

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

*Г.А. Демиденко, Н.В. Фомина*

# **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ**

*Учебное пособие*

*Рекомендовано научно-методическим советом по сельскому хозяйству  
Федерального УМО по сельскому, лесному и рыбному хозяйству  
для использования в учебном процессе при подготовке бакалавров  
по направлению 35.03.03. «Агрохимия и агропочвоведение»*

Красноярск 2019

ББК 40.08я73

Д 30

*Рецензенты:*

*В.Н. Романов*, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник  
отдела агротехнологий Красноярского НИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН

*Е.Я. Мучкина*, д-р биол. наук, проф. каф. экологии и географии  
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Д 30 *Демиденко, Г.А.*

**Сельскохозяйственная экология:** учеб. пособие / *Г.А. Демиденко, Н.В. Фомина*; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019. – 330 с.

Представлены следующие вопросы: предпосылки возникновения и формирования культурного ландшафта; характеристика сельскохозяйственных экосистем и их роль в АПК; агробиогеоценоз; пастбищный биогеоценоз; ферменный биогеоценоз; агроэкологический мониторинг; сельскохозяйственное загрязнение окружающей среды; принципы получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции; технологии утилизации отходов сельского хозяйства. Лабораторные работы посвящены исследованию качества сельскохозяйственной продукции, оценке состояния почвы и минеральных удобрений, в пособие также входят словарь терминов и понятий, тестовые задания, вопросы для самостоятельной подготовки студентов.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» очной и заочной форм обучения.

ББК 40.08я73

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<b>Глава 1. Предпосылки возникновения и формирования культурного ландшафта</b> .....	7
1.1. Возникновение культурного ландшафта .....	9
1.2. Культурные растения: происхождение, расселение и требования к условиям жизни .....	16
1.3. Вредители культурных растений .....	21
1.4. Сорные растения: происхождение и условия жизни .....	25
1.5. Домашние животные. Одомашнивание диких животных ....	30
1.6. Виды животных, населяющие земли сельскохозяйственного пользования .....	32
<b>Глава 2. Характеристика сельскохозяйственных экосистем и их роль в АПК</b> .....	39
2.1. Понятие о сельскохозяйственных экосистемах: классификация, типы и функции .....	39
2.2. Особенности круговорота веществ в сельскохозяйственных экосистемах .....	52
2.3. Примеры «простых» сельскохозяйственных экосистем .....	54
<b>Глава 3. Агробиогеоценоз</b> .....	59
3.1. Структура и уровни организации агробиогеоценоза .....	59
3.2. Структурно-функциональная организация почвенно-биологического комплекса .....	63
3.3. Принципы регуляции и оптимизации агробиогеоценозов ...	74
3.4. Роль культурных растений и сорняков в структуре агробиогеоценоза .....	78
<b>Глава 4. Пастбищный биогеоценоз (сенокосы, пастбища, сеяные луга)</b> .....	84
4.1. Основные типы и структура пастбищных биогеоценозов ...	84
4.2. Экотоп. Биоценоз (фитоценоз и зооценоз) .....	87
4.3. Стадо сельскохозяйственных животных и его влияние на пастбищный биогеоценоз .....	101
4.4. Экологические последствия использования пастбищных биогеоценозов .....	106
<b>Глава 5. Ферменный биогеоценоз</b> .....	114
5.1. Понятие ферменного биогеоценоза .....	114
5.2. Особенности условий содержания животных в животноводческих комплексах .....	115

5.3. Организация и характеристика животноводческих комплексов .....	118
5.4. Факторы оптимизации процессов в животноводческих комплексах .....	124
<b>Глава 6. Агроэкологический мониторинг .....</b>	<b>131</b>
6.1. Понятие об агроэкологическом мониторинге .....	131
6.2. Цель, задачи, принципы и основные компоненты агроэкологического мониторинга .....	132
<b>Глава 7. Сельскохозяйственное загрязнение окружающей среды .....</b>	<b>143</b>
7.1. Воздействие сельского хозяйства на окружающую среду ...	143
7.2. Характеристика факторов сельскохозяйственного загрязнения почв .....	152
7.3. Оценка влияния пестицидов на почву .....	159
7.4. Последствия применения удобрений в сельском хозяйстве ...	169
7.5. Основные принципы эколого-токсикологического анализа агроэкосистем .....	175
<b>Глава 8. Принципы получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Технологии утилизации отходов сельского хозяйства .....</b>	<b>184</b>
8.1. Понятие экологически безопасной сельскохозяйственной продукции .....	184
8.2. Принципы восстановления оптимального состояния почв после сельскохозяйственного использования .....	191
8.2.1. Основные принципы устранения уплотнения почв .....	195
8.2.2. Принципы использования зеленых растений в сохранении плодородия почвы .....	197
8.2.3. Экологические аспекты использования вермикультуры и биогумуса .....	200
8.2.4. Экологическая безопасность в животноводстве .....	210
8.2.5 Технологии утилизации отходов животноводческих комплексов .....	214
<b>Лабораторные работы .....</b>	<b>221</b>
<b>Словарь терминов и понятий .....</b>	<b>281</b>
<b>Тестовые задания .....</b>	<b>310</b>
<b>Вопросы для самостоятельной подготовки .....</b>	<b>326</b>
<b>Заключение .....</b>	<b>327</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>328</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время экология как учение о взаимоотношениях между организмами и окружающей их средой превратилась в науку о жизненных явлениях в природе. Это определение включает в себя исследование влияния внешней среды на организмы и соответственно обратное действие, оказываемое организмами на свое окружение, названные функции взаимосвязаны и изменчивы. Из множества сложных явлений экология сначала старается выделить определенные процессы и зависимости, чтобы выяснить степень влияния отдельных факторов и благодаря этому научиться понимать дальнейшие более широкие взаимосвязи в ландшафте.

Наряду с развитием и становлением общей экологии происходил процесс формирования ее прикладных направлений, среди которых ключевое место принадлежит сельскохозяйственной экологии. Связано это, прежде всего, с тем, что достаточно длительное время многие исследователи изучали лишь ландшафтные формы, которые не подвергались воздействию человека или были подвержены его влиянию в меньшей степени. Объектами пристального внимания были пещеры, болота, дюны, пустыни, степи, леса, тундры, и лишь сравнительно недавно многие ученые обратились к изучению сельскохозяйственных ландшафтов.

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-агроэкологов новым подходам решения проблемы устойчивого развития сельскохозяйственных экосистем и современным технологиям получения экологически «чистой» сельскохозяйственной продукции, а также основным принципам агроэкологического мониторинга и рационального использования природных ресурсов.

*Цель изучения курса* – изложить систему агроэкологических знаний об истории, структуре, функционировании и особенностях сельскохозяйственных экосистем.

*Задачи курса:*

- ❖ рассмотреть предпосылки возникновения и принципы формирования сельскохозяйственного ландшафта;

- ❖ изучить системы земледелия в сельскохозяйственных ландшафтах;

- ❖ представить характеристику основных сельскохозяйственных экосистем, пастбищного и ферменного биogeоценозов;

- ❖ изучить необходимые условия производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции, безотходные и малоотходные технологии переработки отходов сельскохозяйственного производства;

- ❖ выполнить лабораторные работы по каждому разделу и сделать соответствующие выводы.

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.

## **Глава 1. ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА**

Человек и природа с незапамятных времен являются взаимопроницающими элементами единой сложной системы мироздания. Человек, зарождаясь в природе, становится ее оппонентом, создавая техносферу. Используя первоприроду как источник творчества, источник сырья, человек изменил ее до неузнаваемости. С каждым десятилетием, с каждым годом процесс изменения географических ландшафтов становится все более интенсивным; все шире круг наук, которые обращаются к проблематике культурных ландшафтов, поскольку это вызвано самой жизнью.

Согласно Ю.Г. Тютюннику, впервые понятие «ландшафт» было обозначено в IX веке в трудах монахов Фульдского монастыря в Германии. При переводе с латыни «Евангелической гармонии» богослова Татиана они заменили слово *regio* – район, страна – на *lantscaf*, использовав последнее в значении «единая священная земля единой паствы, территория, упорядоченная согласно общегерманскому плану». Научное представление о ландшафте было сформировано только в начале XX в. независимо друг от друга несколькими отечественными и немецкими географами: Г.Н. Высоцким, Г.Ф. Морозовым, Л.С. Бергом, А.А. Борзовым, Р.И. Аболиным, З. Пассарге, О. Шлютером.

Ландшафты, несмотря на многочисленные их классификации, до сих пор подразделяются в целом на *естественные*, созданные силами природы, и *культурные*, которые подверглись антропогенному влиянию в той или иной степени, обратимо или необратимо измененные.

Возникновение и развитие культурного ландшафта начинается на заре человеческой цивилизации. Как только у человека появляются первые проблески сознания, он целенаправленно стремится подчинить себе природу. Но если культурный ландшафт как явление имеет длительную историю, сравнимую с историей человека, с историей его духовной и материальной деятельности, то «культурный ландшафт» как научное понятие разрабатывается сравнительно недавно и имеет неравнозначную степень освещенности в различных областях знания, имеет множество определений, характеристик и классификаций.

«Культурный ландшафт» в рамках отечественных географических исследований появился еще в начале XX в. Например, Л.С. Берг отмечал, что при географическом исследовании «конечную цель составляет изучение и описание ландшафтов, как природных, так и культурных», а культурные ландшафты – это те, «в которых человек и произведения его культуры играют важную роль. Город и деревня ... составляют части культурного ландшафта».

Ю.Г. Саушкин дает следующую характеристику: «культурным ландшафтом называется такой ландшафт, в котором непосредственное приложение к нему труда человеческого общества так изменило соотношение и взаимодействие предметов и явлений природы, что ландшафт приобрел новые, качественно иные особенности по сравнению с прежним, естественным своим состоянием». При этом культурный ландшафт остается частью природы и продолжает развиваться по ее законам.

Эта позиция получает развитие в работах Ф.Н. Милькова: «культурный ландшафт – разновидность антропогенного ландшафта, созданного человеком сознательно путем изменения природного ландшафта в нужном направлении для хозяйственных целей» и И.М. Забелина: «культурный ландшафт – это однородная в естественном отношении территория, в течение многих лет одинаково используемая в сельскохозяйственном (или близком к нему) производстве».

Ф.Н. Мильков пытается разграничить понятие антропогенного и культурного ландшафтов: «Антропогенными ландшафтами следует считать как заново созданные человеческие ландшафты, так и все те природные комплексы, в которых коренному изменению (перестройке) под влиянием человека подвергся любой из их компонентов, в том числе и растительность с животным миром». Однако, во-первых, данное определение практически полностью совпадает с определением культурного ландшафта самого Ф.Н. Милькова, а во-вторых, «антропогенный ландшафт» означает «сделанный человеком», что в корне неверно, поскольку изначально любой ландшафт является природным. Исходя из этого мы считаем, что классификация антропогенных ландшафтов, предложенная Ф.Н. Мильковым, может использоваться также и для культурных ландшафтов.



Выделяют *шесть основных направлений классификации ландшафтов*:

1) по их содержанию (сельскохозяйственные, лесные, водные, промышленные, селитебные);

2) глубине воздействия человека на природу (неоландшафты, измененные или преобразованные);

3) их генезису (техногенные, подсечные, пашенные, пирогенные, пастбищно-дигрессионные);

4) целенаправленности их возникновения (прямые, сопутствующие);

5) длительности существования и степени саморегулирования (долговечные саморегулируемые, многолетние частично регулируемые, кратковременные регулируемые);

6) их хозяйственной ценности (культурные, акультурные). Акультурные в данном случае определяются как ландшафты, изменение которых привело не к повышению продуктивности и хозяйственной ценности, а, напротив, к их регрессу.

Таким образом, ландшафт (нем. *Landschaft*) – участок поверхности суши, окруженный естественными границами, в рамках которых природные компоненты (породы, рельеф, климат, почвы, воды, растительность, животные, микрофлора, грибы) формируют взаимообусловленное единство.

### **1.1. Возникновение культурного ландшафта**

В различных климатических областях Земли образовались совершенно разные типы ландшафтов, при этом к *автоморфному типу* относятся все местообитания, расположенные на относительно высоких геоморфологических уровнях. Они подвержены законам широтной зональности и высотной поясности.

Через северные широты Америки и Евразии огромным поясом протянулась *тундра*, которая переходит в *зону притундровых лесов* (лесотундры), затем в широкую *зону хвойных лесов* (тайгу). Далее к югу, в климатически умеренных областях Европы, Восточной Азии и Атлантического побережья Северной Америки, следует *ареал летнезеленых лесов* (*Silvaea*). Эта зона наиболее плотно заселена людьми и наиболее сильно подвергается воздействию цивилизации и хозяйственной деятельности. Здесь леса сокращены до сравнительно

небольших площадей в рамках *впервые сформированного культурного ландшафта* или же были превращены в культурные.

В засушливых областях Земли возникли, в зависимости от условий увлажнения, *степи (саванны, прерии), полупустыни, пустыни*. В зонах с обилием осадков (экваториальные зоны, тропические и субтропические) – *влажные и дождевые леса (Hyloaea)*. К *литоральному (гидроморфному) типу ландшафта (Litoraea)* можно отнести все местообитания, в большей или меньшей степени примыкающие к водным поверхностям, а также с высоким уровнем грунтовых вод, подобные берегам любых водоемов или водных артерий, побережью, приливной полосе у моря, зарослям тростника, низинным болотам и затопляемой пойме, пойменному лесу и лесам на болотах. Эти части литорального ландшафта входят во все другие ландшафты и потому встречаются во всех климатических зонах земного шара (*интразональные ландшафты*). Однако человек, преобразуя первоначальные ландшафты, увеличивая темпы земледелия и животноводства, расширяя поселения и промышленность, лесное и водное хозяйство, все-таки зависит от этих ландшафтов.

В послеледниковый период мощные потоки талых вод шли через обширные равнины Евразии и Северной Америки. Позднее более спокойно текущие широкие реки лишь во время паводка занимали всю первоначальную долину и оставляли там принесенные осадки. На образованных таким образом минеральных почвах, подпитываемых грунтовыми водами, со временем образовались прибрежные марши и пойменные леса. На берегу моря впадающие реки откладывали на мелководье принесенный ими материал. На плодородных илистых почвах возникли в результате обмеления сначала *солончаковые луга*, а после вымывания солей – *прибрежные марши*.

*Условия образования ландшафтов в степных районах* были иными, так, длительные засухи вынуждали людей кочевать. Поэтому в течение столетий именно кочевые народы заселяли такие ландшафты. После того как они стали оседлыми, началась интенсивная пастьба скота, возникла угроза превращения степей в полупустыни, причем мезофильные растения и животные стали вытесняться ксерофильным животным и растительным миром.

С развитием земледелия и животноводства, торговли и общения между народами в новом каменном веке начался период больших изменений растительности в результате деятельности человека и перемещений растений и животных на больших пространствах и

территориях Средней Европы. Растительность, представленная до этого в основном лиственными и смешанными лесами, изменилась. Однако и раньше человек мог вызвать известные изменения в характере ландшафта благодаря огню, но только обработка земли, сначала мотыгой, а затем плугом, мероприятия по орошению и осушению земель, выращивание полезных растений, пастьба домашних животных и рост поселений более интенсивно изменяли первоначальный ландшафт.

В общем виде *ландшафт* представляет собой природный территориальный комплекс, состоящий из взаимодействующих природных или природных и антропогенных компонентов, а также комплексов более низкого таксономического ранга. Мощное развитие антропометрических и техногенных аспектов ландшафта приводит к чрезвычайному усложнению понятия «ландшафт», его членению на множество подсистем, каждая из которых соответствует определенной группе требований.

Складываются множественные направления исследования различных видов ландшафта – абиогенного, природного, элементарного, геохимического, антропогенного и др. Сопоставление ландшафтных характеристик положено в основу целого ряда научных работ, рассматривающих строение природных комплексов на топологическом уровне, воздействие общества на природную составляющую ландшафтов путем анализа балансов вещества и энергии.

С позиций формирования культурного ландшафта основными результатами воздействия человека на природу считаются, во-первых, расширение сферы (территории) влияния человеческой деятельности в пространстве «дикой» природы, во-вторых, постепенное накопление в ландшафте антропогенных черт, сопровождающееся переходом природных ландшафтов в категорию антропогенно измененных, а затем и собственно антропогенных ландшафтов.

Вплоть до конца XIX столетия население Земли было сравнительно небольшим, техника простая и малочисленная и воздействие человека носило ограниченный характер (шахты, небольшой завод, угольная котельная и т. д.), что сравнительно мало влияло на природу, и это влияние ограничивалось небольшим пространством. Производимые таким образом изменения природных процессов восстанавливались естественным путем относительно быстро.

Расширяя сельскохозяйственное производство (земледелие, животноводство), строительство жилья и промышленных предпри-

ятий, человек оказал существенное, а нередко и коренное влияние на природные ландшафты. Сменялись эпохи, приходили и уходили народы, образ жизни которых заметно различался, и по-разному использовалась ими природа.

Наша страна характеризуется различными типами ландшафтов: на севере огромные территории заняты тундрой, сменяемой к югу весьма широкой зоной тайги, а затем лесостепью и степью.

В связи с тем, что становление культурных ландшафтов в отдельных районах происходило по-разному и в своеобразных условиях, естественно, встает вопрос о происхождении различных организмов (растений и животных), составляющих в настоящее время сообщества. Многие организмы ныне существующих сообществ не присутствовали ранее в них, а были занесены человеком из других районов. Поскольку нарушенные местообитания легче всего зарастают интродуцентами, то это указывает на определенные изменения условий, утрату прежних характеристик, ранее поддерживаемых существовавшими в них видами растений и животных.

Усиленное промышленное производство, строительство атомных станций, испытание атомного и водородного оружия во второй половине прошлого столетия подняло воздействие человека на природу на биосферный уровень: на планете уничтожено больше половины площади лесов (например, в Европе к концу первого тысячелетия площадь под лесами составляла 70 % территории, а в настоящее время – менее одной четверти), совершенно изменены ландшафты примерно на одной четверти площади земли (орошены пустыни, осушены болота, распаханы степи, саванны, лесные массивы, построены города, поселки, заводы, аэродромы, базы, склады, дороги и т. д.). Другими словами, частично или полностью в разной степени воздействия нарушены природные ландшафты на территории свыше 60 % площади Земли. Это и неудивительно: растет население, расширяется хозяйственное использование земли, большие площади которой превращаются в бесполезные территории для природы и человека (пустыни, кустарниковые сукцессии, пустыри).

*Окультуренные ландшафты* входят в общую систему ландшафтов под названием антропогенных (искусственных), которые разделяются, по А.Г. Исаченко (1965), на шесть групп:

- неизменные (ледники, некоторые участки тропических пустынь, отдельные заповедники);
- слабо измененные (естественные пастбища, водоемы, умеренно используемые леса);
- нарушенные (вторичные обедненные леса, кустарники);
- сильно нарушенные (эродированные и вторично засоленные и заболоченные, переносимые пески, выработки);
- культурные, или преобразованные (поля, сады, лесонасаждения, парки, обводненные и орошаемые плантации);
- искусственные (города, станицы, дороги, коммуникации, плотины, водохранилища, горные разработки).

Таким образом, *в сфере сельского хозяйства агроландшафт является функциональной единицей биосферы*, в которой происходит взаимодействие природы с человеком. Искусственные ландшафты по сравнению с природными отличаются доминированием одного или нескольких видов животных (пород) и растений (сортов), но выделяются высокой биологической продуктивностью и регулируются человеком для получения сельскохозяйственной продукции через искусственный, а не естественный отбор.

Искусственные, особенно сельскохозяйственные, ландшафты не характеризуются устойчивым развитием, они не восстанавливаются и объективно не сохраняются. При прекращении вмешательства человека ландшафты имеют тенденцию возвращения к исходному варианту, хотя и не к полной копии естественного сообщества.

В своей деятельности человек затрагивает только отдельные компоненты ландшафта (почва, вода, растительность и т. д.), не оказывая влияния на основные зональные составные, к которым следует отнести солнечную энергию и циркуляцию земной атмосферы, геологическую основу и макроклимат, режим осадков и температуры. Другими словами, зональный аспект ландшафтов пока сохраняется, а окультуренные и другие типы ландшафтов имеют распространение в пределах отдельных зон, и их развитие во многом носит подчиненный характер от общезонального фона; сельскохозяйственные ландшафты, безусловно, постоянно контактируют по различным направлениям с естественными. Энергопотоки, а также круговорот веществ и воды в таких образованиях подчиняются зональным аспектам развития ландшафтов. Состояние искусственных и ес-

тественных ландшафтов вносит определенные коррективы в их развитие, но пока не выходит на уровень кардинального изменения существующего зонального фона. Наибольшее влияние человек оказывает на следующие компоненты ландшафта: растительность, животные, микроорганизмы, микро- и мезофауна, почва, вода (внутренних бассейнов, морей и весьма заметно океанов), оборот воды в локальном плане (орошение, осушение, регуляция стока), воздух.

*Характер воздействия человека на природные ландшафты определяется:*

- 1) уровнем экологической грамотности и культуры населения и администраций отдельных районов;
- 2) социальными и экономическими условиями жизни населения;
- 3) уровнем развития техники (наличие мощной техники позволяет заметно менять ландшафт на большой территории, особенно при открытых разработках полезных ископаемых – железной руды, угля, солей и т. д.);
- 4) плотностью населения (несравнимо влияние на природу крупного города и малонаселенного поселка).

Влияние человека на природные ландшафты может быть глубоким (воздействие на все или почти все компоненты ландшафта) и неглубоким (воздействие на 2–3 компонента).

*Окультуренные ландшафты* формируются в пределах естественных ландшафтов каждой природно-климатической зоны. Например, пшеничные поля заметно различаются по природным зонам: по почвам, климату, глубине залегания грунтовых вод, животному миру, микроорганизмам и т. д. Весьма сильно изменены человеком ландшафты в тех зонах, где земледелие наиболее эффективно (степная и лесостепная зоны).

Из всех окультуренных типов ландшафтов особое место занимает *сельскохозяйственный*, отличающийся тем, что его естественная растительность в основном заменена посевами и посадками сельскохозяйственных и садовых культур, а природный животный мир в значительной степени заменен домашними животными. В процессе своей деятельности человек изменяет многие компоненты природного ландшафта, прежде всего растительность, животный мир, почвы, водный режим. Такие изменения нарушают сложившиеся в естественных ландшафтах связи и взаимоотношения между природными компонентами. На их место приходят новые связи, и в дальнейшем развитие ландшафта идет по-другому. Как правило, ви-

довой состав растений, животных и микроорганизмов сокращается, многие связи носят кратковременный характер, а прохождение энергии и веществ по цепям питания ускоряется и т. д. Все образующиеся связи в сельскохозяйственных ландшафтах проходят две фазы: а) становления (формирования) и б) распада (разрушения). Особенно это характерно для ландшафтов с посевами однолетних культур.

Сельскохозяйственные ландшафты в меньшей степени, чем природные, связаны круговоротом веществ и потоками энергии, поскольку человек постоянно вмешивается в их развитие, нередко отчуждая значительную часть веществ и энергетического материала на свои нужды. Именно это обстоятельство определяет снижение плодородия почв в системе сельскохозяйственных ландшафтов.

Почва практически всегда является основой для создания искусственного ландшафта (в первую очередь агроландшафта), через нее проходит круговорот веществ и трансформация потоков энергии. Поэтому в процессе формирования, развития и эксплуатации сельскохозяйственных ландшафтов весьма важно учитывать естественное плодородие почв и условия его воспроизводства. Выделяют три базовых типа агроландшафтов по воспроизводству почвенного плодородия:

1) *природоемкий* – характеризуется неполным воспроизводством естественного плодородия, что приводит к падению его уровня;

2) *природоохранный* – отличается простым воспроизводством естественного плодородия и, как следствие, сохранением его уровня;

3) *природоулучшающий* – направлен на расширенное воспроизводство и повышение уровня естественного плодородия.

Главной причиной преобладания природоемкого (природоразрушающего) типа агроландшафтов является то, что они создаются для получения максимально возможного количества продукции, служащей первоисточником пищевых, кормовых, лекарственных и сырьевых ресурсов, т. е. функция агроландшафтов в основном ограничивается предоставлением средств жизни.

Добиться развития и преобладания природоохранного ландшафта, а в дальнейшем и природоулучшающего типа можно лишь при сохранении и воспроизводстве почвенного плодородия в основном за счет собственного потенциала. И, тем не менее, основные свойства устойчивой экосистемы характерны и для сельскохозяйственных ландшафтов, и поэтому последние следует рассматривать как экосистемы [Белюченко, Мельник, 2010].

## 1.2. Культурные растения: происхождение, расселение и требования к условиям жизни

Культурные растения – главный компонент не только экологической, но и социально-экономической системы. Их рост и развитие определяются как природными, так и антропогенными факторами.

В настоящее время в культуре возделывают около 4000 видов растений. Чаще всего проводят посевы культурных, реже – диких растений.

Большинство культурных растений происходит из горных местностей теплых зон земного шара. На основании обширных данных установлены центры происхождения, по Н.Н. Вавилову, с некоторыми изменениями (*Юго-Западная Азия; Средиземноморский регион; Абиссинское нагорье; Индия; Юго-Восточная Азия; Центрально-Американская горная область; Боливийско-Перуанская область*), в которых отдельные виды характеризуются большим богатством форм.

По мере удаления от названных центров число и многообразие устойчивых форм этих растений убывают. У границ их ареала наблюдается все большее единообразие форм. Там, где культурные растения из своих первичных центров происхождения попали в области, где действуют естественные факторы, также способствующие увеличению многообразия форм, для ряда видов могут создаваться новые, «вторичные» центры происхождения. Наиболее важная область включает Юго-Западную Азию от Кавказа и востока Малой Азии до Памира. Отсюда произошли пшеница обыкновенная (*Triticum vulgare*), рожь (*Secale cereale*), овес (*Avena sativa*), двухрядный ячмень (*Hordeum distichum*), а также мелкосемянные формы льна (*Linum usitatissimum*), чечевица (*Lens culinaris*), бобы (*Vicia faba*), горох (*Pisum sativum*), люцерна (*Medicago sativa*), сурепица (*Brassica rapa*), лук репчатый (*Allium cepa*) и важнейшие плодовые деревья – яблоня, груша, слива, вишня и черешня.

Крупный центр образуют горные ландшафты и побережье средиземноморских стран. Наряду с некоторыми сейчас менее распространенными видами пшеницы и овса там была родина люпина (*Lupinus*), сераделлы (*Ornithopus sativus*), клевера (*Trifolium*), сахарной и кормовой свеклы (*Beta vulgaris*), капусты (*Brassica oleracea*) и рапса (*Brassica napus*). Морковь посевная (*Daucus sativa*) происходит, по-видимому, из Средиземноморья в результате скрещивания дикорастущей в Средней Азии *D. carota* с морковью гигантской (*D. maxima*), так же, как, вероятно, и редька (*Raphanus sativus*) про-



изошла от скрещивания атлантическо-средиземноморской *R. Maritimus* с западно-средиземноморско-понтийской *R. rostratus*.

Для гороха, чечевицы, бобов и льна, встречающихся здесь в крупносемянных формах, эта область является вторичным центром происхождения. Оттуда же происходят петрушка (*Petroselinum sativum*), сладкий корень, или козелец (*Scorzonera hispanica*), спаржа (*Asparagus officinalis*) и сельдерей (*Apium graveolens*).

Абиссинское нагорье представляет собой вторичный центр происхождения некоторых видов пшеницы и ячменя, а также определенных сортов гороха и чечевицы. Кроме того, это родина кофе. Из Юго-Восточной Азии происходит многорядный ячмень (*Hordeum vulgare = polystichum*). Из этого же района Дальнего Востока происходят персик, абрикос, апельсин, лимон, чай и соя. Индия – родина риса и сахарного тростника, бананов и кокосовой пальмы.

