выращивании сельскохозяйственных культур производятся большие затраты металла, угля, нефти, которые практически не восполняются в природе. Широкое применение этих ресурсов, безусловно, сказывается на экологической ситуации агроландшафтов, их структуре, устойчивости и т.д. В природные комплексы, в связи с развитием растениеводства, поступает большое количество биогенов, тяжелых металлов, пестицидов. Кроме того, современное растениеводство весьма существенно нарушает природное равновесие потоков энергии, круговороты воды и питательных веществ, поскольку человек очень часто разрушает сложившиеся связи в структуре агроландшафтов вспашкой и культивацией почвы, движением тяжелых машин (тракторов, машин, комбайнов). Механические действия техники, внесение ядохимикатов и удобрений усиливают разрушение почвы, уско-

ря процессы опустынивания и заметно сокращая её биоразнообразие, особенно сообществ микроорганизмов и микрофауны.

Для поддержания агроландшафтов человек использует огромное количество природных ресурсов, включая солнечную радиацию, минеральные ресурсы, воду, плодородие почвы и т.д. (рис.23).



Рисунок 23 – Компоненты растениеводческого агроландшафта

В современных агроландшафтах солнечная радиация и другие природные ресурсы используются пока малоэффективно, чему способствует далекая от оптимума структура посевов, низкие коэффициенты поглощения солнечной радиации, очень низкое поглощение питательных веществ. Для удовлетворительного потребления энергии солнца ИЛП посева при производстве зерна должно быть 4–6, а на зеленую массу – 8–10 м²/м². Реально сегодня эти показатели не превышают 2–3 м²/м², что обеспечивает использование радиации на 0,6–0,8% (максимум до 1%). Разреженные посевы благоприятствуют развитию сорной флоры, создающей конкуренцию культурам за питательные вещества, воду и углекислый газ.

Агроландшафты являются крупными потребителями воды: на каждую тонну зерна ее расходуется до 600–800 м³ и больше. Столь высокое потребление воды обусловлено созданием плохо продуман-

ных посевов, усиливающих поверхностный сток и снижающих её инфильтрацию в грунтовые воды.

С урожаем сельхозкультур выносятся большое количество питательных веществ (рис. 24). Поскольку они отчуждаются с урожаем, то для их восполнения в почву необходимо вносить дополнительно минеральные удобрения. С этой целью в мире производится свыше 550 млн. т различных химических удобрений. Однако внесение удобрений нельзя рассматривать как единственно возможный способ решения проблемы. Экологизация аграрной отрасли предполагает разработку и внедрение грамотных севооборотов, сохраняющих стабильность и продуктивность агроландшафтов научно-обоснованным путем.

Разные культуры потребляют неодинаковое количество питательных веществ (азот, фосфор, калий). Например, зерновые культуры на образование 1 ц зерна выносят из почвы примерно равное количество азота и калия, а подсолнечник на 1 ц семян в два раза больше калия, чем азота. Поэтому, если длительное время на одном и том же поле возделывать одну и ту же культуру, то со временем наступит одностороннее истощение почвы каким-либо элементом питания. Теперь эту причину легко устраняют внесением соответствующих удобрений с учетом требований растений и наличия питательных веществ в почве. Разные культуры потребляют неодинаковое количество питательных веществ (азот, фосфор, калий). Например, зерновые культуры на образование 1 ц зерна выносят из почвы примерно равное количество азота и калия, а подсолнечник на 1 ц семян в два раза больше калия, чем азота. Поэтому, если длительное время на одном и том же поле возделывать одну и ту же культуру, то со временем наступит одностороннее истощение почвы каким-либо элементом питания. Теперь эту причину легко устраняют внесением соответствующих удобрений с учетом требований растений и наличия питательных веществ в почве.

Большое значение имеет способность самих растений усваивать питательные вещества из труднорастворимых соединений.

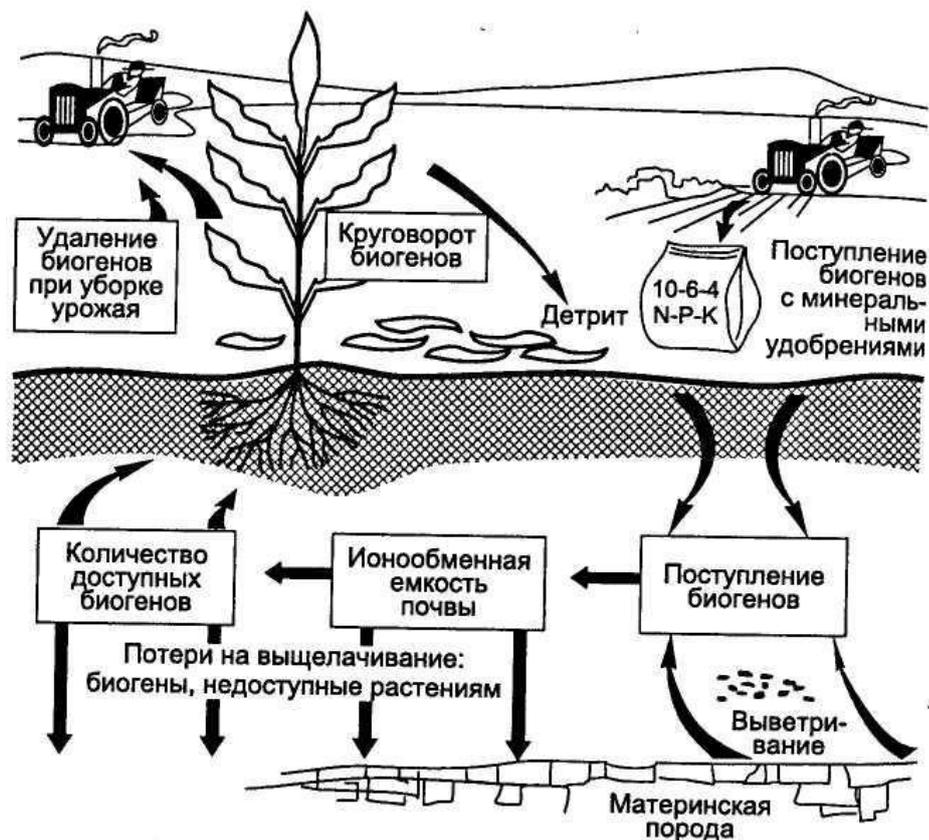


Рисунок 24 – Транспорт биогенных элементов в агроландшафтах

Например, пшеница и сахарная свекла потребляет фосфор из легкорастворимых в почве соединений, а гречиха и особенно овес могут извлекать его из труднорастворимых фосфатов.

У разных культур корневые системы неодинаковые. У пшеницы и ячменя они уходят вглубь на 1–2 м, а у люцерны, свеклы и подсолнечника до 3 м и более. С более мощной корневой системой растения охватывают больший объем почвы и лучше используют запасы питательных веществ по всей глубине корнеобитаемого слоя. Кроме того, на корнях бобовых, в результате симбиоза с клубеньковыми бактериями образуются клубеньки, где накапливается азот и идет обогащение им почвы. Поэтому возделывание бобовых культур способствует улучшению азотного питания других, не бобовых растений. Так, соя и горох при урожайности 20–30 ц/га с помощью клубеньковых бактерий накапливают в почве по 50–100 кг/га азота, а люцерна при хорошей урожайности – до 250–300 кг/га. После уборки культур остается разное количество пожнивных и корневых остатков. Так, после многолетних злаково-бобовых трав, при высоких урожаях, после двухго-

дичного использования в почве остается до 100 ц/га корневых и покосных остатков, а после зерновых культур – 50–70 ц/га. Таким образом, после уборки различных культур почва имеет неодинаковые показатели плодородия. После многолетних бобовых трав происходит обогащение органическим веществом, улучшение структуры и водно-воздушного режима, усиление микробиологической активности, а после зерновых культур и особенно, сахарной свеклы, подсолнечника и кукурузы, напротив обедняется органическим веществом и питательными элементами.

При возделывании пропашных культур (сахарная свекла, подсолнечник и кукуруза) почва после сева и посадки длительное время остается открытой, незащищенной растениями. Кроме того, ее несколько раз обрабатывают до и после всходов, особенно в междурядьях. В результате структура почвы, строение и плотность ухудшаются сильнее, чем под культурами обычного рядового способа сева (озимые колосовые). Еще лучше сохраняется и улучшается структура почвы под посевами многолетних трав.

Разные культуры за период вегетации расходуют неодинаковое количество воды и по-разному иссушают почву.

Например, сахарная свекла, подсолнечник и люцерна значительно сильнее иссушают почву, чем пшеница и ячмень. Поэтому в севообороте их необходимо размещать так, чтобы к посеву создать максимальный запас влаги во всем корнеобитаемом слое почвы. С физическими свойствами тесно связаны и от них зависят водный, воздушный, тепловой и питательный режимы почвы. Чем лучше она оструктурена и более длительное время находится под покровом растений (например, многолетними травами), тем меньше смывается и размывается. Эрозия на таких площадях или совсем не проявляется или развивается незначительно.

У многих сорняков имеются сходные с различными культурными растениями ботанические и биологические особенности, например, продолжительность вегетационного периода (ранние, поздние яровые, озимые и зимующие), форма и размер семени (овса и овсюга, клевера и повилки клеверной) и т.д. Соблюдением севооборота

можно регулировать возбудителей болезней и вредителей – монофагов или олигофагов (бурая ржавчина, фомопсис, церкоспороз, пшеничный трипс, хлебная жужелица, обыкновенный свекловичный долгоносик и др.) Таким образом, при повторном возделывании или частом возвращении одной и той же культуры на прежнее место (поле) для нее будут складываться плохие условия питания и обеспечения влагой, ухудшится фитосанитарное состояние. На эрозионно-опасных территориях разрушается почвенный покров, снижаются плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур. Следует подчеркнуть большую положительную роль научно-обоснованных севооборотов в защите окружающей среды. Никакие высокоэффективные химические средства защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, а также минеральные удобрения не могут сравниться с севооборотом, а тем более заменить его. Загрязнение окружающей среды продуктами химизации земледелия ведет к опасным последствиям для человечества. В настоящее время ученые отмечают, что в результате нарушения севооборотов широкое применение разных видов минеральных удобрений и особенно химических средств для уничтожения сорняков, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур, привело к резкому уменьшению в почве количества полезных микроорганизмов, дождевых червей.

Естественные насекомые-опылители растений (шмели, дикие пчелы) почти полностью исчезли. Домашние пчелы также гибнут от применения пестицидов. В продуктах питания накапливаются вредные для здоровья человека соединения от применяемых средств химизации.

Основным ресурсом для растениеводства в мире является площадь земель, занимаемая агроландшафтами. Сегодня занято в мире примерно 12–13 млн. км² под пашню. Свыше 20 млн. км² уже исключено из пашни как непригодные для сельскохозяйственного использования (засоление, заболачивание, опустынивание и т.д.) В целом, под окультуренными ландшафтами, включая и агроландшафты, в мире занято до 30% площади суши.

Сегодняшние сельскохозяйственные ландшафты весьма энергозатратны. Иными словами, агроландшафты требуют для поддержания большого количества энергоресурсов. Растениеводческая отрасль является одной из самых ресурсо- и энергопотребляющих: на производство 1 ккал органического вещества расходуется до 10 и больше ккал антропогенных затрат. Для сравнения приведем овощеводческий вариант: при создании полидоминантных посевов и ручном труде на 1 ккал антропогенных затрат получают до 15 ккал органического вещества (урожая).

Агроландшафты создают две формы отходов:

1) образующиеся вещества в процессе формирования агроландшафтов, но не входящие в состав биомассы;

2) вносимые человеком вещества, но биосистемой полностью не используемые. Эти отходы оказывают существенное влияние на природу как загрязнители, тем более что они носят, по сути дела, глобальный характер. Далеко не полностью используется биомасса агроландшафтов, значительная её часть (до 60%) остается неиспользованной и расходуется непроизводительно: разлагается на поверхности (стерня, опад) и выветривается.

Наиболее опасными являются отходы химизации растениеводства: при коэффициенте использования полевыми растениями 25–50% (а в плодоводстве – 10–25%) вносимых удобрений примерно 2/3 в среднем остается в почве неиспользованными, из которых свыше 90% смываются поверхностными водами в водные системы и фильтруются в грунтовые воды. Среди минеральных удобрений особую тревогу вызывают нитраты, негативно влияющие на здоровье людей и загрязняющие поверхностные и подземные воды, и фосфаты, обуславливающие *эвтрофикацию* водных систем (рис. 25). В состав удобрений входят в качестве баланса сульфаты, тяжелые металлы (например, кадмий), фтор, хром и другие, загрязняющие почву элементы.

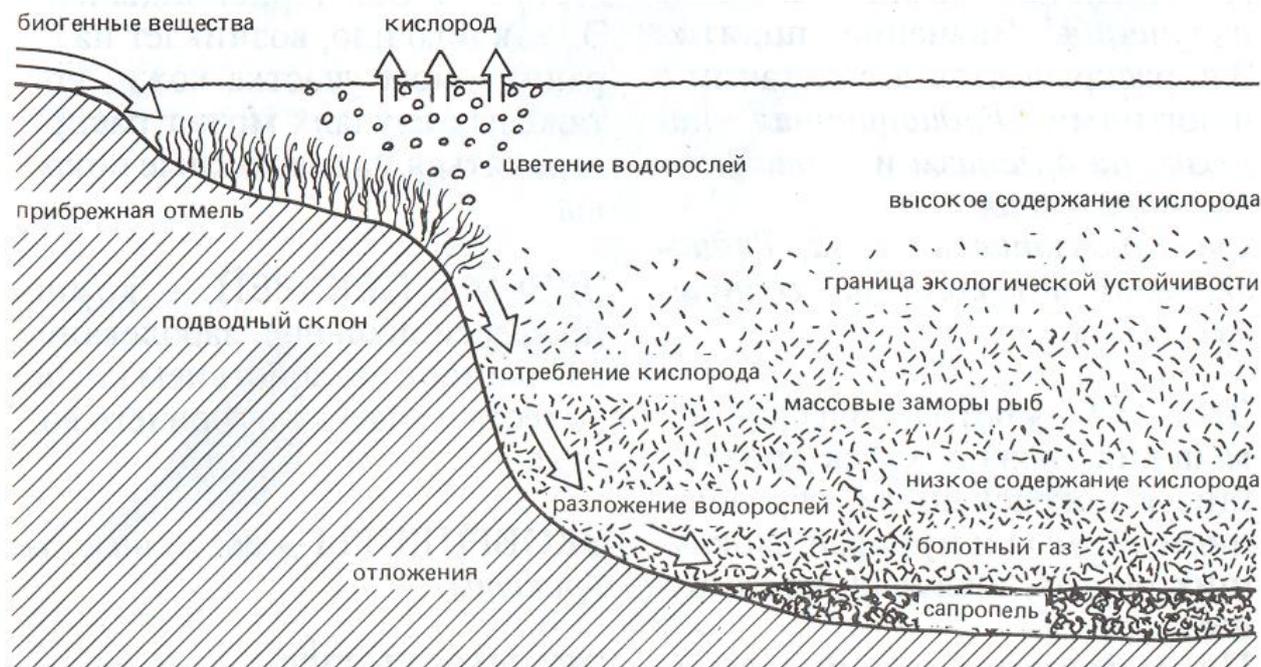


Рисунок 25 – Эвтрофикация водоема по причине попадания биогенных веществ – азота, фосфора, калия и других, источник которых – удобрения, вносимые на полях

Все наносы являются источниками биогенов, поскольку последние находятся в компановке с частицами гумуса и глины и выступают как постоянные компоненты смывов почвы. Важнейшим поставщиком биогенов в водные системы являются агроландшафты:

- смываемые удобрения с полей и садов;
- смываемые с территорией пастбищ и вокруг ферм экскременты и другие выделения животных;
- смываемые из поселков отходы и выделения домашних животных, количество которых в десятки раз выше популяций диких животных в естественных системах;
- экскременты и выделения людей, плотность которых в поселках в десятки раз выше популяций животных; с экскрементами в водоемы поступает огромное количество биогенов – нитратов, фосфатов, калийных соединений и т.д.

Развитие агроландшафтов, основным звеном которых являются агроценозы, ведет к заметному ухудшению среды во многих районах, особенно в сельскохозяйственных, где нередко наблюдается их частичная

или даже полная деградация. Агроландшафты при разумной их организации могут выступать относительно стабильными. Однако немедленно выполняемая задача по максимальному получению продукции ведет к разрушению естественных угодий (лугов, лесов, степей), что определяет ухудшение (для человека) экологической ситуации в регионе и в более глобальном плане.

Деградации почв способствует и механизация растениеводства: загрязнение атмосферы и почвы токсичными выхлопными газами, уплотнение почвы машинами. Удобрения, и особенно пестициды, весьма негативно влияют на микрофлору и микрофауну почвы, особенно их сапротрофные части: обедняют популяции, а некоторые приводят к гибели. Все это, безусловно, отразилось на скорости биогеохимических циклов, соотношении в них отдельных веществ, накоплении их в отдельных звеньях замкнутых цепей и т.д.

В связи со складывающейся ситуацией в растениеводстве целесообразно в каждом районе проанализировать набор культур в севооборотах и вести поиск экологически чистых технологий, которые способствовали бы стабилизации плодородия почв в этом регионе. Дисбаланс азота в почве существенно снижается при использовании совмещенных посевов с бобовыми культурами и внесении умеренных доз минеральных удобрений. Использование биологического азота бобовых (до 37% бобовым растением и сопутствующей культурой до 20%), а также фиксируемого азота свободноживущими азотфиксаторами, безусловно, снижает нагрузку на почвенные запасы азота.

В целом, растениеводческая отрасль является весьма ресурсо- и энергопотребляющей и высокоотходной, обуславливающей переход в природные комплексы огромного количества загрязнителей.

Таким образом, растениеводство является одним из основных и весьма значимых элементов агроландшафтов, оказывающих огромное воздействие на формирование биогенной нагрузки. Распашка территории (при которой изменяются условия формирования водного стока), эрозия почв, промывной тип водного режима (при котором количество выпадающих осадков превышает количество испаряемой из

почвы влаги) способствуют активному выносу биогенных элементов в водные объекты и во все природные компоненты в целом. При использовании больших доз минеральных удобрений возрастает вынос биогенных веществ с поверхностным стоком вследствие их накопления в пахотном слое почвы.