Горная область от Мексики до Гватемалы была родиной различных видов фасоли (*Phaseolus*), тыкв (*Cucurbita*), махорки (*Nicotiana rustica*), хлопчатника (*Gossypium hirsutum*) и какао; кроме того, эта область является первичным центром происхождения кукурузы. Анды от Колумбии до севера Чили являются родиной картофеля и томатов, а также вторичным центром происхождения кукурузы и табака турецкого (*Nicotiana tabacum*).

Следует отметить, что многие виды превратились в полезные растения из сорняков, поэтому их называют вторичными культурными растениями. К ним относятся рожь и овес, которые сначала засоряли посевы пшеницы и ячменя, так же как вика (*Vicia*), чечевица, лен и, по-видимому, горох. Другие растения были сначала спутниками поселений человека. Они встречались в местах свалки, на кучах мусора или навоза, откуда были перенесены в огороды, чтобы служить растительной приправой к пище. Следует назвать представителей маревых и крестоцветных, способных накапливать много нитратов, таких как свекла (*Beta*) и шпинат (*Spinacia*), брюква (*Brassica*) и горчица (*Sinapis alba*), а также сельдерей, морковь, томаты и картофель. Мак (*Papaver*), конопля (*Cannabis*) и крапива жгучая (*Urtica*), в свою очередь, имели подходящие для роста условия в местах, богатых питательными веществами, вблизи жилья человека. Возврат многих таких полезных растений на поля в качестве товарных или овощных культур происходил только в относительно недавнее время. Наряду с ячменем и пшеницей к числу самых древних полезных растений относятся лен и горох. Они были известны в Вавилоне и Египте, по меньшей мере, за 4 000 лет до н. э.

Требования к условиям жизни, которые тот или иной вид предъявляет в соответствии с его конституцией у себя на родине, также и в новых ареалах не должны выходить за известные границы, даже если с течением времени эти границы часто расширяются в результате скрещивания и селекции.

Местом происхождения многих полезных растений были биотопы литорального типа. Например: дикая капуста (*Brassica oleracea* и *Beta maritima*) является исходной формой сахарной и кормовой свеклы и растет на побережьях Средиземного моря и Атлантического океана. Влаголюбивым, непригодным для степных условий культурным растением является клевер красный (*Trifolium pratense*), который, хотя и был местным растением для больших территорий Евразии, но как культура был интродуцирован в Германию только в XIV в. через Северную Италию и Швейцарию, а в XVI в. – через Испанию.

Клевер ползучий (*T. repens*) с давних пор произрастал на естественных лугах Евразии. Культурный овес (*Avena sativa*), близкородственный овсягу (*A. fatua*), появился в Центральной и западной Европе в качестве сорняка в зерновых культурах и далее продвигался вдоль пойм рек Западной Азии и Восточной Европы. Он растет на всех почвах, обладающих хорошей водоудерживающей способностью. Овес нуждается в довольно больших количествах марганца, который как раз и имелся в речных наносах – его первичных местообитаниях.

Однако благоприятным наилучшему росту влаголюбивых растений может быть влажный климат не только у берегов моря или рек, на затопляемых площадях, но и в горах, где успешно произрастают, например, горох и бобы, табак и картофель, которые являются влаголюбивыми растениями.

Люцерна хорошо развивается на почве, содержащей щелочные соли. Ее высокую солевыносливость, свойственную также некоторым растениям морского побережья, например сахарной свекле, следует рассматривать как следствие происхождения из аридной зоны. В условиях влажного прохладного климата жизнеспособность этого степного растения снижается. На бедных известью или кислых почвах она плохо растет и становится восприимчивой к болезням.

Из зерновых культур к условиям среды наиболее требователен ячмень. Он очень чувствителен не только к сырости и холоду, прежде всего в период до начала лета, но и к кислотности почвы. Благодаря невысокому коэффициенту испарения его еще можно возделывать как яровую культуру в тех областях, где выпадает только 450–500 мм осадков. Рожь тоже переносит сильную засуху. Это пер-

вое растение на целинных землях, которое очень нетребовательно к содержанию питательных веществ в почве и поэтому может расти даже на легких почвах при относительно небольшом количестве осадков. Степным растениям с более высоким расходом воды, чем, например, у ячменя и ржи, является пшеница. Она лучше всего растет в умеренно теплых и субтропических зонах.

Если даже некоторые жизненные требования культурных растений можно еще установить, исходя из условий отбора на их родине, то большинство рас в настоящее время физиологически и экологически довольно далеко от своих исходных форм.

Несмотря на относительно большое разнообразие культурных растений, наиболее широкое распространение у земледельцев получили группы, представленные на рисунке 1:

◀ **яровые однолетние растения**, возделываемые наиболее широко, имеющие период вегетации от нескольких недель до нескольких месяцев;

➤ **озимые однолетние растения**, которые высевают осенью, урожай собирают в середине лета следующего года;

➤ **двулетники**, которые чаще выращивают как однолетние культуры;

➤ **многолетние травы**;

➤ **деревья и кустарники**, отдельные их виды (например хлопчатник) выращивают как однолетники.

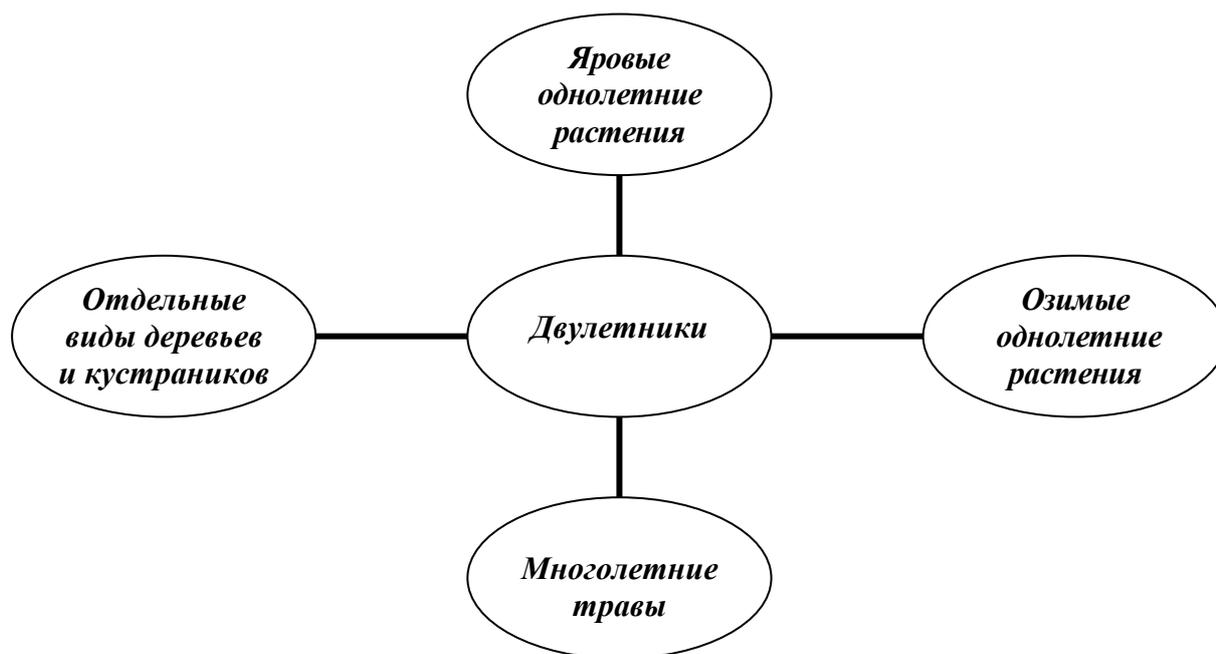


Рисунок 1 – Наиболее широко распространенные группы культурных растений

Как правило, возделывают высокоурожайные культурные растения. Широкое распространение получили рис, пшеница, кукуруза, картофель, ячмень, батат, соя, овес, сорго, просо, сахарный тростник, сахарная свекла, рожь, арахис.

Культурные растения занимают центральное место в агрофитоценозе, они являются ядром этой биологической системы. Культурные растения оказывают наиболее сильное, нередко господствующее влияние на агрофитоценоз. Растение-доминант не только компонент фитоценоза, но и важный экологический фактор, оказывающий многостороннее влияние на окружающую среду, экологическую обстановку, складывающуюся в агробиогеоценозе. Поэтому доминант получил звание «эдификатор».

В качестве доминанта-эдификатора в агробиогеоценоз чаще всего вводят один вид культурного растения (например пшеницу, рожь или кукурузу). Относительно редко встречаются смешанные посевы двух или более видов (кондоминантов): вика с овсом, многокомпонентная травяная смесь. Иногда высевают два или более сортов одного вида растения, т. е. создают одновидовой дифференцированный или совместный посев.

Формы эдификаторного воздействия растений-доминантов (и кондоминантов) разнообразны. Эдификаторы изменяют микроклимат агробиогеоценоза, влияют на физико-химические свойства почв и почвенной влаги. Выделяя биологически активные вещества, эдификаторы существенно влияют на флору и фауну агробиогеоценоза. Высеваемые растения воздействуют на среду при помощи выделения метаболитов. Среди метаболитов важную эдификаторную роль в фитоценозе играют *колины* (агенты влияния высших растений на высшие) и *фитонциды* (агенты влияния высших растений на низшие).

По эдификаторности, т. е. по способности влиять на среду, культурные растения подразделены В.В. Туганаевым на три группы (рис. 2).

В первую группу входят ***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).

Вторую группу составляют ***среднеэдификаторные*** растения. К ним относятся растения сплошного и рядкового весеннего посева, достаточно высокорослые, с проективным покрытием 70–80 %, в

основном быстро развивающиеся после появления всходов (яровые зерновые, в том числе рис), пропашные (хлопчатник, кукуруза, гречиха, соя).



Рисунок 2 – Группы культурных растений по эдификаторности (по В.В. Туганаеву)

Третью группу составляют *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. Эту классификацию, отражающую степень эдификаторного влияния сельскохозяйственных культур, можно использовать при оценке агробиогеоценозов.

Эдификаторная роль культурных растений разных видов неодинакова. По степени убывания эдификаторного влияния они могут быть расположены в следующем ряду: *многолетние травы, озимые колосовые культуры, яровые колосовые, зернобобовые, яровые пропашные (подсолнечник, картофель, кукуруза), бахчевые овощные.*

Таким образом, выполняя роль доминантов-эдификаторов, возделываемые растения определяют структуру и функцию агробиогеоценозов, их компонентный состав.

### 1.3. Вредители культурных растений

Во все времена культурные растения подвергались воздействию различных вредителей. Многие полезные растения были ввезе-

ны в Европу из других стран, а местные виды часто стали возделываться в большем масштабе значительно позднее.

*Вредители зерновых культур.* Первоначально обитавший в Южной Америке и Мексике на дикорастущих злаках клоп-щитник (*Blissus leucopterus*) проник в середине XIX в. в Северную Америку. Он распространялся на север, прежде всего по побережью Атлантического океана и долинам рек Миссисипи и Миссури. В основных областях, где он особенно вреден, между Аллеганскими и Скалистыми горами, его первое поколение особенно охотно повреждает пшеницу, второе поколение кормится преимущественно на кукурузе. Кроме того, этот клоп повреждает овес, рис и сахарный тростник. При средней продуктивности до 600 яиц на самку его потенциал очень высок. В среднеевропейской области в качестве близкородственного вида встречается также на злаках *Ischnodemus sabuleti*. Некоторые его популяции живут на злаках (*Elymus, Ammophila*) прибрежных дюн, другие на болотных злаках (*Glyceria*) внутренних районов, а также возможен его переход на зерновые культуры.

Американский пшеничный пилильщик (*Cephus cinctus*) перешел со злаковых трав прерии (*Elymus, Bromus, Agropyron*) на пшеницу и стал опасным вредителем, скорее всего потому, что его важнейший паразит (*Microbracon cephi*) не мог с такой же скоростью следовать за ним на зерновые. То же можно сказать и о галлице седельной (*Haplodiplosis equestris*) в Средней Европе, личинки которой на пшенице почти никогда не заражаются их эффективным паразитом – хальцидой (*Chrysocharis seiuncta*). Обнаружение личинок галлиц происходит благодаря тактильному раздражению, которое по чисто механическим причинам может вызвать откладку яиц паразита только на дикорастущих злаковых травах и угнетенных растениях зерновых. Это же можно сказать о клопах (*Eurygaster, Aelia, Carpocoris*). На севере Германии выявлено, что их паразиты не всегда легко следуют за хозяином на посевы культур.

Кукурузный мотылек (*Pyrausta nubilalis*), вероятно, сначала питался дикорастущими злаками, не исключено, что дикий хмель (*Humulus*) или полынь (*Artemisia*) также были его первичными кормовыми растениями. На обширной зернопроизводящей равнине, лежащей в пределах Венгрии, этот вид ранее обитал на просе (*Panicum miliaceum*), хмеле и конопле. После того как здесь начали более широко выращивать кукурузу, он перешел на новую пищу.

Личинки большой хлебной мухи (*Hylemyia coarctata*) развиваются на пырее (*Agropyron repens*) и на мятликах (*Poa trivialis*, *P. annua*), растущих на берегах и в рудеральных местах, откуда муха, вероятно, и перешла на пшеницу. Некоторые из обитающих на стеблях трав злаковых мушек в прериях Канзаса несколько позднее стали вредителями посевов пшеницы. Различные саранчовые отдают предпочтение зерновым культурам, а не дикорастущим злакам.

Родоначальником твердой головки ржи (*Tilletia secalis*) и карликовой головки пшеницы (*Tilletia controversa*) были, возможно, виды *Tilletia* некоторых дикорастущих злаков (*Agropyron*, *Hordeum bulbosum*), которые не отличаются от тех ни строением спор, ни биологией прорастания. Поэтому и было предложено объединить их под общим видовым названием *T. secalis*. Можно привести другие примеры перехода грибных возбудителей болезней с дикорастущих злаков на зерновые культуры, хотя в отношении каждого отдельного из них некоторые вопросы еще остаются открытыми.

*Вредители овощных культур.* Фитофтороз (*Phytophthora infestans*) и картофельная нематода (*Heterodera rostochiensis*) вместе с картофелем появились в различных областях мира. Другие паразиты картофеля лишь позднее перешли на нового хозяина с родственных дикорастущих растений. Возбудитель рака картофеля (*Synchytrium endobioticum*) обитал на дикорастущих пасленовых Старого Света, прежде чем перешел на картофель. Следует отметить, что только благодаря успехам современной селекции большинство сортов устойчиво к этому грибу.

Из насекомых наиболее опасен для картофеля колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata*). Большинство видов рода *Leptinotarsa* обитает в Мексике. Первоначальный ареал колорадского жука простирался от восточных склонов Скалистых гор в Колорадо и Нью-Мексико до восточных районов Канзаса и Оклахомы. Это область большей частью со скудной растительностью, солеными озерами и подвижными дюнами, с ежегодным количеством осадков менее 500 мм. Приспосабливаясь к засушливому периоду с бедной растительностью на своей родине, колорадский жук может долгое время оставаться в покое, пока почва не будет увлажнена. И, напротив, эти зимующие в почве насекомые не переносят даже кратковременного затопления.

Переносчиком вируса, вызывающего в Средней Европе курчавость листьев свеклы, является свекловичный клоп (*Piesma quadrata*).

Он поселяется на растениях семейства маревых (*Atriplex hastata*), растущих на морском побережье и засоленных местах внутренних районов. Его общий ареал простирается, однако, на обширные пространства Евразии. Некоторые популяции в восточной части Центральной Европы в начале XX в. переселились с дикорастущих маревых на поля свеклы, причем сменили кормовое растение, так же как это сделали колорадские жуки. Менее специфичным в выборе пищи является клоп (*Calocoris norvegicus*), который так же, как и *Piesma*, охотно поселяется на маревых прибрежной зоны и рудеральных мест, но иногда повреждает и поля свеклы.

Свекловичный долгоносик (*Bothynoderes punctiventris*) переходил с маревых растений азиатских солончаковых степей, все лучше приспособлялся к нитрофильным растениям и в итоге стал вредителем сахарной свеклы на территории от России до внутренних областей Германии. Кроме того, к вредителям свеклы относятся и два вида щитаносок. Первый (*Cassida nobilis*) перешел на сахарную свеклу с гвоздичных (*Spergula arvensis*, *Stellaria media*) и имеет экономическое значение в районах свеклосеяния на севере Италии, в Силезии, Чехии и других странах. Второй (*C. nebulosa*), распространившийся на всей палеарктической области, вплоть до Японии, имеет на севере большее значение, чем *C. nobilis*, происходящий, скорее всего, из Средиземноморской области.

Одновременно со свекловичным клопом опасным вредителем свеклы стала и свекольная муха (*Pegomyia hyoscyami betae*). Особенно значительный вред она наносит полям с посевами свеклы в странах Балтийского и Северного морей.

Гриб (*Cercospora beticola*), вызывающий церкоспороз свеклы, столь же требователен к теплу. Он хорошо развивается только на видах рода *Beta* и, возможно, также перешел с *B. maritima* на *B. vulgaris*.

Капустная белянка (*Pieris brassicae*), вероятно, происходит из литоральных местообитаний средиземноморско-атлантической области. Вместе со своими первоначальными кормовыми растениями – капустой (*Brassica*) и дикой редькой (*Raphanus raphanistrum*) – она проникла далеко вглубь континента.

Жеруховый комарик (*Contarinia nasturtii*), обитающий на брюкве и капусте, прежде всего в странах на побережье Северного и Балтийского морей, видимо, также первоначально кормился на дикорастущих крестоцветных литоральных биотопов области атланти-



ческого климата. Его личинки питаются там видами *Nasturtium*, *Cochlearia*, *Sinapis* и *Raphanus*.

От розового пилильщика (*Athalia rosae*) иногда страдают надземные части культурных крестоцветных, особенно белой горчицы. Основными областями его распространения остаются области морского климата.

Вредителем рапса в Центральной Европе является рапсовая блошка (*Psylliodes chrysocephala*). Наряду с другими обитающими на рапсе и капусте насекомыми, например скрытнохоботником (*Ceuthorrhynchus assimilis*), рапсовым цветоедом (*Meligethes aeneus*), блошками светлоногой и волнистой (*Phyllotreta nemorum* и *P. undulata*), капустной молью (*Plutella maculipennis*), мухой (*Hylemyia brassicae*), его можно обнаружить и на крестоцветных прибрежной зоны (*Crambe*, *Cakile*).

Переход фитофагов с дикорастущих на культурные растения зависит, прежде всего, от факторов питания и климата. В результате перехода к выращиванию в больших масштабах той или иной новой культуры, родственной местному дикорастущему виду, условия питания растительного организма могут стать столь благоприятными, что следствием этого может быть сильное увеличение популяции, иногда даже сопровождаемое повышением плодовитости.

Таким образом, в прошлом столетии с расширением культуры картофеля, кукурузы и рапса, а к концу столетия и сахарной свеклы целый ряд насекомых, кормившихся на дикорастущих растениях, превратился во вредителей культурных растений. Насекомые со специализированным питанием и циклом развития, длящимся больше одного вегетационного периода, не могут быть серьезными вредителями однолетних культур.

#### **1.4. Сорные растения: происхождение и условия жизни**

Полевые (сегетальные) сорные растения – это спутники агро-растительности. Они довольно разнообразны. Их подразделяют на *агрофиты-антропохоры* (типичные сорняки, связанные с развитием земледелия); *анофиты* (выходцы из местной флоры); *семиагрофиты* (переходная группа).

Сорняки имеют тесную эволюционную связь с предками культурных растений. Считается, что центры происхождения культурных и многих видов сорных растений одни и те же. Некоторые виды

современных сорняков Средней и Восточной Европы, например плевел опьяняющий, кострец ржаной, куколь, овсюг, василек синий, живокость полевая, мак самосейка, мак гибридный, горчица полевая, дурман – выходцы из Древнего Средиземноморья. Из Внутренней Азии к нам пришли крестовник весенний и кардария крупковая. Из Америки в Европу и Азию мигрировали ослинник двулетний, мелкопестник канадский и многие другие виды сорных растений. Процесс передвижения сорняков из одного региона в другой не прекращается до сих пор.

Чем больше экологические требования сорняков совпадают с требованиями культурных растений, тем лучше они могут развиваться на пахотных и лугопастбищных угодьях. Часть из них происходит из тех же мест, что и культурные растения, и из мест, через которые шло их перемещение (*Archaeophyta*). Другие появились лишь в исторически недавнее время (*Neophyta*), наконец, значительная часть сорняков произошла от местной дикорастущей флоры (*Apophyta*).

Многие современные виды сорных растений, так же как и окультуренные растения, произрастают в Юго-Западной Азии или в Средиземноморье, например плевел опьяняющий, кострец ржаной, овсюг, василек синий, мак-самосейка, горчица полевая, дурман, крестовник весенний.

Большинство полевых и рудеральных растений, аборигенов местной флоры Средней Европы, распространилось с береговых валов, отмелей, размываемых обрывов и всегда росло вблизи нор и построек животных, птичьих колоний, на берегах или в поймах рек с периодически освобождаемыми от воды берегами. Здесь, так же как и в отношении мест происхождения многих культурных растений, речь идет о местообитаниях литорального ландшафта. Другие виды происходят из области тундр, где они селились на арктических почвах, образовавшихся на первичных продуктах выветривания у концов ледников по мере их отступления.

Часто сорняки являются первыми растениями на новых землях, лучше всего растущими на обнаженной почве, в сильно изреженном травостое, требующими обильного питания и быстро разрастающимися, чтобы занять свободное пространство. В таких местах время от времени происходят резкие нарушения растительного покрова внешними силами, перемещение почвы или затопление. Например, *Stellaria media* пышно растет у нор кроликов и колоний морских

птиц, *Rumex crispus* и *Potentilla anserina* – у берегов рек или в местах, где после схода паводковых вод остаются изолированные лужи и бочажки; *Poa compressa* и *Echium vulgare* – на подвижных осыпях отвесных берегов речных долин. На полях с пропашными культурами сорняки представляют собой главным образом нитрофильные растения береговых сообществ Евро-Сибирского района. Их первоначальные местообитания удобрялись водяными птицами или дикими животными, посещавшими определенные места для водопоя.

Основную часть полевых сорняков в степных областях земного шара составляют растения не литоральных сообществ, а степные, часть которых еще растет в сухих и теплых местообитаниях (в том числе на полях) в Центральной Европе. Природа и ландшафт оказывают влияние на человека, способ производства и на орудия труда. В Афганистане и Иране, например, в посевах зерновых среди многих других сорняков встречаются *Centaurea depressa*, *Tamarix salina*, а также бобовые *Prosopis stephaniana* и *Alhagi camelorum*. После уборки зерновых поля могут быть сплошь зелеными от верблюжьей колючки.

Сорные растения, которые расширяют свой ареал, называются карантинными. Некоторые виды карантинных сорняков, например амброзия полыннолистная и шалфей отогнутый, имеют не только агробиогеоэкологическое, но и большое медико-ветеринарное и санитарно-гигиеническое значение. Амброзия вызывает аллергическое заболевание у людей – поллиноз, шалфей – отравление у крупного рогатого скота и сельскохозяйственных животных других видов.

В процессе расселения сорные растения могут попадать в необычные для них условия, что очень часто служит причиной перестройки их генетической природы. Изменяются функционально-морфологические свойства сорняков, возникают новые экотипы и даже подвиды растений. В результате естественного и непреднамеренного искусственного отбора преимущества и широкое распространение получают формы, наиболее приспособленные к обитанию в новых регионах.

Формы приспособления сорняков к условиям агробиогеоценозов разнообразны. Одна из них – дифференциация экологических ниш сорняков в агрофитоценозе. Сорняки и другие компоненты агрофитоценоза, в том числе культурные растения, отличаются друг от друга использованием природных ресурсов: минеральных веществ почвы, почвенной влаги, света, пространства. Дифференцированно используются биологические ресурсы. Так, например,

культурные растения опыляются одними видами насекомых-опылителей, сорняки – другими. Может происходить дифференциация экологических ниш во времени: одни виды растений заканчивают биологический цикл раньше, другие – позже.

Приспособление сорняков к посевам культурных растений может выражаться в экологическом уподоблении. Уподобление сорных растений культурным распространено довольно широко. Особенно много специализированных сорняков в посевах льна. Горчица рассеченная уподобляется льну по ритму развития, высоте, общему габитусу растения, величине и форме плодов, парусности семян. Признаки уподобления льну отмечены у льняного рыжика, торицы льняной, льняной гречишки и ряда других видов сорняков.

Экологическую характеристику основных биологических групп сорняков изложили Б.М. Миркин и Ю.А. Злобин. К наиболее распространенным представителям эколого-биологической группы *малолетних эфемеров* относятся мятлик однолетний, веснянка весенняя и крупка, обычно засоряющие озимые культуры. Они имеют короткий жизненный цикл, малотребовательны к экологическим условиям. Размножаются они семенами, которые прорастают при температуре от 5 до 12 °С. Цветут они в апреле – июне.

Марь белая, горчица полевая, редька дикая, рыжик посевной, чистец однолетний, звездчатка средняя и фалопия вьюнковая являются *малолетними ранними яровыми сорняками*, которые засоряют яровые и озимые зерновые культуры, пропашные и огородные. Они обычно устойчивы к весенним заморозкам и создают значительные семенные запасы в почве. Их семена созревают одновременно с яровыми культурами или несколько раньше. Прорастание семян происходит при температуре 7–20 °С.

Основные представители *малолетних поздних яровых сорняков* – щетинник сизый, щетинник зеленый, куриное просо, щирица запрокинутая, амброзия полыннолистная. Они засоряют многие сельскохозяйственные культуры, боятся ранних весенних заморозков и засух. Размножаются семенами, которые созревают после уборки основных яровых культур. Семена долго сохраняют всхожесть и прорастают при температуре 10–12 °С.

*Малолетние зимующие сорняки*, такие как пастушья сумка, ярутка полевая, василек синий, живокость полевая, куколь обыкновенный засоряют преимущественно посевы озимых растений. Размножаются они семенами и обладают резко выраженной пластично-

стью. В зависимости от сроков появления всходов ведут себя или как яровые, или как озимые растения.

Кострец ржаной, метлица обыкновенная, козлобородник большой относятся к *малолетним озимым сорнякам*. Размножаются семенами, которые прорастают при температуре 5–10 °С. Влаголюбивы. В первый год дают всходы, розетки и кустятся. Пройдя воздействие пониженными осенними и зимними температурами, на второй год цветут и плодоносят.

*Сорняки двулетники*, например донник лекарственный, донник белый, чертополох курчавый, икотник серый, свербига восточная, засоряют посевы озимых и кормовых культур. Иногда ведут себя как однолетники. Имеют глубокую корневую систему. Цветут с мая по октябрь.

*Малолетние стержневые сорняки*, например сурепка обыкновенная, одуванчик лекарственный, ноня черная, щавель конский, засоряют посевы всех сельскохозяйственных культур. Высота растений 0,7–1,5 м. Их главный корень проникает в почву на глубину 2–4 м. Цветут в течение всего лета. Некоторые виды размножаются вегетативно-корневыми отпрысками.

*Многолетние мочковатокорневые сорняки*, например лютик едкий, подорожник большой, размножаются семенами. Влаголюбивы. Корневая система поверхностная, мочковатого типа.

*Многолетние ползучие*, например лютик ползучий, лапчатка гусиная, будра плющевидная, засоряют пропашные и зерновые культуры. Размножение у них преимущественно вегетативное за счет стелющихся и укореняющихся в узлах побегов. К плодородию почв они малотребовательны, но влаголюбивы.

Пырей ползучий, хвощ полевой, яснотка белая, сумай являются *многолетними корневищными сорняками* многих культур. К плодородию почв малотребовательны. Размножаются главным образом вегетативно за счет отрезков корневищ, залегающих в почве на глубине 10–12 см, реже – 40–45 см.

*Многолетние корнеотпрысковые сорняки*, такие как осот полевой, бодяк полевой, вьюнок полевой, молочай прутьевидный, латук татарский, льнянка обыкновенная, горчак ползучий, засоряют посевы всех сельскохозяйственных культур.

Погремок большой, овчанка поздняя, марьянник полевой – *полупаразиты*; имеют присоски-гаустории, которыми прикрепля-

ются к корням зерновых культур и луговых трав. От растений-хозяев получают воду, минеральные соли.

Заразиха подсолнечниковая, заразиха ветвистая, повилика полевая, повилика льняная являются **растениями-гетеротрофами и паразитами**. Особыми присосками прикрепляются к растению-хозяину. Паразитируют на зерновых культурах, клевере, льне, растениях семейства сложноцветных.

Следует отметить, что многие растения превратились в сорняки вследствие их полиплоидизации, т. е. увеличения количества хромосом. Диплоидные расы в свою очередь не выдерживают условий, создающихся на пахотных землях, поэтому их распространение более ограничено.

Таким образом, растения сорные, как и культивируемые, являются неотъемлемым компонентом агробиогеоценоза.

### **1.5. Домашние животные. Одомашнивание диких животных**

Животноводство и земледелие возникли в новом каменном веке (неолите), начало которого у отдельных народов приходится на различные периоды. До этого времени человек был преимущественно собирателем и охотником. Археологические раскопки в странах Азии показывают, что там, возможно, уже около 10 000 лет назад была одомашнена собака и более 9 000 лет назад – овцы и козы. Содержание же мелких домашних животных, скорее всего, предшествовало земледелию, так как снабжение их кормом не составляло особого труда. Намного позднее был одомашнен крупный рогатый скот, что удалось, по-видимому, благодаря накопленному опыту одомашнивания овец и коз. Свинья является одним из наиболее древних домашних животных.

В Средней Европе домашние животные появились не менее 5 000 лет назад. Вероятно, лишь немногие виды были одомашнены в каком-то одном центре. Скорее всего, большинство животных одомашнивалось в различных местах и в разные периоды.

Происхождение домашних животных до сих пор изучается. Сейчас признано, что волк (*Canis lupus*) является предком пород домашних собак. Шакал же (*Canis aureus*) никакого участия в создании домашней собаки не принимал. В некоторых местах собаки были сначала источником мяса, это можно предположить, исходя из многочисленных находок остатков костей молодых животных. Основное же назначение этого, в некоторых областях старейшего, домашнего

животного заключалось в его использовании для охоты, перевозок и позднее – для охраны скота на пастбищах.

Исходной формой для домашней козы считается безоарская коза (*Capra hircus aegagrus*). Первоначальный центр ее одомашнивания находился в Передней Азии, где она обитала в горных лесах. Ареал этой группы диких коз простирался до острова Крит, Египта и Пакистана. Среди предков овцы следует прежде всего назвать аркальскую овцу (*Ovis ammon arcal*), обитавшую в степях между Каспийским и Аральским морями. Далее к предкам современной овцы относят муфлона (*Ovis a. musimon*), обитавшего в основном в Малой Азии, и аргалийскую овцу (*Ovis a. ammon*) высокогорных степей Восточной Азии.

Из крупных животных человек первыми приручил коров. Они происходят от диких быков или туров (*Bos primigenius primigenius*), которые, распространяясь из Западной Азии и приспособившись к умеренному климату, проникли на обширные территории Евразии от Тихого до Атлантического океана. Для близкородственного зебу, распространение которого ограничилось тропическими областями Азии и Африки, возможной исходной формой считается *Bos primigenius nomadicus*.

Первые центры одомашнивания крупного рогатого скота имелись на территории от Индии и Ирана до восточного Средиземноморья, а более поздние имелись также и в Средней Европе. В настоящее время испанские быки, корсиканский скот и валлийская черная порода скота относятся к древнейшим, наиболее сходным с туром породам скота. Для европейского крупного рогатого скота оптимальные условия имеются в умеренном климате лесной зоны, зебу приспособились к жизни в степях, а яки (*Bos mutus*) – к суровому высокогорному климату Центральной Азии. Другие виды, из которых выведен крупный домашний скот, а именно бантенг (*Bos javanicus*) и гаур, или индийский буйвол (*Bos gaurus*), подрода *Bibos*, обитают в ландшафте тропических лесов. Домашней формой первого является балийский скот, второго – гаял. Родина буйволов (*Bubalus*) – болотистые местности, и потому они и в настоящее время чаще всего разводятся в районах рисосеяния.

Домашняя свинья происходит от евразийской дикой свиньи – кабана (*Sus scrofa*), обитающей на всей территории от Европы до Восточной Азии. Одомашнивание дикой свиньи происходило независимо в северных областях Средней Европы, Средиземноморье, Индии, Сибири и Китае. Кабан как дикое животное обитает в лесу, но и в приру-

ченном виде свиней, как и других животных, еще долго пасли в лесу. В Средней Европе до конца средних веков при небольшой площади лесов преобладал крупный рогатый скот, а в больших лесных массивах – свиньи. Повсеместно пастьба в лесу на протяжении многих столетий имела большое значение для животноводства.

Дикая лошадь также одомашнивалась в различных местах и в разное время. По-видимому, древнейший центр находился более 5 000 лет назад в области украинских и казахстанских степей. Возможно, и лошадь первоначально служила источником мяса, прежде чем стала средством транспорта. Позже была открыта ее ценность для военных целей как в упряжке боевых колесниц, так и под седлом. Исходным видом считается *Equus caballus*, различные эколого-географические расы которого встречались в Евразии в палеолите. Пока еще нет единого мнения, какая из форм послужила исходной для одомашнивания – лошадь Пржевальского, до недавнего времени встречавшаяся в высокогорных степях Монголии (*E. caballus przewalskii*), или вымерший тарпан (*E. caballus gmelini*) из южнорусских степей. В Средней Африке южнонубийская раса дикого осла (*Equus asinus africanus*) стала предком домашнего осла. Он был одомашнен в Египте около 5 000 лет назад.

Вероятно, в это же время уже содержали в домашних условиях дикую курицу (*Gallus gallus murghi*) на ее родине в западной Индии, откуда она проникла через Иран до Малой Азии и далее на запад. К предкам домашней курицы причисляют и бирманскую гребешковую курицу (*Gallus gallus gallus*), а также другие географические расы. Домашний голубь происходит от сизого голубя (*Columba livia*) Средиземноморья. Вероятно, одомашнивание уток и гусей произошло позже, чем кур и голубей. Домашняя утка происходит от широко распространенной в Евразии кряквы (*Anas platyrhynchos*), которая стала домашним животным в различных местах – в Европе, Юго-Восточной Азии и Китае. Домашний гусь был приручен в Египте и Европе и происходит от серого гуся (*Anser anser*).

## **1.6. Виды животных, населяющие земли сельскохозяйственного пользования**

Вопрос о происхождении многочисленных видов животных, населяющих, помимо домашних животных, земли сельскохозяйственного пользования, также заслуживает пристального внимания.



Характер сельскохозяйственных культур в лесных и степных ландшафтах умеренных широт достаточно ясно показывает, насколько различными могут быть условия обитания. Изучение таких экологических вопросов представляет не только теоретический интерес, но одновременно касается и проблемы естественных резерваций, откуда еще и теперь некоторые вредные и полезные организмы сельскохозяйственных угодий могут получать пополнение.

*Влияние лесов.* В местах, которые в настоящее время преобразованы в поля и луга, из первоначальной лесной фауны, обитавшей в них до сведения лесов и освоения их под сельское хозяйство, осталось не очень много видов. Лучше всего сохранились еще лесные животные в почве пашен, сенокосов и пастбищ, например такие, как нематоды, дождевые черви, двупарноногие и губоногие.

Наземные животные, обитатели лесных опушек и светлых лесов, находят отчасти подходящие для них условия в плодовых садах. В Средней Европе к ним относятся черный дрозд (*Turdus merula*), зяблик (*Fringilla coelebs*), большая синица (*Parus major*), крапивник (*Troglodytes troglodytes*), жук малинный (*Byturus tomentosus*), цветоед яблонный (*Anthonomus pomorum*), непарный шелкопряд (*Lymantria dispar*), златогузка (*Euproctis chryorrhoea*), кольчатый шелкопряд (*Malacosoma neustria*), зимняя пяденица (*Cheimatobia brumata*), яблонная моль (*Huonomeuta*), щитовка яблоневого запятовидная (*Lepidosaphes ulmi*), красный плодовый клещ (*Metatetranychus ulmi*). Из паразитирующих насекомых к лесным видам относится *Trichogramma embryophagum*, которая развивается в садах в яйцах бабочек (*Euproctis*, *Tortricidae*) и иногда встречается даже на полях, где подходящим хозяином служит *Mamestra (Barathra) brassicae*.

Кроме того, лес с древесными стволами, бродящим соком, гнездами и жилищами животных, падалью, грибами, семенами растений является исходным биотопом многочисленных обитающих в домах животных, а именно вредителей древесины и амбарных вредителей, таких как *Hylotrupes*, *Anobium*, *Tenebrio*, *Tinea*, *Drosophila*, *Anthrenus*, *Piophilus*, *Dermestes* и многие другие.

*Влияние литоральных формаций.* Большинство видов, обитающих на сельскохозяйственных землях, особенно в умеренной лесной зоне, происходит из местообитаний на берегах рек, низинных и других болот, т. е. с полузатопляемых земель или вблизи воды. Это относится и к растениям, и к животным.

Например, водяная полевка (*Arvicola terrestris*), вредящая в садах и плодовых насаждениях, является, собственно, обитателем берега. В лесостепной зоне наблюдаются разбросанные колонии в долинах рек, в болотах и топях, на берегах озер и в зоне затопления. В степной зоне она обитает очагами только в сырых местах, так как сухость окружающих биотопов препятствует ее распространению.

Морское побережье и берега рек являются первоначальными местообитаниями также и серой крысы (*Rattus norvegicus*), тогда как черная крыса (*Rattus rattus*), обитающая преимущественно на чердаках, жила раньше на деревьях.

Типичным обитателем высоких травостоев влажных местообитаний, например, осоковой зоны низинных болот или травостоев молинии на верховых болотах, является полевка темная, или пашенная (*Microtus agrestis*). Ее вторичные поселения возникли на вырубках, буреломах и лесных прогалинах. Первоначально она питалась исключительно зеленым кормом – злаковыми травами, осоками и ситником. В лесостепной зоне и на севере степной зоны ее первичные колонии связаны с болотными биотопами. Из тростникового пояса озер мышь-малютка (*Micromys minutus*) переселилась на посеvy зерновых. На характер ее исходного биотопа еще и сейчас указывают такие ее особенности, как смачивание хвоста, частое питье, ловкое вылавливание из воды упавшей добычи и умение быстро передвигаться вверх и вниз по стеблям. Вероятно, такой же переход с тростника на поля зерновых и рапса совершила и болотная камышовка (*Acrocephalus palustris*). Многие другие птицы литоральных формаций также приспособились к жизни на лугах, пастбищах, полях и в других синантропных местах ландшафта. Способ гнездования сороки (*Pica pica*) в зарослях ольхи и боярышника вдоль рек, который до сих пор остался неизменным на Камчатке, по-видимому, является первичным. Переход с болот на луга был легким для конька лугового (*Anthus pratensis*), трясогузки желтой (*Motacilla flava*), бекаса (*Capella gallinago*). На каменистых берегах морей и озер обитают трясогузка белая (*Motacilla alba*) и каменка обыкновенная (*Oenanthe oenanthe*); преобразование ландшафта человеком создало и для них подходящие пустоши вторичного типа.

Жужелица-головач (*Broscus cephalotes*) охотно поселяется вблизи рек и на побережье моря, а также и на полях. Кроме них, обитающих как раз по берегам рек, коротконадкрылых жуков из ро-

да *Stenus* нетрудно найти на пашне. Для Средней Европы характерно совпадение распространения карабид и стафилинид на литофильных и сельскохозяйственных биотопах. То же относится и к паукам, обитающим в почве. Важнейшие из них, а именно ликозиды, тетрагнатиды, линифииды и микрифантиды, обитают на лугах и пастбищах с высоким или низким уровнем грунтовых вод.

Обитая на сырых пойменных лугах, галлица пшеничная седельная (*Haplodiplosis equestris*) легко переходит на пашню на глинистых почвах с большой водоудерживающей способностью. Саранча перелетная (*Locusta migratoria*) проникает из центров ее размножения в речных долинах на поля.

*Солончаковые луга* представляют собой экологически особую литоральную формацию. В условиях полевого опыта по сооружению искусственных берегов можно проследить то, что происходило в течение длительных периодов при естественном образовании берегов моря. Поскольку их нового затопления не происходит, содержание соли и уровень грунтовых вод быстро снижаются.

Первыми намытую почву заселяют стафилиниды (*Bledius*), питающиеся водорослями, и их прямые конкуренты – жужелицы из рода *Dyschirius*. Однако эти насекомые недолго выдерживают режим плотин. Вскоре создается биоценоз солончаковых лугов, который преобладает еще примерно четыре года, пока постепенно не превратится в биоценоз культурных лугов. Скорость заселения растениями и животными из внутренних областей различна. Заселение насекомыми (тлями, коровками, журчалками) травостоя опережает заселение поверхности почвы. Медленнее всего происходит смена галофильного животного мира агрофильным в самой почве. Через пять-шесть лет после обвалования, видимо, достигается максимальное разнообразие видов различных групп животных, потому что в последующее время становящиеся все более редкими некоторые солелюбивые формы встречаются вместе с все большим количеством пришельцев из внутренних областей.

Снижение содержания соли и уменьшение влажности почвы, несомненно, влияют на заселение. Гигрофильные виды жужелиц солончаковых лугов *Pogonus* и *Bembidion* остаются лишь у влажных краев канав, и начинают появляться другие, менее зависящие от влаги виды жужелиц (*Pterostichus cupreus* и *Amara*) или коротконадкрылых жуков (*Philonthus fuscipennis*). Тем не менее, сохраняется

некоторое сходство видового состава солончаковых и незаселенных лугов, как это видно из результатов изучения ногохвосток, клещей, пауков и жуков.

*Влияние степей.* После осваивания человеком различных площадей и преобразования ландшафтов многие животные степей и полупустынь покидали эти места. Однако значительное число видов смогло удержаться в новых сельскохозяйственных биотопах, расширило за их счет свой прежний ареал и в результате стало размножаться здесь в массовом количестве.

Например, после распашки целинных земель сильно уменьшаются популяции травоядных грызунов, таких как пеструшка степная (*Lagurus lagurus*), слепушонка обыкновенная (*Ellobius talpinus*) или полевка узкочерепная (*Microtus gregalis*); для зерноядных видов – мыши курганчиковой (*Mus musculus spicilegus*) и хомяка (*Cricetulus evermanni*) создались более благоприятные условия. Хомяки (*Cricetus cricetus*) и суслики европейские (*Citellus citellus*) являются настоящими обитателями степи. Распространяясь с востока, они еще и в Центральной Европе нашли подходящие условия существования на пашне и на лугопастбищных угодьях.

Уничтожение леса представило целому ряду лесостепных и степных птиц возможность превратиться в характерные виды сельскохозяйственного ландшафта в зоне лиственных лесов. К таким лесостепными птицам относятся: скворец обыкновенный (*Sturnus vulgaris*), щегол-сырец (*Carduelis chloris*), коноплянка (*C. cannabina*), воробьи домовый и полевой (*Passer domesticus* и *P. montanus*) и сокопуп (*Lanius collurio*). К птицам открытой степи относятся: полевой жаворонок (*Alauda arvensis*), просянка (*Emberiza calandra*), коростель (*Crex crex*) и серая куропатка (*Perdix perdix*).

В качестве типичной птицы южно-европейской и азиатской степной фауны можно назвать дрофу-дудака (*Otis tarda*), которая ранее водилась не только на востоке Средней Европы и в Испании, где она встречается и до сих пор, но и в Германии, Франции, Англии и на юге Швеции, так как ей подходил открытый сельскохозяйственный ландшафт.

В лесной зоне, по-видимому, интенсификация сельского хозяйства больше угрожает степным, а не литоральным видам. Это видно по уменьшению численности как дроф, коростелей, куропаток, так и хомяков. В степной же зоне складывались несколько иные условия.

Так, на Украине дрофы еще держатся на молодых посевах или на распаханых полях. А просянки, различные жаворонки и благодаря обилию грызунов пустельга обыкновенная (*Falco tinnunculus*), лушь степной (*Circus macrourus*) и лушь луговой (*C. pygargus*) находят на полях достаточно пищи. На этих сельскохозяйственных угодьях встречается еще довольно много куропаток, а сова болотная (*Asio flammeus*) даже выводит птенцов на полях. В степных областях Америки трупялы (*Icteridae*) родов *Dolickonyx*, *Molothrus*, *Agelaius* легко приспособились к условиям сельскохозяйственного ландшафта.

Что же касается беспозвоночных, то некоторые степные виды оказались совершенно неспособными к обитанию на обрабатываемых землях, например, улитка (*Vallonia pulchella*) или мокрица (*Cylisticus orientalis*), численность заметно уменьшилась и у ногохвостки (*Sminthurus viridis*), таракана (*Ectobius duskei*), муравья (*Leptothorax nassonovi*), цикады (*Graphocraerus ventralis*). У некоторых видов численность по сравнению с целинной степью увеличилась (*Haplothrips tritici*, *Psammotettix collinus*, *Phyllotreta vittula*, *Chaetocnema aridula*, *Hadena sordida*). Появились также совершенно новые виды, такие как тля (*Brachycolus noxius*) и питающийся ею жук-коровка (*Adonia variegata*).

Клоп (*Eurygaster integriceps*) в высокогорных степях Кавказа и горах Юго-Западной Азии питается дикорастущими злаковыми травами. При выращивании пшеницы в степных областях его численность сильно возросла и общий ареал расширился. Он стал одним из опаснейших вредителей пшеницы в Турции, Иране, Ираке и других странах. Вследствие способности уходить в диапаузу уже летом он без ущерба переносит неблагоприятное для него время после уборки зерновых. Его фенологический ритм особенно хорошо совпадает с ритмом пшеницы, что, вероятно, и способствовало его переходу на большие массивы зерновых в условиях монокультуры. Степные виды, способные становиться факультативными сапрофагами в стадии личинки, легче осваиваются на сельскохозяйственных землях.

Таким образом, сельскохозяйственное использование земель и связанное с этим изменение условий обитания отражается и на почвенной фауне.

## *Контрольные вопросы*

1. Какие местообитания относятся к автоморфному и гидроморфному типу ландшафта? Интразональные ландшафты.
2. Назовите центры происхождения культурных растений по Н.Н. Вавилову.
3. Откуда произошли пшеница обыкновенная, рожь, овес, чечевица и горох?
4. Что является вторичным центром происхождения гороха, чечевицы, бобов и льна?
5. Назовите «родину» фасоли, тыквы, махорки.
6. Какие почвенно-экологические условия наиболее благоприятны для роста свеклы?
7. Назовите наиболее требовательную к условиям жизни из зерновых культуру. Приведите классификацию растений В.В. Туганова (по эдификаторности).
8. Назовите и охарактеризуйте основных вредителей зерновых и овощных культур. Что такое рудеральные растения?
9. Чем отличаются друг от друга сорняки и другие компоненты агрофитоценоза (включая культурные растения)?
10. Где находится первоначальный центр одомашнивания козы?
11. Где располагаются первые центры одомашнивания крупного рогатого скота?
12. Для каких животных, обитающих в домах, лес являлся исходным биотопом?
13. Какие виды животных, обитающих на землях сельскохозяйственного пользования, происходят из местообитаний на берегах рек или болот?
14. Какие виды лесостепных и степных птиц приспособились к обитанию в сельскохозяйственных ландшафтах?
15. Какие изменения происходят с растениями при недостатке основных питательных веществ в почве и как отличить их от изменений, вызванных вредителями, болезнями и другими причинами?

## **Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И ИХ РОЛЬ В АПК**

### **2.1. 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 агробиогеоценозах 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 территорию 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;
- **агробιοгеоценоз** – поле, сад, бахча, теплица, оранжерея;
- **пастбищный биогеоценоз** – природное или культурное пастбище, используемое для выпаса сельскохозяйственных животных;
- **ферменный биогеоценоз** – 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 и 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. 3).

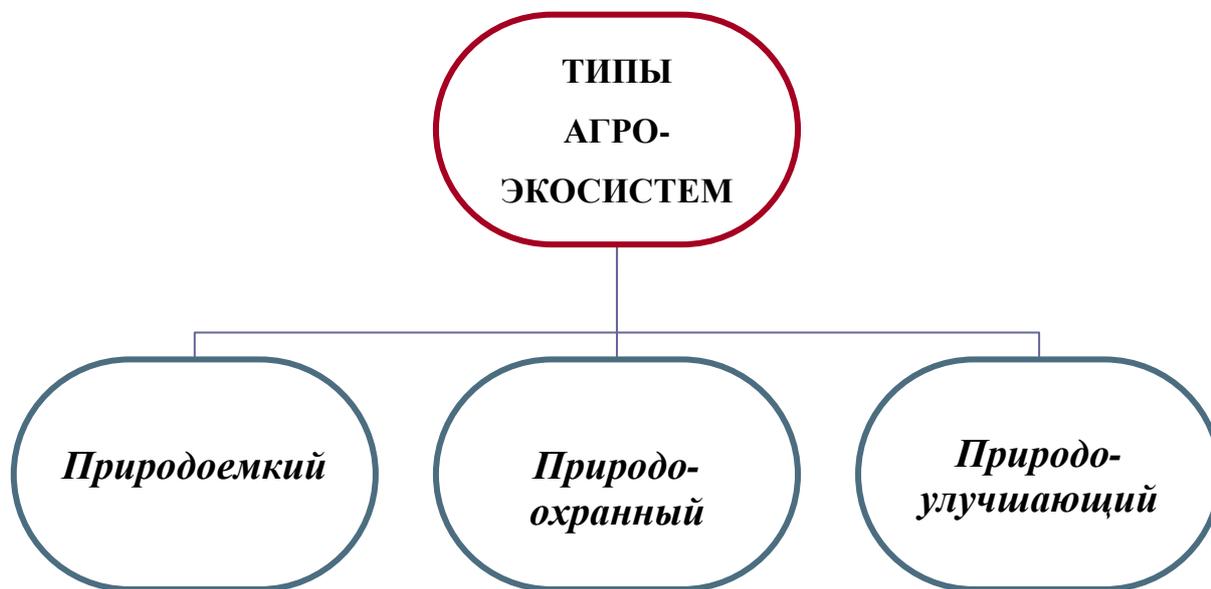


Рисунок 3 – Базовые типы агроэкосистем

**Природоемкие** 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 природоемкий тип. Пропорционально типу воспроизводства почвенного плодородия меняется эффективность привносимой в агроэкосистемы антропогенной энергии.

Как экологические системы агроэкосистемы неустойчивы. У них слабо выражена способность к саморегулированию, без поддержки человеком 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 поло-

сы, 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** (планомерно 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 и 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 использования 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 первоисточ-

ником 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. 1).

Таблица 1 – 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



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 ценотических 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 обуславливается, в конечном счете, экосистемный уровень биологической организации агроэкосистем.

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 общей. 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 син-

хронна. 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.

## **2.2. 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 и 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.

### 2.3. Примеры «простых» сельскохозяйственных экосистем

#### *Учебно-опытный экологический сад-огород*

Экологический сад-огород дает возможность студентам-агроэкологам применить полученные теоретические знания по освоению и использованию экологических принципов в растениеводстве.

Экологический огород целесообразно разделить на три части (рис. 4). Целесообразно иметь также площадку для навоза (навозохранилище, пункт для производства органических удобрений).

Для создания условий, способствующих дифференциации экологических ниш растений, необходимо «жизненное пространство» заполнить наиболее максимально. В качестве деревьев-уплотнителей рекомендуют сорта на карликовых подвоях. В промежутках между плодовыми деревьями сажают ягодники, между кустами смородины – яблони. Подобное размещение разных видов растений в определенной мере способствует их охране от болезней и вредителей.



Рисунок 4 – Схема целесообразного разделения учебно-опытного экологического сада-огорода (по Б.М. Миркину и Ю.А. Злобину)

При совмещении растений разного вида следует иметь в виду, что выделенные колины могут отрицательно влиять друг на друга. Не рекомендуют располагать картофель возле яблонь и облепихи. Между кустами облепихи нельзя проводить посадку помидоров и баклажанов. Для уменьшения внутривидовой конкуренции проводят посев смеси сухих и замоченных семян моркови, ранних и поздних сортов огурца.

*Важный элемент экологического сада-огорода* – вертикальное озеленение беседок, стенок, террас путем посева винограда, плюща, хмеля, вьюнка и других видов растений. *Вертикальные посадки* – классический пример максимального использования ресурсов света и пространства.

Необходимо проводить мероприятия по оптимизации агробиоценоза, привлекая одни виды организмов и отпугивая другие. Для борьбы с вредителями огородно-садовых насаждений используют птиц. Для них делают приманки, строят скворечники. На садово-огородный участок привлекают пчел и других опылителей растений. С этой целью сажают укроп, хрен, кинзу. Для отпугивания вредителей проводят посадки конопли, пижмы, полыни, чернобыльника. В борьбе с вредителями и возбудителями болезней сельскохозяйственных культур предпочтение отдают использованию нехимических методов.

Необходимо также, чтобы в садово-огородном биогеоценозе биотический круговорот был замкнут. Поэтому все органические остатки следует использовать для удобрения почвы. Запасы питательных веществ в почве целесообразно пополнять органическими удобрениями (навозом). При удобрении сада-огорода навозом нельзя допускать увеличения банка семян сорняков. Поэтому удобрять почву свежим навозом нецелесообразно. Для этого рекомендуют использовать компосты, изготовленные из навоза, остатков органики и земли. Проводят также сидерацию почв, т. е. их удобрение при помощи запахивания выращенных растений. В конце августа – начале сентября высевают зимующий горох или персидский клевер, а на следующий год в мае сидераты закапывают в почву.

### ***Садово-огородная «закрытая» экосистема***

Одним из примеров такой экосистемы, которое приводит Н.А. Уразаев с соавторами (2000), является *натуральное хозяйство Хьюка*, расположенное в Америке. Изобретательный огородник сконструировал оранжерейно-прудовую экосистему, накрытую куполом из полиэтиленовой пленки. Под куполом находятся посадки сои, томата,

баклажана, огурца, тыквы (агробιοгеоценоз) и небольшого бассейна, заселенный сомиками-пимелодами (водный биогеоценоз).

Наряду с этим в оранжерейно-прудовом комплексе имеется еще одна экосистема – небольшая «биофабрика» по производству личинок мух – ценного белкового корма для рыб. «Фабрика» – это сито, расположенное над бассейном. В сите кухонные отходы – питательная среда для личинок. Кроме того, для кормления рыб используют размолотые бобы сои.

В экологической системе формируется круговорот воды. Испаряясь из водоема, вода конденсируется на внутренней поверхности купола. С купола она падает вниз (искусственный дождь) или стекает по его своду (искусственный водоканал, арык) на грядки с овощами.

Грядки с посевом культурных растений, водоем с рыбами, «биофабрика» по производству кормового протеина – это компоненты (подсистемы) системного образования более высокого уровня – экологической системы, именуемой натуральным хозяйством Хьюка. На примере натурального хозяйства студенты-агроэкологи могут приобрести опыт по оценке межбиогеоценозных связей и биотического круговорота. Связь между агробιοгеоценозом и водной экосистемой – использование бобов сои для производства продукта питания (муки) рыбам. Другой источник пищи для рыб – личинки мух, плодящиеся на «биофабрике», расположенной над бассейном. Ползая в питательной среде (пищевых отходах), личинки проваливаются через отверстия сита и попадают в водоем, где их поедают рыбы. Отходы рыб (экскременты), в свою очередь, используются в агробιοгеоценозе для удобрения почв. Предварительно воду фильтруют. Экскременты рыб концентрируются в фильтре (через него вода прокачивается с помощью специального насоса).

В отфильтрованной фекальной массе рыб размножаются бактерии-редуценты. Они минерализуют экскременты, и образуется ценное органическое удобрение, богатое азотом. Продукты минерализации экскрементов рыб («навоз») используют для двух целей: удобрения грядок с посевами культурных растений и в качестве элементов минерального питания низших растений водоема (главным образом водорослей). Водоросли – еще один, вероятно, более важный, источник питания для рыб.