При соблюдении ряда мероприятий в условиях использования интенсивных технологий в растениеводстве может быть достигнуто снижение вымывания биогенных элементов. К ним относят: оптимальное внесение удобрений в периоды активного потребления растениями элементов питания, применение слаборастворимых, медленнодействующих видов минеральных удобрений, использование таких форм удобрений, которые не содержат несорбируемых почвой ионов, применение ингибиторов нитрификации, соблюдение доз и способов внесения удобрений.

3.5.2 Животноводство и его влияние на агроландшафт

Специфичность этой отрасли обусловлена круглогодичной технологией кормления, ухода и производства животноводческой продукции – молока, мяса, шерсти и т.д. Кроме того, животноводство как отрасль производства базируется на ряде смежных отраслей таких, как растениеводство (включая плодоводство, овощеводство и, особенно, кормопроизводство). Животноводство, с одной стороны, удачно сочетается с растениеводством, потребляя в качестве корма его отходы, а с другой стороны весьма активно использует естественные угодья (природные пастбища). Рассмотрим основные формы отношений между природой и промышленным животноводством.

Самой древней формой использования растений является выпас скота, который способствует постепенному уплотнению почвы, накоплению органического вещества, повышению содержания в почве азота, фосфора и других элементов, сокращению соотношения углерода и азота и т.д. В верхнем слое почвы при длительном пастбищном режиме накапливается примерно в 3-3,5 раза больше азота, в 2-2,5 раза углерода, снижается соотношение углерода и азота примерно в 2 раза и т.д. Влияние выпаса скота на пастбищные сообщества весьма многообразное. При бессистемном выпасе пастбищные угодья

могут превратиться в бросовые, сильно эродированные, выбитые, с резко разрушенной дерниной. Скот влияет на травостой через поедание ценных видов, через механическое воздействие копытами (вытаптывание), химическое влияние (отложение экскрементов) и т.д. Влияние животных может быть прямым и косвенным (через изменение условий произрастания). Влияние выпаса на сообщества весьма варьирует и зависит от типа почвы, растительности, рельефа, условий увлажнения, нагрузки животных и т.д.

Стравливание пастбища ведет к прерыванию роста растений, изменению условий их вегетации (усиление испарения, повышение температуры почвы и воздуха, изменение светового режима). Отдельные виды животных по-разному отчуждают различные виды растений. Крупный рогатый скот поедает траву, обрывая листья и стебли на разной высоте. Лошади траву скусывают и потому меньше травмируют растения. Овцы скусывают траву у самой поверхности почвы или только соцветия, а другие виды совершенно не трогают. Гуси, куры выклеивают почки возобновления укороченных побегов у поверхности почвы, оказывая негативное влияние на восстановительную функцию растений.

Стравливание травостоя наблюдается весь период вегетации растений. В случае большой нагрузки скота и при неблагоприятных условиях (засуха, бедные почвы) сложившиеся ландшафты под влиянием стравливания меняют облик, что связано со сменой доминант по сезонам года. Выпас способствует исчезновению многих видов растений в связи с сокращением семяобразования через раннее поедание побегов и, наоборот, обеспечивает доминирование малопоедаемым видам, обсеменение которых с годами усиливается.

Выпас влияет на сообщества и через **вытаптывание**: животные при движении по пастбищу оказывают на почву и растения давление копытами. Например, давление на почву крупного рогатого скота около 1 кг/см^2 в покоящемся состоянии, а при ходьбе давление передних копыт достигает до 5 кг/см^2 , что значительно выше, чем давление гусениц трактора. Плохой травостой заставляет скот передвигаться больше, и тем самым сильнее уплотняется почва и больше те-

ряется особей ценных видов, и такие угодья быстрее переходят в неудобья. Ежедневно корова проходит по пастбищу около 3 км и в течение вегетационного периода она дважды проходит по одному месту, существенно уплотняя почву.

Постоянно выпасаемые пастбища постепенно меняют видовой состав растений. Выживают только те растения, которые устойчивы к вытаптыванию – это розеточные виды (подорожник), с надземными стелющимися побегами (клевер) и т.д. Их устойчивость определяется упругостью надземных органов, имеющих хорошо развитую сосудистую систему. Животные при своем движении по пастбищу отчленяют побеги одних растений, втоптывая их в почву и тем самым способствуя их укоренению. Вытаптывание влияет на травостой (и естественно, на животный мир системы) прямо (чисто механически) и косвенно (через уплотнение почвы и ухудшение условий для жизни одних видов и, наоборот, создание свободных ниш для других – более гибких и пластичных). У травянистых видов разрушаются листья, почки, укороченные побеги; прямое механическое воздействие оказывается животными.

Негативное влияние выпаса на растения обуславливается повреждением их надземных органов (листьев, почек, побегов), которые не отмирают, но такие растения ограничивают формирование новых побегов, а поврежденные структуры не обеспечивают необходимым количеством ассимилятов растения. Поэтому такие растения имеют ограниченный жизненный ресурс и рано отмирают.

Механическое воздействие животных на почву ведет к уплотнению её верхнего слоя, его деформации, образованию скотовыбоин, голых пятен, что, в конечном счете, способствует развитию эрозионных процессов. В связи с этим меняются водно–воздушные свойства почвы, повышается её плотность, сокращается количество и размеры пор, влагоемкость почвы, скорость инфильтрации и т.д. Весьма интенсивно меняется и биологическая активность почвы: снижается численность и активность дождевых червей, азотфиксирующих бактерий и, наоборот, увеличиваются популяции маслянокислых анаэробных бактерий, денитрофикаторов, нарастает испарение с откры-

той поверхности, способствующее при близком залегании грунтовых вод засолению почвы.

Неумеренный выпас является одной из причин ксерофитизации, галофитизации или гидрофитизации растительности. Уплотнение почвы ведет к уменьшению глубины проникновения корней, изменению их внешней формы и даже анатомии. При долгом нахождении животных на пастбище они оставляют большое количество экскрементов (кала и мочи), которые влияют на растительность и почву. Особо экскременты влияют на развитие микрофлоры (бактерии) и фауны (членистоногие, простейшие) и грибов. В почву с экскрементами и мочой возвращается до 50% и больше минеральных веществ. При длительном нахождении животных на пастбище в почву возвращается значительно больше питательных веществ, чем если выпас ограничен во времени (регулируемый выпас). Возвращение в почву больших количеств богатых азотом веществ обуславливает активизацию почвенных микробо- и зооценозов, усиливает процессы разложения органического вещества и сокращает неразложившиеся органические материалы. Уплотнение почвы снижает эффективность воздействия экскрементов и выделений животных на активизацию жизнедеятельности биотопа.

Экскременты разных животных заметно различаются по содержанию в них питательных веществ. Содержание воды в экскрементах коров доходит до 80% и меньше у лошадей – около 60%. Масса кала, выделяемая КРС в день одним животным, составляет около 3 кг суховещества, мочи от 10 до 20 л с содержанием сухого вещества 6-8% (примерно 50% составляет органическое вещество). Зольная часть мочи представлена в основном калием. Минеральные вещества, содержащиеся в моче, полнее используются растениями, чем из кала. Моча при высокой концентрации щелочных (рН=7,7) элементов (особенно азота) влияет на растения по типу гербицидов: утренняя моча, содержащая больше азота в форме мочевины и гиппуровой кислоты, усиливает в почве процессы аммонификации и концентрации NH_3 и NH_4 . Это сопровождается повышением щелочности почвенного рас-

твора и угнетением растений и животных. Все это ведет к потере азота в связи с улетучиванием аммиака.

Одна корова выделяет навоз, покрывающий ежедневно до 1,5 м² площади, на которой поступает в почву азота до 800–900 г, фосфора – до 200–250 г и калия – до 250–270 г. Разложение экскрементов зависит от погодных условий: идет быстрее во влажную теплую погоду и связано с популяциями копротрофов. Отсутствие копротрофов на пастбище усиливает непроизводственные потери веществ, особенно азота и органического вещества. Экскременты животных активно заселяются личинками мух, жуками – навозниками (свыше 10 видов) и т.д. Ускорению разложения навоза способствуют личинки мух и жуков-навозников, образовавшихся из отложенных на свежих экскрементах яиц. С экскрементами на пастбища (и на поля) поступает большое количество инвазий животных (личинки и яйца гельминтов). В случае развития определенных инвазий отдельные участки пастбища не должны использоваться под выпас в течение года.

Концентрация животных (фермы, летние лагеря и т.д.) при стойловом содержании оказывает ряд негативных последствий на природные сообщества, выражающихся в загрязнении воздуха (аммиаком), почвы (нитратами, сорняками) и воды (нитратами, органической массой). Кроме того, стойловый вариант содержания животных косвенно усиливает техническое воздействие человека на агроландшафты и природные сообщества: скашивание кормовой массы, её перевозка, обработка почвы, посевы, переработка и вывозка навоза и мочи на поля и т.д. Все эти действия усиливают эрозионные процессы почвы, концентрированное накопление сорняков, накопление в почвах тяжелых металлов, локальное загрязнение почвы нефтепродуктами и т.д.

Животноводство (наряду с растениеводством) является одним из основных источников биогенного загрязнения почвенного покрова, и как следствие – водных объектов. Степень воздействия животноводческой отрасли в свою очередь определяется общим поголовьем скота, особенностями расположения животноводческих ферм на водо-

сборах, а также принятой в хозяйствах технологией содержания животных.

3.6 Агроландшафты и химизация

Под *химизацией* понимают широкое применение химических веществ для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями растений, использование минеральных и органических удобрений, а также химическую *мелиорацию* – известкование и гипсование почв.

С целью борьбы с вредителями, болезнями, сорняками в сельском хозяйстве применяют разнообразные химические препараты (*пестициды*), группируемые по тем видам организмов, на которые они действуют, – фунгициды (уничтожают грибы), родентициды (убивают грызунов), гербициды (уничтожают растения), инсектициды (уничтожают насекомых). Ни один из химикатов не отличается полной избирательностью к конкретным организмам, включая и людей. Нередко поэтому их называют *биоцидами* (вещества, губительно действующие на различные формы живых организмов).

Пестициды (от лат. *pest* – зараза и *cidos* – убивать) – это химические или биологические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями хранящейся сельскохозяйственной продукции, для регулирования роста растений, предуборочного удаления листьев и подсушивания растений. Пестициды в настоящее время являются неотъемлемой частью технологий возделывания сельскохозяйственных культур во всем мире. Они широко применяются также в процессе хранения и транспортировки готовой продукции, при дезинсекции и дезинфекции помещений.

В сельском хозяйстве вредят насекомые, клещи, нематоды, моллюски, грызуны, сорные растения, грибы, бактерии, вирусы. Сейчас вредные организмы достигли такого распространения, какого они не имели никогда раньше. Причины этого явления в следующем:

1) расширение посевных площадей, которое привело к увеличению числа видов, питающихся культурными растениями. До II половины XVIII в. некоторые вредные виды были известны лишь энтомо-

логам (например, колорадский жук, численность которого стала резко возрастать после 1875 г., когда начали возделывать картофель в Мексике);

2) расширение товарообмена между континентами, из-за чего вместе с товарами перевозятся и вредные виды;

3) в естественных биоценозах имеет место саморегуляция; в агроценозах она ограничена, и задача сохранения урожая практически целиком ложится на человека.

Химический метод сейчас является решающим в защите растений, но он должен применяться в комплексе с другими методами (агротехническим, биологическим, карантинным, физико-механическим), то есть необходимо внедрять интегрированные системы защиты растений.

Химический метод имеет ряд преимуществ:

1) высокая биологическая эффективность (снижение численности вредного вида в результате обработки);

2) быстрый результат;

3) механизация применения;

4) высокая экономическая эффективность.

Однако тотальное применение пестицидов вызывает целый ряд нежелательных последствий:

1) токсичность для человека, животных и полезных насекомых;

2) циркуляция в окружающей среде, миграция по пищевым цепям;

3) проблема ОКП (остаточных количеств пестицидов) в продукции;

4) появление специфической устойчивости вредных организмов к

пестицидам.

Пестициды классифицируют по объектам применения, по характеру действия, а также по химическому строению.

Классификация пестицидов по объектам применения делит пестициды на группы с учетом объекта, для борьбы с которым они используются:

1) для регулирования численности насекомых предназначены инсектициды, клещей – акарициды, нематод – нематоциды, грызунов – родентициды, моллюсков – малакоциды;

2) для подавления развития грибных заболеваний – фунгициды, бактериальных заболеваний – бактерициды;

3) для уничтожения сорной травянистой растительности – гербициды, древесно-кустарниковой растительности – арборициды.

В то же время среди этих групп пестицидов возможно подразделение на более специфические подгруппы: афициды – для борьбы с тлями; вермициды – для борьбы с червями; овициды – для уничтожения яиц вредных насекомых и клещей; ларвициды – для уничтожения личинок насекомых.

Классификация по объектам применения в известной степени условна, так как многие пестициды обладают универсальным действием. Например, некоторые препараты (карбофос) поражают как насекомых, так и клещей – это инсектоакарициды. Акарофунгициды подавляют грибные болезни, а также клещей (например, препараты серы). Многие гербициды при увеличении норм расхода могут уничтожать древесно-кустарниковую растительность, т.е. относиться к арборицидам.

По характеру действия различают пестициды контактного, системного и фумигационного действия.

1. Контактные пестициды оказывают свое действие лишь в месте непосредственного нанесения на растение.

2. Пестициды системного действия, напротив, - это вещества, хорошо проникающие и передвигающиеся внутри растения, длительно сохраняются в нем и подавляют вредный организм через растение (фунгициды, акарициды, инсектициды) или уничтожают полностью все растение (гербициды). Такие пестициды особенно эффективны против колюще-сосущих вредителей, патогенов, развивающихся внутри растения, и сорных многолетних растений с мощной корневой системой.

3. Пестициды фумигационного действия (фумиганты) – химические вещества, проникающие во вредный организм через дыхательные пути в виде газа или пара.

В сельском хозяйстве используются и химические препараты, регулирующие физиологические процессы, протекающие в растениях:

1) дефолианты – химические вещества для предуборочного удаления листьев с растений с целью ускорения их созревания и облегчения механизации уборочных работ;

2) десиканты – химические вещества для предуборочного высушивания растений;

3) регуляторы роста растений – вещества, вызывающие стимуляцию или подавление роста и развития растений. Из них часто выделяют ретарданты – препараты, снижающие темпы роста растений, что приводит к укорачиванию стеблей и побегов.

По химической структуре выделяют три большие группы:

1) неорганические соединения (соли меди, фосфиды, сера);

2) вещества природного происхождения (биопестициды – микробиологические и вирусные препараты, продукты микробиологического синтеза);

3) органические синтетические соединения (это самая большая группа).

Наконец, химические препараты делят на группы в зависимости от степени опасности для теплокровных животных и человека.

Использование пестицидов вызывает ряд экологических проблем. Более 98% распыляемых инсектицидов и 95% гербицидов достигают места назначения, что приводит к тяжелым последствиям для окружающей среды и для почвы. Проблема загрязнения почв пестицидами – важнейшая экологическая опасность для современного общества. Наиболее стойким видом считаются хлорорганические пестициды. Их пагубное воздействие на почву продолжается десятилетиями, что отрицательно влияет на сохранение почвенного покрова. Повышенное накопление данного вещества оказывает заметное воз-

действие на среду, вплоть до развития заболеваний у людей и животных.

Поскольку загрязнение природных сред пестицидами является глобальной проблемой, ученые всячески пытаются найти методы ее решения. Одним из путей является создание менее токсичных соединений и уменьшение эффективных доз; комбинированное применение пестицидных веществ с другими методами: биологический, агротехнический, химический. Сюда относится использование естественных хищных или паразитарных видов, способных устранить нежелательных вредителей; энтомопатогенных грибов, бактерий или вирусов, вызывающих заболевания у паразитов.

Применение *удобрений* в сельском хозяйстве имеет важное значение для управления плодородием почв, повышения урожайности и пищевой ценности сельскохозяйственных культур. Нарушение агрохимических и гигиенических регламентов применения удобрений приводит к чрезмерному накоплению их в почве, растениях они загрязняют продовольственное сырье и пищевые продукты, оказывая тем самым токсическое действие на организм человека. В зависимости от химического состава различают удобрения азотные, фосфорные, калийные, известковые, микроудобрения, бактериальные, комплексные и др.

Условно их можно подразделить на *минеральные* и *органические*.

Необходимость в удобрениях объясняется тем, что естественный круговорот азота, фосфора, калия, других питательных для растений соединений, не может восполнить потерь этих биоэлементов, уносимых из почвы с урожаем.

Азотные удобрения в зависимости от формы соединения азота существуют: аммиачные, аммонийные, нитратные, аммонийно-нитратные, амидные. Азот играет важную роль в жизнедеятельности растений как компонент белков, нуклеиновых кислот, витаминов и других биологически активных веществ. Нитратная форма удобрений в допустимых дозах способствует образованию в растениях аскорбиновой кислоты и кальция, аммонийная – фосфора.

Фосфорные удобрения различаются количеством, оксида фосфора P_2O_5 , самый распространенный вид – суперфосфат.

Калийные удобрения – калийная соль, калийно-аммиачная селитра и др. Калий не входит в органический состав веществ растений, он активно участвует в углеводном и белковом обменах.

Удобрения при неправильном их применении могут привести к отрицательным последствиям, таким как:

- неоправданные экономические затраты;
- ухудшение качества продукции (накопление нитратов в овощах, картофеле и т.д.; повышенные дозы N снижают содержание сахара в сахарной свекле, крахмала в картофеле); Нитратный азот при избыточном содержании в сельскохозяйственной продукции может стать причиной возникновения опасных заболеваний. Нитраты в кишечнике под действием ферментов и желудочного сока могут трансформироваться в нитрозамины. Нитрозамины стабильны, токсичны, являются канцерогенными веществами, обладают тератогенным, иммуодепрессивным эффектом, действуют на печень, лимфатическую и кровеносную системы. Нитрозамины могут образовываться при жарке, солении, длительном хранении сваренных продуктов. Наиболее быстро нитроамины образуются при присоединении нитратов и нитритов. В кислой среде (например, желудка) нитриты дают азотистую кислоту, а она, взаимодействуя со вторичными и третичными аминами, образует канцерогенные нитроамины (рис. 26).