Следовательно, в оранжерейно-прудовой системе осуществляется биотический круговорот, в основе которого – синтез и распад органического вещества. В геохимический цикл включается и сам человек. Находясь под куполом экосистемы, он выделяет диоксид углерода (CO<sub>2</sub>), который используется растениями при фотосинтезе.



## *Пасека как экосистема*

**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 биогеноценоз), в которой главным биотическим компонентом является популяция пчел.

**Пчелы** – компонент и фактор биогеноценоза, играющий ведущую роль в опылении цветковых растений. Они выполняют экологическую функцию связи между пасекой, с одной стороны, лесами, лесными полосами, лугами, садами, полями – с другой. Межбиогеноценозная миграция пчел связана со сбором и заготовкой ими корма. Заготовкой кормовых продуктов они занимаются в лесонасаждениях, садах, на полях, главным образом в посевах растений-медоносов.

Во время сбора корма они опыляют дикие растения, например липу и сельскохозяйственные культуры (гречиху и др.). Из плодовых насаждений пчелы опыляют абрикос, яблоню, грушу, сливу, малину. Большинство сортов семечковых и косточковых пород нуждается в перекрестном опылении. Отдельные сорта без опылителя при обильном цветении совсем не завязывают плодов. Даже самоплодные сорта плодовых пород и ягодников увеличивают урожай при перекрестном опылении. Этому во многом способствуют пчелы. На 1 га сада требуется от двух до четырех пчелосемей. В уплотненных плодовых насаждениях интенсивного типа, где ряды деревьев представляют сплошную стену, а пчелы склонны летать вдоль ряда, количество пчелосемей увеличивают в полтора-два раза. Из овощных культур пчелы опыляют капусту, перец, дыню, арбуз, томат, из корне- и клубнеплодов – редис, морковь, брюкву, турнепс, из кормовых – люцерну, клевер и др.

Опыление пчелами оказывает существенное влияние на воспроизводительную функцию популяций растений-энтомофилов, их биологическую продуктивность. В регионах интенсивного растениеводства созданы крупные пасеки-фермы на 500–800 пчелосемей. Их основным назначением является опыление пчелами сельскохозяйственных культур для повышения урожайности.

От пчелоопыления благодаря повышению урожая сельскохозяйственных культур получают намного больше дохода, чем от прямой пчеловодческой продукции (мед и воск).

Для успешного пчелоопыления рекомендуют следующие размеры пасек: для гречихи – 2,5 семьи пчел на 1 га посева, эспарцета – три-четыре, подсолнечника – одна, плодово-ягодных культур – 60–75 семей пчел на каждые 25 га насаждений, для семенников клевера площадью до 50 га – 10–20 семей пчел при обязательном применении «дрессировки», которую используют при слабом выделении нектара цветками опыляемых растений, из-за чего пчелы плохо посещают их. Защитные лесные насаждения служат местом обитания большого количества диких одиночных пчел, устраивающих свои гнезда в не обрабатываемой под ними почве.

Для оптимизации агробиологического потенциала лесных полос как фактора, способствующего развитию многовидовой опылительной энтомофауны и энтомофагов, в насаждения следует вводить без ущерба для их основного мелиоративного назначения в возможно большем количестве разные по срокам цветения ценные нектароносные и пыльценозные древесные и кустарниковые породы. Благодаря этому они активно участвуют в формировании устойчивого кормового конвейера для насекомых и способствуют более полной реализации возможной (потенциальной) урожайности энтомофильных и других культур в соответствии с занимаемой ими экологической нишей.

### ***Контрольные вопросы***

1. Назовите классификацию сельскохозяйственных экосистем в зависимости от их типа и функций.
2. Приведите сравнительную характеристику природных и сельскохозяйственных экосистем. Обоснуйте их отличия.
3. Назовите основные требования сестайнинга как экологически организованной экосистемы.
4. Расскажите о тактиках достижения сестайнинга.
5. Учебно-опытный экологический сад-огород.
6. Садово-огородная «закрытая» экосистема.
7. Пасека как экосистема.
8. Приведите примеры простых сельскохозяйственных экосистем и рассмотрите особенности их функционирования.

***Практическое задание:*** по выбору создайте собственную модель «простой» экосистемы (учебно-опытный сад-огород, пасека и садово-огородная закрытая экосистема), расскажите о ней.

## Глава 3. АГРОБИОГЕОЦЕНОЗ

### 3.1. Структура и уровни организации агробиогееценоза

В соответствии с первым, классическим определением биогеоценоза, данным В.Н. Сукачевым, агробиогееценоз представляет собой совокупность однородных явлений (атмосферы, горной породы, гидрологических условий, почвы, растительности, животного мира и микроорганизмов) на известном протяжении земной поверхности, в данном конкретном случае – полевой площади. Компоненты этой совокупности вступают друг с другом в специфические взаимоотношения и имеют определенный тип обмена веществом и энергией между собой и другими явлениями природы.

*Агробиогееценоз* (агро – поле, пашня; био – жизнь; гео – земля) – это природный комплекс, преобразованный человеком для посева (посадки) и выращивания культурных, реже диких травянистых растений. Термином «агробиогееценоз» называют возделываемые человеком полевые (огородные, садовые и т. д.) растения со средой своего обитания. Биотическая часть агробиогееценоза, т. е. совокупность взаимосвязанных растений и животных, называется *агробиогееценозом*. К агробиогееценозам относят экосистемы закрытого грунта (теплицы, парники, оранжереи), предназначенные для выращивания овощей, цветов и других травянистых растений. Близки к агробиогееценозам лесные культурбиогееценозы (лесные полосы, живые изгороди).

*Агробиогееценозы* – это обычно полночленные биокосные системы. В них присутствуют все экологические группы организмов, осуществляющие синтез и распад органического вещества: продуценты, консументы и редуценты. *Однако в отличие от природных биогеоценозов в них изменены и фитоценоз, и зооценоз, и микробиоценоз, и неживая природа.* Антропогенный фактор оказал влияние на физико-химические и биологические свойства биотических и абиотических компонентов биогеоценоза, его структуру и функцию. В то же время общие принципы организации аграрных и природных биогеоценозов однотипны, поэтому определения агробиогееценоза и натурбиогееценоза могут быть близкими или даже одинаковыми.

Центральным звеном агробиогеноза является *агрофитоценоз*. Большинство современных фитоценологов и экологов под агрофитоценозом подразумевает растительное сообщество, созданное человеком при помощи посева или посадки возделываемых растений. Компонентами агрофитоценоза служат высеянные (высаженные) растения, сорняки, водоросли, грибы и иногда мхи.

Агрофитоценоз – 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 – посеvy многолетних трав, посадки малины, яблони и др. Другими словами, можно сказать, что агробиогеноз – это агрофитоценоз со средой своего обитания. Под средой обитания следует понимать неживую и живую природу: воздух, воду, почву, материнскую породу, животный мир и т. д. Основные элементы агробиогеноза, по М.В. Маркову (1972), представлены на рисунке 5:

- *культурные растения*, высеянные (или высаженные) человеком;
- *сорные растения*, проникшие в агробиогеноз помимо и вопреки воле человека;
- *микроорганизмы* зоны ризосферы культурных и сорных растений;
- *клубеньковые бактерии* (находятся на корнях бобовых, их основная функция – фиксация свободного азота воздуха);
- *микоризообразующие грибы* (располагаются на корнях высших растений);
- *бактерии, грибы, актиномицеты и водоросли*, свободно живущие в почве;
- *беспозвоночные животные*, живущие в почве и на растениях;
- *позвоночные животные* (*грызуны, птицы и др.*), живущие в почве и посевах;
- *грибы, бактерии, вирусы – паразиты (полупаразиты)* культурных и сорных растений;
- *бактериофаги* – паразиты микроорганизмов.

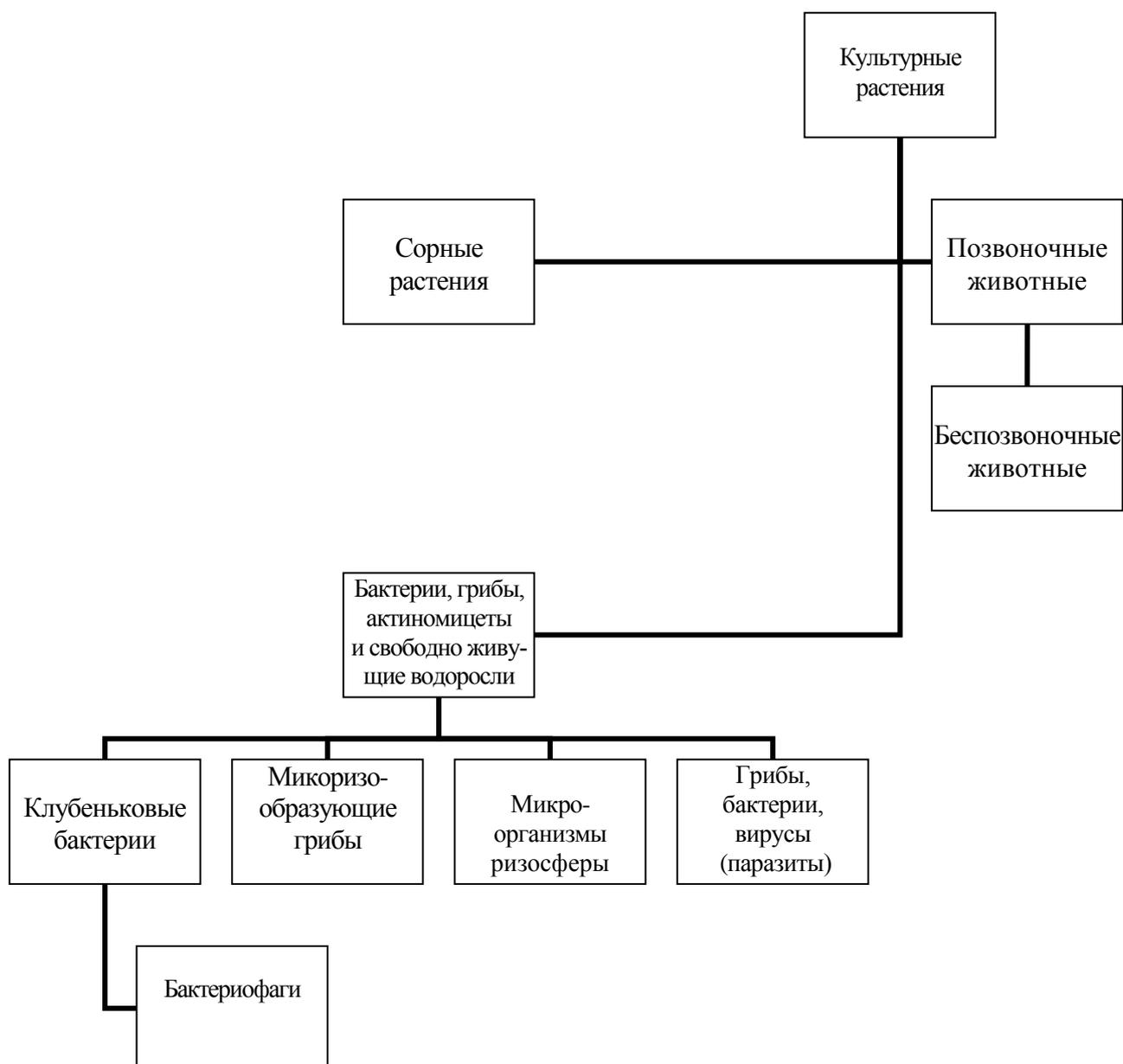


Рисунок 5 – Основные элементы агробиогеоценоза (по М.В. Маркову, 1972)

Таким образом, становится очевидно, что агробиоценоз – это биологическая система, состоящая из производителей органического вещества (организмов-продуцентов) и его потребителей (консументов и редуцентов).

Межпопуляционные отношения и взаимодействия могут принимать разнообразные формы и меняться в процессе роста и развития культурных растений и их спутников. Культурные растения и сорняки могут соприкасаться друг с другом, тесно контактировать и действовать друг на друга механически.

Между культурными и сорными растениями разворачивается острая борьба за элементы минерального питания и другие жизнен-

но важные ресурсы. Механизмы сообитания культурных и сорных растений, других видов организмов, входящих в состав агробиоценоза, находятся в стадии становления, незавершенности, так как они формируются в течение короткого промежутка времени: в посевах однолетних сельскохозяйственных культур – только год, у многолетних трав – два-четыре года.

В функционировании агробиоценоза большую роль играют гетеротрофные организмы. Некоторые из них, например пчелы и шмели, служат опылителями культурных растений (гречихи, подсолнечника и др.). Другие виды гетеротрофов, наоборот, могут оказывать негативное, иногда губительное действие на сельскохозяйственные культуры. Численность популяций гетеротрофных организмов (например саранчи, мышевидных грызунов) может резко возрастать, и они становятся причиной уничтожения посевов сельскохозяйственных культур. Особое место в агробиоценозе отводят организмам-патогенам (болезнетворным бактериям, вирусам и др.). Патогены могут вызывать массовые болезни культурных растений (эпифитотии).

*Бактериофаги* – паразиты паразитических организмов. Они вызывают болезни у вредителей сельскохозяйственных культур и таким образом могут препятствовать возникновению эпифитотии возделываемых растений. Любой агробиоценоз представляет собой единое целое, и изменение его отдельных частей, например тех или иных популяций растений или животных, неизбежно приведет к более или менее выраженным преобразованиям всей биологической системы.

При изучении культивируемых растений на биогеоценозическом (экосистемном) уровне большое значение имеет оценка влияния на их рост и развитие, биологическую продуктивность (урожайность), устойчивость или, наоборот, восприимчивость к заболеваниям той экологической обстановки, которая складывается в агробиоценозе.

В изменении факторов среды большую роль играют распашка и боронование почв, их обводнение или, наоборот, осушение, обогащение органическими и минеральными удобрениями. В природно-технических системах закрытого грунта (теплицах и др.) искусственность экологической обстановки выражена больше, чем на полях, в садах, огородах. В них регулируют микроклимат, иногда используют искусственные почвы. Регуляция и оптимизация физико-

химических и биологических свойств почв, вод, воздуха влияют на развитие культурных растений и других организмов, входящих в состав агробиоценоза.

Таким образом, экологическую обстановку в агробиогеоценозах определяют как природные, так и антропогенные факторы.

### **3.2. Структурно-функциональная организация почвенно-биологического комплекса**

Почва как компонент биосферы участвует одновременно в процессах биогеоценотического и биосферного структурных уровней ее организации, занимая центральное положение во взаимодействиях геологического, микро- и макробиогеоценозного природных круговоротов. При этом в биогеоценозе почва выполняет интегрирующие и управляющие функции.

*Обеспечение жизни на Земле* – это главная функция почвы. Необходимость реализации этой функции зависит от концентрации в почве в доступных формах химических соединений биогенных элементов, необходимых организмам. Почва – это так называемое своеобразное депо, которое удерживает все важнейшие биогены (углерод, азот, фосфор, серу, кальций, калий и др.) от быстрого удаления их в Мировой океан. Она аккумулирует влагу, обеспечивая в период вегетации потребность в ней автотрофного звена биогеоценозов, и также служит сферой обитания растений, животных, микроорганизмов и др.

Следует отметить, что почва упорядочивает все потоки веществ в биосфере, выступая в качестве связующего звена и регулирующего механизма в процессах биологической и геологической циркуляции элементов, т. е. она «замыкает» все биогеохимические циклы, являясь связующим и важным звеном.

*Регуляционная функция.* Почва регулирует состав атмосферы и гидросферы. В результате постоянного газообмена между почвой и атмосферой в воздушный бассейн трансформируются различные газы (в том числе и «парниковые»), микрогазы. Например, при разложении мертвых растительных остатков в среднем на 1 га суши продуцируется 84 кг диоксида углерода в сутки. Установлено, что 40–70 % этого газа, используемого в процессе фотосинтеза, обеспечива-

ется «дыханием почвы». Остальное количество привносится путем горизонтального и турбулентного перемещения воздушных масс. В свою очередь, почва одновременно поглощает атмосферный кислород. Обогащая (избирательно) поверхностные и подземные воды химическими веществами, почва влияет на гидрохимическое состояние вод суши и прибрежных акваторий морей и океанов.

*Важнейшая глобальная функция почвы* – это накопление в поверхностной части коры выветривания, в почвенных органогенных горизонтах специфического органического вещества – *гумуса* и связанной с ним химической энергии. Процессы биогенного накопления, трансформации и перераспределения энергии, поступающей от Солнца на Землю, протекают в почве непрерывно.

В почвенном покрове сосредоточена потенциальная биогенная энергия в виде корней растений, биомассы микроорганизмов и гумуса. Почва защищает литосферу от влияния экзогенных факторов и регулирует интенсивность геологической денудации.

Кроме того, почва выступает как регулятор распространения живых организмов, выполняя функцию генерирования и сохранения биологического разнообразия. Будучи средой обитания множества организмов, она ограничивает деятельность одних и способствует активности других. Например, черноземные почвы по сравнению с дерново-подзолистыми характеризуются высокой численностью микробного населения, обладают высоким плодородием и лучшей устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

*Значение почвы в агроэкосистемах.* Почва – главное средство сельскохозяйственного производства и основа сельскохозяйственных экосистем. Человечество получает из почвы около 95 % всех продуктов питания, поэтому проблема сохранения почвенного плодородия должна быть первоочередной в сельскохозяйственном производстве.

Почва представляет собой жизненное пространство, обеспечивающее обитание живых организмов, и является механической опорой произрастающей на ней растительности.

Почва аккумулирует необходимые для жизнедеятельности населяющих ее организмов, в том числе первичных продуцентов, воду, питательные и энергетические вещества, что в значительной степени определяет ее плодородие.



Почва – это своеобразное депо ферментов. В ней находятся все известные в живых организмах ферменты, в том числе определяющие почвенное плодородие и направленность почвенных процессов: например пероксидаза, нитрогеназа, нитратредуктаза, каталаза, уреазы, протеазы и другие ферменты. Активность этих ферментов определяет азотный режим почвы, доступность элементов питания, а также способность почвы к детоксикации различных поллютантов.

Регулируя гидротермический режим, почва позволяет населяющим ее организмам сохранять свою жизнедеятельность при определенных значениях температуры и влажности.

Почва выполняет санитарную (очистительную) функцию. Высокая способность почвы за счет обитающей в ней биоты обеспечивать обезвреживание многих патогенов и токсикантов влияет на качество сельскохозяйственной продукции, состояние окружающей природной среды.

Особое внимание следует уделить так называемой информационной функции. Например, переход весной температуры почвы через границу  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  стимулирует активизацию (увеличение подвижности) азота, фосфора, калия, т. е. указанный предел температуры служит «сигналом» к началу потребления питательных элементов в связи с наступлением вегетационного периода. Особое свойство почвы – возможность хранить долговременную информацию об экологическом состоянии территории.

Следует, однако, отметить, что функции почвы не безграничны и в результате производственной деятельности могут нарушаться. Один из таких примеров – так называемая «утомляемость почв», которая проявляется в резком снижении урожайности сельскохозяйственных культур при бессменном возделывании (или частом возвращении на прежнее поле севооборота) растений одного и того же рода. Причинами почвоутомления также могут быть накопление в почве токсичных веществ, выделяемых корнями растений и микроорганизмами, разложение специфических вредителей, возбудителей болезней и сорняков. Установлено, что корневая система овса выделяет скополетин (вещество, близкое к кумарину), обладающий ингибирующим действием. В корнях люцерны аккумулируются алкалоиды, которые диффундируют в почву. В данном случае рассмотрены лишь основные функции почвы, но без понятия организации поч-

венно-биологического комплекса будет трудно установить связи всех биологических процессов, протекающих в ней.

В последнее время значение почвенной биоты существенно возросло не только в связи с ее незаменимой ролью в формировании почвенного плодородия. При техногенном загрязнении компонентов биосферы, в том числе и почв, почвенная биота выполняет еще одну важную функцию – детоксикации различных соединений, присутствующих в почве и влияющих на состояние окружающей среды и качество сельскохозяйственной продукции.

Почвенный покров представляет собой самостоятельную земную оболочку – педосферу. Почва – продукт совместного воздействия климата, растительности, животных и микроорганизмов на поверхностные слои горных пород. В этой сложнейшей системе непрерывно происходят синтез и разрушение органического вещества, круговорот элементов зольного и азотного питания растений, детоксикация различных загрязняющих веществ, поступающих в почву, и т. д.

Эти процессы осуществляются благодаря уникальному строению почвы, которое представляет собой систему взаимосвязанных твердой, жидкой, газообразной и живой составляющих. Например, воздушный режим почвы тесно связан с ее влажностью. Оптимальное сочетание этих факторов способствует лучшему развитию высших растений. Последние, продуцируя большую биомассу, поставляют больше пищевого и энергетического материала для населяющих почву живых организмов, что улучшает их жизнедеятельность и способствует обогащению почвы питательными веществами и биологически активными соединениями. Твердая фаза почвы, в которой в основном сосредоточены источники питательных и энергетических веществ – гумус, органо-минеральные коллоиды, катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  на поверхности почвенных частиц взаимосвязана с почвенно-биотическим комплексом (ПБК).

Почвенные частицы, особенно коллоидная и илистая фракции, благодаря большой суммарной поверхности обладают поглотительной способностью. Эта способность имеет большое экологическое значение, так как позволяет почве сорбировать различные соединения, в том числе токсичные, и тем самым препятствовать поступлению токсикантов в пищевые цепи.

В процессе превращения веществ и формирования потоков энергии огромную роль играют населяющие почву живые организмы, составляющие основу ПБК, без которого нет и не может быть почвы. ПБК представлен весомой (по массе) и разнообразной группой организмов.

В 1 грамме почвы содержится в среднем от 3 до 90 млн бактерий, 0,1–35 млн актиномицетов, 8–10 тыс. микроскопических грибов, 100 тыс. водорослей, 1,5–6 млн простейших. В целом верхний слой почвы состоит из минеральной субстанции (93 %) и органического вещества (7 %). В свою очередь, органическое вещество включает мертвое органическое вещество (85 %), корни растений (1 %) и эдафон (5 %). В структуру эдафона входят бактерии и актиномицеты (40 %), грибы и водоросли (40 %), дождевые черви (12 %), прочая микрофауна (5 %) и мезофауна (3 %).

Среди животных организмов биосферы обитатели почвы характеризуются наибольшей биомассой. Деятельность почвенной фауны, или педофауны, состоит в разложении опада на комплексные органические производные (первоначальная функция дождевых червей); эти соединения затем переходят к бактериям, актиномицетам, почвенным грибам, высвобождающим из органических остатков исходные минеральные компоненты, которые опять ассимилируются продуцентами.

Все эти организмы находятся в постоянном взаимодействии; они очень динамичны в пространстве и во времени; некоторые из них обладают необычайно мощным ферментативным аппаратом и способностью выделять в окружающую среду различные токсины.

От деятельности почвенной биоты зависят плодородие почвы, ее санитарное состояние, качество сельскохозяйственной продукции, состояние окружающей среды. Знание особенностей функционирования ПБК в различных экологических условиях принципиально важно для создания продуктивных и устойчивых агроэкосистем, производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции и минимизации загрязнения биосферы.

Почва – часть биосферы, где действуют различные экологические факторы; поэтому в природе существует множество почвенных типов и их разновидностей с различным проявлением биологических процессов. Например, южные почвы, сформированные в усло-

виях оптимального сочетания экологических факторов (достаточное количество тепла, влаги, питания), отличаются более высокой биологической активностью. Северные почвы в условиях лимитирующего температурного фактора, промывного типа водного режима, особенностей почвообразующих пород и прочего характеризуются низкой биологической активностью и своеобразным ПБК.

В зависимости от типа почвы и ее культурного состояния эти различия проявляются в значительных колебаниях численности и структуры почвенной биоты вообще и микроорганизмов в частности. Наибольшее количество почвенных микроорганизмов характерно для черноземных почв и отдельных подтипов каштановых почв. Высокой численностью микроорганизмов характеризуются также сероземные почвы (при орошении). К северу и югу региона распространения этих почв численность микробного населения уменьшается. Микробиота активно функционирует в верхнем гумусовом слое, где сосредоточен наибольший запас питательных элементов, т. е. плодородие почв и почвенная биота взаимосвязаны.

*Структурные изменения в функционировании экосистем в различных почвенно-экологических условиях определяются участием различных групп почвенного бионаселения в биохимических процессах.* Например, в северных экосистемах в биологическом круговороте активное участие принимает в основном грибное население; к югу в структуре микробного ценоза преобладают бактерии и актиномицеты. В экосистемах со слабым течением минерализационных процессов (дерново-подзолистые и особенно подзолистые почвы) доминантами выступают виды, участвующие в распаде органического вещества на ранних этапах (*Bac. virgulus*, *Bac. agglomeratus*). Более глубокая трансформация органического вещества протекает при участии *Bac. idosus*, *Bac. mesentericus*, *Bac. subtilis*. В экосистемах с хорошим азотным режимом почвы присутствуют зародыши *Bac. megatherium*. Индикатором засоленных почв является *Bac. gasificans*. В условиях чрезвычайной засушливости экосистем (регионы сухостепной зоны) в структуре бациллярного населения доминантом выступает *Bac. mesentericus niger*.

Таким образом, по структуре микробного ценоза и особенно по видовому составу микроорганизмов можно судить о течении почвообразовательного процесса и состоянии экосистем. Населяющие

почву живые организмы взаимодействуют между собой и с абиотической средой. Эти взаимодействия основываются либо на трофическом, либо на метаболическом характере связей. Характер этих взаимодействий и взаимоотношений определяет уровень почвенного плодородия и состояние «здоровья» земли. Пример *трофической типа связи* – связь в системе хищник-жертва. В почвенной среде эта связь выражается между животными и микроорганизмами, которыми они питаются.

Существующие в природных экосистемах взаимодействия объясняют многие процессы, происходящие в почве. Например, трансформация растительных остатков протекает в результате синтрофных и метаболических взаимоотношений, когда одна группа популяции потребляет продукты, которые образуют их предшественники. Яркий пример – нитрифицирующие бактерии. Нитробактерии потребляют нитраты, продуцируемые нитрозными бактериями.

*Синтрофный тип* отношений лежит в основе удаления токсичных продуктов обмена (когда субстрат потребляется смешанными популяциями).

В сельскохозяйственных экосистемах при длительном выращивании одной сельскохозяйственной культуры уменьшается *микробное разнообразие* либо выпадает звено, потребляющее продукты обмена, что приводит в дальнейшем к нарушению процесса самоочищения почвы.

Метаболические (аллелохимические) связи проявляются в том, что населяющие почву живые организмы выделяют в окружающую среду различные продукты, выполняющие функции сигнальных метаболитов и влияющие на рост и развитие растений. Продукты метаболизма микроорганизмов (витамины, аминокислоты, ауксины, антибиотики, ферменты и др.) поступают в растения, играя важную роль в их росте и развитии. Наиболее активные продуценты витаминов – микроорганизмы родов *Bacillus* и *Pseudomonas*. Некоторые микроорганизмы способны продуцировать гиббереллиновые и гиббереллиноподобные вещества, которые ускоряют фотохимическую и темновую фиксацию азота, вызывают пробуждение семян и ускоряют их прорастание, стимулируют цветение длиннодневных растений при неблагоприятном фоторежиме. Установлено защитное действие микроорганизмов почвы, проявляющееся в подавлении фитопато-

генных форм бактерий и грибов. Большое значение имеет симбиотический (мутуалистический) тип ассоциации.

Пример – клубеньковые бактерии на корнях бобовых растений, связи в лишайнике между грибами и водорослями, микориза (или грибокорень), играющая большую роль в обеспечении древесных растений элементами питания, особенно фосфором и калием. Устанавливая множество биологических взаимодействий, необходимо указать на то, что они не постоянны, а могут меняться в процессе развития ценоза и в зависимости от условий окружающей среды, что необходимо учитывать при конструировании агроэкосистем и проведении хозяйственных мероприятий.

### *Характеристика микробного комплекса и его роль в почвенных процессах*

Довольно подробного рассмотрения заслуживают микроорганизмы – наиболее изученная группа почвенного бионаселения. Микроскопическое население почвы чрезвычайно велико и разнообразно. Основные группы почвенного микронаселения – это бактерии, грибы, актиномицеты, многочисленные водоросли. В качестве общей характеристики можно привести следующие особенности: эти организмы характеризуются исключительно малыми размерами. Для них характерны короткая продолжительность жизни (от нескольких часов до нескольких дней), необычайно высокая ферментативная активность, высокая чувствительность к малейшим изменениям окружающей среды и способность к продуцированию токсинов (микотоксинов), например, у грибов при определенных условиях.

По отношению к кислороду выделяют аэробные (потребляющие кислород) и анаэробные (живущие в отсутствие кислорода) организмы, по способу питания – автотрофные (сами создают органическое вещество) и гетеротрофные (микроорганизмы, использующие готовые органические вещества). Численность микроорганизмов сильно колеблется в зависимости от почвенно-экологических фактов.

Следует отметить, что микроорганизмы играют основную роль в круговороте веществ в биогеоценозах, минерализуя органические остатки и замыкая таким образом биологические циклы экосистем.

Эти значительные объемы органического вещества минерализуются в результате деятельности почвенных организмов, превращаясь из недоступных органических соединений в усвояемые растениями минеральные формы. Основными деструкторами при этом выступают микроорганизмы. На долю микроорганизмов приходится 85 % выделяющегося при разложении диоксида углерода, на долю почвенных животных – 15 %. При этом в аэробных условиях грибы дают две трети, а бактерии – треть углекислого газа. Далее из минеральных соединений вновь синтезируется органическое вещество. Так в общем виде протекает малый (биологический) круговорот.

Характер и интенсивность биологического круговорота зависят от трех главных факторов: состава растительности, гидротермического режима и комплекса организмов-трансформаторов.

Трансформация органических веществ и обмен газообразных продуктов микробного метаболизма сопровождаются взаимодействием почвенных микроорганизмов с первичными и вторичными минералами почвы. По своему значению для биосферы этот процесс сопоставим с фотосинтезом и фиксацией молекулярного азота, так как минеральные элементы, первоисточники которых находятся в литосфере, необходимы для жизни всех организмов на Земле. Без них невозможно создание органического вещества, носителя потенциальной энергии, преобразованной зелеными растениями из кинетической энергии солнечного луча. Практически нет ни одного элемента, который не подвергался бы воздействию микроорганизмов или их метаболитов.

Минеральная часть почвы разрушается под воздействием различных неорганических и органических кислот, щелочей, ферментов и других соединений – продуктов жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Так, нитрификаторы в процессе нитрификации выделяют азотную кислоту. При благоприятных условиях в процессе нитрификации за год в почве может образоваться до 300 кг нитратов на 1 га.

Выделяющийся в процессе дыхания микроорганизмов диоксид углерода способствует растворению минералов. Так, нерастворимые фосфаты растворяются угольной кислотой, которая образуется от взаимодействия  $\text{CO}_2$  и воды при участии микроорганизмов. От того, насколько интенсивно происходят эти процессы, зависит степень

обеспеченности растений необходимыми элементами питания и энергией.

Параллельно с разложением органических остатков в почве идут процессы гумификации. В данном процессе важна роль почвенной биоты, в частности – микроорганизмов. Все разновидности мертвого органического вещества, подвергаясь в почве биологическому разложению и окислению – гумификации, преобразуются обычно в единую, довольно стабильную химическую субстанцию почвенного субстрата – гумусовые вещества. При гумификации растительных и животных остатков происходит смена деструкторов их видового состава, интенсивность развития которых в известной степени зависит от органических соединений, входящих в состав растительных и животных остатков. При этом происходит не только разложение органических остатков, но и синтез новых органических соединений. Продукты распада используются, в частности, в процессе синтеза специфических органических веществ почвы – фульвокислот и гуминовых кислот.

Почвенные микроорганизмы обладают уникальной способностью фиксировать газообразный, атмосферный азот и переводить его в усвояемые для растений соединения. Азот, фиксируемый почвенными микроорганизмами, называется биологическим, а микроорганизмы, связывающие молекулярный азот, – азотфиксаторами или diaзотрофами.

Азотфиксирующие микроорганизмы делят на *несимбиотические* и *симбиотические*. Несимбиотические азотфиксаторы, в свою очередь, разделяют на свободноживущие (не связанные непосредственно с корневыми системами растений) и ассоциативные, которые обитают в прилегающей к корням почве (ризосфере) или на поверхности корней и листьев (в фитоплане).

Ассоциативная азотфиксация осуществляется микроорганизмами, живущими в ассоциации с растениями, и в этом случае в большей степени зависит от количества и качества поступающего в ризосферу легкодоступного органического вещества и энергии. Этот процесс тесно связан с процессом фотосинтеза. Симбиотические азотфиксаторы (клубеньковые бактерии) живут в тканях растений, стимулируя образование особых разрастаний на корнях или листьях в форме клубеньков или узелков, в которых осуществляется фикса-



ция азота атмосферы. Эти разрастания называются бактериоидами и фактически являются азотфиксирующими органеллами клеток бобового растения-хозяина.

При фиксации атмосферного азота исключается загрязнение почв, водоемов и атмосферы, которое имеет место при внесении химического азота.

Уникальные функции микроорганизмов по фиксации атмосферного азота приобретают особое значение в связи с усилением антропогенного воздействия на агроэкосистемы и возможностью использования биологических механизмов питания растений. Это позволяет в будущем перейти от современного «химического» земледелия к конструированию агробиоценозов на биологической основе.

Таким образом, в результате значительной численности микроорганизмов, высокой скорости их генерации и короткой продолжительности жизни в биологический круговорот вовлекается большое количество микробной биомассы, что обуславливает почвенное плодородие и снабжение растений необходимыми элементами и другими жизненно важными веществами, причем эти вещества поступают в сбалансированном виде и в необходимые для растения сроки.

Способность почвенных микроорганизмов чутко реагировать на малейшие изменения окружающей среды и высокая ферментативная активность позволяют использовать их для индикации состояния экосистем и оценки деградации токсичных соединений в них. Эта особенность почвенных микроорганизмов делает их незаменимыми в современных экологических исследованиях, особенно для ранней диагностики изменений.

Микроорганизмы, обладая исключительной чувствительностью и большим видовым разнообразием, могут служить хорошими индикаторами состояния экосистем. Высокая ферментативная активность микроорганизмов определяет их главенствующее значение в процессах разложения токсикантов в почве.

Процесс деградации осуществляется либо в результате перевода токсикантов в связанное состояние, либо вследствие превращения их в менее токсичные соединения. При этом микроорганизмы могут потреблять тот или иной препарат в качестве ростовых и энергетических материалов. Например, распад ксенобиотика метурина идет через дегидроксилирование с образованием фенилметилмочевины.

Это соединение под действием почвенной микрофлоры деметилируется с образованием фенилмочевины, которая гидролизуется до анилина. Анилин используется микрофлорой (штамм *Alcaligenes faecali*) в качестве источника углерода и энергии. Активный бактериальный штамм *Pseudomonas aurantiaca* с помощью ферментов, в свою очередь, трансформирует анилин и его хлорзамещенные аналоги в соответствующие ацетанилиды. В отсутствие источников углерода микроорганизмы вновь высвобождают исходные анилины, используя ацетильные группы в качестве ростового субстрата.

В использовании микроорганизмами (смешанной культурой бактерий) пестицидов в качестве ростовых и энергетических субстратов, возможно, заключается радикальное решение проблемы детоксикации ксенобиотиков. Таким образом, исходя из представленного материала, можно сделать вывод, что необходимо создавать оптимальные условия для нормального формирования и функционирования почвенной биоты как фактора устойчивости экосистем и как одной из важных предпосылок, обеспечивающих получение экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

### **3.3. Принципы регуляции и оптимизации агробиогеоценозов**

Основная идея регуляции и оптимизации процессов, протекающих в агробиоценозах, заключается в том, чтобы эти биокосные системы «работали» по принципу природных экосистем (лугов, степей, лесов и т. д.). Однако в силу агробиоценозов как систем не только экологических, но и социально-экономических, практическая реализация этой идеи в полном объеме невозможна. Создание аграрного биогеоценоза, функционирующего по принципу природного биогеоценоза, также невозможно. Кардинальное улучшение растениеводства (и животноводства) заключается в экологическом подходе при решении назревших проблем сельского хозяйства.

Экологическую регуляцию и оптимизацию процессов в агробиогеоценозах проводят на разных уровнях его организации.

*Оптимизация процессов, протекающих в организме растений, состоит в проведении комплекса мероприятий по совершенствованию анатомо-морфологических, физиологических и биохимических параметров. «Конструирование» должно обеспечить его высокую*

урожайность, хорошо выраженную конкурентоспособность и устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Совместить эти полезные качества в одном растении очень трудно, так как высокая урожайность, с одной стороны, и выраженная конкурентоспособность и устойчивость – с другой выступают как признаки-антагонисты. Современные методы генетики и селекции дают возможность создавать новые сорта и виды растений, обладающие высокой урожайностью и выраженными свойствами виолентности и пациентности.

При регуляции популяции растений обращают внимание на ее плотность. Плотность популяции во многом определяет взаимоотношения растений между собой. Внутрипопуляционные взаимоотношения существенно изменяются в популяции в процессе роста и развития составляющих ее растений. В самом начале развития популяции между растениями складываются взаимоотношения, сходные с симбиозом (групповой эффект взаимопомощи). Затем по мере роста и развития растений возникают конкурентные взаимоотношения. Конкуренция, резко обострившаяся при увеличении плотности популяции, ведет к снижению урожайности культуры. Поэтому для получения достаточно высокого урожая необходимо проводить мероприятия по оптимизации плотности популяций культурных растений. Нормы высева семян сельскохозяйственных культур в каждом конкретном случае должны уточняться с учетом сорта, способа посева, природно-климатических и эдафических (почвенных) условий того или иного агробиогеоценоза. Плотность посева должна быть такой, чтобы не было взаимного угнетения культурных растений, не снижался уровень их продуктивности (урожайности) и не возникало массового развития сорняков.

На урожайность сельскохозяйственных культур влияют не только плотность популяций растений, но и способ посева. При одной и той же норме высева урожайность может быть различной в зависимости от количества растений в рядке, ширины междурядий, ориентированности рядков по отношению к сторонам света и т. д. Один и тот же урожай может быть получен либо за счет меньшего числа крупных экземпляров, либо за счет большего числа мелких. Д. Харпер сформулировал закон, получивший наименование «3/2». Согласно ему увеличение средней массы растений в три раза соответствует снижению плотности популяции в два раза.

Создание гетерогенных популяций за счет посева смеси разных сортов культурных растений одного вида – один из эффективных методов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Разные сорта одного вида растения могут взаимодополнять друг друга, более полно использовать ресурсы почвы, влаги, света и давать более высокий урожай. Сортосмеси культивируемых растений земледельцы использовали давно. Известно, что сортосмеси риса в Китае высевались 2–3 тыс. лет назад. Раннеспелый сорт риса подсаживали к позднеспелому, и урожай значительно возрастал. Практикуются сортосмеси кукурузы и пшеницы. Сортосмеси дают более высокие урожаи, меньше засоряются.

Повышения гетерогенности популяций и уменьшения конкуренции между растениями можно добиться определенными способами посева культуры одного сорта. Например, в ряде случаев проводят посев культуры сухими и замоченными (огурец, морковь) семенами или пророщенными на свету и только что извлеченными из темного хранилища клубнями картофеля. За счет совмещения в одном посеве растений с разными сроками посадки урожай картофеля увеличивается на 50–70 %.

В регуляции процессов, протекающих в полевом сообществе (агробиоценозе), большое внимание уделяют формированию смешанных посевов разных видов культурных растений. Экологические преимущества смешанных посевов перед монокультурными известны давно. Поэтому во многих ландшафтах, особенно в субтропиках и тропиках, смешанные посевы вытеснили монокультуры.

Основное преимущество смешанных культур, по Р. Митчеллу, – получение стабильных урожаев. Сравнительная оценка урожайности чистых посевов проса, арахиса, сорго и смесей этих культур при разных погодных условиях показала, что при благоприятной погоде урожайность моно- и поликультур практически одинакова. Иная картина отмечена во время засух. В неблагоприятные засушливые годы смешанные культуры давали более высокие урожаи. Смешанная культура – это своего рода экологическая страховка, позволяющая ежегодно собирать довольно высокие стабильные урожаи. Широкое распространение получили смеси кормовых трав (кормосмеси).

При регуляции и оптимизации процессов, протекающих в агробиоценозе, много внимания уделяют контролю за численностью сорняков – конкурентов культурных растений. Полное уничтожение

сорной растительности – это трудная, а иногда и невыполнимая задача. Банк семян сорных растений обычно велик, и освободить полевой участок от засорения можно лишь на определенный, как правило короткий, период времени. На полевом участке после очистки от сорняков через некоторое время вновь появляется поросль сегетальных сорных растений. Увеличение плотности популяций культурных растений – *один из факторов подавления сорняков*.

Современные фитоценологи считают, что в полном искоренении сорняков нет необходимости, так как небольшая численность сорных растений не только не ухудшает, а, наоборот, улучшает экологическую обстановку в агробиогеоценозе. Действие сорных растений на агробиогеоценоз многогранно. Установлено, что сорняки активно влияют на биотический круговорот. Вокруг корневой системы сорных растений формируется сообщество бактерий, грибов, других организмов-деструкторов, ускоряющих минерализацию стерни и, следовательно, активизирующих ход геохимических циклов. При обогащении почв удобрениями сорняки накапливают их в своих телах, особенно в подземных органах. Они становятся своеобразными резервуарами питательных веществ. Поэтому не усвоенные культурными растениями элементы минерального питания из почв не вымываются, а сохраняются в агробиогеоценозе. После минерализации фитомассы элементы минерального питания возвращаются в почву и могут быть использованы новыми поколениями культурных растений.

Сорняки, обладающие глубокой корневой системой, извлекают минеральные вещества из недоступных культурным растениям глубинных слоев почвы. Питательными веществами, добытыми сорняками из глубин грунта, обогащается поверхностный слой почвы, и это способствует улучшению условий роста и развития культурных растений. Сорняки в известной мере защищают почву от эрозии, препятствуя перемещению элементов минерального питания растений за пределы агробиогеоценоза. Сорные растения разнообразят видовой состав агробиоценоза, способствуя увеличению численности связанных с ними видов животных и особенно насекомых. Стимулируется возникновение новых симбиотических связей, приближающих агробиоценоз к естественному сообществу. Многовидовой состав агробиоценоза препятствует непомерному размножению насекомых-доминантов, способных причинить существенный вред посевам. Посевы без сорняков чаще поражаются вредителями.

В. Тишлер отмечал, что в популяциях красного клевера, выращенного на пашне, численность опылителей, в частности шмелей и пчел, обычно недостаточна. Поэтому вблизи клеверных полей стали размещать ульи. У пчел начал вырабатываться рефлекс посещать цветки клевера и, следовательно, опылять растения. Опыление, проводимое подобным образом, повышало урожай семян на 40 %. В состав агробиоценоза вводят другие полезные организмы, например, дождевых червей. Во многих странах (США, Япония, Франция и др.) созданы специальные предприятия для их размножения. Червей вводят в агробиоценоз, и под их влиянием свойства почвы улучшаются. В состав агробиоценоза человек вносит полезные для культурных растений микроорганизмы: азотобактер (бактериальное удобрение «Азотоген») и клубеньковые бактерии (бактериальное удобрение «Нитрагин»). В агробиоценоз могут вводить вирусы, бактерии, грибы и других сверхпаразитов – возбудителей болезней вредителей культурных растений. Умелая регуляция и оптимизация процессов, протекающих в агробиогеоценозах и их составных компонентах, – необходимые условия получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и улучшения качества продуктов растениеводства.

### **3.4. Роль культурных растений и сорняков в структуре агробиогеоценоза**

Морфофункциональные свойства растения как биологической системы во многом определяются особенностями его адаптации, его жизненной стратегии. Культурные растения – это чаще всего однолетники, *k*-стратеги. Искусственный отбор и селекция заметно повлияли на структуру и функции растений, ранее обладавших выраженной виолентностью (конкурентной способностью). Культурные растения многих видов в той или иной мере утратили способность к захвату и удержанию экологической ниши, они оказались значительно ослабленными, неконкурентоспособными. У культурных растений некоторых видов снизилась и пациентность – способность переносить неблагоприятные условия среды. Эксплеренты, виоленты и пациенты в чистом, «классическом», виде встречаются очень редко. Чаще растениям присущи смешанные формы жизненной стратегии. Они, как правило, в той или иной мере обладают свойствами эксплерентности, виолентности и пациентности (устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов среды).

У сорняков эти свойства обычно выражены лучше, чем у культурных растений. Сорные растения образуют много семян (банк семян), насыщают ими почву. Обладая свойствами виолентности, они достаточно конкурентоспособны. Выраженные свойства патиентности позволяют им хорошо приспосабливаться к изменениям внешней среды и выживать в неблагоприятные по природным условиям периоды. Культурные растения по сравнению с сорными, наоборот, мало конкурентоспособны, малоустойчивы, так как в процессе искусственного отбора и селекции они в значительной мере утратили свойства виолентности и патиентности.

При изучении растений на организменном уровне оценивают особенности их онтогенеза. Разработан ряд методов расчленения онтогенеза растений на этапы. Широко используется периодизация онтогенеза культурных растений, предложенная Ф. Куперман. В соответствии с этим методом онтогенез растений делится на 12 этапов (рис. 6). Характер изменения растений и их органов зависит от их жизненной стратегии и от особенностей влияния окружающей среды. Например, при нарастании фитоценотического угнетения у однолетнего сорняка горца шероховатого, реализующего *к*-стратегию, в первую очередь затрагивается площадь отдельного листа, затем масса листьев и, наконец, весь организм. У многолетника люцерны посевной, онтогенез которой соответствует *к*-стратегии, почти немедленно стрессовым изменениям подвергаются органы репродуктивной системы.

Конституция ряда видов культивируемых растений резко изменилась под влиянием искусственного отбора. У высокопродуктивных сельскохозяйственных растений сильно развиты органы и ткани, которые использует человек в качестве урожая: плоды зерновки у зерновых, клубни у картофеля, механические волокна в стеблях у конопли и льна и др. У растений некоторых сортов наблюдаются такие конституционные, или конструктивные, признаки, как короткостебельность, определенная ориентация листьев в пространстве и т. д. Короткостебельность повышает устойчивость растений к полеганию. Архитектоника, при которой верхние листья растения вертикальны, а нижние постепенно переходят к горизонтальной ориентации, обеспечивает эффективный перехват ФАР, более активный фотосинтез и, следовательно, более высокую биологическую продуктивность (урожайность).

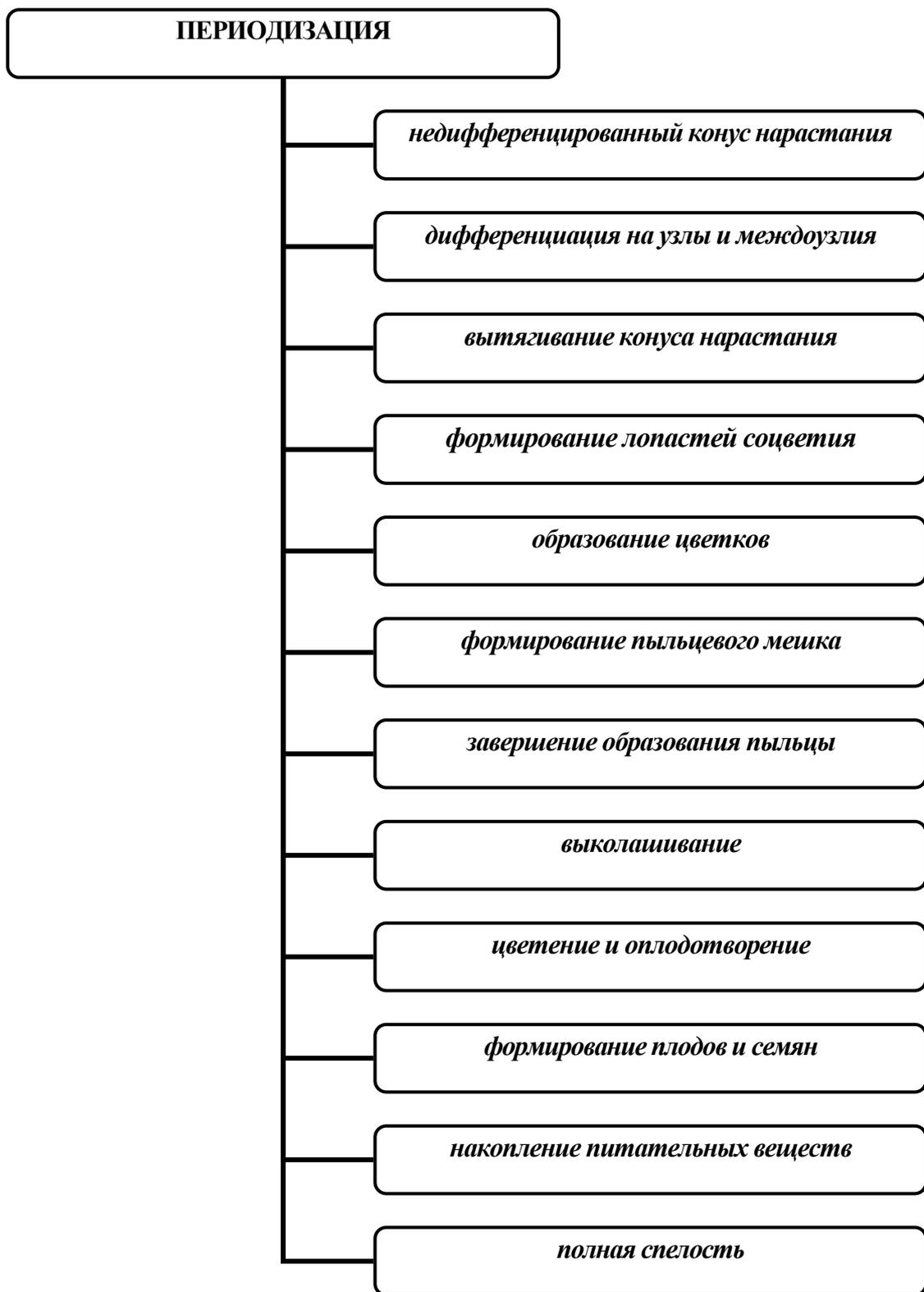


Рисунок 6 – Этапы онтогенеза растений (по Ф. Куперман)

При оценке растений на популяционном уровне обращают внимание:

- на запас жизнеспособных семян в почве;
- размер, численность и плотность популяции;



- закономерности пространственного размещения особей, формирующих популяцию;
- выживаемость и смертность;
- состояние репродуктивной функции популяции.

Размер, численность и плотность популяций культивируемых растений определяет, как правило, человек. Размер популяции (растений, населяющих поле, сад, огород, грядку и т. д.) может быть большим или малым. Численность популяции зависит от посева: она может быть и высокой, и низкой. Количество семян, высеянных на определенном по площади участке, их пространственное распределение составляют плотность популяции. У культурных растений она может быть высокой (загущенный посев) или, наоборот, низкой (изреженный посев).

Реакция у культурных растений разных видов на увеличение плотности популяций неодинакова. Так, при переуплотнении популяции кукурузы вначале отмечается увеличение фитомассы, а затем, начиная с определенной пороговой плотности, урожай этой культуры резко снижается. Увеличение плотности популяций клевера, пшеницы, ячменя приводит к уменьшению облиственности растений.

Для изреженных посевов характерно наличие свободных экологических ниш, занимаемых обычно сорными растениями. Чем изреженнее посев, тем больше свободных экологических ниш и, следовательно, более благоприятные условия для роста и развития сорняков. В загущенных посевах условия для их разрастания, наоборот, ухудшаются.

Численность и плотность популяций сорных растений зависят от запаса в почве семян и условий их произрастания. У большинства видов сорняков банк (запас) семян в почве велик. Число семян в почве может составлять миллионы (до миллиарда) на 1 га. Семена нередко обладают свойствами разнокачественности (гетерокарпии). Из-за различий в строении оболочки семена дают разновременные всходы. Гетерокарпию рассматривают как адаптацию, защитную функцию популяции, позволяющую поддерживать устойчивость банков семян в почве. Семена многих видов растений могут сохраняться в почве десятки лет, и при определенных условиях это может дать вспышку массового роста сорняков.

Размер популяций сорных растений определяется как антропогенными, так и природными факторами; со временем он может увеличиваться или уменьшаться. Скорость прироста размера популяций сорняков может быть очень высокой – более 20 % в год.

Популяция сельскохозяйственных культур характеризуется резко выраженным однообразием составляющих ее особей. Унификация популяций культурных растений обуславливается деятельностью земледельцев: посев семян в один срок, на одинаковую глубину, выведение селекционных сортов, максимальное выравнивание среды в пределах одного поля. Однако абсолютно одинаковые растения в любом посеве никогда не наблюдаются. Это зависит от многих причин, в частности от варьирования размера и химического состава семян. Так, в опытах, проведенных Ю.А. Злобиным, семена ячменя были разделены на две фракции [1]. Одна фракция состояла из семян массой по 25 мг, другая – по 50 мг. Урожай в посеве семян второй фракции был выше на 25 %. Из крупных семян вырастали растения с большей биомассой. Они доминировали в агрофитоценозе, образованном совместным посевом семян этих двух фракций в соотношении 1:1.

В одинаковых по размеру семенах пшеницы разное количество азота. Из семян, содержащих больше азота, формируются более мощные особи. Разнообразие культурных растений во многом зависит и от условий произрастания семян, так как при любой технологии возделывания культур полного однообразия почвенных условий никогда не наблюдается.

Важный популяционный признак – внутривидовая конкуренция. Острота внутривидовых конкурентных взаимоотношений между растениями зависит от периода онтогенеза. Так, на начальных стадиях развития растений, когда их потребности в ресурсах невелики, конкуренция выражена слабо или даже отсутствует. Кроме того, в этот период роста растений могут складываться взаимоотношения типа взаимопомощи, симбиоза (синергидный эффект). С возрастом потребности растений в ресурсах увеличиваются, синергидный эффект исчезает, возникает конкуренция. *При обострении конкуренции в наиболее невыгодном положении оказываются те растения, которые контактируют с наибольшим числом конкурентов.*

Поэтому при посадке растений гнездами отмечается «корытообразный» эффект. «Корыто» формируется различной величиной растений: более низкие в центре, более высокие на окраинах. Конкуренция зависит от плотности популяций. Увеличение плотности популяции растений сопровождается возрастанием напряженности конкурентных взаимоотношений. Конкуренция приводит в одном случае к задержке развития растений (миниатюризации), в другом – к повышенной смертности, в третьем – к тому и другому. В.Н. Сукачев доказал, что

при улучшении экологических условий внутривидовая конкуренция не ослабевает, а, наоборот, усиливается (*эффeкт Сукачева*).

Популяции культурных и сорных растений, произрастающих в агробиогеоценозе, по-разному реагируют на уничтожение (например, при уборке урожая). После уничтожения культурные растения чаще всего не восстанавливаются, т. е. они не обладают свойством восстанавливаемости (упругости). У сорняков, наоборот, свойство упругости выражено очень сильно – после уничтожения они обычно довольно быстро восстанавливаются. Восстановление популяций сорных растений происходит за счет банка семян в почве и за счет вегетативных зачатков (почек на корневищах, корневых отпрысков).