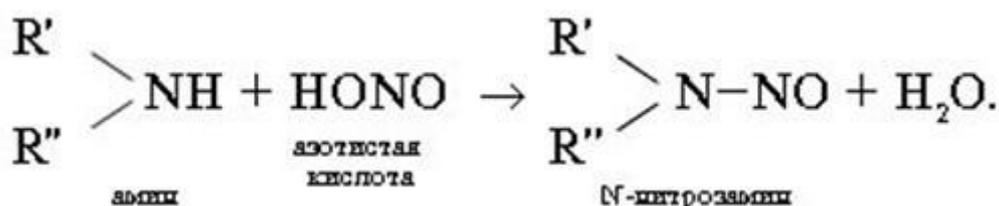


Рисунок 26 – Образование нитроаминов в кислой среде

Минеральные удобрения при научно обоснованном их применении не являются существенным фактором загрязнения окружающей среды. Однако полностью исключить негативное влияние их на биосферу нельзя.

Химическая мелиорация – система мер химического воздействия на почву для улучшения её свойств и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. При химической мелиорации из корнеобитаемого слоя почвы удаляются вредные для сельскохозяйственных растений соли, в кислых почвах уменьшается содержание водорода и алюминия, в солонцах — натрия, присутствие которых в почвенном поглощающем комплексе ухудшает химические, физико-химические и биологические свойства почвы и снижает почвенное плодородие.

Способы химической мелиорации:

- **известкование почв** (в основном в нечернозёмной зоне) – внесение известковых удобрений для замены в почвенном поглощающем комплексе ионов водорода и алюминия ионами кальция, что устраняет кислотность почвы;

- **гипсование почв** (солонцов и солонцовых почв) – внесение гипса, кальций которого заменяет в почве натрий, для снижения щёлочности;

- **кислование почв** (со щелочной и нейтральной реакцией) – подкисление почв, предназначенных для выращивания некоторых растений (например, чая) при внесении серы, дисульфата натрия и др.

К химической мелиорации относят также внесение органических и минеральных удобрений в больших дозах, приводящее к коренному улучшению питательного режима мелиорируемых почв, например песчаных.

К химической мелиорации приходится прибегать в тех случаях, когда необходимо быстро изменить их неблагоприятные для растений свойства, повысить плодородие. Для этого в почву вносят химические соединения, улучшающие или изменяющие ее свойства. В сельском хозяйстве наиболее часто применяют известкование кислых почв и гипсование, а иногда кислование щелочных.

Химическую мелиорацию целесообразно применять и для улучшения свойств солонцовых почв. Солонцовые почвы отличаются крайне неблагоприятными для растений свойствами, обусловленными присутствием в почвенном поглощающем комплексе (ППК) этих

почв значительных количеств ионов натрия. Именно повышенное содержание в почве ионов натрия вызывает процесс осолонцевания почв, в результате чего образуются солонцы, обладающие плохими водно-физическими свойствами. Эти почвы отличаются высокой вязкостью, липкостью, сильным набуханием во влажном состоянии и способностью к уплотнению при иссушении, а также слабой физиологической доступностью влаги. Известкование является одним из вариантов мелиорации, у которого есть достаточно много разных ограничений, и его можно использовать лишь при специальных условиях севооборота. Каким грунтам необходимо известкование? Эту процедуру рекомендуется производить исключительно на кислых грунтах, которые проходят активную обработку перед засеиванием зерновыми культурами. На сильнокислотных грунтах мелиорация данного вида может также быть использована как один из вариантов защиты окружающей среды, что объясняется минимальным влиянием антропогенной нагрузки на окружающую среду. Касаясь технологического аспекта — известкование насыщает землю кальцием и магнием, что дает возможность предотвратить ухудшение питательного режима сельскохозяйственных культур и их подкисление.

Эта технология применяется не только в больших агротехнических компаниях, ее также используют дачники и мелкие фермеры. Специалисты советуют оптимизировать баланс кислотности в земле путем внесения в нее гашеной извести, получаемой в процессе переработки известняка и мела. Обработка земли этим наполнителем производится ранней весной или осенью. Повторять эту процедуру нужно раз в 4-5 лет.

Известкование не всегда оправдывает себя даже тогда, когда грунты кислые. В тех регионах, где преобладают нейтральные или щелочные почвы, известковый метод мелиорации может быть заменен гипсованием. В СНГ этот метод давно применяют на территории Казахстана и Западной Сибири. В условиях активного подщелачивания нужно добавлять удобрения органического происхождения, и в качестве радикального метода стимуляции свойств земли используется химический вид мелиорации гипсованием. Результат, которого до-

бываются с помощью данного метода, выражается в появлении нейтрального сульфата натрия, не вредящего сельскохозяйственным культурам при его небольшом содержании в земле. Используя сбалансированное орошение, остатки натрия выводятся из земли очень просто. Для тех растений, которые очень чувствительно реагируют на наличие кальция в минеральной основе земли, гипсование способно в несколько раз увеличить урожайность.

Наличие солонцов на земле подтверждает то, что происходит активное деградирование плодородных грунтов и есть острая потребность в использовании специальных мер по восстановлению. Среди них находятся и химические методы, которые существенно превосходят агробиологические виды мелиорации, как решение проблем с солонцами. Это объясняется тем, что для проведения самомелиорации, чаще всего, мало кальциевых солей, а это вынуждает использовать для регуляции специальные химические средства. Помимо этого, альтернативные способы мелиорации типа гидротехнических и комплексных вариантов являются не особо эффективными в условиях сильной увлажненности, потому что продукты, производимые в результате их реакций практически моментально вымываются.

Обработка земли кальцием – это один из самых оптимальных и эффективных вариантов регуляции солонцов. Как исходный материал можно использовать природные залежи или отходы промышленности, в составе которых находится много кальция. Как показывают результаты многолетних опытов, химическая обработка земли при помощи фосфоросодержащих и кальциевых материалов – это очень важный процесс, с помощью которого можно поддерживать продуктивность плодородного слоя на оптимальном уровне. Уже спустя один год после того, как в землю было внесено активное сырье, начинают происходить кардинальные изменения физических и водных свойств грунта: исчезает земляная корка, существенно увеличивается эффективность дренажа и в общем улучшается структура земляного покрова.

Мелиорация солонцов с помощью органоминеральных компонентов

отчасти является комплексным методом, потому что в нем применяется комбинация удобрительных, кальциевых, фосфорных и кислото-содержащих элементов. Все вышеперечисленные компоненты входят в компост на основе навоза и используются для оптимизации пищевого режима земли. Как выяснилось на практике, после химической мелиорации при помощи органоминеральных компостов создаются максимально благоприятные условия, при которых значительно улучшается гумусное состояние плодородного слоя земли.

Без правильно выбранной под определенные условия системы мелиорации, сегодня невозможно активно возделывать землю и регулярно получать на этой земле богатый урожай. Чтобы точно определить технологии и методы, с помощью которых можно будет урегулировать задачи связанные с мелиорацией, нужно провести полное комплексное исследование. В наше время даже на бытовом уровне можно сделать качественный анализ состояния грунта, используя для этого специальные приборы для измерения параметров рН, освещенности и влажности. Что касается конечного результата, то эффективность от процесса мелиорации будет иметь достаточно долгосрочный характер, благодаря активному воздействию плодородного слоя земли на гранулометрический состав.

3.7 Проблемы химических взаимодействий организмов в агроландшафтах. Почвоутомление

Одним из важнейших аспектов взаимоотношений между организмами является вопрос химического воздействия их друг на друга. В природных сообществах, где в течение длительного периода происходил отбор видов, конкуренция между которыми минимальна, вопрос химических взаимоотношений не является столь важным, как в агроландшафтах, составленных искусственно, без особого учета экологии и биологии составляющих компонентов.

Целый ряд биологических явлений (взаимное влияние растений – *аллелопатия*, взаимосвязь растений и насекомых и т.д.) можно объяснить только в том случае, если принять, что химические вещества, выделяемые отдельными особями в среду, играют роль регуляторов, воздействующих на поведение и жизнедеятельность других

особей. Но несовершенство аналитических методов, кажущаяся аналогия между гормональной регуляцией внутри организма и регуляцией в сообществах с участием метаболитов, попадающих в среду, долгое время оставляло эту проблему в основном умозрительной гипотезой.

В начале 60-х годов мысль о регуляторном значении метаболитов, выделяемых в окружающую среду, получила экспериментальное обоснование благодаря широкому применению физико-химических методов (хроматография, спектрометрия и т.д.). Начало новому периоду в исследовании *экзогормонов* положили работы Бутенандга и Карлсона, выделивших половой *аттрактант (феромон)* тутового шелкопряда и установивших его структуру (Белюченко, Мельник, 2010). Дальнейшие исследования показали, что система химической коммуникации, использующая сигнальные вещества – *феромоны*, имеется не только у насекомых, но и у высших животных, вплоть до приматов. Более сложные и многообразные химические механизмы регуляции обнаруживаются при изучении трофических связей в биоценозах. Были выделены также вещества, которые назвали *антифиданты* (англ. feed – кормить), предохраняющие растения от поедания. Параллельно с антифидантами существуют вещества растительного происхождения с отчетливым инсектицидным действием. Эти вещества флавоноидного и пиретринового типов, в молекуле которых эфир связан хризантемовой кислотой. Они – производные монотерпенов и получены из плесневых грибов.

За густой сетью трофических связей (цепей питания) в сообществах приоткрываются более тонкие связи чисто регуляторного, сигнального характера. Другими словами, экология не может ограничиться лишь изучением потока энергии и обмена веществ в сообществах, а должна учитывать не менее важный поток веществ – сигналов, несущих информацию о наличии, поведении и физиологическом состоянии различных видов, составляющих определенную биологическую систему. Это направление экологических исследований получило наименование "*химическая экология*".

Аллелопатия ("аллело" – взаимное, "патия" – влияние, воздействие) отражает взаимное влияние растений друг на друга. В практике сельского хозяйства чаще мы имеем дело с односторонне направленным влиянием одного вида на другой. Поэтому явление аллелопатии следует отнести к **аменсализму**, т.е. когда один организм влияет на другой отрицательно, а сам непосредственной выгоды не имеет.

Различают следующие группы веществ, поступающих в среду из надземных органов и способных оказывать аллелопатическое воздействие: 1) летучие метаболиты, 2) смываемые осадками с поверхности листьев, 3) вымываемые из листьев, 4) вымываемые из опада, 5) сапрокрины – продукты сапрофитов, использующих опад.

В подземной части большое значение имеют продукты выделения корней. Корневые выделения поступают в почву постоянно, хотя и неравномерно в течение жизнедеятельности корней. Выделяются различные органические вещества. Корни пшеницы выделяют до 10 сахаров, 19 аминокислот 10 органических кислот, 3 нуклеотида и флавина, 3 фермента). Среди корневых выделений есть ненужные или даже вредные метаболиты, от которых растения стараются освободиться. Например, при несбалансированном поступлении продуктов фотосинтеза и азота, фиксированного клубеньковыми бактериями, из корней бобовых выделяется азот. Если растения не в состоянии в данный момент использовать весь фосфор для синтеза фосфорсодержащих органических соединений, то из корней выделяется P_2O_5 . В результате выделения различных веществ из корней вокруг них происходит концентрация микроорганизмов (в основном бактерий), формирующих ризосферу. Ризосферные организмы относятся к особой функциональной группе организмов – **экрисотрофам**. Они являются как бы фильтром, через который проходят выделения корней и вещества, поступающие в корни. Экрисотрофы, очевидно, детоксицируют токсические выделения корней и токсические вещества, поступающие со стороны.

Большое аллелопатическое значение имеют метаболиты сапротрофов, использующие отмершие органы растений. Среди их метабо-

литов нередко присутствуют *сапрокрины* – органические вещества, способные оказывать ингибирующее влияние на жизненные процессы почвенных организмов, в том числе на укоренение растений.

Все химические вещества биогенного происхождения, выделяемые в биоценозах и агроценозах, делят на 4 группы:

1. *Колиты* (тормозители роста) – выделяются высшими растениями и действуют на высшие растения;

2. *Фитонциды* – выделяются высшими растениями и действуют на микроорганизмы;

3. *Антибиотики* – выделяются микроорганизмами и действуют на микроорганизмы;

4. *Маразмины* – выделяются микроорганизмами и действуют на высшие растения.

Фитонциды (phyton – растение, греч.; caido – убиваю, лат.) – вещества защитного типа, образуемые высшими растениями. Они способны подавлять рост бактерий, грибов, простейших. Большинство растений продуцирует летучие фитонциды, способные на расстоянии оказывать свое действие. Широко известны фитонциды лука, редьки, хвои, эвкалипта. Свойствами фитонцидов отличаются некоторые нелетучие или малолетучие вещества, образующиеся в тканевых соках и протоплазме растительных клеток.

Терпены – ненасыщенные углеводы общей формулы $C_{10}H_{16}$. Терпены и их кислородные дериваты (спирты, альдегиды, кетоны) составляют основу эфирных масел растений, обуславливая аромат цветков, смолистый запах хвойных и т.д.

Все культуры по отношению к плодородию почвы делятся на *требовательные* (злаки, тыквенные, многие овощные – капуста, салаты), *менее требовательные* (пасленовые, зонтичные) и *улучшители* (бобовые). В органическом земледелии с целью избежать истощения почвы необходимо построить ротацию культур так, чтобы указанные выше группы культур в течение трех лет сменились. Такая последовательность возможна на хорошо удобренном поле, где высевают требовательные культуры, во второй год – бобовые, улучшающие структуру и обогащающие почву азотом, а на третий год высе-

вают менее требовательные растения. Бобовые культуры благоприятны не только как предшественник, но и растущим рядом культурам. Поэтому бобовые в смешанных посевах являются необходимым элементом.

Улучшению почвы способствуют не только бобовые, но и растения других видов, формирующих глубокую корневую систему. Так, на тяжелые почвы положительно влияют гречиха, лен, рапс, соя, разрыхляющие и улучшающие их структуру.

В органическом земледелии не применяют ни минеральные удобрения, ни пестициды. Для поддержания плодородия почвы на постоянном уровне используют два важных фактора: чередование культур и внесение органики (навоз, компосты и т.д.), куда добавляют растения, богатые отдельными минеральными веществами: гречиха и дыня богаты кальцием, листья дурмана – фосфором, табак – калием, двудомная крапива – железом. Компостированию способствуют добавки в небольших количествах одуванчика, валерианы, тысячелистника, ромашки, крапивы, коры дуба. Компост из листьев березы и боярышника вносят на истощенных почвах. Особое внимание заслуживают растения, отпугивающие вредных насекомых, а также сбивающие насекомых с толку. Насекомые (земляная блошка, капустная совка) находят капусту по запаху. При посеве рядом с капустой чабреца или шалфея или опрыскивание капусты экстрактом из трав насекомые теряют ориентир (запах трав дезориентирует их) и меньше повреждают эту культуру. Все ароматические культуры защищают овощные растения.

К *отпугивающим (репеллентам)* относят настурцию (против белокрылки, тли, колорадского жука, гусениц капустниц), полынь; мята отпугивает муравьев, белокрылку, тлей, гусениц капустницы. Тля не любит запаха лука, чеснока, горчицы, кориандра. Пижма снижает повреждения овощей гусеницами капустницы. Зеленая фасоль защищает растущие рядом с ней баклажаны от колорадского жука. Колорадского жука отпугивает также кориандр, настурция, пижма. Ореховые деревья на пастбищах отпугивают мух и облегчают жизнь скоту.

Большой интерес представляют растения, привлекающие полезных насекомых (опылители, хищники, паразиты). Хищники убивают вредителей, а паразиты откладывают яйца на тело вредителя и вылупившиеся личинки питаются его телом. Многие хищники и паразиты являются и опылителями. Полезные хищники (пауки, жужелицы) предпочитают влажные и затененные места и живут среди плотно растущих растений типа мяты; жужелицы любят пасленовые и щирцу. Златоглазки – светло-зеленые небольшие насекомые, убивают гусениц и личинок жуков, тлей, яйца ряда вредителей. Божья коровка откладывает обычно яйца на пижме и тысячелистнике. Паразитические осы хорошо контролируют тлей и других насекомых с мягким телом.

Почвоутомление – приобретение почвой свойств, под влиянием которых резко снижается урожайность некоторых сельскохозяйственных культур при их возделывании на одном и том же месте в течение нескольких лет подряд.

Особенно часто наблюдается при возделывании клевера (клевероутомление), льна (льноутомление), сахарной свёклы, хлопчатника, подсолнечника и некоторых других растений. Главной причиной считается развитие на корнях растений болезнетворных организмов – грибов, бактерий, вирусов, нематод. Также установлено угнетающее и токсичное действие корневых выделений указанных растений.

Внешнее проявление почвенного утомления выражается в резком снижении урожайности сельскохозяйственных культур, что наблюдается при бессменном возделывании (или частом возвращении на прежнее поле севооборота) растений одного и того же рода.

Основные причины почвоутомления – накопление в почве токсичных, выделяемых корнями растений веществ (колинов) и микроорганизмами, разложение специфических вредителей, возбудителей болезней и сорняков. Очень чувствительны к собственным выделениям: свёкла, морковь, петрушка, в меньшей степени – капуста, горох, тыквенные культуры. Хорошо переносят накопление колинов: рожь, кукуруза, бобы, лук-порей – эти культуры могут долго расти на одном месте.

Проявление почвоутомления во многом зависит от механического состава грунта. Так, например, на тяжелых глинистых и суглинистых почвах с высокой поглотительной способностью, а также в районах с недостаточным количеством осадков оно может проявиться уже при повторном посеве. В то время как на легких и даже бедных — почвоутомление наступает позже. Устойчивы к почвоутомлению земли, постоянно и обильно обеспеченные влагой.

Один из путей борьбы с почвоутомлением — регулирование биологической активности полезной микрофлоры внесением органических удобрений, сидератов.

Однако наиболее радикальным средством против почвоутомления и в борьбе с вредителями и болезнями растений является правильное чередование сельскохозяйственных культур, т. е. соблюдение севооборота или плодосмена.

4 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. 27).

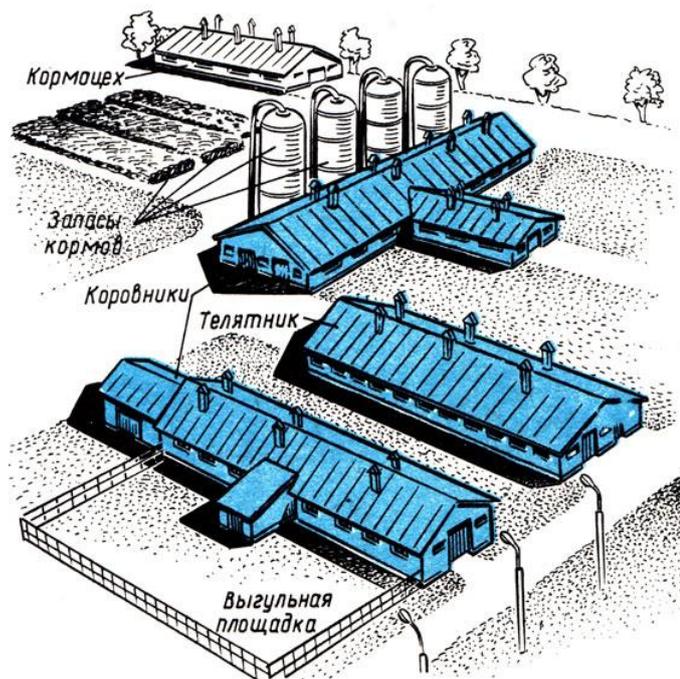


Рисунок 27 – Облик традиционной малой фермы для выращивания молочного скота

По степени воздействия на окружающую среду, влияние крупных животноводческих комплексов соизмеримо с влиянием промышленных объектов. Вблизи животноводческих 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: мочевины, 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 превышает 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 природоохранных требований. В РФ около 20% пастбищных территории 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 обуславливают 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 ве-

ществ, 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, гидросмыва 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, водозаборы, 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, полученные 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 размещения 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, исключаящие загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, поверхности водосборов 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 протравлению 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 (свинарники, 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 подтип «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 смывом водой) (рис. 28).



Рисунок 28 – Скребковый транспортер в коровнике

До места их сбора, обеззараживания, карантинирования 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 складировются в специальных объектах — навозо- и пометохранилищах, лагунах для хранения бесподстильного навоза, на специальных площадках и др. Срок хранения обусловлен влажностью отхода, условиями хране-

ния, площадью сооружения, эпизоотическим состоянием хозяйства и др., поэтому точные сроки каждый раз необходимо определять согласно технологии производства конкретного предприятия.

Отходы животноводства необходимо карантинировать 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 фи-

зических 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. 29).

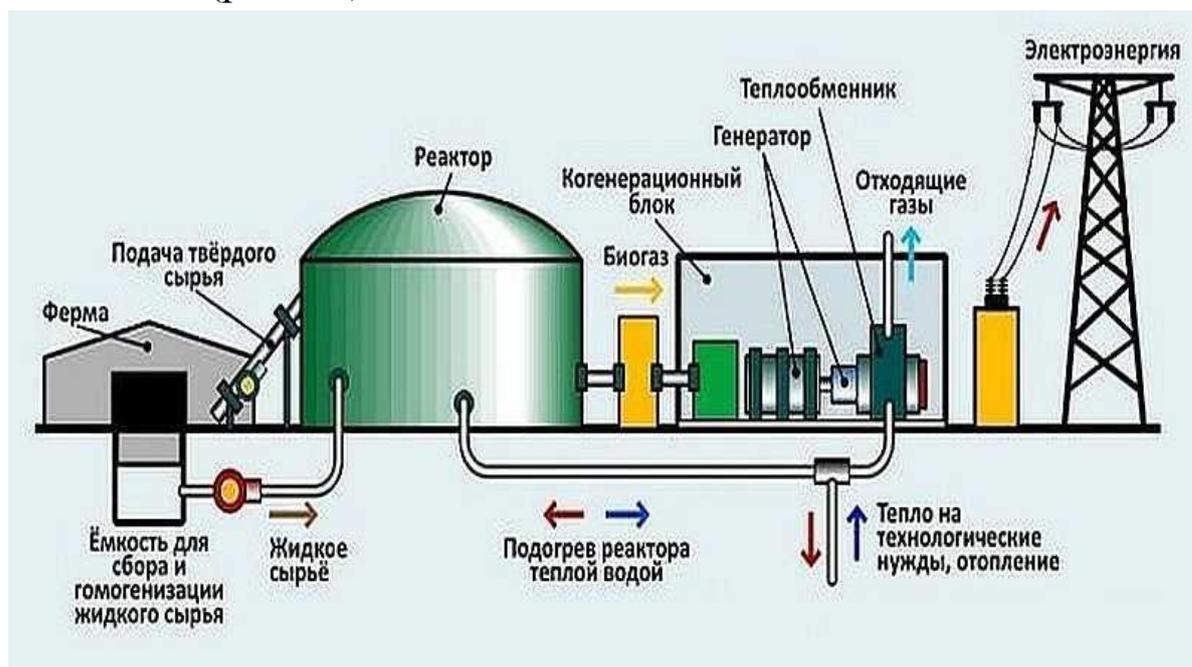


Рисунок 29 – Схема биогазовой установки

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 относительным показателям принадлежит Дании – 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) загрязняющиеся 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.

5 ЭКОЛОГИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Система земледелия должна быть экологически сбалансирована, хорошо учитывала особенности природных условий, органически «вписывалась» в природную экосистему. *Агроклиматические ресурсы* территории являются одними из основных определяющих составляющих любых систем земледелия.

Большая контрастность по тепло - и влагообеспеченности во времени и пространстве на территории России приводит к значительному варьированию комплекса факторов среды, определяющих, в конечном счете, погодичную изменчивость урожаев. Ввиду разнообразия природных условий территории районирование сортов осуществляется по почвенно-климатическим зонам автономных республик, краев, областей. В каждую такую группу входит группа административных районов или их частей, сходных по климату, почвенному покрову и другим условиям, имеющим значение для сельскохозяйственного производства.

Агроклиматическое районирование дает научное обоснование размещения сельскохозяйственных культур и приемов их возделывания в различных климатических зонах и основывается на дифференцированной оценке значения факторов климата для жизни растений и законе незаменимости факторов, определяющих их жизнедеятельность. Максимальные урожаи при прочих равных условиях получают в тех зонах, где потребность растений в тепле и влаге полностью обеспечивается климатическими ресурсами. При общем агроклиматическом районировании территория расчленяется по обеспеченности теплом и влагой культурных растений, а также по условиям перезимовки.

К настоящему времени предложен ряд способов сравнительной оценки (*бонитировки*) природных условий сельского хозяйства по климатическим факторам. В большинстве случаев *биоклиматический потенциал (БКП)* представляется в виде функции двух переменных, характеризующих тепло- и влагообеспеченность агроэкосистем. Обычно *теплообеспеченность* характеризуется суммой температур выше 10°C, *влагообеспеченность* – отношением осадков к ис-

паряемости (ГТК). В более совершенных методах, основанных на динамических моделях продуктивности агроэкосистем, БКП рассчитывается как суммарный урожай надземной биомассы, продуцируемый эталонной травяной экосистемой за теплый период года. Подобные методики более точны, но требуют детальной информации о водно-физических и агрохимических свойствах почв, что ограничивает их применение.

Метод районирования, предложенный Клейгсом (цит. по Одум, 1975), основан на определении средних многолетних урожаев и их коэффициентов вариации. Однако возникает необходимость учета временной динамики средних урожаев. В методе, предложенном Пасовым (1973), при подразделении факторов, влияющих на формирование урожая больших территорий, общая дисперсия урожайности рассматривается как сумма двух слагаемых, одно из которых характеризует вклад динамики культуры земледелия, а другое – климатически обусловленную изменчивость.

Развитие и применение картографических методов в агроклиматических исследованиях позволило выполнить фундаментальные работы по общему и частному агроклиматическому районированию, а также оценке микроклиматических особенностей территорий. Новые возможности построения карт агроклиматических и агрометеорологических характеристик открываются при использовании для этой цели специального программного обеспечения – *географических информационных систем (ГИС)*. Использование данного метода картирования агроклиматических характеристик позволит решить ряд важных практических задач агрометеорологии: создания и ведения банков агрометеорологических данных; автоматизации построения карт агрометеорологических характеристик и др. Некоторые возможности для решения задачи агрометеорологического районирования предоставляет метод компьютерного картографирования статистических параметров урожайности сельскохозяйственных культур, предложенный для земледельческой части Красноярского края Жирновой (1998). При применении этого метода можно делать выводы о специфике пространственного распределения статистических параметров

урожайности культур, районах наиболее благоприятных условий стабильного возделывания зерновых, имеющихся резервах сортосмены и схем районирования.

Эффективную методику агроклиматического обоснования районирования сельскохозяйственных культур можно предложить на основе метода эталонных урожаев. При этом районирование культуры, сорта можно считать целесообразным, если уровень *действительно возможного урожая (ДВУ)* выше среднего, недобор урожая низкий, коэффициент вариации ДВУ небольшой. Преимущество данного метода состоит в возможности прогнозирования ДВУ и районирования культур на основе временных рядов метеорологических элементов и отсутствии необходимости наличия данных об урожаях в производстве.

Агроклиматическое районирование территории России основано на сопоставлении требований сельскохозяйственных культур к свету, теплу, влаге и наличию в данном районе необходимых для роста и развития растений природных ресурсов. Такая система районирования позволяет дать характеристику термических ресурсов (по суммам эффективных температур выше 10°C) и увлажнения (коэффициенту ГТК) территории края. Подразделение в природно-географическом отношении на провинции и более подробно на агроклиматические округа, учитывает большое разнообразие орографических форм природных зон страны.

Для достижения максимального эффекта в целях получения высоких и устойчивых урожаев при районировании культур и сортов в соответствии с климатом все предлагаемые методы районирования следует использовать комплексно. Сравнительный анализ современных и будущих агроклиматических условий может дать определенную информацию о возможных направлениях адаптивной перестройки сельского хозяйства в связи с глобальным потеплением климата. Теоретическим основанием такого подхода может служить метод пространственных аналогов. Реализация задачи увеличения производительности аграрного сектора возможна лишь в случае подъема и кардинальной адаптации сельского хозяйства к условиям, синхрони-

зированной с темпами их изменения. В противном случае потепление климата приведет к падению среднего уровня урожайности и росту нестабильности сельскохозяйственного производства.

Мелиоративные мероприятия направлены на коренное улучшение земель и микроклимата. К ним относятся химическая, водная, лесная мелиорация и культуртехнические работы.

Химическая мелиорация – это внесение химических мелиорантов, например, известкование кислых, гипсование щелочных почв проведение специальных приемов обработки, таких, как ярусная вспашка солонцов и подзолистых почв.

Водная мелиорация – орошение, осушение, обустройство водоемов, мелиоративная обработка почвы (поделка микролиманов, лунок, водозадерживающих и водорегулирующих валов, канав, щелевание, кротование).

Культуртехнические работы - уничтожение кочек и кустарников, поверхностное и коренное улучшение сенокосов и пастбищ, выравнивание, сбор камней и др. К особо важным мероприятиям относятся рекультивация земель, комплекс по защите почв от дефляции, водной и комплексной эрозии.

Лесомелиорация и **агролесомелиорация** способствуют улучшению микроклимата, снегораспределению, преодолению эрозии и дефляции, улучшению водного режима агроландшафта. Создание поле-защитных, лесных полос, системы защитных лесомелиоративных комплексов является неотъемлемой частью системы земледелия.

Комплекс мероприятий по защите почв от ветровой, водной и совместной эрозии предусматривается на эрозионно опасных и эродированных землях в виде почвозащитных севооборотов, способов обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур, агролесомелиорации, гидротехнических и противоэрозионных сооружений. Для районов водной эрозии разрабатывают и внедряют **противоэрозионные**, для районов ветровой эрозии - **противодефляционные**, для районов совместного проявления водной и ветровой эрозии - **противоэрозионно-дефляционные** комплексы.

В горных районах применяют *противоселевые* сооружения, на орошаемых и осушенных землях - комплекс мер по предотвращению *ирригационной* эрозии почв.

Экологический блок системы земледелия состоит из *мониторинга* плодородия почвы и качества продукции, природоохранных мер и экологической оценки ситуации в хозяйстве. Этот блок включает наблюдение за состоянием почвенного покрова и плодородия почв агроландшафтов, поверхностных и грунтовых вод, многолетней растительности (сенокосы, пастбища, многолетние насаждения), природных мест гнездования птиц и обитания насекомых (опылителей растений), накоплением нитратов и пестицидов в растениеводческой продукции.

Из природоохранных мер, как отмечалось раньше, (в первую очередь на эрозионно опасных и эродированных землях) предусматриваются почвозащитные севообороты и почвозащитная обработка почвы, противоэрозионные и гидротехнические сооружения, лесо- и агролесомелиорация. Должна применяться агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур, земель, агроклиматических условий.

Мероприятия по охране окружающей среды разрабатывают для каждого звена системы земледелия с учетом экологических, организационных и природных особенностей хозяйства. В каждом хозяйстве должна функционировать *система контроля* за экологической ситуацией. Технологии возделывания различных культур разрабатывают в каждом хозяйстве с учетом требований принятой в зоне специализации и системы земледелия в конкретных севооборотах, а также биологических особенностей растений и наличия ресурсов.

В соответствии с принятой схемой чередования культур в севообороте определяют место в нем каждой культуры, предшественники, приемы основной и предпосевной обработки почвы, сорта, способы и сроки посева, нормы высева семян, системы удобрения, защиты растений от возбудителей болезней и вредителей, меры борьбы с сорняками, комплекс машин и орудий для выполнения полевых работ. Технологическая схема объединяет и регламентирует эти элементы по каждой культуре на запланированный урожай. В практиче-

ской работе очень важно обеспечить строгое соблюдение всех требований технологии. При разной обеспеченности хозяйства производственными ресурсами (сельскохозяйственная техника, удобрения, пестициды, се-мена и др.) должны разрабатываться различные варианты технологий. Все применяемые технологии возделывания сельскохозяйственных культур должны быть экологически обоснованными и экологически безопасными. В перспективе все более широкое применение получают интенсивные технологии с программированным выращиванием урожаев и управлением продукционным процессом.

Интенсивные технологии принципиально отличаются от традиционных по набору технических, агрохимических, биологических средств. Эти технологии предусматривают применение комплекса научно обоснованных приемов, направленных на увеличение урожая и его качества любой культуры, и включают в себя посев культур высококачественными семенами районированных сортов интенсивного типа; размещение посевов в севооборотах по лучшим предшественникам; применение почвозащитных, влагосберегающих способов обработки почвы; внесение органических и минеральных удобрений на основе почвенной и растительной диагностики (основных, стартовых, дробных в подкормках) по фазам развития растений; интегрированную (комплексную) защиту посевов от вредителей, болезней и сорняков; регулирование роста растений ретардантами; своевременное и качественное проведение предпосевных работ, посева и ухода за посевами, систему рациональных способов уборки, послеуборочной обработки и заготовки продукции; организацию и стимулирование труда работников. При многоукладной экономике необходим дифференцированный подход к технологии возделывания сельскохозяйственных культур в зависимости от различных форм организации труда и его оплаты.

Кормопроизводство представляет собой единый комплекс агротехнических, зоотехнических, инженерно-технических, организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на получение различных видов кормов для животных и создание резервов. Корма должны быть высокого качества и как можно меньшей себестоимости.

сти. Организация системы кормопроизводства зависит от потребности в кормах внутрихозяйственного производства, в частности, в зерне, сене, силосе, сенаже, травяной муке, зеленой массе, пастбищном корме и т.п.

Получают эти концентрированные, сочные, грубые и пастбищные корма на сельскохозяйственных угодьях (пашня, сенокосы, пастбища, луга) и других категориях земель (леса, кустарники, болота и т.д.). Производство кормов на пашне принято называть **полевым кормопроизводством**, а на сенокосах, пастбищах и лугах – **луговым кормопроизводством**.

Кормопроизводство в хозяйстве - это выращивание кормовых культур, уход за естественными кормовыми угодьями и заготовка кормов.

Луговое кормопроизводство. Поскольку сенокосы и пастбища предназначены для кормовых целей, в первую очередь устанавливают возможные объемы производства пастбищного корма и идущей на разные цели зеленой массы на этих угодьях. Продуктивность их угодий обусловлена естественным уровнем плодородия почвы и агроклиматическими факторами. Она колеблется в широких пределах, при этом значительно различается и качество кормов. Если продуктивность их недостаточно высока для производства нужного количества кормов или корма имеют низкое качество, проводят мероприятия по их улучшению.

В зависимости от мелиоративного состояния и состава травостоя их улучшают **поверхностным** или **коренным** способом. При поверхностном улучшении изменяют состав и повышают продуктивность существующего травостоя, при коренном – полностью или частично уничтожают старый травостой и создают новый путем посева трав. Поверхностное улучшение целесообразно, если кормовое угодье покрыто кочками и кустарником незначительно и если ценных кормовых трав в травостое более 25-30%, а злостных сорняков и ядовитых растений не более 20-30%. Коренное улучшение проводят на сильно закустаренных и закочкаренных (более 25-30% поверхности) сенокос-

сах и пастбищах, при преобладании в травостое малоценных трав, в которых 50-60% и более сорняков и ядовитых растений.

Для разных природных зон разработаны конкретные практические руководства (рекомендации) по технологиям их улучшения и использования, которыми следует пользоваться.