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие природные комплексы обозначают термином «агро-биогеоценоз»?
2. Назовите основные элементы агробиогеоценоза по Маркову.
3. Что такое агрофитоценоз и какова его роль в агробиогеоценозе?
4. Назовите основные этапы онтогенеза растений по Ф. Куперман.
5. На какие факторы обращают внимание при оценке растений на популяционном уровне?
6. Охарактеризуйте культурные растения как компонент агробиогеоценоза.
7. В чем выражаются эдификаторные свойства культурных растений?
8. Какова роль и место культурных и сорных растений в многоуровневой структуре агробиогеоценоза?
9. Какие элементы природы составляют агробиоценоз и какова их взаимосвязь?
10. Какова структурно-функциональная организация почвенно-биологического комплекса?
11. Какие факторы влияют на урожайность сельскохозяйственных культур?
12. Как изменяется биотический круговорот в агробиогеоценозе?
13. Какие экологические принципы лежат в основе регуляции и оптимизации агробиогеоценоза?

## **Глава 4. ПАСТБИЩНЫЙ БИОГЕОЦЕНОЗ (СЕНОКОСЫ, ПАСТБИЩА, СЕЯНЫЕ ЛУГА)**

### **4.1. Основные типы и структура пастбищных биогеоценозов**

Как закономерный результат эволюции взгляда на луг как на природное образование и кормовое угодье появился термин «пастбищный биогеоценоз».

Известный русский луговед А.П. Щенников писал, что «луга суть ассоциации травянистых многолетних мезофитов, т. е. трав, растущих в условиях умеренного увлажнения среды». Наряду с этим к лугам он относил: лугостепи, в которых травостой сформирован из луговых мезофитов и степных ксерофитов; растительные ассоциации, состоящие из прибрежно-водных растений; субальпийские высокотравья; «луговинные тундры». Подобный взгляд на луг высказывали и западноевропейские луговеды-ботаники. В характеристике лугов, данной отечественными и зарубежными луговедами-ботаниками, фигурирует в основном многолетняя травянистая мезофитная растительность. Среда обитания луговых растений в определениях луга или не упоминалась, или только подразумевалась.

Следует отметить, что формирование луговых биогеоценозов возможно:

- в особых гидрологических условиях при длительном ежегодном затоплении водой с последующим обсыханием поверхности (некоторые поймы рек, окраинные части озер);
- условиях влажного холодного климата высокогорий, океанических островов и побережий материков в субарктических и субантарктических регионах;
- условиях периодического воздействия морской воды, обычно в сочетании с воздействием влажного, холодного или умеренного климата и сильных ветров;
- при высоком содержании в почве легкорастворимых солей и достаточном увлажнении.

На отмелях, в поймах рек, днищах озер, освобождающихся от воды в результате естественного снижения ее уровня, и других новых субстратах, где появляется и развивается растительность, формируется луг в виде сукцессии. Отмечены случаи возникновения лугов при изреживании зарослей и в поймах северных рек, местах стойбищ диких оленей и т. д. В формировании обширных площадей

лугов особую роль сыграла сельскохозяйственная деятельность человека.

Луговым биогеоценозам присущи преобразование, переход в другие типы биогеоценозов. Так, при повышении сухости климата, если почвы насыщены основаниями, луговые биогеоценозы превращаются в степные. Если почвы переувлажняются, то луга трансформируются в травяные болота.

Термином *пастбище* обозначают кормовое угодье, используемое для выпаса стад сельскохозяйственных животных. Луг или степь, предназначенные для заготовки зеленой массы или сена, называют *сенокосом*. Пастбища отличаются от сенокосов не только способом их хозяйственного использования, но и рядом экологических признаков. Пастбище в отличие от сенокоса подвергается влиянию стада – экологического фактора, оказывающего воздействие на травостой, почву, другие компоненты природного комплекса. Травяное угодье, предназначенное для сенокоса, изменяется под влиянием скашивания растений и сеноуборочных устройств не совсем так, как пастбище.

Для пастбы сельскохозяйственных животных используют не только луга, но и степи, полупустыни, кустарники, леса, посеvy кормовых трав и другие кормовые угодья.

Во Всесоюзном НИИ кормов разработана классификация пастбищ и сенокосов. Согласно этой классификации пастбища подразделяют на следующие виды:

❖ *суходольно-луговые*, расположенные в лесной зоне на дерново-подзолистых и других почвах;

❖ *лугово-степные*, расположенные в лесостепной зоне на черноземах и солонцовых почвах;

❖ *средне- и сухостепные*, расположенные на южных черноземах, темно-каштановых почвах, нередко на солонцах;

❖ *степные песчаные*, расположенные на сероземах и черноземовидных супесчаных почвах степной и лесостепной зон;

❖ *пустынно-степные (полупустынные)*, расположенные на суглинистых и каменистых, светло-каштановых, бурых почвах и солонцах полупустынной зоны;

❖ *пустынные*, расположенные на суглинистых и каменистых сероземных почвах пустынь и полупустынь;

❖ **краткопоемные луговые**, расположенные на аллювиальных луговых почвах, кратковременно затопляемых полыми водами (на период менее полумесяца);

❖ **долгопоемные луговые**, расположенные на аллювиальных луговых почвах, затопляемых полыми водами на более продолжительный период времени (более полумесяца);

❖ **предгорные степные**, расположенные на черноземных и каштановых почвах;

❖ **предгорные полупустынные и пустынные**, расположенные на бурых и сероземных почвах;

❖ **горные луговые**, расположенные на серых, коричневых и бурых лесных, выщелоченных черноземовидных почвах гор лесостепного пояса;

❖ **горные, степные**, расположенные на черноземах и каштановых почвах гор;

❖ **высокогорные луговые (субальпийские и альпийские)**, расположенные на луговых и лугово-торфянистых почвах в холодном поясе высоких гор с влажным климатом;

❖ **высокогорные степные**, расположенные на каштановых горных почвах;

❖ **высокогорные полупустынные и пустынные**, расположенные на сероземных почвах гор;

❖ **горно-тундровые**, расположенные на каменистой почве тундры в горах северной и северо-восточной частей России;

❖ **равнинно-тундровые**, расположенные на минеральных и торфянистых почвах в тундре и лесотундре;

❖ **болотные**, расположенные на минеральных и торфяных болотных почвах, преимущественно в лесной зоне.

Приведенная классификация дает представление о разнообразии травяных биогеоценозов (БГЦ), используемых для выпаса стад.

Характеристику травяных сенокосно-пастбищных биогеоценозов дал известный луговед-эколог Т.А. Работнов [1, 17]. Луг, указывал он, представляет биокосную систему, состоящую из сообщества организмов (*биоценоза*) и свойственной ему среды (*экотопа*). Луговой биоценоз образован двумя функционально различными группами организмов – автотрофами, главным образом фотосинтетиками и гетеротрофами, преимущественно животными, в том числе сельскохозяйственными.

В состав *экотопа* входят почва (*эдафотоп*) и воздушная среда (*аэротоп*). Мезофильные травы, отчасти водоросли и мхи, участвуя в фотосинтетической деятельности, определяют энергетику луговых биогеоценозов. Наземные органы травянистых растений образуют особый биогеоценотический горизонт – *травостой*, который характеризуется выраженной сезонной динамичностью. Начиная с весны до середины лета или до осени отмечают увеличение высоты и сомкнутости травостоя. Затем в результате отмирания листьев и побегов травостой обедняется, изменяя свой внешний вид (аспект). Сезонные изменения травяного биогеоценоза особенно резко выражены в результате отчуждения наземных органов растений при их стравливании животными.

В луговых биогеоценозах формируется еще один биогеоценотический горизонт, верхний слой почвы, интенсивно пронизанный корнями растений, – *дернина*. В дернине сосредоточена основная масса почвенных организмов. Для нее характерна максимальная интенсивность превращения веществ и энергии. В некоторых типах луговых биогеоценозов формируется еще один, третий биогеоценотический горизонт – *мхи*.

При оценке лугов как экосистем дана характеристика экологических условий, при которых луговые травы-мезофилы могут успешно конкурировать с травами-ксерофилами и гидрофилами, со мхами и лишайниками, кустарниками и деревьями.

Стадо сельскохозяйственных животных – новый компонент травяных биогеоценозов (БГЦ). Под влиянием стада изменяются луговой (травяной) биоценоз, эдафотоп и аэротоп, экосистема трансформируется в пастбищный биогеоценоз.

#### **4.2. Экотоп. Биоценоз (фитоценоз и зооценоз)**

*Экотоп*. В разных местах земного шара экотопы травяных биогеоценозов неодинаковы, что связано с природно-климатическими, гидрологическими, эдафическими особенностями, рельефом местности и другими экологическими условиями.

Режим влажности экотопов травяных биогеоценозов во многом зависит от источников их водного питания. Так, водный режим экотопов суходольных лугов и пастбищ определяется в основном атмосферными осадками. Водный режим низинных луговых и пастбищных биогеоценозов зависит главным образом от запасов и ми-

грации грунтовых вод. Полые воды определяют водный режим пойменных травяных биогеоценозов.

Физико-химические и биологические особенности почв во многом зависят от природно-климатических условий географических зон: тундры, тайги, степей, пустынь и т. д. В степях преобладают черноземы, в таежной зоне – подзолы. Тип почвы определяет характер эдафотопов – травяных биогеоценозов разных географических зон. Эдафотоп в поймах характеризуется особенностями почвообразующих пород и отложением взмученных в полых водах частиц в виде наилка. Здесь отмечают большое разнообразие почв от недоразвитых на молодых аллювиях до почв зонального типа. И все же в большинстве пойм преобладают разные виды плодородных дерновых почв.

В лесостепной и степной зонах луга сосредоточены в основном в понижениях, западинах, низинах. Почвы здесь чаще всего черноземные, иногда с признаками осолодения. В регионах, расположенных южнее, все больше проявляются засоленность и солонцеватость почв. Разнообразие эдафотопов горных лугов и пастбищ определяется экспозицией, крутизной, формой склонов, различиями химического состава горных пород и т. д.

*Аэротоп* травяных биогеоценозов зависит от климатических условий той или иной географической зоны. Считают, что климат южной части лесной зоны для формирования и развития луговых биогеоценозов наиболее благоприятен. В тундре, полупустыне и пустыне луга распространены в основном в поймах рек и по побережью океана. Кроме зонального климата на аэротоп травяных биогеоценозов большое влияние оказывает микроклимат. Поэтому аэротоп горных пастбищ резко отличается от аэротопов пастбищных биогеоценозов долин и т. д. Аэротоп травяных биогеоценозов в известной мере зависит от фитоклимата. Фитоклимат лугов и пастбищ характеризуется выраженной сезонной изменчивостью, связанной с циклами роста и развития растений, поеданием травостоя травоядными, в том числе сельскохозяйственными, животными.

Сообщество организмов, входящее в пастбищный биогеоценоз, состоит из растительного сообщества (фитоценоза) и животного мира (зооценоза). Сначала остановимся на подробной характеристике фитоценоза.

*Фитоценоз.* Среди организмов-автотрофов наибольшее значение имеют травянистые растения. Осуществляя фотосинтез, травя-



ной покров создает основу энергетики пастбищного биогеоценоза и определяет его биогеоценотические особенности. Пастбищный травостой – основной источник веществ и энергии для гетеротрофных организмов, в том числе пасущихся сельскохозяйственных животных (и птиц). Общее число видов травянистых растений, входящих в состав пастбищных (луговых) фитоценозов, составляет порядка 4000 видов, среди них преобладают сложноцветные и злаки. Затем в убывающем порядке следуют бобовые, осоковые, лютиковые, норичниковые, зонтичные, розоцветные, гвоздичные, губоцветные, горечавковые, орхидные, гречишные, крестоцветные. В фитоценозах некоторых типов травяных БГЦ широко распространены мхи и водоросли. В ограниченном числе типов травяных БГЦ растут деревья, кустарники, кустарнички, полукустарники, лишайники, но их роль в формировании фитоценозов обычно невелика.

По характеру жизненной стратегии, адаптивным свойствам и степени влияния на фитоценоз растения лугов и пастбищ Т.А. Работнов подразделил на **доминанты и аддиторы (ассектаторы)**. Доминанты-эдификаторы доминируют в травостое, а аддиторы нет. Среди доминантов фитоценоза есть виды, устойчиво доминирующие в течение длительного времени (**детерминанты**), и те, которые доминируют не постоянно, а временно (**временные доминанты**). Детерминанты, в свою очередь, подразделяются на виоленты, субвиоленты, пациенты и субпациенты:

❖ **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. И, наконец, если условия их произрастания резко ухудшаются, свойства доминантности они утрачивают.

❖ **Субвиоленты**, как и виоленты, способны доминировать в травостое, но их конкурентная способность невелика.

❖ **Пациенты** – 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.

❖ **Субпациенты** – виды, у которых пациентные свойства выражены в меньшей степени, чем у растений предыдущей группы.

Среди временных доминантов выделяют группы растений, называемых ценофлуктуентами, флуктуационными и дисклимаксовыми эксплерентами:

❖ **Ценофлуктуенты** – растения, имеющие такой жизненный цикл, который позволяет им доминировать в травостое периодически, в течение короткого срока.

❖ **Флуктуационные эксплеренты** – многолетние, реже – дву- или однолетние растения, обладающие слабовыраженной конкурентной способностью. Период их доминирования в фитоценозе обычно непродолжителен.

❖ **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.

Аддиторы Т.А. Работнов подразделяет на четыре группы. Одна из них – **автотрофные многолетние аддиторы (ассектаторы)** – виды, способные устойчиво сохранять свое положение в фитоценозе, не принимая большого участия в его организации. Цветковые паразиты (полупаразиты) влияют на среду фитоценоза лишь косвенно, через растение-хозяина. Паразитируя, они могут ослаблять автотрофные растения, ускорять их отмирание и таким образом трансформировать исходный фитоценоз в другую форму. К аддиторам относят симбиотрофные одно- и двулетние растения (бактериосимбиотрофы, микосимбиотрофы), полевые сорняки, встречающиеся чаще всего в виде особей и лишь изредка образующие заросли.

В образовании пастбищных и луговых фитоценозов в подавляющем большинстве случаев наибольшую роль играют злаки. Поэтому в англоязычной литературе их называют злаковниками. Злаки – это доминанты большинства травяных биогеоценозов, они обычно наиболее обильны и составляют основу урожая. Злаки устойчивы к выпасу (сенокосу), они способны отрастать после отчуждения зеленой массы. У злаковых растений листья расположены под острым углом к стеблю. Своеобразие архитектоники растений позволяет им эффективно использовать солнечную энергию и довольно быстро наращивать живую массу тел. В отличие от многих других семейств злаки обладают резко выраженной способностью эффектив-

но перерабатывать азот, калий, фосфор и другие элементы минерального питания в органическое вещество.

Многочисленные виды злаков отличаются большим разнообразием в отношении увлажнения, климатических условий, содержания в почве питательных веществ и т. д. Заросли злаков развиваются в местообитаниях с разной экологической обстановкой. На переувлажненных почвах формируется травостой из канареечника тростникового, бекмании, полевицы побегообразующей. Злаковники, состоящие из мятлика узколистного, арундинеллы аномальной, разрастаются на относительно сухих почвах. Фитоценозы из ячменя короткого, бескильницы, лисохвоста вздутого образуются на засоленных почвах. На кислых и бедных почвах растут белоусники и т. д.

Однако преобладание злаков в травяных биогеоценозах отмечается не всегда. На сильно переувлажненных почвах злаки замещаются осоковыми. В горно-лесном поясе фитоценозы состоят из высокотравья. При перевыпасе в травяных биогеоценозах лесной зоны доминируют различные виды манжетки, в лесостепной – подорожники, одуванчики, клевер ползучий, лапчатка гусиная. В местах летних лагерей появляются однолетники из числа разнотравья.

Природных лугов и пастбищ становится все меньше. Создают искусственные пастбища при помощи посева многолетних, реже – однолетних травянистых растений. Так, для формирования культурных пастбищ в Нечерноземной зоне России используют ежу сборную, канареечник тростниковый, кострец безостый, лисохвост луговой, мятлики болотный и луговой, овсяницы красную и луговую, пырей бескорневищный, полевицу белую, райграсы высокий и пастбищный, тимофеевку луговую, клеверы ползучий, луговой и гибридный, люцерны посевную и серповидную, лядвенец рогатый и другие, в основном многолетние, травы. На сеяных лугах и пастбищах видовой состав травянистых растений не так богат, как в природных травяных биогеоценозах, в которых произрастает до 50 видов трав. В некоторых случаях на сеяном пастбище доминирует одна культура – или люцерна, или клевер, или озимая рожь и др.

Сеяные луга и пастбища неустойчивы, они подвергаются преобразованию (*сукцессии*). Сукцессия протекает в три стадии.

**Первая стадия сукцессии** характеризуется активизацией банка семян сорных растений в почве в результате ее агротехнической обработки. Поэтому в первый год формирования травяного биогеоценоза отмечается буйный рост сорных растений. Обладая большой

конкурентной способностью, сорняки обычно обгоняют в развитии культурные травы и могут доминировать в травостое. Для подавления сорняков и уменьшения потерь урожая к многолетникам иногда примешивают однолетнюю покровную культуру. Вводимая в травосмесь покровная культура подавляет сорняки, а затем, выполнив свою функцию, через год выпадает из травостоя. При выращивании люцерны в аридных районах в качестве покровной культуры хорошо зарекомендовала себя суданская трава.

**Вторая стадия сукцессии** характеризуется доминированием высеянных трав. Продолжительность этой наиболее продуктивной стадии зависит от состава травосмеси. Она значительно удлиняется, если совместно высеяно несколько видов с разными темпами развития и длительностью жизни. Так, например, при совместном посеве клевера (с максимумом развития на третий год), овсяницы (на четвертый год), ежи и костреца (на пятый-шестой годы) вторая стадия сукцессии затягивается, ибо виды-доминанты сменяют друг друга, и кормовые качества травянистых растений остаются высокими в течение продолжительного времени.

**В третьей стадии сукцессии** в травостое начинают преобладать местные виды растений, которые постепенно вытесняют высеянные культурные травы.

В состав многих травяных биогеоценозов входят мхи – вечнозеленые растения. Среди них преобладают гипновые, реже сфагновые мхи. При скашивании травы косилками мхи обычно не срезаются и сохраняются в травостое. Но они весьма чувствительны к вытаптыванию копытными животными. При выпасе стад мхи, как правило, выпадают из травостоя. Поэтому в пастбищных биогеоценозах они представлены в незначительном количестве или совсем отсутствуют. На культурных пастбищах мхи разрушаются.

В состав травяных фитоценозов входят низшие растения – сине-зеленые, зеленые, желто-зеленые и диатомовые водоросли. Общее количество видов водорослей колеблется от нескольких десятков до полутора сотен. Используя солнечную энергию, водоросли создают органическое вещество, обогащают им почву и обеспечивают гетеротрофов пищей. Поглощая диоксид углерода и выделяя кислород, они существенным образом влияют на воздушный режим почв. Некоторые сине-зеленые водоросли (цианобактерии) фиксируют атмосферный азот. Наряду с этим водоросли способствуют

азотфиксации азотобактером. Продукты метаболизма водорослей влияют на состав и численность почвенной микрофлоры.

Гетеротрофы травяных биоценозов представлены бактериями, грибами, животными, паразитными растениями.

Видовой состав микроорганизмов очень разнообразен. Некоторые из них ведут симбиотический образ жизни. К ним относят клубеньковые бактерии, которые находятся в симбиозе с бобовыми растениями. Клубеньковые бактерии усваивают атмосферный азот и превращают его в азотсодержащие органические соединения. В то же время они находятся в экологической зависимости от бобовых, обеспечивающих их энергией. С отмирающими клубеньками и корнями бобовых растений азотсодержащие органические вещества поступают в почву и обогащают ее азотом. В некоторых травяных фитоценозах, в том числе в почвах, богатых азотом, бобовые отсутствуют. И, несмотря на это, азотфиксация там происходит. Фиксация атмосферного азота осуществляется свободноживущими бактериями-азотфиксаторами, эккрисотрофами и сапротрофами. Азотфиксация атмосферного азота азотфиксирующими бактериями – это не единственный источник обогащения почв азотсодержащими соединениями. В пастбищных биогеоценозах почва обогащается азотом экскрементов пасущихся сельскохозяйственных животных. Разложение и минерализацию экскрементов осуществляет особая группа – бактерии-копротрофы. Вследствие обогащения почв азотсодержащими веществами фекалий животных численность почвенных микроорганизмов на пастбищах обычно выше, чем на сенокосах. Бактерии-фитопаразиты на травянистую растительность влияют меньше, чем патогенные грибы.

В пастбищный (луговой) биоценоз входят грибы разных функциональных групп. Среди них микоризные грибы-симбионты, грибы ризосферы эккрисотрофы, копротрофы, сапротрофы и микромицеты, паразитирующие на растениях и животных. Грибы-симбионты обитают на корнях растений следующих семейств: злаковых, бобовых, лютиковых, розоцветных, сложноцветных, губоцветных, норичниковых, горечавковых, первоцветных, гераниевых, подорожниковых. Между грибами и растениями складываются биологически взаимовыгодные отношения (симбиоз). Гриб, используя энергетический материал растительного организма, в свою очередь, способствует более эффективному и лучшему обеспечению растения элементами минерального питания.

Фитопатогенные микромицеты (грибы-паразиты) травяных биоценозов очень разнообразны. Среди них широко распространены ржавчинные, мучнисто-росяные, головневые. Ржавчинные грибы паразитируют главным образом на вегетативных органах злаков, осок, бобовых, разнотравья, головневые – на вегетативных и генеративных органах растений. Широко распространены грибы, паразитирующие на корнях. Они вызывают корневую гниль у лугового и ползучего клевера, снижают их продуктивность, приводя к гибели всходов. Сапротрофные грибы участвуют в деструкции и минерализации мертвого органического вещества растительного и животного происхождения. Следует отметить, что основная масса грибов-сапрофитов сосредоточена в дернине. Большинство почвенных грибов живет и размножается в хорошо аэрированных, достаточно увлажненных нейтральных или слабокислых почвах. Группу сапротрофных грибов, участвующих в разложении и минерализации каловых масс, составляют копротрофы. Численность грибов-копротрофов в пастбищных биогеоценозах обычно выше, чем на сенокосных угодьях.

Паразитные растения являются компонентом гетеротрофного блока биоценоза. В травяных биоценозах распространены главным образом растения-полупаразиты. От организма хозяина они получают воду и элементы минерального питания, а в некоторых случаях и энергетический материал. Полупаразиты представлены в основном норичниковыми, особенно погремками, очанками, марьянниками, хоботниками и другими однолетними растениями. Также распространены однолетние и многолетние полупаразиты мытники, и несколько реже кастелии. Растения-паразиты представлены повилкой и заразихой. Вредное влияние паразитизма (полупаразитизма) более резко проявляется в биоценозах с низким травостоем, большим числом угнетенных растений.

*В пастбищных биогеоценозах растений полупаразитов мало либо нет совсем, так как они не выдерживают длительного вытаптывания животными и погибают.*

Фауну посевов бобовых культур, как и фауну других сельскохозяйственных угодий, можно разделить на три группы по характеру среды обитания:

- ◆ почвенная фауна;
- ◆ фауна поверхности почвы;
- ◆ фауна травостоя.

Для каждой группы характерны свои особые виды или, по крайней мере, их стадии развития. Фауна всех трех ярусов объединяется в единое целое многими взаимосвязями. В почве к основному комплексу сельскохозяйственных организмов добавляются иногда еще виды, связанные с определенными культурными растениями. К ним относятся обитающие на клевере и люцерне расы нематод (*Ditylenchus dipsaci* и *Heterodera trifolii*). Личинки видов *Sitona* также сначала питаются содержимым корневых клубеньков, а затем и самими корнями. Взрослые жуки повреждают надземные части растений, т. е. *Sitona lineatus* – это практически полифаг.

Другие виды, например *S. flavescens*, *S. hispidulus*, *S. lineellus*, *S. puncticollis*, *S. sulcifrons*, *S. suturalis*, предпочитают клевер, *S. humeralis* (Средняя Европа) и *S. decipiens* (особенно в Финляндии) – люцерну. Личинки клеверно-люцерновых долгоносиков, *Otiorrhynchus ligustici*, объедают сначала боковые корни и верхнюю часть главного корня, а позднее его нижнюю часть, взрослые же жуки питаются листьями.

На юго-востоке Европы личинки люцернового усача (*Plagionotus floralis*) объедают корни растений люцерны в возрасте четырех лет и старше. Многие насекомые и в личиночной, и во взрослой стадии обитают на растениях клевера и люцерны. К ним относятся листоеды, жуки-коровки, долгоносики. Вредителем листьев является также гороховая тля (*Acyrtosiphon pisum*). Она встречается на люцерне, красном клевере, вике и горохе.

Для кормовых трав достаточно выделить следующих вредителей: ногохвостки, трипсы, цикады, тли, галлицы и злаковые мушки. Правда, с возрастом культуры происходит изменение отношений доминантности некоторых видов. Так, например, тли (*Rhopalosiphum padi*, *Sitobium granarium*) и некоторые цикады (*Macrosteles*) предпочитают более молодые посевы, тогда как галлицы (*Mayetiola schoberi*, *Contarinia poae*, *Dasyneura poae*, *Sitodiplosis cambriensis*), огневки *Crambus*, в первую очередь *C. culmellus*, и цикады из родов *Arthaleus* и *Errastunus* – многолетние залежи. По трофическим связям такая фауна довольно уравновешена, примерно 20 % видов питается на *Poa* (мятлик), 30 % – на сорняках, 36 % – зоофаги и 14 % – сапрофаги. Если исходить из численности различных групп животных, то двукрылые занимают первое место, за ними следуют трипсы, пауки и цикады, тогда как по числу видов превосходство остается за жуками, после них идут перепончатокрылые, двукрылые и клопы. В

более теплом климате, например в Баварии, удельный вес клопов и цикад в общих сборах намного выше по сравнению с северо-западными районами Германии. Вместе с двукрылыми они занимают доминирующее положение.

Из фитопатогенных грибов, которые поражают кормовые травы и зерновые культуры, следует назвать *Fusarium nivale*, *Erysiphe graminis*, *Claviceps purpurea*, *Ophiobolus graminis*, *Cercospora herpotrichoides*, *Puccinia graminis*, *P. coronata* и *Marssonina graminicola*. Кроме того, встречаются специализированные паразиты злаковых трав, например удушающая плесень (*Epichloe typhina*), некоторые виды *Puccinia* и *Helminthosporium*. Возбудители гнили корневой шейки зерновых культур (*Ophiobolus*, *Cercospora*) не имеют большого значения для посевов важнейших кормовых трав или семенников. Поэтому после кормовых трав как предшественников эти грибы не усиливают поражения пшеницы или ячменя.

Пожелтение соцветий, которое в зависимости от масштаба обозначают как частичную или полную белоколосицу, относится к наиболее опасным повреждениям злаков, выращиваемых на семена. Кроме некоторых грибов (*Helminthosporium vagans* – особенно на мятлике луговом, *Marssonina* – на *Trisetum*), имеется целый ряд беспозвоночных, которые также могут вызывать белоколосицу. Они имеются среди злаковых мушек, галлиц, клопов, тлей, трипсов и клещей (*Siteroptes*, *Tarsonemus*) (см. раздел 1.3).

Животный мир травяных биоценозов представлен млекопитающими, птицами, рептилиями, амфибиями, моллюсками, членистоногими, червями, простейшими. В пастбищный биоценоз человек вводит сельскохозяйственных животных. Одни виды животных питаются растениями (фитофаги), другие – животными (зоофаги, хищники), третьи – бактериями (бактериофаги), четвертые – остатками умерших растений и животных (сапрофаги). Некоторые виды животных поедают фекалии (копрофаги). В природных травяных биоценозах сложились оптимальные цепи питания. Сочленами пастбищного биоценоза могут быть возбудители и переносчики заразных болезней сельскохозяйственных животных. Патогенным действием обладают многие виды вирусов, бактерий, паразитов, низших и высших растений (микрофлоры, ядовитых растений), животных (насекомых, гельминтов, ядовитых змей и т. д.). Переносчиками заразных болезней являются некоторые виды насекомых, клещей, моллюсков, птиц, млекопитающих и т. д.