Полевое кормопроизводство. Естественные кормовые угодья не могут служить единственным источником кормов. Если на них производят основное количество пастбищных кормов, то концентрированные, сочные, силосные корма получают на пашне, т.е. в полевых и кормовых севооборотах. Основные зернофуражные культуры - овес, ячмень, кукуруза, сорго. Зеленую массу кукурузы и сорго используют для производства силоса. Особую роль играют многолетние бобовые и злаковые травы (люцерна, клевер, кострец, овсяница луговая и др.) и травосмеси (люцерна + кострец, клевер + овсяница луговая и др.). В группу однолетних кормовых полевых культур, урожай которых используют на корм в виде свежей и консервированной зеленой массы, входят однолетние травы: вика посевная (яровая), вика мохнатая (озимая), сераделла, донник, эспарцет, клевера, могоар, суданская трава, райграс однолетний и др.. Часто возделывают смеси однолетних и зернобобовых культур: горох + овес, вика + овес и др. из корнеплодов на корм выращивают в различных районах кормовую и сахарную свеклу, турнепс, морковь, брюкву, из клубнеплодов - картофель, топинамбур (земляная груша), а также подсолнечник.

Для получения свежих и консервированных кормов, богатых белком, используют однолетние крестоцветные – рапс яровой и озимый, сурепицу яровую и озимую, редьку масличную, горчицу белую и др. Близка к однолетним кормовым крестоцветным фацелия.

Технологии возделывания кормовых культур в полевом кормопроизводстве, как правило, разработаны для различных природных зон и их широко применяют в различных хозяйствах. Одновременно следует разработать использование сенокосов, пастбищ и лугов, технологию заготовки кормов из зеленой массы растений на сено, сенаж, силос, травяную муку и их хранение.

Охрана окружающей среды в системе земледелия – комплекс мероприятий, направленных на предотвращение ее деградации и загрязнения, рациональное природоиспользование, восстановление и приумножение природных ресурсов. Этот комплекс включает охрану гумусового состояния почвы, противоэрозионные мероприятия, научно обоснованную систему обработки почвы и рациональную систему применения удобрения, интегрированную систему защиты растений от сорняков, вредителей и болезней, организацию водоохраных мер, рекультивацию земель и др.

Севооборот как фактор охраны окружающей среды приобретает особое значение при решении экологических проблем, т.к. он прежде всего – основа правильно организованной системы почвозащитного и природоохранного землепользования в современных агроландшафтных системах земледелия.

Структура посевных площадей и севообороты, разработанные для освоения в системе земледелия, наряду с производством необходимого количества растениеводческой продукции должны быть почвозащитными, предотвращать губительное разрушение почвы, в первую очередь от эрозионных процессов. Следует иметь в виду не только противоэрозионные и мелиоративные свойства культур, но и технологии их возделывания на каждом поле севооборота. С целью охраны и защиты почв от разрушения подбор и размещение культур в полях севооборотов должны осуществляться с учетом распределения пахотных земель по уклонам, степени смывости и потенциальной эрозионной опасности.

По границам полей севооборота создают буферные полосы, высаживают полезащитные лесонасаждения, создают сеть полевых дорог, организуют систему задержания снега и талых вод. Такая система вместе с другими мероприятиями обеспечивает надежную защиту почв от эрозии. В степных районах применяют полосное размещение культур.

Таким образом, севооборот в современном агроландшафте является надежной защитой почв от эрозии – основного источника за-

грязнения окружающей среды. С вымываемой и выдуваемой с полей почвой теряется огромное количество питательных веществ.

Положительное влияние севооборотов на урожайность сельскохозяйственных культур обусловлено, прежде всего, тем, что при правильном чередовании культур предотвращается одностороннее обеднение почвы элементами питания растений, более рационально используется продуктивная влага, содержащаяся в различных слоях почвы, предотвращается распространение злостных сорняков, прежде всего овсяга, а также вредителей и болезней. Бессменные посевы одной и той же культуры отрицательно сказываются на урожае в течение ряда лет, причем особенно сильно реагирует на такие посевы яровая пшеница. *Бессменной* называют сельскохозяйственную культуру, которую длительно возделывают на одном и том же поле. При таком положении очевидна необходимость чередования культур в севообороте. Период, в течение которого сельскохозяйственные культуры и пары проходят через каждое поле в последовательности, предусмотренной схемой севооборота, называется ротацией.

Организация территории при составлении системы севооборотов должна быть направлена на высокоэффективное использование почвы, обеспечивая при этом получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур с сохранением и восстановлением плодородия почв. Этого можно достичь, если на малопродуктивных почвах возделывать малотребовательные к минеральному питанию культуры, но при этом меньше разрушающие структуру почвы. Все возделываемые культуры можно отнести к трем основным группам: слабо снижающие урожайность при уменьшении плодородия почв – многолетние травы, горох, озимая рожь и др.; средне снижающие урожайность – озимая пшеница, ячмень, овес, горохоовсяная смесь и др.; сильно снижающие – сахарная свекла, картофель, подсолнечник, кукуруза, просо, яровая пшеница и др.

По соотношению групп культур, различающихся по биологическим особенностям, технологии возделывания, влиянию на плодородие почвы севообороты делят на зернопаровые, зернопаропропашные, зернотравяные, зернопропашные, зернотравяно–пропашные

(плодосменные), пропашные, травяно–пропашные, сидеральные, травопольные. Тип и вид севооборота определяют по удельному весу преобладающей культуры.

Севооборот в связи с различной потребностью возделываемых культур в элементах питания и разной степенью участия их в накоплении в почве биологического азота и органического вещества обеспечивает более продуктивное использование и восстановление плодородия почвы.

При использовании севооборота улучшаются физические свойства почвы, повышается ее устойчивость против эрозии. Это объясняется различной мощностью, типом корневой системы, особенностями возделываемой культуры.

Севооборот обеспечивает более высокий уровень фитосанитарного состояния полей и снижает засоренность почвы и посевов. При чередовании культур изменяется и среда обитания болезнетворных организмов, часто приводя к их гибели. Различные культуры и приемы их возделывания создают неодинаковые условия для развития сорняков.

В условиях недостатка минеральных удобрений или при необходимости уменьшения их применения с целью производства экологически чистой продукции севооборот позволяет резко снижать затраты химических элементов питания без снижения урожайности. При недостатке или при полном отсутствии минеральных удобрений потребность в элементах питания можно полностью компенсировать за счет зеленых удобрений и навоза.

Охрана гумусового состояния почв. В системе земледелия следует тщательно следить за изменением гумусового состояния почв. Органическое вещество как компонент плодородия почвы, играющий особую роль в почвообразовании, - важнейший фактор оздоровления почвы и эффективности системы земледелия.

Увеличение содержания органического вещества в почве способствует улучшению структуры и повышению водопропускности макроструктуры, уменьшение сопровождается ухудшением физических свойств почвы, прежде всего структуры и водопроницаемости, что

способствует усилению процессов эрозии. Увеличение количества органического вещества в почве улучшает ее энергетические и экологические свойства.

Воспроизводство органического вещества в почве в современных системах земледелия должно осуществляться на нормативно-расчетной основе. Создание бездефицитного баланса органического вещества - реальный путь оздоровления экологической обстановки и охраны почвы от разрушения и деградации.

Почвозащитная роль обработки почвы. В комплексе почвозащитных мероприятий наиболее важная роль принадлежит системам и способам обработки почвы. Система отвальной обработки почвы на землях, не подверженных эрозии, позволяет создать благоприятную экологическую обстановку посевов и почвы, эффективна в борьбе с вредными организмами, создает оптимальное сложение корнеобитаемого слоя почвы, устраняет дифференциацию, усиливает жизнедеятельность микроорганизмов и т.д. На защиту почв от ветровой (дефляции) и водной эрозии положительно влияют безотвальная (плоскорезная) и другие обработки. Наиболее эффективны для охраны почвы от разрушения и улучшения экологической обстановки сочетания отвальной, плоскорезной и минимальной обработки в системе севооборота.

Применение средств химизации (удобрений и пестицидов). Применение органических и минеральных удобрений – одно из основных условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также важное звено технологий их выращивания. Но, признавая исключительно важную роль агрономической химии в увеличении производства продуктов питания для человека и кормов для животных, улучшении качества продукции, а в целом и в повышении эффективности аграрного производства, нельзя не отметить, что те же самые химические средства при неправильном их использовании могут оказывать и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Основными ***причинами*** загрязнения окружающей среды удобрениями считают несовершенство организационных форм, а также

технологий транспортировки, хранения и применения удобрений, нарушение агрономической технологии их внесения в севообороте и под отдельные культуры, несовершенство самих удобрений, их химических, физических, механических и других свойств.

К основным негативным *экологическим последствиям* интенсивного применения средств химизации в сельском хозяйстве относятся следующие:

- загрязнение атмосферы газообразными соединениями азота;
- накопление в сельскохозяйственных растениях нитратов, нитритов нитрозоаминов, способных оказывать токсическое и канцерогенное действие на животных и человека;
- накопление в почве фтора, радиоактивных элементов, тяжелых металлов и других токсикантов, присутствующих в виде примесей в минеральных удобрениях, мелиорантах и отходах промышленности и коммунального хозяйства, используемых в качестве удобрений;
- глобальная миграция персистентных пестицидов и загрязнение ими окружающей среды;
- аккумуляция пестицидов в экологической системе и цепях питания;
- появление резистентных форм вредителей и гибели полезных организмов;
- отдаленные последствия, связанные с генетическими и патологическими воздействиями средств химизации сельского хозяйства на животных и человека.

Для предупреждения загрязнения почв, вследствие нарушения режима питания (избытка или недостатка), необходимо осуществление и поддержание хорошей обеспеченности доступным фосфором и калием верхнего 20 см слоя почвы и обязательный контроль содержания макро- и микроэлементов в почве.

Для предупреждения химического, биологического загрязнения почвы необходимо:

- использование в качестве удобрения твердых и жидких отходов-продуктов общественно-экономической деятельности только в соответствии с рекомендациями и инструкциями;

- использование ядохимикатов под строгим контролем, расширение биологических методов борьбы с болезнями и вредителями;
- хранение удобрений, ядохимикатов, нефтепродуктов или выбрасывание различных отходов, которые могут привести к загрязнению почв только в специально выделенных для этого зонах;
- выявление наличия еще не использованных отходов, неконтролируемая очистка которых может ухудшить качество почв или других составных частей окружающей среды.

Особое внимание должно быть уделено применению пестицидов, на долю которых приходится около 2% общего загрязнения окружающей среды. При интенсивных технологиях необходимо:

- отдавать преимущества малотоксичным, быстро разлагающимся пестицидам;
- чередовать в севообороте контактные и системные препараты.

Снизить пестицидную нагрузку поможет точное следование инструкции (увлажненное протравливание семян) перед посевом.

Для предотвращения загрязнения почвогрунтов и грунтовых вод на орошаемых почвах под корнеобитаемым слоем рекомендуется разрабатывать грунтовые прослойки, состоящие из бетонита, клиноптиллолита, углещелочных соединений, лигносодержащих веществ и металлсиликона.

Предупреждение загрязнения почв можно достигнуть за счет сочетания применения минеральных удобрений с химическими средствами защиты растений.

Время внесения (сезон года) удобрений также влияет на интенсивность разложения гербицидов. Осеннее внесение в почву аммонийных удобрений, мочевины и серы совместно с гербицидами ускоряет разложение последних вследствие активизации микробиологических процессов и усиления обменных процессов в растениях. Органические добавки и фосфорные удобрения также ускоряют процесс разложения 2М-Х и 2,4-Д. Микроудобрения, содержащие медь, цинк, марганец, ускоряют распад фосфорорганических инсектицидов, а бор и молибден – тормозят.

Добавка уксуснокислого цинка положительно действует на процесс разложения дилэдрина и эндрина, сокращая время полураспада с 6 лет до 6 месяцев.

Биологическая деструкция осуществляется интенсивнее в случае присутствия в почве одного пестицида.

Скорость детоксикации пестицидов увеличивается с повышением температуры, чему способствует мульчирование поверхности.

В теплицах скорость детоксикации возрастает при добавлении биологически активных грунтов из торфа, представляющих собой комплекс микроорганизмов.

Ускоряется распад пестицидов (например, 2,4-Д, 2,4,5-Т) и под действием ультрафиолета. В водной среде разложение некоторых пестицидов ускоряется в результате применения ультразвука.

Существует методика очистки почв от остаточных количеств пестицидов с помощью растений, носящая название деконтаминации. Такие культуры, как кукуруза, люпин, рапс до 90 дней очищают почву от атразина, линурона, трифлурамина на 40-95%.

Снижение фитотоксичности гербицидов достигается и при внесении в почву адсорбентов:

- активированного угля;
- неорганических солей;
- ионно-обменных смол;
- глины;
- соломы;
- торфа;
- зеленых удобрений;
- навоза.

Активированный уголь еще и играет роль антидотов— веществ, повышающих устойчивость растений к токсикантам.

В случае высокого загрязнения почву складывают, транспортируют и обрабатывают в био- и хемореакторах, после детоксикации возвращают на место.

Иногда практикуют «отдых» почв, когда изымаются некоторые почвы из сельскохозяйственного оборота на некоторое время для восстановления плодородия и самоочищающей способности.

Гигиеническое нормирование – необходимое мероприятие. В России введена обязательная государственная регистрация химических соединений, осуществляемая Российским Регистром потенциально опасных химических и биологических веществ.

В водоохранной зоне и в пределах прибрежных полос запрещается:

- применение ядохимикатов при борьбе с вредителями, болезнями, растений и сорняками;
- размещение складов для хранения ядохимикатов и минеральных удобрений, площадок для заправки аппаратуры ядохимикатами;
- размещение животноводческих комплексов, ферм и оросительных систем с применением навозосодержащих сточных вод.

При применении химических средств следят за тем, чтобы они не попадали в водные объекты, не испарялись в атмосферу, не накапливались в почве и растениях, не уничтожали и не повреждали лесные насаждения, не распространялись вокруг населенных пунктов и животноводческих ферм.

На сегодняшний день необходимо делать все возможное для того, чтобы интенсификация сельскохозяйственного производства вызвала минимум отрицательных последствий, чтобы земледелие и сельское хозяйство в целом становились в большей степени экологически обоснованными.

Строгое соблюдение и грамотное выполнение рекомендаций в системе земледелия (размещение культур по лучшим предшественникам, применение сбалансированных доз и видов удобрений под планируемый урожай, использование медленно действующих форм азотных удобрений, рациональная обработка почвы, научно обоснованная защита растений и др.) позволяют получить высококачественную экологически чистую продукцию.

В интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур возрастает значение сбалансированного питания расте-

ний макро- и микроэлементами. Особенно важна роль микроэлементов в процессах трансформации азота в почвах и усвоения его растениями. Кроме того, для выравнивания плодородия почвы, сохранения его высокого уровня большое значение имеет использование всех видов органических удобрений. Наиболее выгодный и экологически безопасный источник обогащения почв органическим веществом – зеленое удобрение. Под влиянием сидерации в почве в 2-3 раза увеличивается количество азотфиксирующих микробов, сапрофитов, нитрификаторов, бактерий, повышающих доступность фосфора и других элементов питания, необходимых растениям. Сидераты больше, чем навоз, способствуют улучшению физических свойств почвы. Установлено, уже в год прямого действия зеленое удобрение может повышать урожайность культур на 30-70%. Существенное положительное влияние на урожай культур обеспечивается и в последствии.

В устранении отрицательного воздействия химических средств защиты растений на окружающую среду важное место следует отводить рациональному, обоснованному применению пестицидов. Этим требованиям отвечают интегрированные (комплексные) системы защиты растений в системе земледелия, основой которых является, возможно, полное использование факторов среды, вызывающих гибель вредных организмов или ограничивающих их жизнедеятельность. Главная задача таких систем - удержание численности вредных организмов на таком уровне, когда они не причиняют ощутимого вреда, для того используют не один какой-либо метод, а комплекс мероприятий.

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 био-

логического 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 последствий (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 (отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающим определенный токсический эффект. Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность вещества. Различают **среднесмертельные** (ЛД₅₀), **абсолютно смертельные** (ЛД₁₀₀), **минимально смертельные** (ЛД₀₋₁₀) 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. Посредством 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 отхо-

ды, материально-сырьевой 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. Послед-

ними 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 объекта. 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 сознательная минимизация использования синтетических удобрений, пестицидов, регуляторов роста растений, кормовых добавок. Напротив, для увеличения урожайности, обеспечения культурных растений элементами минерального питания, борьбы с вредителями и сорняками, активнее применяется эффект севооборотов, органических удобрений (навоз, компосты, пожнивные остатки, сидераты и др.), различных методов обработки почвы и т. п.

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

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

Принципы органического земледелия в настоящее время рассматриваются 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 основываться на принципах существования естественных экологиче-

ских 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. Взаи-

модействие животноводства и растениеводства является составной частью сельскохозяйственного организма. Каждое органическое сельскохозяйственное предприятие должно ориентироваться на замкнутую целостную систему, 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.

Характеристики и процессы	Обычное животноводство	Органическое животноводство (предписание ЕС 2092 / 91 / ЕС)
Уход за животными и обращение с ними	Управление ростом и развитием, при необходимости профилактика заболеваний, путем проведения прививок. Согласно инструкции по применению лекарства выдерживается время, после которого можно использовать продукцию от данного животного.	Никакой профилактики в виде применения химических препаратов (исключение: только 2 случая ветеринарного лечения в год) время не использования 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 общепризнанными, 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 приспособляющегося 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, выла-

мывание 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 моциона. 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 моциона. 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; моногастричных – 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 – сычуг. Поступившая масса в нем переваривается с помощью соляной кислоты и ферментов и усваивается организмом. Из-за этой особенности пищеварения применение концентрированных кормов в корм-

лении 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 откладываются 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 неизменном виде. Таким образом, для кормления свиней лучше всего ис-

пользовать 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

неполноценных, 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 необхо-

димо 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 высушивания, силос – путем силосования (сбраживания) 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 сказывается не только нарушением процессов жизнедеятельности, но и плохой усвояемостью 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 сказывается на здоровье животных и получаемой от них продукции (вредные вещества в молоке, мясе или яйцах). Вода для поения животных должна отвечать таким же требованиям, 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). Круглогодичное содержание в помещениях, благоприятный климат, ветеринарные препараты и оптимизированное кормление позволили одностороннее развитие в сторону максимальной продуктивности, которая не была бы возможной в естественных условиях окружающей среды и питания. Это одностороннее развитие для получе-

ния 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, энергичность, 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 состоит 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, кур-несушек 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 животноводство 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 предотвраще-

ния 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 содержа-

нии 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 приросты 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 ориентированно 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 дожидаться только после нескольких лет.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

А

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ – это элементы неживой природы: климатические (температура, влажность, свет), почвенные, орографические.