Полевка и крот являются спутниками культурных растений кормовых угодий. Полевка обыкновенная – это обитатель открытых ландшафтов, обычно избегающий леса. Полевки причиняют ущерб преимущественно на пашне и кормовых угодьях. Здесь их численность сильно колеблется в разные годы. На неиспользуемых землях, таких как сухие луга, дамбы, полевые межи и пустоши, заросшие травой, четких колебаний плотности популяций не бывает, и из таких мест легко может происходить замена популяций полевок на лугах, погибших в результате перенаселения.

Интенсивность размножения у полевок в большой степени определяется запасами пищи. Эти грызуны преимущественно травоядны. Сначала они поедают низкие травы, образующие все новые побеги, однако, когда этот нижний ярус травостоя уничтожен, они переходят к питанию высокими злаками, которые до этого маскировали их деятельность. Полевки охотно поедают также клевер и люцерну и запасают на зиму семена, плоды, корни и куски корневищ различных растений. Все это приводит к засорению. Высокий потенциал размножения является предпосылкой к лавинообразному увеличению численности, когда условия среды могут обеспечить существование больших популяций животных. Важный фактор их численности – это емкость жизненного пространства, которая зависит от запасов пищи, наличия убежищ, мест зимовки и уровня грунтовых вод. С повышением плотности популяции самки сокращают свои владения и в конце концов многие из них создают общие гнезда, где потомство выращивается совместно. В некоторых случаях в одном гнезде может обитать до 4 самок и 33 детенышей.

Среди естественных врагов долгоножек следует назвать кротов, землероек, а из птиц прежде всего скворцов и чибисов (*Vanellus*). Скворцы ищут свою добычу путем повторных быстрых, но неприцельных ударов клюва в почву, как это делает большинство куликов. Здесь дело больше сводится к «поискам на ощупь». Совершенно иначе ведет себя чибис, который, подобно зуйкам, добывает свою жертву по слуху, прицельно погружая клюв туда, где слышно движение. «Поиск на слух», так же как и «поиск на ощупь», подкрепляется еще и зрением. У чибисов, кроме того, начало поисков отмечается постукиванием ногой по почве. Хотя позже, в конце осени, различные перелетные птицы (виды *Turdus*, *Pluvialis*) могут также участвовать в уничтожении долгоножек на лугах, но в целом птицы не могут ограничить их массовое размножение. Типичным

паразитом долгоножек из двукрылых является *Siphona (Bucentes) geniculata*. В некоторых случаях наблюдается сильное поражение личинок долгоножек грибными болезнями.

На лугах, а также на клеверных и люцерновых полях, находят для себя оптимальные условия существования голые слизни. В районах с морским климатом, где чаще бывает достаточно высокая влажность воздуха, долгоножки причиняют больше вреда, чем в континентальных областях. Потеря влаги у слизней происходит главным образом вследствие выделения слизи, а не вследствие испарения. Однако во влажной среде дефицит воды может быть покрыт через покровы тела.

Наиболее экономически вреден вид *Deroceras (Agriolimax) reticulatus*, который в Центральной Европе встречается на культурных землях чаще, чем родственный ему слабопятнистый вид *D. agrestis*.

Из других голых слизней, обитающих на постоянных кормовых угодьях, следует упомянуть еще *Arion hortensis*, больше повреждающих пропашные культуры.

Среднее число видов высших цветковых растений на лугу не превышает 60, а число видов животных может составлять многие сотни. В травяном ярусе доминируют двукрылые, *Rhynchota* и паразитические перепончатокрылые, а на поверхности почвы – жуки. Удельный вес *Diptera* и *Rhynchota* в общем количестве насекомых в течение года может быть характерным для разных типов лугов (*Arrhenoteretalia*, *Molinietalia*, *Caricetalia*), и по этому признаку можно делать выводы о типе лугов. У саранчовых можно выделить наряду с эврибионтной стандартной группой, сухо- и влаголюбивые сообщества стенобионтного типа. Решающим фактором для их существования в особых биотопах является транспирация, определяемая температурой и влажностью.

При небольшой нагрузке пастбища скотом растительноядные насекомые, моллюски и полевки могут потреблять больше зеленой массы, чем скот. При большой нагрузке пастбища этого уже не может случиться, потому что тогда растительный покров так низко стравливается скотом, что многие животные уже не могут найти надежное укрытие, а скворцы и другие насекомоядные птицы, наоборот, охотнее посещают такие пастбища. На абсолютных сенокосах условия, естественно, иные, но необходимо было лишь подчеркнуть влияние фитофагов на растительный покров сенокосов и пастбищ.

Следует также уделить внимание фауне, обитающей в экскрементах животных, и рассмотреть их значение для круговорота веществ. Экскременты одной коровы за год занимают площадь 365 м<sup>2</sup>, трава под ними отмирает, а позднее на этих местах поселяются сорняки. Продуктивность пастбищ значительно снижается. Согласно исследованиям, проведенным в Англии, в экскрементах одной коровы, количество которых за год примерно в 19 раз превышает вес самого животного, поселяется количество насекомых, составляющее примерно 20 % веса коровы. В разложении экскрементов овец насекомые, видимо, играют менее важную роль. Здесь, по крайней мере в условиях влажного климата Англии, первостепенное значение имеет микрофлора. Сухая масса экскрементов не менее чем на 20 % состоит из бактерий. Грибы, нематоды и клещи также играют значительную роль в этом биоценозе.

Две важнейшие группы насекомых, обитающих на экскрементах крупного рогатого скота, – это жуки и двукрылые. Видовой состав энтомокомплексов в экскрементах коров отчасти зависит от характера местообитания и времени года. На очень влажных лугах с высоким уровнем грунтовых вод жуки *Aphodius* встречаются редко и, что главное, не откладывают там яйца. Личинки этих жуков, которые окукливаются в почве под экскрементами, при слишком высокой влажности легко заражались бы грибами. Точно так же эти жуки избегают по возможности и сухие пастбища с интенсивным солнечным облучением.

Состав обитателей экскрементов коров может быть различным даже на затененных и освещенных местах. Виды *Limosina* (*Borboridae*) активны в течение всего года, но *Muscidae*, *Sepsidae* и *Scatopsidae* встречаются только летом, а с другой стороны, личинки *Trichoceridae* и *Chironomidae* (*Smittia*) заселяют экскременты именно зимой, а лето проводят в состоянии диапаузы. *Psychoda*, *Copromyza* и *Scatophaga* отличаются весенним и осенним максимумами численности. Если экскременты откладываются поздней осенью и жуки не успеют проделать в них ходы, то их внутренняя часть в течение недели остается малоразложившейся и сохраняет желто-зеленую окраску; грибной мицелий распространяется тогда только по поверхности. Трава под экскрементами погибает, и долго держится сильный запах аммиака.

Быстро изменяющиеся физические условия обитания благоприятны только для видов с коротким циклом развития. Так как

температура в припочвенном слое воздуха колеблется над обнаженной почвой, значительно изменяется и температура поверхности экскрементов крупного рогатого скота в течение суток. Микроклимат в нижней части «лепешки» уже более выровнен. Летом экскременты коров высыхают за три-шесть недель. Интересно отметить, что виды мух, первыми заселяющие экскременты, требуют лишь немногих дней для своего развития, тогда как прибывающие позже в соответствии с более медленным изменением субстрата имеют более длительные фазы развития – личинки и куколки.

Между обитателями экскрементов крупного рогатого скота существуют многосторонние трофические связи. Некоторым видам сопутствуют паразиты. Например, для *Scarabaeidae* и *Hydrophilidae* характерно сильное заражение грегаринами, которых нет у *Histeridae* и *Staphylinidae*. При этом грегарины почти исключительно представлены родом *Didymophyes*, в большей части узкоспециализированными паразитами одного или немногих видов жуков.

Среди паразитов имеются также наездники. Жуки, обитающие в экскрементах, являются переносчиками нематод, которые прикрепляются к определенным частям тела членистоногих-переносчиков, чтобы попасть в экскременты коров. В комплексе клещей преобладают хищные виды, тогда как типично навозные нематоды – потребители бактерий и грибов. Важным приспособлением таких нематод к переносу жуками является специфичное поведение: приподнимая передний конец тела, нематоды производят поисковые движения в воздухе или же взбираются друг на друга, образуя так называемые «личиночные столбы», чтобы легче войти в соприкосновение с жуком. Нематоды служат пищей для многих клещей и насекомых, обитающих в навозе. Не все личинки мух в коровьих лепешках являются копрофагами. Личинки многих родов двукрылых (*Myiospila*, *Hydrotaea*, *Hebecnema*, *Mesembrina*, *Mydaea*) нападают на личинок других мух.

К хищникам относятся некоторые коротконадкрылые жуки (*Emus*, *Ontholestes*, *Philonthus*, *Xantholinus*), карапузики, жужелицы и личинки *Sphaeridium* (*Hydrophilidae*). На поверхности экскрементов охотятся пауки и толкунчики (*Empididae*), добычей которых большей частью бывают мухи. На таком небольшом по размеру жизненном пространстве часто происходит сильнейшая конкуренция между различными обитателями. Если весной внезапно появляются в массовом количестве перезимовавшие жуки (*Aphodius*), они могут совершенно быстро заполнить навозную лепешку. В этом случае ли-

чинки мух гибнут от голода, высыхают или же поедаются хищниками. Навозные жуки (*Geotrupes*) могут в конце лета растащить целую лепешку навоза в свои ходы, лишая другие организмы источника существования. Многие позвоночные животные находят экскременты рогатого скота пригодной пищей. Это касается скворцов, чиби-сов, грачей и удо-дов, а также жаб, землероек и ежей.

В природных травяных биогеоценозах травоядные животные, болезнетворные микроорганизмы и их переносчики сосуществуют очень давно. В течение длительной эволюции они приспособились друг к другу, и между ними сложилось экологическое равновесие, препятствующее возникновению эпизоотии. Иная картина в антропогенных пастбищных биогеоценозах. Здесь вспышки массовых различных заболеваний животных регистрируют довольно часто.

#### **4.3. Стадо сельскохозяйственных животных и его влияние на пастбищный биогеоценоз**

В большинстве хозяйств России термином «стадо» обозначают группу сельскохозяйственных животных одного или нескольких видов. В одних случаях стадом называют группу пасущихся лошадей, или овец, или крупного рогатого скота, или свиней, а в других случаях это совокупность животных ряда видов: и лошадей, и овец, и крупного рогатого скота.

*Стадо* – это 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.

*Стадо сельскохозяйственных животных* – это компонент пастбищного биогеоценоза. Пастбище является временным или постоянным местообитанием для стада. Как компонент биогеоценоза стадо сельскохозяйственных животных занимает определенную экологическую нишу.

*Экологическая ниша стада* – это та функция, которую оно выполняет в биогеоценозе, т. е. образ жизни сообществ сельскохозяйственных животных во время выпаса.

Важнейшая биогеоценозическая функция пасущихся животных – это потребление ими фитомассы и перевод ее в органические вещества структур клеток, молоко, экскременты, простые неорганиче-

ские соединения, диоксид углерода, воду и минеральные соли. Стадо сельскохозяйственных животных – это экологический фактор комплексного характера, поэтому его влияние на пастбище проявляется во многих направлениях. Главными из них являются: стравливание пастбищной растительности, вытаптывание пастбища и влияние на окружающую среду экскрементов животных.

Стадо как экологический фактор влияет на пастбище не всегда одинаково: в одних случаях позитивно, в других негативно. Взаимоотношения между естественно сложившимися фитоценозами и зооценозами, а также между ними и окружающей их средой сбалансированы. Поэтому биологическая продуктивность природных пастбищных биогеоценозов постепенно прогрессивно возрастает. В биогеоценозах, преобразованных человеческой деятельностью в пастбищные угодья, сбалансированные взаимоотношения между флорой и фауной отмечают далеко не всегда. Более того, многовековой опыт пастбищного животноводства свидетельствует о том, что в подавляющем большинстве случаев выпас стад на созданных человеком пастбищах имел негативные последствия. Многие пастбищные угодья подверглись деградации, и условия пастбищного кормления сельскохозяйственных животных ухудшились.

Разные виды диких и домашних животных влияют на пастбищный травостой неодинаково. В силу анатомо-физиологических особенностей кусательного и жевательного аппаратов крупный рогатый скот лучше всего стравливает травостой высотой 10–12 см. С помощью языка животные передвигают пучок травы в рот, резким движением головы отрывают ее. Отдельные листья и побеги отрываются на разной высоте, но не ниже четырех сантиметров от поверхности почвы. Лошади скусывают траву зубами на более низком уровне, чем ее обрывает крупный рогатый скот. Овцы стравливают хорошо поедаемые растения почти у самой поверхности почвы (на высоте 2 см). У овец нет верхних резцов. Они захватывают растения подвижными губами, затем языком придавливают их к межчелюстной зубной пластинке. Дернув головой, овцы отрывают или перекусывают стебли поедаемых трав.

Во многих странах мира животноводы вначале занимались скотоводством, а затем по мере ухудшения угодий переходили к овцеводству и, наконец, из-за оскудения пастбищ переключались на разведение коз. При снижении урожайности пастбищ пастбищное

кормление животных заметно ухудшалось. Пастбищное животноводство нередко приходило в упадок.

Под влиянием длительного выпаса животных одного вида происходит негативное преобразование видового состава пастбищной растительности. Животные любого вида, выпасаемые на пастбище, в первую очередь поедают наиболее вкусные для них растения. Интенсивно выедаемые излюбленные для животных растения угнетаются, выпадают из травостоя, а жгучие, колючие, неприятно пахнущие и ядовитые травы, которые животные не поедают, далее начинают доминировать в фитоценозе.

Т.А. Работнов отмечал, что при преобразовании видового состава пастбищной растительности происходят уменьшение численности и снижение жизнеспособности высокорослых («верховых») злаков (костреца безостого, пырея ползучего, лисохвоста лугового, овсяницы луговой и др.). Начинают преобладать низкорослые («низовые») растения, способные образовывать значительное число укороченных побегов: мятлик луговой, овсяница красная и другие. Разрастаются также одуванчик лекарственный, тмин обыкновенный, лапчатка гусиная и другие растения разнотравья. Увеличивается численность лютиков, чемерицы и прочих ядовитых растений. Все это приводит к возникновению возможности кормовых отравлений крупного рогатого скота, овец и животных других видов. Вероятность возникновения кормовых отравлений у пасущихся животных возрастает по мере уменьшения доступного для них пастбищного корма. На пастбище с бедной растительностью животные вынуждены использовать второстепенные пищевые объекты, так как поиск желанного корма требует слишком продолжительного времени и больших энергетических затрат. В сложившейся ситуации у проголодавшихся животных подавляется инстинкт пищевой специализации и самосохранения – они начинают поедать нестандартные корма, в том числе ядовитые растения. Это приводит к возникновению у животных кормовых токсикозов.

Однако при экологически обоснованной пастьбе биологическая продуктивность пастбищной растительности не только не снижается, но и может повышаться. Под влиянием умеренного выпаса крупного рогатого скота численность злаковых растений может возрасти. Появляется больше ценных кормовых растений: ежи сборной, овсяницы луговой, костреца безостого, лисохвоста лугового. В то же время многие виды разнотравья из травостоя выпадают.

Снижается численность высоко- и среднетравья, в том числе некоторых видов зонтичных (жабрица порезниковая, борщевик сибирский, дягиль), сложноцветных (тысячелистник хрящеватый, бодяк полевой, козлобородник). Изменение видового состава растений на урожайности пастбищной растительности почти не сказывается, но кормовая ценность травостоя значительно возрастает. Улучшение кормовых качеств пастбищной растительности благоприятно влияет на жизнедеятельность животных, рост их продуктивности, воспроизводительную способность. Повышается качество мяса, молока, шерсти и другой животноводческой продукции.

На травостой и почву пастбищных экосистем влияет давление копыт пасущихся животных. Давление копыт овец относительно умеренно и составляет в среднем  $1-2 \text{ кг/см}^2$ . Копыта коров оказывают значительно более сильное давление, достигающее  $5 \text{ кг/см}^2$ .

Копыта животных разных видов влияют на растительный покров и почву пастбищ неодинаково. Наиболее сильное, нередко разрушающее воздействие оказывают копыта крупного рогатого скота и лошадей, особенно подкованных. Копыта овец на пастбище влияют несильно, как правило, позитивно. Благоприятное действие копыт овец на дернину животноводцами подмечено давно. Влияние вытаптывания на травостой и почву тем сильнее, чем выше плотность популяции пасущихся животных и чем продолжительнее срок выпаса стад.

Реакция разных видов растений на вытаптывание их животными неодинакова. По характеру ответной реакции растений на вытаптывание их подразделяют на пять групп (по Т.А. Работнову):

➤ **невыносящие вытаптывания** – райграс высокий, молиния, дудник лесной, канареечник тростниковый, борщевик сибирский и др.;

➤ **чувствительные к вытаптыванию** – лисохвост луговой, кострец безостый, вейник наземный, осока острая, чина луговая, клевер горный, бодяк болотный, лабазник вязолистный, тысячелистник хрящеватый, горец – рачьи шейки;

➤ **умеренно устойчивые к вытаптыванию** – тимофеевка луговая, щучка, полевица тонкая, душистый колосок, трясунка средняя, осока бледная, клевер луговой, тмин обыкновенный, чемерица;

➤ **устойчивые к вытаптыванию** – ежа сборная, овсяница луговая, полевица белая, полевица собачья, гребенник обыкновенный, мятлик луговой, осока заячья, лютик едкий, тысячелистник обыкновенный;



➤ *особенно устойчивые к вытаптыванию* – райграс многолетний, мятлик однолетний, клевер ползучий, спорыш, подорожник большой.

К вытаптыванию чувствительны: высокорослое разнотравье, особенно стержнекорневое (борщевик сибирский, купырь лесной, жабрица порезниковая), вьющиеся и цепляющиеся травы (чина луговая, мышиный горошек), высокорослые злаки с удлинёнными побегами (райграс высокий, канареечник тростниковый), медленно развивающиеся растения (молиния). Эксплуатация пастбищ сопровождается преобразованием видового состава пастбищной растительности. Чувствительные к вытаптыванию растения выпадают из травостоя. В фитоценозе начинают преобладать растения, устойчивые к вытаптыванию. Периодические сжатия и расширения упругого и прочного дернового пласта способствуют улучшению газообмена между дерниной и надпочвенным воздухом. Формирование упругой и прочной дернины происходит медленно, в течение десятилетий.

Негативные изменения дернины отмечают при перевыпасе. Чрезвычайно высокое давление копыт большого числа животных приводит к уплотнению почвы, которое сопровождается изменением ее водно-воздушного режима. Отмечаются уменьшение объема пор, замедление миграции воды в почве. Влагоемкость почвы снижается. Изменяются ее биологические свойства. Численность аэробных бактерий, в том числе азотобактера, снижается. Количество анаэробных микроорганизмов увеличивается, подавляется жизнедеятельность дождевых червей. Уплотненные почвы негативно влияют на рост и развитие растений. Глубина проникновения корневых систем растений уменьшается, ухудшаются условия их минерального питания. Многие виды растений выпадают из травостоя, и почва оголяется. Оголенная почва сухих пастбищ еще больше иссушается, ее поверхность разрушается, подвергается водной и ветровой эрозии.

Деградация пастбищной территории особенно часто происходит в местах постоянного скопления большого поголовья крупного рогатого скота, овец и животных других видов. На стойбищах, где стада находятся в течение продолжительного времени, уничтожается пастбищная растительность, разрушается и загрязняется почва. При смене стойбищ происходит процесс возврата пастбища к исходному состоянию (демутация). Демутация развивается медленно, она растягивается на многие годы.

Выпасаясь на пастбище, сельскохозяйственные животные влияют не только на фитоценоз, но и на зооценоз пастбищной экосистемы. Воздействие стада на травяной зооценоз может быть как непосредственным, так и опосредованным. Непосредственное воздействие стада на зооценоз выражается в поедании сельскохозяйственными животными вместе с травой представителей микро- и мезофауны (мелких членистоногих и т. д.). Уничтожение мелких животных может быть не только случайным, но и преднамеренным. Находясь на пастбище, свиньи роются в земле, они выискивают и поедают дождевых червей и других почвенных животных. Выпас стада способствует преобразованию видового состава растительности, изменению фитоклимата, физико-химических и биологических свойств почвы. Условия жизни зооценоза изменяются. Там, где происходит ксерофитизация пастбищ, начинают преобладать животные-ксерофилы. Преобладание животных-гидрофилов отмечают в зооценозах заболоченных пастбищ.

Таким образом, влияние стада сельскохозяйственных животных на состояние пастбищных биогеоценозов огромно. Оно может быть и позитивным, и негативным. Животноводам необходимо научиться управлять стадом так, чтобы под влиянием пастыбы животных пастбищный биоценоз изменился благоприятно: увеличилась урожайность пастбищной растительности и улучшились ее кормовые качества.

#### **4.4. Экологические последствия использования пастбищных биогеоценозов**

Около 40 % сельскохозяйственных полезных земель в Евразии и почти 60 % в Северной Америке используется как сенокосы и пастбища. Особенно велика доля кормовых угодий в Средней Европе в районах с морским климатом и горных местоположениях. В Германии 65 % этих угодий используется как сенокосы, а остальные – как пастбища; доля сенокосов выше средней имеется, например, на юге Германии и в Среднегорье, а наивысшая доля пастбищ отмечается в районах с морским климатом и предгорьях Альп. Кроме постоянных сенокосов и пастбищ, имеются еще сенокосы переменного пользования, а именно – с пастыбой скота, сенокошением или уборкой трав на зеленый корм. Поскольку урожай зеленой массы на пастбищах

значительно выше, чем на сенокосах, пригодность кормовых угодий для пастьбы скота повышает их ценность.

С экологической точки зрения суходольные злаковники или злаковые пустоши нельзя причислять к собственно сенокосам, как это часто делают земледельцы. У многих растений злаковых пустошей почки возобновления находятся выше поверхности почвы, и по типам жизненных форм они, так же как и растительность настоящих степей и кустарничковых пустошей, относятся к хамефитам.

Настоящие культурные сенокосы, даже сенокосы на участках с глубоким залеганием грунтовых вод, напротив, произошли от пойменных лугов и болот, сообществ берегов и источников, торфяников и солончаковых лугов, относящихся к литоральном ландшафту. По характеру доминирующих жизненных форм их можно определить как гемикриптофиты, зимующие почки которых располагаются непосредственно у поверхности почвы. Данному ботаническому делению соответствуют и фаунистические различия, и это относится в равной степени как к эдафону, так и к наземным животным.

Злаковые пустоши, суходольные луга (*Chamaephytia*):

**1. Пустоши с булавоносцем (вейнгертнерией) – *Corynephorotalia*** на песчаных, бедных кальцием почвах. Травостои булавоносца с *Corynephorus canescens* в атлантической и субатлантической областях; травостои тонконога с *Koeleria glauca* как западные форпосты континентальных песчаных степей. Эти пустоши используются как пастбища для овец, в лучшем случае возможен один укос.

**2. Субсредиземноморские и континентальные суходольные луга на карбонатных почвах – *Brometalia*** на почвах от нейтральных до щелочных, больше в области континентального климата. Большой частью используются для пастьбы овец, реже для однократного сенокоса.

**3. Малопродуктивные горные луга на кислых почвах – *Nardetalia***. Пастбища с белоусом, образовавшиеся из самых различных растительных сообществ, но большей частью из лесов в результате вырубки, пожаров, беспорядочной пастьбы.

Используются экстенсивно, обычно как общинные отгонные пастбища (свободная пастьба), реже как сенокосы с однократным укосом.

Влажные культурные сенокосы, низинные болота, солончаковые луга (*Hemikryptophytia*).

**4. Высокопродуктивные сенокосы и пастбища (мезофильные культурные травостои – *Arrhenateretalia*),** ценнейшие, созданные регулированием водного режима, удобрением и другими агротехническими мероприятиями кормовые угодья, которые используются как сенокосы, пастбища или пастбища с сенокошением (летом – заготовка сена, осенью – пастьба):

◆ Высокопродуктивные сенокосы – располагаются в долинах (травостои райграса – *Arrhenateretum*), дающие два-три укоса.

◆ Высокопродуктивные пастбища – прежде всего, находятся на равнине (*Lolieto-Cynosuretum*).

◆ Горные высокопродуктивные сенокосы (сенокосы с травостоем трищетинка – *Trisetetum*), дающие два укоса.

◆ Менее продуктивные пастбища – преимущественно находятся в горных местоположениях (*Festuceto-Cynosuretum*).

#### **5. Осоковые луга (*Molinietalia*):**

◆ Переменно-влажные сенокосы, используемые также для пастьбы (*Molinion*), переносящие иссушение летом; особенно характерны для кислых почв, дают один укос без удобрения.

◆ Очень влажные, кислые, большей частью удобряемые двухукосные сенокосы (*Calthion*), остающиеся и летом достаточно влажными и обычно слишком сырые для пастьбы скота. Часто образуются из заболоченных ольшанников.

**6. Низинные, или травяные болота (мелкоосоковые сенокосы, *Caricetalia*).** Вследствие высокого уровня грунтовых вод происходит длительный застой воды; дают два укоса.

**7. Солончаковые луга морских побережий (*Juncetalia maritimi*).** Это, прежде всего, луга с травостоем из бескильницы (*Puccinellia (Festuca) maritima*), ситника (*Juncus gerardi*) и овсяницы (*Festuca rubra littoralis*). Хорошие пастбища для овец, крупного рогатого скота и гусей; реже снимают один укос.

Злаковые пустоши также называют суходольными, или малопродуктивными, сенокосами: *Arrhenateretalia* – свежие, *Molinietalia* – влажные и *Caricetalia* – сырые луга.

Хотя размер урожая не дает данных о кормовой ценности продукции, однако он позволяет судить о растительной продукции в различных местообитаниях. Засорение данных территорий происходит по разным причинам:

❖ Постоянный застой воды и временное переувлажнение вызывают уплотнение почвы и благоприятствуют развитию осоковых (*Cyperaceae*), ситников (*Juncus*), хвоща (*Equisetum palustre*) и мхов.

❖ Повышение кислотности почвы, обеднение питательными веществами, образование сырого гумуса создают особенно хорошие условия для роста непродуктивных злаков, например белоуса, вереска (*Calluna*), дрока (*Sarothamnus, Genista*), мхов, паразитических и полупаразитических видов.

❖ Избыточное удобрение навозной жижей ведет к засорению различными зонтичными, крупнолистными видами щавеля и некоторыми сложноцветными.

❖ Разрыхление почвы под действием мороза, образование плешин в дернине в результате вытаптывания копытами животных, движения транспорта, деятельности кротов, полевок и личинок почвенных насекомых (хрущи, долгоносики) способствуют росту различных рудеральных растений.

❖ Постоянное слишком позднее скашивание и длительное сенокосное использование приводят к беспрепятственному развитию и обсеменению малоценных раноцветущих растений и многих высокорослых многолетников, выживающих благодаря большим запасам питательных веществ.

❖ При чрезмерной пастьбе некоторые ценные растения истощаются, и их место занимают низкорослые розеточные сорняки (маргаритки, подорожник, пазник). Неправильная пастьба способствует сохранению таких не поедаемых скотом растений, как бодяк, молочай и ситники. Если экскременты крупного рогатого скота не распределяются на возможно большей площади после отгона скота на другое пастбище, то такие переудобренные участки занимают слишком много места и образуют очаги еще большего засорения травостоя и убежища для выплода вредителей.

Пастьба скота сокращает возможность существования некоторых растений или полностью уничтожает их, а для других создаются благоприятные условия; некоторые новые виды появляются впервые.

По сравнению с экстенсивным сенокосным использованием влияние пастьбы сказывается в большем сокращении роста корней. Еще заметнее изменения растительного покрова. Причиной этого являются многие обстоятельства, связанные с видовыми особенностями растений, поведением животных, способом использования пастбищ, а также с прочностью почвенной структуры в отношении вытаптывания.