АВТОТРОФ – организм, синтезирующий из неорганических соединений органические вещества с использованием энергии солнца или энергии, освобождающейся при химических реакциях.

АГРОЭКОЛОГИЯ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ) – это комплексная научная дисциплина, изучающая взаимодействие человека с окружающей средой в процессе сельскохозяйственного производства, влияние сельского хозяйства на природные комплексы и их компоненты, взаимодействие между компонентами агроэкосистем и специфику круговорота в них веществ, перенос энергии, характер функционирования агроэкосистем в условиях техногенных нагрузок.

АГРАРНЫЙ ЛАНДШАФТ – антропогенный ландшафт с преобладанием в его биотической части сообществ живых организмов, искусственно сформированных человеком (антробιοценозов) и заменивших естественные фито- и зооценозы на большей части территории.

АГРОСФЕРА – глобальная экосистема, объединяющая всю территорию Земли, преобразованную сельскохозяйственной деятельностью человека.

АГРОБИОЦЕНОЗ – это биотическая часть агробиогеоценоза, т.е. совокупность взаимосвязанных растений и животных. К ним относят экосистемы закрытого грунта (теплицы, парники, оранжереи), предназначенные для выращивания овощей, цветов и других травянистых растений.

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ – это лесохозяйственные мероприятия, направленные на улучшение почвенно-гидрологических и климатических условий региона (ландшафта).

АГРОСТЕПЬ – это искусственный травяной биогеоценоз, созданный с целью рекультивации нарушенных степей.

АГРОФИТОЦЕНОЗ – растительное сообщество, созданное человеком при помощи посева или посадки возделываемых растений. Компонентами агрофитоценоза служат высеянные (высаженные) растения, сорняки, водоросли, грибы, иногда мхи. Агрофитоценоз – это не конкретный посев, а вся ротация культур в севообороте в пределах

однородного участка. При смене севооборота меняется и агрофитоценоз. Агрофитоценозы бывают однолетние, например посев пшеницы, или многолетние – посевы многолетних трав, посадки малины, яблони и др.

АГРОЦЕНОЗ – биотическое сообщество, созданное с целью получения сельскохозяйственной продукции и регулярно поддерживаемое человеком, обладающее малой экологической надежностью, но высокой продуктивностью одного или нескольких избранных растений или животных.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ представляет собой общегосударственную систему наблюдений и контроля за состоянием уровнем загрязнения агроэкосистем (и сопредельных с ним сред) в процессе интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

АГРОЭКОСИСТЕМА – это природная система, измененная под воздействием технологических и социальных факторов. Структура и функционирование ее регулируются с помощью дополнительного введения вещества (удобрения, пестициды, мелиоранты) и энергии с целью поддержания оптимальной и стабильной продуктивности выращиваемых культур и предотвращения загрязнения окружающей среды.

АГРОЭКОСИСТЕМЫ ТРОПИЧЕСКОГО ТИПА – характеризуются высокой обеспеченностью теплом, способствующей непрерывной вегетации. Земледелие базируется на основе функционирования агроэкосистем с преобладанием многолетних культур. Однолетние культуры дают несколько урожаев в год. Главными особенностями этого типа агроэкосистем является потребность в непрерывном вложении антропогенной энергии в связи с постоянным в течение года проведением полевых работ.

АГРОЭКОСИСТЕМЫ СУБТРОПИЧЕСКОГО ТИПА – интенсивность антропогенных потоков веществ и энергии меньше; проявляются дискретность и дисперсность этих потоков. В основном характерно наличие двух вегетационных периодов – летнего и зимнего.

АГРОЭКОСИСТЕМЫ УМЕРЕННОГО ТИПА – характеризуются лишь одним (летним) вегетационным периодом и продолжительным («нерабочим») периодом зимнего покоя. Очень высокая потребность во вложении антропогенной энергии приходится на весну, лето и первую половину осени. В России данный тип агроэкосистем является преобладающим.

АГРОЭКОСИСТЕМЫ ПОЛЯРНОГО ТИПА – земледелие в агроэкосистемах данного типа носит очаговый характер. Агроэко-

стемы существенно ограничены территориально по видам возделываемых культур.

АГРОЭКОСИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКОГО ТИПА – в открытом грунте отсутствуют. Возделывание культурных растений исключено из-за очень низких температур теплого периода: в летние месяцы бывают длительные похолодания с отрицательными температурами. Возможно использование закрытого грунта.

АДАПТАЦИЯ – эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей, а так же свойство, помогающее организмам выживать в конкретных условиях среды.

АЗОТФИКСАЦИЯ – фиксация атмосферного азота свободноживущими почвенными бактериями (например, рода *Azotobacter* или живущими в симбиозе с корнями бобовых растений бактерии рода *Rhizobium*).

АККАРИЦИД – пестицид, используемый для уничтожения клещей.

АККЛИМАЦИЯ – биохимические изменения, позволяющие организмам выживать в конкретных условиях среды.

АЛЛЕЛОПАТИЯ – влияние растений друг на друга через среду при помощи выделения в нее продуктов обмена веществ.

АММЕНСАЛИЗМ – форма взаимоотношений, когда один организм подавляет другой, но сам при этом не испытывает влияния со стороны подавляемого.

АММОНИФИКАЦИЯ – разложение микроорганизмами белковых веществ до аммиака.

АНАБИОЗ – резкое ослабление обменных процессов в организме, позволяющее ему пережить неблагоприятный период жизни.

АНТАГОНИЗМ – действие факторов на биосистему взаимно «гасится» и определяется наличием отрицательной связи между результатами воздействия факторов.

АНТРОПОГЕННЫЙ КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ – обусловлен производственной деятельностью человека. Добыча, переработка, потребление, утилизация отходов и вторичное использование произведенной продукции из невозобновляемых природных ресурсов обуславливают данный круговорот веществ.

АНТРОПОГЕОЦЕНОЗ – это биокосная система, компонентами которой являются люди, человеческие поселения (по терминологии В.П. Алексеева, человеческие популяции – в биологическом понима-

нии, хозяйственный коллектив – в социально-экономическом) и окружающая человека живая и неживая природа.

АНТРОПОГЕННАЯ СРЕДА – это природная среда, измененная человеком.

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ – все формы деятельности человека, которые воздействуют на естественную природную среду, изменяя условия обитания живых организмов, или непосредственно влияют на отдельные виды растений и животных.

АНТРОПОХОР – растение, непреднамеренно распространяемое человеком, например, сорняк.

АПОФИТ – местное растение, превратившееся в сорняк.

АРЕАЛ – область распространения любой систематической группы организмов (вида, рода, семейства).

АТТРАКТАНТ – вещество, обладающее свойством привлекать организмы.

АУТЭКОЛОГИЯ – раздел экологии, изучающий взаимоотношения организма (вида) и факторов среды его обитания.

АЭРАЦИЯ ПОЧВЫ – процессы обмена почвенного воздуха с атмосферным воздухом.

Б

БАНК СЕМЯН – запас семян (в почве).

БАКТЕРИЦИДЫ – химические средства для борьбы с бактериями и бактериальными болезнями растений.

БАРЬЕР ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ – полоса территории, которая служит препятствием для распространения техногенных загрязнений (санитарно-защитная зона).

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ – степень защищенности территории, экосистемы, человека от возможного экологического поражения.

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНА (провинция) – регион с более или менее характерным содержанием химических элементов в среде.

БИОГЕОЦЕНОЗ – исторически сложившаяся совокупность живых организмов (биоценоз) и абиотической среды вместе с занимаемым ими участком земной поверхности (биотопом).

БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ПАТОЛОГИЯ – наука о массовых болезнях, возникающих у животных из-за неблагоприятных изменений в биогеоценозах.

БИОИНДИКАЦИЯ – это определение биологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ.

БИОКОСНОЕ ТЕЛО – природное тело, сформировавшееся в результате взаимодействия живой и неживой природы, например, почва.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ – напряженность, направленность или интенсивность биологических процессов, протекающих в эдафотопе. В это достаточно широкое понятие входит интенсивность выделения углекислого газа (почвенное дыхание), количество микроорганизмов, содержащихся в одном грамме почвы, интенсивность процессов аммонификации, нитрификации, разложение клетчатки и целлюлозы. Основным моментом является активность почвенных ферментов.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ – количество органического вещества, производимого за определенное время организмами, входящими в состав того или иного биогеоценоза (луга, леса, поля, водоема). Измеряется в единицах массы, времени и площади.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ – методы борьбы с вредителями, предусматривающие использование хищников, паразитов или болезнетворных бактерий и вирусов, а также натуральные химические вещества, такие как феромоны насекомых.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ – осуществляется живыми организмами, в первую очередь ассимилирующими солнечную энергию растениями, усваивающими различные элементы для построения своего тела, изымая их из геологического круговорота и откладывая в почвенной толще при отмирании.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ НАКОПЛЕНИЕ (УСИЛЕНИЕ, КОНЦЕНТРАЦИЯ) – процесс, посредством которого определенные, часто токсичные вещества становятся все более концентрированными по мере того, как они продвигаются вверх по пищевым цепям. То есть в организмах, находящихся на вершине пищевой цепи, содержится больше этих веществ, чем в организмах, находящихся в ее нижних звеньях или в самой окружающей среде.

БИОМ – совокупность различных групп организмов и среды их обитания в определенной ландшафтно-географической зоне, например в тайге, умеренной зоне и т. д.

БИОМАССА – масса всех живых организмов (растений и животных), находящихся на каком-либо конкретном участке.

БИОСФЕРА – совокупность организмов, населяющих планету, со средой своего обитания; глобальная экологическая система.

БИОТА – исторически сложившийся комплекс живых организмов, обитающих на какой-либо крупной изолированной территории.

БИОТИЧЕСКИЙ (биологический) КРУГОВОРОТ – циркуляция химических элементов в экологической системе в результате синтеза и распада органических веществ.

БИОТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ – распространение нежелательных биогенных веществ (выделений) на территории или акватории.

БИОТЕХНОСФЕРА – это область нашей планеты, в которой существуют живое вещество и созданные человеком урбанотехнические объекты и где проявляется их взаимодействие и влияние на внешнюю среду.

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ – всевозможные формы влияния живых организмов друг на друга и на среду обитания.

БИОТОП – относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое биоценозом (сообществом). Однородность его климатических условий определяет климатоп, почвенно-грунтовых – эдафотоп, увлажнения – гидротоп.

БИОЦЕНОЗ – совокупность живых организмов (растений – *фитоценоз*, животных – *зооценоз* и микроорганизмов – *микробоценоз*), населяющих относительно однородное жизненное пространство.

БОЛЕЗНЬ ПРИРОДНО-ОЧАГОВАЯ – заразная болезнь, возбудитель которой (болезнетворные вирусы, бактерии и др.) постоянно циркулирует в организмах, формирующих биоценоз.

БОЛЕЗНЬ ЭНДЕМИЧЕСКАЯ – болезнь, возникающая в результате дефицита или избытка химических элементов в окружающей среде.

БОНИТИРОВКА ПОЧВ – это сравнительная оценка природных свойств почвы, наиболее важных для роста сельскохозяйственных культур.

В

ВЕРМИКУЛЬТУРА – это компостные черви в органическом субстрате.

ВЕЛИЧИНА ЧИСТОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ (г/м^2 в год или сутки, т/га в год) – продукция автотрофных организмов, которая практически совпадает с продуктивностью фитоценоза. Она определяет энергетический потенциал системы и характеризуется количеством органического вещества (фитомассы), образуемого за год в наземной и подземной сфере сообщества за вычетом части, затраченной на дыхание. Фактически – это годичный прирост.

ВЕЛИЧИНА ВТОРИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ – включает в себя продуцирование зоомассы и фитомассы гетеротрофными организмами.

ми. Позволяет оценить «вклад» разных групп консументов и редуцентов в отчуждении фитомассы из годовичного прироста, в деструкции и минерализации растительных остатков. Отношение первичной продукции к вторичной отражает сбалансированность биологической продукции.

ВИОЛЕНТЫ – многолетние растения, способные в благоприятных для них условиях создавать устойчивые монодоминантные сообщества. При менее благоприятной экологической обстановке они выступают как кодоминанты в полидоминантных сообществах. Если условия их произрастания резко ухудшаются, свойства доминантности они утрачивают.

ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНИ – болезнетворные организмы (бактерии, вирусы, гельминты и др.).

ВЫМОКАНИЕ – гибель растений из-за отсутствия притока воздуха к корням при застаивании воды на поверхности почвы.

ВЫТАПТЫВАНИЕ – механическое повреждение растительности и деформация почвы копытами животных (чаще при выпасе стад).

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ – извлечение одного или нескольких компонентов из почвы водным раствором, содержащим щелочь, кислоту или другой реагент, а также с помощью бактерий.

Г

ГАЗЫ ВЫХЛОПНЫЕ – газы, выбрасываемые двигателями внутреннего сгорания.

ГАЗЫ ПАРНИКОВЫЕ – газообразные вещества, попадающие в атмосферу и создающие парниковый эффект: диоксид углерода, метан, летучие углеводороды и др.

«ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ГРУЗ» – наследственное бремя в популяциях сельскохозяйственных растений, животных и людей.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ (большой) КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ представляет собой совокупность постоянно протекающих процессов формирования земной коры, высвобождения, трансформации, переноса и аккумуляции веществ и энергии, образования геологических пород и минералов, выветривание которых вновь приводит к высвобождению и перемещению элементов и энергии.

ГЕРБИЦИДЫ – химические средства для борьбы с сорными растениями.

ГЕТЕРОТИПИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ – взаимоотношения между особями разных видов. Влияние, которое оказывают друг на друга два вида, живущие вместе, может быть нейтральным, благоприятным

или неблагоприятным. Возможные взаимоотношения: нейтрализм, конкуренция, мутуализм, сотрудничество, комменсализм, аменсализм, паразитизм, хищничество, симбиоз.

ГЕТЕРОТРОФ – организм, способный питаться готовыми органическими веществами и неспособный синтезировать органические вещества из неорганических веществ.

ГИГРОФИТЫ – растения, живущие на обильно увлажненных почвах и при большой влажности воздуха (осоки, подмаренник болотный). Благодаря высокой влажности воздуха у гигрофитов замедляется и часто прекращается транспирация, что сказывается на восходящем движении воды и снабжении растений минеральными солями. У таких растений листовые пластинки тонкие, имеют водяные устьица – гидатоды, через которые происходит активное выделение воды в капельножидком состоянии.

ГИДАТОФИТЫ – водные растения, целиком или большей своей частью, погруженные в воду (например кувшинка, рдест, элодея).

ГИДРОПОНИКА – выращивание овощных, кормовых и других культур на питательных растворах, без почвы.

ГИДРОФИТЫ – водно-наземные растения, прикрепленные к грунту и погруженные в воду только нижней частью (например тростник, камыш, омежник). Они обитают по берегам водоемов и рек на неглубоких местах, но могут жить и на обильно увлажненных почвах вдали от водоема.

ГИПОКУПРОЗ – заболевание животных и людей, обусловленное недостаточным поступлением в организм меди.

ГИПОМАГНИЕМИЯ – заболевание животных и людей, обусловленное недостаточным поступлением в организм магния и (или) избыточным поступлением – калия; то же, что пастбищная тетания.

ГИПСОВАНИЕ – внесение в почву гипса для улучшения ее физико-химических свойств.

ГОМЕОСТАЗ – динамическое равновесие процессов, протекающих в организме, популяции, биоценозе, экосистеме.

ГОМОТИПИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ – взаимодействия между особями одного и того же вида. Реакции этого типа весьма разнообразны. Основные из них – групповой и массовый эффекты, внутривидовая конкуренция.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЫ – это относительное процентное содержание в почве фракций механических элементов.

ГРУНТ ЗАКРЫТЫЙ – выращивание растений под защитой стекла, прозрачной пленки с созданием под ними необходимых условий жизнеобеспечения.

ГРУППОВОЙ ЭФФЕКТ – это положительно направленные изменения, связанные с объединением одного вида в группы по две или более особи.

ГУМИДНЫЙ – относящийся, к районам высокого увлажнения. **ГУМУС** – большие устойчивые органические молекулы, образующиеся в почве при разложении органических веществ. Гумус повышает плодородие почвы, помогает удерживать влагу и препятствует эрозии.

Д

ДДТ – дихлордифенилтрихлорэтан, одно из соединений, относящееся к классу хлоруглеводородных пестицидов. ДДТ был запрещен в 1972 г.

ДЕГРАДАЦИЯ ЛАНДШАФТА – это упрощение, снижение хозяйственной ценности ландшафта вплоть до превращения в пустошь.

ДЕНИТРИФИКАЦИЯ – это разложение солей азотной кислоты до свободного азота бактериями-денитрификаторами.

ДЕСТРУКТОРЫ – это организмы, принимающие участие в разложении органического материала до простых соединений; примерами таких организмов могут служить бактерии и грибы.

ДЕТОКСИКАЦИЯ – это процесс обезвреживания внутри биологической системы попавших в нее вредных веществ.

ДЕТРИТ – это мертвое или частично разложившееся органическое вещество.

ДЕФЛЯЦИЯ – это выдувание ветром частиц почвы; развитие ветровой эрозии.

ДЕФОЛИАНТ – это химический препарат, используемый для уничтожения листвы.

ДИНАМИКА БИОГЕОЦЕНОЗА (ЭКОСИСТЕМЫ) – это изменение сообществ и среды их обитания под влиянием природных и антропогенных факторов.

ДИСКЛИМАКСОВЫЕ ЭКСПЛЕРЕНТЫ – проявляют доминантные свойства при постоянном действии фактора, обусловившего изменение ранее существовавшего фитоценоза. Одним из частых факторов подобного рода является выпас сельскохозяйственных животных. Наблюдения показали, что при длительном выпасе стад свойства доминантности могут приобрести лапчатка гусиная и спорыш.

ДИОКСИНЫ – это высокотоксичные вещества сложной химической структуры, ксенобиотики, имеющие техногенное происхождение, связанное главным образом с производством и использованием хлорорганических соединений и их утилизацией. В сельском хозяйстве источником диоксинов являются пестициды, особенно хлорорганические.

ДИФФУЗИЯ – это процесс перемещения газов в соответствии с их парциальным давлением.

ДОЖДЕВАНИЕ – это искусственное орошение сельскохозяйственных угодий путем имитации дождя (разбрызгивания воды).

ДОМЕСТИКАЦИЯ – это изменение организма животных под влиянием одомашнивания.

ДОМИНАНТ – 1) вид, количественно преобладающий в биоценозе; 2) животное, господствующее в группе себе подобных.

ДРЕНАЖ – осушение излишне увлажненной, заболоченной территории путем отвода вод.

Е

ЕМКОСТЬ ПАСТБИЩА – это количество животных, которых можно прокормить в течение одного месяца на единице площади пастбища.

ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ – это явление самопроизвольного превращения (распада) неустойчивых изотопов одного химического элемента в изотоп другого, сопровождающееся α -, β - и γ -излучениями.

Ж

ЖИВОТНОЕ-СИНАНТРОП – это дикое животное, обитающее вблизи человека.

ЖИЗНЕННАЯ ФОРМА – это внешний облик растений и животных, отражающий их приспособленность к условиям внешней среды (например, жизненная форма у растений – деревья, кустарники, травы и т. д.).

З

ЗАБОЛАЧИВАНИЕ – это изменение водного режима, выражающееся в длительном переувлажнении, подтоплении и затоплении почв.

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ – это процентное отношение всех случаев болезни к определенному поголовью животных.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ – привнесение в какую-либо среду новых нехарактерных для нее физических, химических и биологических аген-

тов или превышение естественного среднесуточного уровня содержания этих агентов в среде.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ – это загрязнение биосферы, вызванное прямым или косвенным сельскохозяйственным производством, т. е. жидкими или твердыми отходами животноводства, растениеводства, включая остатки пестицидов и удобрений на полях, эрозию, компоненты выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания и тепловых установок сельскохозяйственных машин.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ИНГРЕДИЕНТНОЕ – это совокупность веществ, количественно или качественно чуждых естественным биогеоценозам.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ – заключается в изменении качественных параметров окружающей природной среды.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ БИОЦЕНОТИЧЕСКОЕ – связано с воздействием на состав и структуру популяций живых организмов.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СТАЦИАЛЬНО-ДЕСТРУКЦИОННОЕ – представляет собой изменение ландшафтов и экологических систем в процессе природопользования и определяется интенсивностью трансформации естественных систем.

ЗАДЕРЖИВАНИЕ ОТВАЛОВ – создание дернины на поверхности отвалов и откосов.

ЗАЛУЖЕНИЕ ОТВАЛОВ – создание продуктивного травяного покрова на отвалах (насыпи из пустых пород).

ЗАСОЛЕНИЕ ПОЧВ – представляет собой повышение содержания в почвах легкорастворимых солей (более 0,1 % массы сухой почвы) (карбоната натрия, хлоридов, сульфатов), источником которых служат минерализованные грунтовые воды и засоленные материнские породы.

ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИЕ ПОЛЯ ОРОШЕНИЯ – предназначены для приема предварительно очищенных сточных вод с целью их доочистки и использования в качестве удобрения.

ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ – богарные, орошаемые агроэкосистемы (ротации зерновых, бобовых, кормовых, овощных, бахчевых, технических и лекарственных культур).

ЗОНА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ – регион, где в результате хозяйственной или иной деятельности человека наблюдаются устойчивые отрицательные изменения в окружающей среде, угрожающие здоровью населения, состоянию экологических систем, генофонда растений и животных.

ЗООЦИДЫ – химические средства для борьбы с вредными позвоночными.

И

ИСТИННЫЙ ПРИРОСТ (т/га за год) – количество органического вещества, остающееся в сообществе в результате годичного прироста, за вычетом опада.

ИНВЕРТАЗА – это фермент, который действует на бетафруктофуранозидную связь в сахарозе, рафинозе и других и производит расщепление сахарозы на эквимольные количества глюкозы и фруктозы. Данный фермент широко распространен в природе, он имеется у многих микроорганизмов, встречается почти во всех типах почв. Его активность является характерным показателем типов почв и их биологической активности.

ИНСЕКТИЦИДЫ – это химические средства для борьбы с вредными насекомыми.

ИНТРОДУКЦИЯ – это перемещение растений и (или) животных из какого-то региона в местный ландшафт.

ИРРИГАЦИЯ – это искусственное орошение полей, садов, огородов, других угодий.

К

КАДАСТР – систематизированный свод сведений, количественно и качественно характеризующих определенный вид природных ресурсов или явлений, в ряде случаев с их экономической или социально-экономической характеристикой и оценкой изменений под влиянием преобразующей деятельности человека, с рекомендациями по рационализации использования ресурсов и необходимым мерам их охраны.

КАРАНТИН – это система мероприятий по защите растений и животных от возбудителей болезней.

КАТАЛАЗА – это фермент, при участии которого осуществляется разложение перекиси водорода. Источники ее формирования в дыхательном процессе живых организмов разнообразны. Она может образовываться при окислении органических соединений посредством флавиновых ферментов. У некоторых аэробных микроорганизмов перекись образуется в результате переноса одной пары ионов водорода на молекулярный кислород при участии цитохромной системы. Удаление перекиси из организма или окружающей среды осуществляется двумя геминовыми ферментами – каталазой и пероксидазой. Перенос электрона по цепи сопровождается синтезом АТФ, поэтому для микроорганизмов разложение перекиси – один из источников пополне-

ния запасов высокоэнергетических материалов для осуществления синтетических процессов.

КАЧЕСТВО СРЕДЫ – это степень соответствия экологической обстановки в биогеоценозах потребностям населяющих их организмов.

КЛИМАКС – это конечная стадия сукцессионной последовательности; сообщество, достигшее стационарного состояния при определенном наборе условий среды.

КОММЕНСАЛИЗМ – это форма взаимоотношений двух видов, при которой наблюдается постоянное или временное сожительство двух видов, когда один вид питается остатками пищи другого вида, не причиняя ему никакого вреда.

КОНКУРЕНЦИЯ – это соперничество, антагонистические взаимоотношения организмов в борьбе за ресурсы.

КОНСОРЦИЯ – это единица структуры биоценоза, представляющая совокупность разнородных организмов, трофически и топически тесно связанных между собой и зависящих от центрального члена – растения или, реже, животного.

КОНСУМЕНТЫ (потребители) – это организмы, питающиеся готовым органическим веществом фотосинтетического или хемосинтетического происхождения.

КСЕНОБИОТИК – это вещество, чужеродное организму, виду, сообществу.

КСЕРОФИТЫ – это наиболее разнообразная группа растений сухих местообитаний. Они характерны для пустынь и полупустынь, но есть практически во всех природных зонах, где возможны настолько сухие местообитания, что требуются особые приспособления, предотвращающие обезвоживание и перегрев. Повышенная способность ксерофитов эффективно добывать воду связана с развитием мощной корневой или сильно разветвленной корневой системы.

Л

ЛАНДШАФТ – это территория, однородная по происхождению и истории развития, обладающая единым геологическим основанием, однотипным рельефом, единообразным сочетанием почв, растительности и отличающаяся от других территорий структурой, а также характером взаимосвязи и взаимодействия между отдельными компонентами этой территории.

ЛИМИТИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ – это экологические факторы, которые при определенном наборе условий окружающей среды ограничивают какое-либо проявление жизнедеятельности организмов.

М

МАЛООТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ – способ производства продукции, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами; при этом по техническим, организационным, экономическим или другим причинам часть сырья и материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение.

МАССОВЫЙ ЭФФЕКТ – это отрицательно направленный эффект перенаселения среды.

МЕЗОТРОФЫ – это растения, умеренно требовательные к плодородию почв (например ель, ирга, земляника, чистотел).

МЕЗОФИТЫ – это растения, обитающие при достаточном, но не избыточном или слишком ограниченном увлажнении (злаки, бобовые, большинство древесных растений). Они обычно произрастают в условиях умеренного климата и хорошего минерального питания.

МЕЛИОРАЦИЯ – это система научно обоснованных организационно-хозяйственных, технических, биологических и других мероприятий, направленных на улучшение природных условий используемых территорий.

МЕСТООБИТАНИЕ ВИДОВ – это место с определенными условиями, где обнаруживается данный вид животного.

МИКОТОКСИНЫ – это яды, продуцируемые микроскопическими грибами. Они относятся к классу природных токсинов, способных вызывать тяжелые заболевания животных и человека.

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ – это процесс превращения сложных органических веществ в простые неорганические соединения.

МОНИТОРИНГ – это система наблюдений и контроля за состоянием окружающей человека природной среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рациональному использованию природных ресурсов и предупреждению критических ситуаций, вредных и опасных для здоровья людей, живых организмов и их сообществ, природных комплексов и объектов.

МОНОДОМИНАНТНОСТЬ возникает, если один из факторов, находясь либо в минимуме, либо в максимуме, оказывает столь сильное воздействие, что подавляет влияние всех остальных факторов.

МУТУАЛИЗМ – это тип взаимоотношений между видами, при котором каждый вид получает относительно равную пользу от совместного существования; форма симбиоза, при которой виды не могут существовать друг без друга.

Н

НЕЙТРАЛИЗМ – это тип взаимоотношений между видами, при котором виды не влияют друг на друга.

НИТРИФИКАЦИЯ – это процесс окисления солей аммиака до солей азотной кислоты бактериями нитрификаторами (1-я фаза – превращение аммиака до нитритов; 2-я фаза – превращение нитритов до нитратов).

НООСФЕРА – это высшая стадия развития биосферы, характеризующаяся сохранением всех естественных закономерностей, присутствующих в биосфере (при высоком уровне развития производительных сил, научной организации воздействия общества на природу), максимальными возможностями общества удовлетворять материальные и культурные потребности человека.

О

ОГРАНИЧИВАЮЩИЙ ФАКТОР – это фактор среды, выходящий за пределы выносливости организма (за пределы допустимого максимума или минимума).

ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ (почвы) – это относительная легкость, с которой почву можно возделывать.

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ (отрицательная) – это стремление системы противодействовать вносимому извне изменению и возвращаться к устойчивому состоянию.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС – это обмен веществ и энергии внешней средой; при диссимиляции окисляются органические вещества, выделяется тепловая энергия и аккумулируется в виде химических связей (АТФ); при ассимиляции образуются химические вещества, необходимые организму, за счет усвоения и превращения питательных веществ у животных и фотосинтеза зеленых растений, при этом используется энергия АТФ.

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА – это вещество, энергия и пространство, окружающие организмы и воздействующие на них как положительно, так и отрицательно.

ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ПОЧВЫ – это экологическая реорганизация почвенного тела и изменение почвенных процессов соответственно биологическим особенностям главной группы возделываемых сельскохозяйственных культур в целях стабильного увеличения их урожайности на основе прогрессивного повышения почвенного плодородия.

ОЛИГОТРОФЫ – это растения, микроорганизмы, способные существовать на бедных питательными веществами почвах.

ОПАД (г/м² в год, т/га в год) – количество органического вещества, заключенного во всех ежегодно отмирающих наземных и подземных частях растений.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ – это поиск сбалансированного соотношения между эксплуатацией экосистем (при рациональном использовании природных ресурсов), их охраной и целенаправленным преобразованием.

ОПТИМУМ – это состояние или величина фактора или сочетания факторов, обеспечивающих наилучший результат какого-либо процесса. Например, количества тепла, света, воды, биогенов и т. д. Уменьшение или увеличение этого параметра по сравнению с оптимумом снижает выход процесса.

ОПУСТЫНИВАНИЕ – это снижение плодородия территории (на 25 % и более) из-за нерациональной эксплуатации. Основные причины – перевыпас, выпашивание, приводящие к эрозии и засолению.

ОРГАНИЗМ – живое существо – растение, животное, гриб, микроорганизм.

ОРОШЕНИЕ – это одно из важнейших направлений интенсификации сельскохозяйственного производства в регионах с недостаточным и неустойчивым естественным увлажнением.

II

ПАЗИТИЗМ – это форма взаимоотношений между видами, тесно связанными в своем жизненном цикле, при которой один из них (паразит) живет за счет питания тканями или соками другого (хозяина).

ПАРЦЕЛЛЯРНЫЕ АГРОЭКОСИСТЕМЫ – это мелкие земельные участки, на которых производят продукцию с помощью маломощных орудий труда. Такие системы характеризуются ограниченными пахотными угодьями, распространением смешанных посевов с разной периодичностью чередования и различными сроками вызревания культур. Данный тип агроэкосистем имеет существенное значение в предгорьях и горах.

ПАСЕКА – это участок, на котором расположены ульи с медоносными пчелами. Она ограждена кустарниками и невысокими деревьями. С экологической точки зрения пасека представляет собой экологическую систему (пасечный биогеоценоз), в которой главным биотическим компонентом является популяция пчел.

ПАСТБИЩНОЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ – это пастбищные агроэкосистемы (отгонные пастбища: тундровые, пустынные, горные;

лесные пастбища; улучшенные пастбища; сенокосы; окультуренные луга).

ПАСТБИЩНЫЙ БИОГЕОЦЕНОЗ – это природное или культурное пастбище, используемое для выпаса сельскохозяйственных животных;

ПАТИЕНТЫ – это многолетние растения, обладающие резко выраженными приспособлением и выживанием. Они могут адаптироваться к произрастанию в условиях недостатка влаги, элементов минерального питания в почве и т. д.

ПАХОТНЫЙ СЛОЙ – это поверхностный слой почвы, богатый гумусом и другой живой и неживой органикой. В результате жизнедеятельности обитающих в нем организмов обычно отличается от подпочвы рыхлой комковатой структурой. Иногда отсутствует из-за эрозии, застройки, горнодобывающих работ и т. д.

ПЕСТИЦИД – это вещество, используемое для уничтожения вредителей или сорняков. Пестициды подразделяют на группы в соответствии с организмами, для борьбы с которыми они предназначены.

ПЕСТИЦИДЫ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ – синтетические органические вещества, используемые для уничтожения насекомых и других вредителей. Первым из них начали применять ДДТ (в 1940-е гг.).

ПЕСТИЦИДЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ – токсичные неорганические вещества, первыми использованные для борьбы с вредителями, заболеваниями растений и сорняками. В их состав обычно входили мышьяк, цианид или тяжелые металлы, например ртуть или медь.

ПЕСТИЦИДЫ ШИРОКОГО СПЕКТРА ДЕЙСТВИЯ – это пестициды, уничтожающие широкий спектр вредителей. Они также убивают массу безвредных и полезных видов, поэтому их использование чревато экологическими нарушениями и возрождением вредителей. Им противоположны пестициды узкого спектра действия.

ПИЩЕВАЯ ЦЕПЬ – абстрактное понятие, позволяющее представить себе перенос энергии пищи от ее источника через популяции, происходящий путем поедания одних организмов другими. Переплетение пищевых цепей называют пищевой сетью.

ПОДСЕЧНО-ОГНЕВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ – это способ обработки земли, широко распространенный по всем тропикам. Вырубка и сжигание лесной растительности с целью расчистки места под паш-

ню. Это крайне разрушительно действует на гумус и может привести к быстрой деградации почвы.

ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗА – это фермент, который катализирует распад фенольных соединений до хинонов и воды при участии кислорода – единственного их акцептора водорода. Поэтому в анаэробных условиях активность полифенолоксидазы полностью ингибируется. Главными субстратами для этого фермента являются ароматические соединения фенольной природы. Но есть и доказательства, что при участии полифенолоксидазы микроорганизмы могут окислять такие клеточные метаболиты, как аминокислоты, алкалоиды, органические кислоты.

ПОЧВА – это естественно-историческое, природное образование, рыхлое и динамичное, сформировавшееся на земной поверхности при взаимодействии геологических пород и биоты (животные и растительные организмы) в определенных условиях климата и рельефа со временем и обладающее плодородием.

ПЛАНТАЦИОННО-САДОВОЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ – это плантационные агроэкосистемы (чайный куст, дерево какао, кофейное дерево, сахарный тростник), садовые агроэкосистемы (плодовые сады, ягодники, виноградники).

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ – это способность обеспечивать растения водой и элементами питания.

ПОЛЕВЫЕ (СЕГЕТАЛЬНЫЕ) СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ – это спутники агрорастительности. Они разнообразны. Их подразделяют на агрофиты, антропохоры (типичные сорняки, связанные с развитием земледелия); апофиты (выходцы местной флоры); семиагрофиты (переходная группа).

ПОЛЛЮТАНТЫ – это вещества, загрязняющие среду (обычно антропогенного происхождения).

ПОПУЛЯЦИЯ – это совокупность особей одного вида, воспроизводящих себя теми или иными способами размножения в течение большого числа поколений, функционирующих в одном или нескольких биоценозах.

ПОРОГОВЫЙ УРОВЕНЬ – это максимальное количество загрязнителя, лекарства или другого фактора, которое переносится организмом без ущерба для него. Варьирует в зависимости от чувствительности особей, времени воздействия и наличия других факторов, которые могут вызвать синергический эффект.

ПОЧВЕННЫЙ ПРОФИЛЬ – это последовательность образовавшихся естественным путем различных по свойствам слоев (горизонтов) почвы.

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ – это трансформация выходящих на дневную поверхность горных пород под совокупным действием растительных и животных организмов (биоты) в определенных условиях климата и рельефа со временем.

ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЕЩЕСТВ (элементов) – максимальная концентрация загрязнителя, считающаяся (с определенным запасом) безопасной для здоровья человека.

ПРЕДЕЛЫ УСТОЙЧИВОСТИ – это экстремальные значения фактора, например температуры, при выходе за которые организм или популяция уже не смогут выжить.

ПРИНЦИП АДЕКВАТНОСТИ – это производственная деятельность в агроландшафтах, которая должна функционально соответствовать функциям биосферы, т. е. быть адекватной природным закономерностям окружающей среды. Это может достигаться применением прогрессивных систем земледелия (выделение севооборотов с многолетними травами на склонах, замена вспашки бесплужной обработкой и другие агротехнические приемы) с учетом экологических особенностей структуры сложившихся естественных ландшафтов.

ПРИНЦИП ПРИОРИТЕТА ФИТОМЕЛИОРАЦИИ – при формировании почвоохранных, самовосстанавливающихся и самоочищающихся агроландшафтов и агроэкосистем ведущая роль должна принадлежать фитомелиорации. В этом случае создаются условия для выполнения одного из важнейших законов – закона минимума. Часто ограничивающим фактором является дефицит почвенной влаги. Растительная мелиорация способствует формированию более устойчивого влагооборота в агроэкосистемах.

ПРИНЦИП СОВМЕСТИМОСТИ – компоненты (элементы) территории агроландшафтов проектируются и создаются с учетом природно-антропогенной совместимости. Необходимо чтобы элементы территории агроландшафтов были органически взаимосвязаны и представляли единую систему, согласованную со строением природных комплексов и хозяйственной деятельностью.

ПРИНЦИП СООТВЕТСТВИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ МЕСТОБИТАНИЮ – при структурировании агроландшафта важно грамотно выбрать место размещения посевов и посадок различных групп сельскохозяйственных растений на неоднородных по экологическим свойствам и расположению участках возделываемых земель.

ПРИНЦИП ПРОСТРАНСТВЕННОГО И ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ – агроэкосистемы должны создаваться с учетом требования пространственного и видового разнообразия среды. Чем разнообразнее и сложнее структура агроландшафта, тем выше устойчивость, способность противостоять различным внешним воздействиям.

ПРИРОДНАЯ СРЕДА – это совокупность природных абиотических и биотических (биогенных) факторов по отношению к растениям, животным и другим организмам вне зависимости от контактов с человеком.

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ – это естественные ресурсы, часть всей совокупности природных условий и важнейших компонентов природной среды, которые используются либо могут использоваться для удовлетворения разнообразных потребностей общества, поддержания условий существования человечества и повышения качества жизни.

ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ – способность природных систем без ущерба для себя (а следовательно, и для людей) отдавать необходимую человечеству продукцию или производить полезную для него работу в рамках хозяйства данного исторического типа.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ – это совокупность объектов, явлений и факторов природной среды.

ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ – это мера потенциальной способности какой-либо природной системы удовлетворять многообразные потребности общества.

ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ – это совокупность живых организмов в неорганической среде, которые, занимая определенное пространство, связаны между собой обменом веществ и энергии и способны к саморегуляции.

ПРИРОДОЕМКИЕ АГРОЭКОСИСТЕМЫ – это агроэкосистемы, которые характеризуются неполным воспроизводством естественного плодородия, что приводит к падению его уровня.

ПРИРОДООХРАННЫЕ АГРОЭКОСИСТЕМЫ – это агроэкосистемы, для которых характерно простое воспроизводство естественного плодородия и, как следствие, сохранение его уровня.

ПРИРОДОУЛУЧШАЮЩИЕ АГРОЭКОСИСТЕМЫ – это агроэкосистемы, направленные на расширенное воспроизводство и превышение уровня естественного плодородия.

ПРОДУЦЕНТЫ (созидатели) – автотрофы и хемотрофы, производящие органическое вещество из неорганических соединений.

ПРОЕКТИВНОЕ ПОКРЫТИЕ – показатель, определяемый абсолютной или относительной площадью проекции наземных частей растений.

ПРОТЕАЗА – фермент, катализирующий гидролитическое расщепление белков до пептидов и далее до аминокислот, действуя на пептидную связь. Протеолитические ферменты играют важную роль в почве, участвуя в процессах разложения растительных, животных и микробных остатков, в превращении азотистых веществ в почве и питании растений. Активность протеаз в почве определяют, используя в качестве субстрата казеин, желатин или некоторые пептиды.

ПРОТОКООПЕРАЦИЯ – тип взаимоотношений между видами, при котором взаимодействие благоприятно для обоих видов, но не обязательно.

Р

РЕДУЦЕНТЫ – это организмы, главным образом бактерии и грибы, которые в процессе жизнедеятельности превращают органические остатки в неорганические.

РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫЕ ПОЧВЫ – это искусственно созданные почвогрунты на загрязненных или бесплодных территориях для предотвращения расширения деградации, а также получения сельскохозяйственной продукции.

РОДЕНТИЦИДЫ – это химические средства для борьбы с грызунами.

РЕСУРСНЫЙ ЦИКЛ – это совокупность превращений и пространственных перемещений определенного вещества, происходящих на всех этапах использования его человеком и протекающих в рамках общественного звена общего круговорота данного вещества на Земле.

С

СЕВООБОРОТ – это чередование культур на одном участке в разные сезоны. Например: один год – зерновые, затем два года подряд травосмеси, потом опять зерновые и т. д.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ – это наука о факторах внешней среды, их влиянии на организмы культивируемых растений и животных, о природных комплексах, преобразованных деятельностью человека для производства экологически чистой продукции растениеводства и животноводства.

СЕНОКОС – луг или степь, предназначенные для заготовки зеленой массы или сена.

СИДЕРАЦИЯ – агротехнический прием запахивания выращенных растений, чаще всего бобовых. Один из экологических способов

повышения плодородия почв. Зеленые удобрения (сидераты) обогащают гумус органическими веществами, способствуют заселению почв полезной микрофлорой.

СИЛЬНОЭДИФИКАТОРНЫЕ РАСТЕНИЯ. К ним относят растения сплошного посева, образующие травостой, проективное покрытие которого составляет около 100 %. К этой же группе отнесены растения высокорослые (до 3 м) и среднерослые, но быстро развивающиеся с весны (озимая рожь, рапс, вика, подсолнечник на силос).

СИМБИОЗ – это тип взаимоотношений между видами, при котором взаимовыгодное сожительство особей двух видов или более обязательно.

СИНЭКОЛОГИЯ – это наука, изучающая взаимоотношения между особями, относящимися к разным видам данного сообщества, а также между ними и окружающей средой.

СКЛЕРОФИТЫ – засухоустойчивые растения с сухими и жесткими листьями и стеблями, не запасующие влагу в период засухи. Из-за сильного развития механических тканей при водном дефиците у них не наблюдаются внешние признаки завядания (например, дурнишник колючий, ковыль, типчак).

СКОРОСТЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА – отношение величины первичной продукции к запасу живой фитомассы (в %). Наибольшая в луговой степи, наименьшая в лесу. Чем меньше этот показатель, тем больше задержка веществ и дальнейшая их консервация. Увеличение показателя свидетельствует о высоком динамизме процессов.

СКОРОСТЬ ОБЩЕГО ОБОРОТА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА – отношение величины запаса живого и мертвого органического вещества (включая и не включая гумус) к продукции (%). Этот критерий позволяет выявить подвижность каждой единицы органического вещества при прохождении этапов трансформирования продукции. Например, минимальная она в полярном и бореальном поясах и почти на порядок выше в луговой степи.

СЛАБОЭДИФИКАТОРНЫЕ РАСТЕНИЯ. К ним относятся некоторые растения, медленно развивающиеся после появления всходов и с проективным покрытием не выше 50 %: бахчевые, овощные культуры, горох и др.

СМЕШАННОЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ – смешанные агроэкосистемы, характеризующиеся равнозначным соотношением и сочетанием нескольких видов землепользования, а также процессов получения как первичной, так и вторичной биологической продукции.

СОВРЕМЕННЫЙ АГРОЛАНДШАФТ – это многокомпонентное образование со специфическими природно-хозяйственным генезисом, фитоценоотическим обликом, экологической ситуацией.

СОЛОНЦЕВАТОСТЬ (осолонцевание) – это коренное изменение структурного состояния всей почвенной толщи в связи с диспергацией почвенных коллоидов (гумуса и глины) под воздействием обменно-поглощенного натрия и при понижении концентрации легкорастворимых солей в почвенном растворе.

СООБЩЕСТВО – группа организмов различных видов, населяющих одно местообитание и связанных между собой трофически и поведенческими отношениями.

СРЕДА ОБИТАНИЯ – часть природной среды, окружающая живые организмы, с которой они взаимодействуют.

СРЕДНЕЭДИФИКАТОРНЫЕ РАСТЕНИЯ – к ним относятся растения сплошного и рядкового весеннего посева, достаточно высокорослые, с проективным покрытием 70–80 %, большей частью быстро развивающиеся после появления всходов (яровые зерновые, том числе рис), пропашные (хлопчатник, кукуруза, гречиха, соя).

СТАБИЛЬНОСТЬ ЭКОСИСТЕМЫ – способность экосистемы вернуться в прежнюю область устойчивого равновесия после временного воздействия природного или антропогенного фактора.

СТАДО – группа домашних животных обычно одного вида, породы, пола, близкого возраста, подобранных для отдельного содержания, кормления, нагула, откорма и т. д. Синонимами термина «стадо» являются «отара» в овцеводстве, «гурт» в мясном и молочном хозяйстве.

СУБВИОЛЕНТЫ – виды растений, как и виоленты, способные доминировать в травостое, но их конкурентная способность невелика.

СУБПАЦИЕНТЫ – виды растений, у которых пациентные свойства выражены в меньшей степени, чем у растений предыдущей группы.

Т

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ – включает совокупность поступления и отдачи тепла почвой, его продвижения в ней и всех изменений температуры почвы.

ТЕРАТОГЕН – агент, вызывающий врожденные пороки развития и уродства.

ТЕХНОГЕНЕЗ – это процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека.

ТИПИЧНЫЙ ПАР – поле, свободное от возделываемых на нем культурных растений. Такой пар называется чистым. Он позволяет земледельцу выявить все недостатки поля, произвести «капитальный ремонт» почвы. Чистый пар в основном применяют как черный с осени, тотчас же после уборки с поля предшествующей культуры. Чистый (черный) пар имеет существенный недостаток. На пашне, не занятой растениями, могут развиваться процессы эрозии почв.

ТОЛЕРАНТНОСТЬ – способность организмов выносить отклонения факторов среды от оптимальных для них.

ТРОФИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ – положение в пищевой цепи, определяемое числом этапов передачи энергии.

У

УДОБРЕНИЕ – вещество, предоставляемое растениям или вносимое в почву для снабжения их органическими и минеральными веществами.

УРЕАЗА – фермент, который катализирует распад мочевины на аммиак и углекислоту. Фермент обладает строгой специфичностью действия: расщепляет только мочевину и не действует на производные. Оптимум рН уреазы близок к 7,0, но может смещаться в зависимости от концентрации мочевины, природы и концентрации применяемых буферов.

УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ – это совокупность необходимых организмам элементов среды, с которыми они находятся в неразрывном единстве и без которых существовать не могут.

УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЭКОСИСТЕМ – свойство системы сохранять и поддерживать значение своих параметров и структуры в пространстве и времени, качественно не меняя характер функционирования.

Ф

ФЕРМЕННЫЙ БИОГЕОЦЕНОЗ – это природно-техническая система, состоящая из сельскохозяйственных (домашних) животных среды их обитания в форме скотного двора, животноводческой фермы или промышленного комплекса (например конюшня, коровник, свинарник, кошара, птичник, животноводческий комплекс, зоопарк, виварий).

ФЕРМЕНТЫ – представляют собой высокомолекулярные белковые вещества, молекулы которых построены из связанных между собой остатков аминокислот. Полипептидная цепочка белков-ферментов расположена в пространстве сложными и неповторимым для каждого фермента образом, именно с ней связана каталитическая

активность каждого фермента. Ферменты, вступая в промежуточные реакции, ослабляют прочность связей в молекулах реагирующих веществ, повышая их реакционную способность, и таким образом вызывают высокую степень активизации молекул больших затрат энергии.

ФАСЦИОЛЕЗ – гельминтозное заболевание животных и людей.

ФОТОТРОФЫ – организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических веществ за счет солнечной энергии.

ФИТОЦЕНОЗ – устойчивое сообщество растительных организмов различных видов, населяющих относительно однородное жизненное пространство (биотоп).

ФЛУКТУАЦИОННЫЕ ЭКСПЛЕРЕНТЫ – многолетние, реже – дву- или однолетние растения, обладающие слабовыраженной конкурентной способностью. Период их доминирования в фитоценозе обычно непродолжителен.

ФУНГИЦИДЫ – химические средства для борьбы с грибными болезнями растений и различными грибами.

Х

ХЕМОТРОФЫ – организмы, синтезирующие органическое вещество за счет энергии окисления химических веществ (серы, железа, аммиака и др).

ХИЩНИЧЕСТВО – это тип взаимоотношений между популяциями, при котором представители одного вида поедают представителей другого вида. Популяция хищника подавляет популяцию жертвы, но и сама зависит от нее.

ХИМИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА – комплекс мероприятий, опирающийся на результаты агрохимической науки и химической промышленности, заключающийся в широком и планомерном использовании химических средств и методов.

Ц

ЦЕЛОСТНОСТЬ – это внутреннее единство природных экосистем, обусловленное тесными взаимосвязями между составляющими их компонентами.

ЦЕНОФЛУКТУЕНТЫ – это растения, имеющие такой жизненный цикл, который позволяет им доминировать в травостое периодически, в течение короткого срока.

Э

ЭДАФОН – это совокупность живущих в почве организмов.

ЭВТРОФИРОВАНИЕ ВОДОЕМОВ (*эвтрофикация, эвтрофия*) – это повышение биологической продуктивности водных объек-

тов в результате накопления в воде биогенных элементов под воздействием антропогенных или естественных (природных) факторов.

ЭВТРОФЫ – это растения, произрастающие на богатых питательными веществами почвах (например черемуха, лещина, крапива, сныть).

ЭДИФИКАТОР – это вид, доминирующий в биоценозе и оказывающий резко выраженное влияние на среду в биогеоценозе.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ВАЛЕНТНОСТЬ ВИДА – это показатель, характеризующий способность организмов существовать в разных условиях среды, заселять местообитания с выраженными колебаниями интенсивности экологических факторов.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ – это получение организмом сигналов о каких-либо изменениях окружающей среды.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША – совокупность всех факторов и ресурсов среды, в пределах которой может существовать вид в природе; характеристика всех сторон жизни данного вида. Экологическая ниша – это «профессия» вида, а местообитание – его «адрес».

В одном местообитании каждый вид имеет свою экологическую нишу, она определяет его распространение и роль в сообществе.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ – это степень выносливости организмов или их сообществ к воздействию факторов среды; свойство видов приспосабливаться к тому или иному диапазону факторов среды.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЕМКОСТЬ ТЕРРИТОРИИ – это обобщенная характеристика территории, количественно соответствующая максимальной техногенной нагрузке, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных свойств.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫЙ УЧАСТОК – это территория, выделенная с учетом однородности характеристик ее природных ресурсов, комплексности их действия и сохраняющая свои ландшафтные особенности в процессе хозяйственного использования.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР – это любой компонент среды, вызывающий у организмов при своих повторных изменениях ответные приспособительные эколого-физиологические реакции, наследственно закрепляющиеся в процессе эволюции.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКВИВАЛЕНТЫ – это виды, занимающие аналогичные экологические ниши в экосистемах разных континентов или областей.

ЭКОТИП – это экологические расы и разновидности растений и животных, чаще всего находящиеся в пределах непрерывных рядов изменчивости (климатической, эдафической и ценотической).

ЭКОТОП – это местообитание сообщества. Термин очень близкий к биотопу, но с подчеркиванием внешних по отношению к сообществу факторов среды.

ЭКОЦИД – это значительное угнетение и гибель экосистем, различных организмов, в том числе людей, под влиянием резких или длительных антропогенных нарушений нормальных экологических условий.

ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ – это свойство системы качественно отличаться от составляющих ее компонентов (подсистем).

ЭПИЗОТИИ – это массовые заболевания животных.

ЭПИФИТОТИИ – это массовые заболевания растений.

ЭРОЗИЯ – представляет собой разрушение почв под действием поверхностного стока и ветра с последующим перемещением и переотложением почвенного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрэкология /В.А. Черников, Р.М. Алексахин и др.; Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – Москва: Колос, 2000. – 536 с.
2. Белюченко И.С., Мельник О.А. Сельскохозяйственная экология. Учебное пособие. – Краснодар: Изд-во КГАУ, 2010. - 297с.
3. Богородский, О.В. Основы сельскохозяйственной экологии: Учебное пособие/ О.В. Богородский. – Иркутск: ИСХИ, 1995. – 222 с.
4. Демидеко, Г.А. Сельскохозяйственная экология: учеб. пособие / Г.А. Демиденко, Н.В. Фомина; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019. – 330 с.
5. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – Москва: Колос, 1996.- 367 с.
6. Насатуев, Б.Д. Органическое животноводство/ Б.Д. Насатуев. – Учебное пособие. - Улан-Удэ: БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2008. – 127 с.
7. Организационные формы материально - технического обеспечения // Организация сельскохозяйственного производства: Учебник / Под ред. Ф. К. Шамирова. - Москва, 2000. – 215 с.
8. Патова, Е.Н. Экологический мониторинг: учеб. пособие / Е.Н. Патова, Е.Г. Кузнецова; Сыктывкар. лесн. ин-т. – Сыктывкар: Изд-во СЛИ, 2013. – 52 с.
9. Сельскохозяйственная экология / Н.А. Уразаев, А.А. Вакулин и др. - Москва: Колос, 2000. - 304 с.
10. Сельскохозяйственная экология (интерактивный курс): учеб. пособие / И.В. Сергеева, А.Л. Пономарева, Ю.М. Мохонько [и др.]. – Саратов: Изд-во Саратовского ГАУ, 2012. – 120 с.
11. Хуснидинов, Ш.К. Практикум по сельскохозяйственной экологии/ Ш.К. Хуснидинов, Т.Г. Кудрявцева: Учебное пособие.- Иркутск, 2003.-65с.
12. Шакиров, Ф.К. Организация сельскохозяйственного производства/ Ф.К. Шакиров, В.А. Удалов, С.И. Грядов и др.; Под ред. Ф.К. Шакирова.- Москва: Колос, 2000.-504с.

Галина Викторовна Ильина
Дмитрий Юрьевич Ильин
Светлана Анатольевна Сашенкова

Сельскохозяйственная экология

Учебное пособие для студентов технологического факультета
направления подготовки 35.03.07 Технология производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Электронное издание

Компьютерный набор Г.В. Ильиной

Подписано к изданию в электронном виде 25.09.2020
№ _____ в реестре электронных ресурсов ПГАУ

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