Пастьба скота влияет не только на растения, но и на почвенных животных. При проходе стада овец их копыта действуют на почву как кулачковый каток, уплотняющий участки почвы, но оставляющий ее рыхлой в промежутках между кулачками. Постоянное повторение подобной пастьбы сильно отражается на полевке обыкновенной и на почвенных насекомых (медведках, долгоножках, щелкунах). На пастбищах в Англии было установлено, что *Microtus agrestis* могут существовать лишь на очень ограниченных участках, где растут ситник (*Juncus effusus*) и другие растения, которые не поедаются коровами и овцами. На огороженных делянках, где была прекращена пастьба, через короткое время наблюдалось увеличение численности полевок. Возможно, вытаптывание, вследствие которого сужаются почвенные поры, также приводит к снижению численности клещей и ногохвосток.

Нельзя не отметить тот факт, что многочисленные паразиты скота на пастбищах часть своей жизни проводят вне организма своего хозяина. Пастбище является поэтому основным источником заражения названными паразитами. Перенос заразного начала от больных животных к здоровым может быть либо механическим, либо биологическим. При механическом переносе микроорганизмы находятся на теле или в теле переносчика, не вступая с ним в биологические отношения. Перемещаясь с больного животного на здоровое, переносчик при укусе заражает его. Примером может служить перенос кровососущими насекомыми бациллы сибирской язвы, возбудителя тяжелой болезни животных и людей. Слепни, мухи-жигалки, другие насекомые-кровососы, паразитируя на заболевших сибирской язвой животных, высасывают кровь и находящиеся в ней бациллы. Инфицированные сибиреязвенными бациллами насекомые-кровососы перелетают на других, в том числе здоровых, и, паразитируя, заражают их сибирской язвой. При биологической передаче возбудитель болезни, будучи связанным с переносчиком, вступает с ним в сложные биологические взаимоотношения, проходит определенный путь индивидуального развития и становится болезнетворным для сельскохозяйственных животных.

В качестве примера можно привести заражение животных плоскими червями – фасциолами, которые являются возбудителями фасциоза. Фасциолы поражают животных всех видов и человека. Половозрелые фасциолы, паразитирующие в желчных протоках печени животных, выделяют яйца, которые попадают в кишечник, а оттуда с фекалиями во внешнюю среду. При благоприятных услови-

ях из яйца выходит зародыш (мирацидий). Он плавает в воде, но сохраняется в ней недолго. Дальнейшее его развитие возможно только в теле промежуточного хозяина – биологического переносчика фасциол – моллюска (малого прудовика), обитающего в лужах, заросших травой. Плавая в воде, мирацидий контактирует с моллюском, внедряется в его тело, проходя дальнейшие стадии своего индивидуального развития. Затем зародыш выходит из тела промежуточного хозяина, превращается в адолескария, прикрепляется к листьям и стеблям растений, плавает в воде. Когда животные поедают траву и пьют воду, они заглатывают адолескариев и заражаются фасциозом. Интенсивность распространения энзоотии фасциоза на пастбищах определяется ареалом промежуточных хозяев фасциол – малых прудовиков.

Скашивание приводит к выравниванию условий местообитания, которое на сенокосе выражено гораздо более четко, чем на низинных болотах с их сменой сухих и сырых участков, их дерновинными и кочкообразующими растениями. То, что скашивание ведет к отбору растений и животных, показывает сравнение с соседними пастбищами или низинными болотами. Некоторые организмы при сенокосении исчезают, на других оно влияет положительно, третьи бывают вынуждены временно покинуть угодье, а есть и такие, которых косьба почти не затрагивает.

Осеннее скашивание вынуждает некоторых пауков окончательно покинуть луг в этом году. В июле следующего года начинается заселение с неосвоенных площадей молодыми пауками нового поколения. На низинных болотах таких колебаний численности пауков не происходит. В результате скашивания страдают даже популяции почвенных животных, как было установлено для клещей-гамазид и ногохвосток.

Время скашивания может играть решающую роль для существования вида. На лугах, скашиваемых к тому времени, когда заканчивается лет галлиц (*Cecidomyidae*), обитающих в травостое, их численность стала на 88 % меньше, чем на лугах, которые косили в период созревания семян злаков.

Влияние оказывает также и способ скашивания, как это было показано на пауках, и, по-видимому, это справедливо и для некоторых других членистоногих. При равномерном механизированном скашивании травы у самой поверхности почвы происходит заметное снижение численности беспозвоночных, причем некоторые виды полностью исчезают, особенно если поверхность почвы хорошо вы-

ровнена. Если же те же сенокосы выкашивают косой, так что остается более высокий слой растительности, или же если поверхность почвы и высота растений (плотнотравные злаки) не выровнены, то скашивание имеет значительно менее серьезные последствия.

На больших луговых территориях возможны значительные потери молодняка у зайцев и птиц, особенно с тех пор, как начали применять сенокосилки.

Если стога сена долго остаются на сенокосе, то они оказываются очагами концентрации многих животных. Теплолюбивые дневные бабочки, стрекозы, саранчовые, журчалки и толкунчики греются на стогах. Мухи и комары укрываются с подветренной стороны стогов во время дождя и ветра. Лягушки, голые слизни и личинки насекомых охотно проникают в нижний слой сена, прилегающий к земле, где в течение дня сохраняется высокая влажность. Наконец, там собирается большое количество жуков-сапрофагов и питающихся плесневыми грибами личинок мух, клещей, ногохвосток, а также хищных пауков, жужелиц и коротконожек.

Также и в степи скашивание трав до начала или во время их цветения влечет за собой коренные изменения. Это можно проиллюстрировать на одном примере. Скашивание не позволяет созревать семенам многих растений, и такие виды постепенно исчезают. Почва становится более сухой. Фауна травостоя обедняется в пользу растительной монофаги. Увеличивается численность ксерофильных обитателей поверхности почвы (чернотелки, саранчовые). Многие насекомые, личинки которых развиваются внутри стеблей (*Agapanthia*, *Lixus*) или в цветах (*Larinus*, *Apion*), не успевают закончить свое развитие до начала кошения. На степных сенокосах в Аскании-Нова (Херсонская область) отсутствует, например, белянка, *Zegris euphema*, чьи гусеницы весной обитают на *Sisymbrium polymorphum* и к началу сенокоса окукливаются на стеблях этого растения. Куколки бабочек увозятся с луга вместе с сеном. Таким образом, избирательное действие скашивания четко выявляется и в естественных ландшафтах.

### **Контрольные вопросы**

1. При каких условиях возможно формирование луговых биогеоценозов?
2. Что такое пастбище, сенокос?
3. Назовите классификацию пастбищ и сенокосов, разработанную во Всесоюзном НИИ кормов.



4. Что такое доминанты и аддиторы?
5. Охарактеризуйте экотоп и биоценоз пастбищного БГЦ.
6. Дайте характеристику первой стадии сукцессии сеяных лугов и пастбищ.
7. В чем особенности второй и третьей стадий сукцессии сеяных лугов и пастбищ?
8. Назовите наиболее часто встречающихся вредителей кормовых трав.
9. Приведите примеры фитопатогенных грибов, поражающих кормовые травы и зерновые культуры.
10. Назовите основных обитателей экскрементов крупного рогатого скота.
11. Как стадо влияет на пастбище?
12. Что происходит с видовым составом пастбищной растительности при длительном выпасе скота?
13. Приведите систему агроэкологических мероприятий, способствующих предотвращению деградации сельскохозяйственных угодий.

**Практическое задание:** 1) нарисуйте схему основных стадий сукцессий в пастбищных биогеоценозах; 2) нарисуйте схемы путей заражения сельскохозяйственных животных паразитами.

## Глава 5. ФЕРМЕННЫЙ БИОГЕОЦЕНОЗ

### 5.1. Понятие ферменного биогеоценоза

Термин *«ферменный биогеоценоз»* в науку введен в 1978 г. Н.А. Уразаевым и за относительно короткий промежуток времени утвердился в ветеринарной, зооинженерной и экологической литературе. Он широко использован при изложении экологических проблем воспроизводства высокопродуктивного крупного рогатого скота, экологической физиологии и патологии свиней, кормовых отравлений, возникающих у животных в период стойлового содержания.

*Ферменный биогеоценоз* – это природно-техническая система, состоящая из сельскохозяйственных (домашних) животных и среды их обитания в форме скотного двора, животноводческой фермы или промышленного комплекса.

Способы стойлового содержания животных развивались и совершенствовались по пути увеличения масштабов производства продуктов животноводства: мяса, молока и т. д. Интенсификация животноводства сопровождалась усложнением структуры и функций ферменных биогеоценозов. Скотный двор представляет собой относительно простую природно-техническую систему, состоящую из собственно двора, одной-двух загоронок, хлева. В нем обычно содержатся корова (реже – две, три), овцы, свиньи, куры. Животноводческие фермы более специализированы и более сложны. В них содержат лошадей (конюшня) или крупный рогатый скот (молочно-товарная ферма (МТФ), откормочник), или свиней (свинарник), или птицу того или иного вида (курятник, индюшатник и т. д.). Фермы имеют более сложную специализацию и структуру, чем скотные дворы.

Так, на МТФ имеются отделение (цех) для содержания коров (собственно коровник), профилакторий для новорожденных животных, телятник для телят старшего возраста. Кроме того, на МТФ расположены места для доения коров, их искусственного осеменения, родов (родильное отделение), место для прогулок животных на свежем воздухе и т. д.

Еще более сложная структура специализированных ферм промышленного типа, животноводческих комплексов, птицефабрик. В них широко применяют механизацию и автоматизацию производственных процессов. Промышленное производство продуктов животноводства специализировано еще больше. Так, например, один

тип комплексов крупного рогатого скота предназначается для производства молока, другой – для откорма животных на мясо и т. д. Влияние ферменных биогеоценозов на окружающую среду усиливалось по мере возрастания интенсификации животноводства. Скотный двор, животноводческая ферма – это экологический фактор, воздействующий на природу в разных направлениях. Одно из них, возможно, самое существенное, – влияние на среду экскрементов животных (навоза). Большое количество навоза может загрязнять среду. Охрана природы от загрязнения отходами промышленных животноводческих комплексов – одна из острейших современных экологических проблем сельского хозяйства.

## **5.2. Особенности условий содержания животных в животноводческих комплексах**

Находясь в помещении, сельскохозяйственные животные «привязаны» к своему месту обитания, они лишены свободного передвижения из одного биогеоценоза в другой. Режим их поведения и образ жизни во многом определяет человек. Ряд технологий стойлового содержания предусматривает сооружение устройств, предназначенных для ограничения движений животных или их фиксации (стойла для лошадей, клетки для телят, пушных зверей, птиц, специальные станки для искусственного осеменения самок и т. д.). Малоподвижность негативно сказывается на жизнедеятельности животных. У них снижается тонус организма, нарушается деятельность органов и систем, поражается опорно-двигательный аппарат (кости, суставы, сухожилия конечностей).

При стойловом содержании животные ограждаются от неблагоприятных влияний погодно-климатических факторов – холодных дождей, снегопадов, сильных ветров, жгучих лучей солнца и т. д. Человек охраняет их от нападения хищников (волков и др.). Устройство в аграрных ландшафтах животноводческих комплексов и птицефабрик рассматривается как проявление одной из форм урбанизации – приобретения сельской местностью внешних и социальных черт города.

Считают, что идея о необходимости создания для одомашненных животных специальных местообитаний (скотных дворов, птичников и т. д.) была позаимствована у самой природы. В лесах, лугах и других природных комплексах дикие животные строят местооби-

тания («жилища»). К ним можно отнести птичьи гнезда, бобровые «дома», плотины и т. д.

Природные аналоги ферменных биогеоценозов – пещеры с населяющими их организмами. Возникновение и развитие животноводства в известной мере связано с использованием древними предками пещер не только для жилья, но и для содержания в них прирученных и одомашненных животных. Скотные дворы, животноводческие фермы и комплексы, как и пещеры, относят к неполночленным биогеоценозам, так как в них отсутствует экологическая группа организмов, создающих органическое вещество (продуцентов). В животноводческих помещениях очень мало организмов, разрушающих органическое вещество растительного и животного происхождения (редуцентов). Из-за отсутствия продуцентов (главным образом растений, потребляющих диоксид углерода выдыхаемого воздуха) и недостаточности редуцентов (грибов и микробов, минерализующих экскременты) в животноводческих помещениях очень быстро могут изменяться условия обитания животных из-за загрязнения среды фекалиями и мочой, продуктами их разложения.

*Доминантами-эдификаторами ферменных биогеоценозов являются домашние (сельскохозяйственные) животные.* Роль неживых компонентов биогеоценозов выполняют созданные человеком разнообразные устройства: полы, стены и потолки животноводческих помещений, кормораздатчики и автопоилки, искусственные источники света, приспособления для искусственного осеменения самок и др. Полы – это суррогаты-заменители почв наземных биогеоценозов. Стены и потолки можно рассматривать в качестве аналогов природных образований, используемых животными как укрытия в период сна и отдыха, во время плохой погоды (жары или холода, сильного ветра и т. д.). Водопойные корыта и автопоилки – аналоги природных водоемов (рек и речек, болот и озер, других водоемов). Фонари, электрические лампы, другие светильники – суррогаты-заменители солнечного света. Скотным дворам, животноводческим фермам и комплексам присуще своеобразие экологической обстановки, создавшейся в результате антропогенного преобразования живых и неживых компонентов природных биогеоценозов.

Скотный двор, животноводческая ферма или комплекс представляют собой более или менее сложные системы взаимосвязанных производственных сооружений, обеспечивающих жизнедеятель-

ность и продуктивность сельскохозяйственных животных и птиц при той или иной технологии их содержания.

Для строительства животноводческих помещений используют и дерево, и кирпич, и железо, и цемент, и другие разнообразные материалы. Так, для возведения стен, настила пола, сооружения других компонентов современного промышленного комплекса кроме перечисленных материалов применяют перлитовый песок, перлитобетон, битумоперлит, керамзит, керамзитобетон, теплоизоляционную вату, рубероид и т. д. Материалы для строительства животноводческих помещений неиндифферентны для животных. Обладая присущими им физическими и химическими свойствами, они прямо или косвенно влияют на животных, их жизнедеятельность, продуктивность и воспроизводительную способность, устойчивость или, наоборот, восприимчивость к заболеваниям.

На состояние организма животных и их поведение сильное воздействие оказывают само помещение, его конструктивные особенности и микроклимат. Нетрудно заметить неодинаковое поведение кур, выращиваемых в птичниках разных конструкций. В птичниках с напольным содержанием у кур хорошо выражена двигательная активность. В птичниках с клеточным содержанием куры ведут малоподвижный образ жизни.

Полагают, что из всех конструктивных элементов здания наибольшее экологическое значение имеют полы. При современных технологиях содержания, когда стадо постоянно находится в помещении, степень влияния полов на животных резко возросла. Пол как фактор биогеоценоза в первую очередь влияет на конечности стоящих животных.

В промышленных животноводческих комплексах широко распространены решетчатые полы из дерева, шлакобетона, металла или другого материала. При использовании решетчатых полов легче очищать животноводческие помещения от навоза. Но они не экологичны, не отвечают потребностям организма животных. Так, у крупного рогатого скота, содержащегося в промышленных комплексах со щелевыми полами, возникают болезни конечностей. В связи с переводом животноводства на промышленную основу проблема болезней конечностей у крупного рогатого скота резко обострилась во многих странах мира.

На состояние животных, их продуктивность, воспроизводительную способность, устойчивость к заболеваниям также влияют

стены, потолки и другие конструктивные компоненты ферменных биогеоценозов. Стены, потолки и крыша предназначены для утепления зданий, для поддержания в них необходимого режима температуры и влажности. Ограждающие конструкции должны обладать высокими теплоизоляционными свойствами, хорошей паро- и воздухопроницаемостью.

### **5.3. Организация и характеристика животноводческих комплексов**

Жизнедеятельность и продуктивность животных во многом определяются особенностями микроклимата в животноводческих помещениях. На состояние животных влияют освещение, температура, влажность воздуха в помещении и другие микроклиматические факторы биогеоценоза. Солнечный свет внутрь животноводческих помещений может проникать лишь через окна, отчасти через открытые двери. Поэтому в конюшнях, коровниках, свинарниках, кошарах солнечной радиации всегда меньше, чем снаружи. О неблагоприятном влиянии световой недостаточности на животных известно давно, поэтому в животноводческих помещениях часто устанавливают источники искусственного света: лампы накаливания, кварцевые лампы и т. д. В животноводческих помещениях изменены другие параметры микроклимата. Причин этому много. Одна из них, по-видимому, самая существенная, – выделение в среду продуктов метаболизма животных. При длительном вдыхании воздуха, содержащего свыше 1 %  $\text{CO}_2$ , у животных появляются признаки хронического отравления.

При разложении продуктов выделения животных (мочи, фекалий и других веществ, содержащих азот) образуется аммиак. Особенно много его в коровниках и телятниках при плохой работе канализации и вентиляции. При загрязнении среды аммиаком у животных поражаются органы дыхания.

При гниении белковых веществ, в состав которых входит сера, образуется сероводород. Этот газ выделяется из кишечника при дефекации. Сероводород – яд, оказывающий местное раздражающее и общетоксическое действие.

В животноводческих помещениях кроме вредных газов накапливается влага в результате выделения воды с мочой и фекалиями, водяных паров из дыхательных путей и с поверхности тела живот-

ных. Корова живой массой 400 кг выделяет 8,7–13,4 кг водяных паров в сутки. Повышение влажности воздуха приводит к изменению обмена веществ в организме. У животных отмечаются сдвиги в терморегуляции. Повышенная влажность воздуха усугубляет вредное действие на организм слишком низких или, наоборот, слишком высоких температур.

Технологии содержания сельскохозяйственных животных в животноводческих комплексах промышленного типа, птиц на птицефабриках сопряжены с использованием электрической энергии, разнообразных машин, механизмов, аппаратов и т. д. Функционирование машин и механизмов сопровождается возникновением производственных шумов и вибраций.

Шум – сильнейший раздражитель. Неблагоприятное влияние интенсивных шумов и вибраций на организм человека доказано многими медицинскими исследованиями. В зооветеринарной практике подобных исследований мало. Лишь в самое последнее время появились работы, свидетельствующие о вредном влиянии производственных шумов на организм сельскохозяйственных животных. Повышение технической оснащённости сельского хозяйства привело к значительному усилению звукового фона на фермах. Если в недалеком прошлом интенсивность звукового фона в хозяйствах составляла 60–80 дБ, то в настоящее время она часто повышается до 70–95 дБ и более. Усиление звукового фона происходит за счет функционирования подвесных дорог, скребков, кормораздатчиков, доильных агрегатов и т. д. Сильные звуки становятся патогенными раздражителями и приводят к различным нарушениям в организме животных.

Эксперименты, проведенные на коровах, показали, что звук в 65 дБ приводит к повышению температуры тела, изменению физико-химических свойств кожи и т. д. Надой молока снижаются. Это дало основание считать, что ненормальный звуковой фон – сильный патогенный раздражитель, оказывающий неблагоприятное влияние на функциональное состояние и продуктивность животных. Под влиянием звуковых воздействий у цыплят уменьшается живая масса, увеличиваются затраты кормов на единицу получаемой продукции (мяса и т. д.).

Внимание ветеринарной науки и практики привлекло заболевание птиц, называемое шумовой истерией. Это явление обычно наблюдают в крупных хозяйствах промышленного типа. Чаще поражаются куры породы леггорн в период интенсивной яйцекладки.

В ответ на сильный шум птица начинает беспокоиться, махать крыльями, а затем через некоторое время успокаивается. Приступы истерии могут повторяться несколько раз в день. В результате куры травмируют друг друга, теряют оперение, у них резко падает яйценоскость.

На многих животноводческих комплексах возрос уровень электромагнитных полей (ЭМП). Для магнитного поля организм «прозрачен». Оно действует сразу на все уровни организации, начиная с организменного и кончая клеточным и молекулярным. ЭМП вызывают тератогенные и мутагенные эффекты, неблагоприятно влияющие на потомство. Под воздействием ЭМП высокой интенсивности снижается продуктивность животных, возникает опасность их заболевания и гибели.

В искусственной среде ферменного биогеоценоза формируется биоценоз, отличный от коренного, природного. Основной компонент биоценоза – популяция сельскохозяйственных млекопитающих и птиц. Как доминанты-эдификаторы сельскохозяйственные животные во многом определяют микроклимат (зооклимат) в животноводческом помещении и, таким образом, косвенно влияют на формирование и развитие ферменного биоценоза. Растительный мир биоценоза составляют главным образом разные виды микрофлоры, иногда болезнетворной (патогенной) для животных («хлевная микрофлора»). Фауна сообщества может быть представлена разными видами животных. Некоторые из них являются возбудителями (например патогенные гельминты) и переносчиками заразных болезней сельскохозяйственных животных (например голуби, мыши, крысы).

В ферменных биогеоценозах пищевые цепи вовлечены в сферу деятельности человека. Человек проводит посев растений, предназначенных для создания кормовой базы хозяйства, осуществляет уборку урожая, заготовку и хранение кормов, их консервирование и переработку. Раньше большое внимание уделяли заготовке сена. В настоящее время широко распространено силосование кормов. Во многих случаях заготавливают сенаж и травяную муку. Большое значение имеет составление кормовых рационов, обеспечивающих быстрый рост и развитие животных, их высокую продуктивность и воспроизводительную способность.

Животные большинства видов подпадают «под опеку» человека сразу же после рождения. Так, новорожденные телята получают молозиво и молоко не естественным путем – сосанием сосков вымени



матери, а кормятся из рук человека, потребляя пищу из ведерка или специальных поилок. Кормление телят из сосковых поилок экологичнее, чем из ведра. Искусственный сосок в известной мере напоминает материнский, и прием молозива и молока из поилки приближается к естественному акту сосания вымени. Из сосковой поилки молозиво и молоко поступают в рот новорожденного небольшими порциями, хорошо перемешиваются со слюной, что важно для нормального пищеварения. Предложено много моделей сосковых поилок.

В изменении пищевых цепей человек проявил удивительную изобретательность. Многие пищевые продукты он вводит животным непосредственно в желудок (с помощью специального зонда), под кожу или в мышцу (например, концентраты витаминов) и даже в кровяное русло (раствор глюкозы). Необычные методы питания применяют главным образом в ветеринарной практике при лечении больных животных.

При стойловом содержании животные не имеют свободного выбора корма, как это происходит в дикой природе; они едят то, что им скармливает человек. Многовековой опыт показал, что прогрессивные методы кормопроизводства, технологии хранения, консервирования, переработки кормов и их рационального скармливания способствовали увеличению поголовья животных, повышению их продуктивности и воспроизводительной способности. Однако упущения и ошибки в этом сложном процессе могут иметь негативные последствия – служить причиной снижения качества кормов и возникновения у животных болезней.

Несоблюдение правил силосования и, в частности, выбора видового состава растений и определенной фазы их зрелости при скашивании, затяжка процесса закладки силосуемой массы в газо- и водонепроницаемые хранилища могут стать причиной снижения качества кормов и их порчи. При несоблюдении технологии приготовления сенажа в нем теряются питательные вещества и витамины. Если после вскрытия силосных и сенажных хранилищ не принимаются меры защиты силоса и сенажа от действия света и ветра, кормовая масса теряет значительное количество сырого протеина, сахара и особенно каротина и витамина Е.

Известны случаи порчи кормов при неправильном дрожжевании, затаривании и т. д. Отмечены токсикозы свиней при кормлении их запаренной свеклой, которая при длительном остывании становится ядовитой из-за накопления в ней нитратов. Алиментарные бо-

лезни возникают при неумелом кормлении животных. Несбалансированность рационов по энергии, переваримому протеину, макро- и микроэлементам, витаминам может стать причиной нарушения обмена веществ. Перекорм способствует развитию ожирения, недокорм – истощения. При недостатке в рационах кальция, фосфора, меди, йода, кобальта или марганца возникают кальциевая, фосфорная, медная, йодная, кобальтовая или марганцевая недостаточности. Дефицит витаминов в рационе – причина гиповитаминозов.

Образ жизни животных, обитающих в помещениях, отличается от такового при пастбищном содержании. Интенсификация животноводства сопровождается концентрацией животных на ограниченных площадях животноводческих комплексов и специализированных ферм промышленного типа. В условиях промышленного животноводства животным отведена пассивная роль. Активную роль играет человек. Животноводческая деятельность немыслима без известных ограничений свободы действий животных, без определенного насилия над ними. Антропогенные воздействия на животных изменяют их поведение, физиологические отправления, реакции на факторы окружающей среды.

Животноводческий комплекс – это определенное количество разных помещений (цехов и т. д.), оборудованных стойлами, клетками. Из-за всевозможных преград, мешающих свободному передвижению, у животных возникает раздражение, отрицательно влияющее на аппетит, пищеварение, продуктивность.

Интенсификация животноводства сопровождается концентрацией большого числа животных на относительно ограниченных площадях животноводческих комплексов (специализированных ферм промышленного типа, птицефабрик). В них для животных отводится логово относительно небольшой площади. Уплотнение популяции в комплексе рассчитано на экономию материалов и денежных средств при строительстве животноводческих помещений. Но такая «экономия» часто имеет отрицательные экологические последствия. Пространство становится лимитирующим экологическим фактором. Между особями, составляющими популяцию, разворачивается борьба за жизненно важное пространство. Внутрипопуляционные конкурентные отношения, связанные с борьбой за обладание пространственными ресурсами, сопровождаются напряжением организма (стрессом), снижением упитанности, продуктивности и воспроизводительной способности животных.

Увеличение плотности популяций способствует обострению иерархических взаимоотношений между животными, учащению конфликтов между ними. Конфликтные ситуации – причина возникновения у животных болезней адаптации. Дистанция между особями в популяциях животных разных видов неодинакова. У крупного рогатого скота она колеблется от 0,5 до 3 м. Относительно небольшая дистанция устанавливается между животными, близкими по социальному рангу. Между животными разного ранга дистанция больше. Чем сильнее агрессор и слабее его конкурент, тем больше расстояние их друг от друга. Иерархические отношения резко обостряются в местах временного, но сильно выраженного увеличения плотности популяций: в узких проходах, у кормушек и т. д. Конфликты у кормушек особенно сильны, когда фронт кормления животных оказывается недостаточным. Подобная ситуация складывается при нехватке места поения животных. У взаимодействующих конкурентов возникает стрессовая реакция, особенно сильно выраженная у животных низкого ранга.

Животные-лидеры доминируют у кормушек. Оттеснив конкурентов, они потребляют лучший корм. Животные низшего ранга вынуждены довольствоваться той частью корма, которая останется от доминантов. Животные низкого иерархического уровня питаются хуже, чем доминанты. Это негативно сказывается на их упитанности, продуктивности, воспроизводительной способности, устойчивости к заболеваниям. У животных высшего ранга упитанность лучше, продуктивность выше. Они устойчивее к болезням. Доминанты не только лучше питаются, но и выбирают самые удобные места для отдыха, лежания и стояния. Животные низшего ранга вынуждены отдыхать в неудобьях, навозных каналах.

Увеличение плотности популяций – причина бесплодия самок коров, свиней, овец и животных других видов. Бесплодие рассматривают как защитную реакцию популяции по предотвращению перенаселенности биотопа. Переуплотнение популяции – одна из причин каннибализма у птиц и свиней. Пожирание себе подобных, как и бесплодие, это адаптивные реакции популяции, направленные на оптимизацию ее плотности и численности.

Стрессовые реакции возникают также при перегруппировках животных. Во вновь созданных группах устанавливаются новые иерархические взаимоотношения. Между животными, составляющими группу, идет борьба за лидерство. Конфликтная ситуация, сложив-

шаяся в результате перестройки популяции, приводит к снижению упитанности и продуктивности животных.

Технология скотоводства, овцеводства и свиноводства предусматривает отъем молодняка от матерей. Это нарушает сложившиеся между матерью и приплодом отношения. Разрыв сформировавшихся и достаточно укрепившихся связей вызывает стресс как у приплода, так и у матерей. После отъема поросята приходят в возбуждение, изменяется их поведение, снижаются темпы прироста живой массы.

#### **5.4. Факторы оптимизации процессов в животноводческих комплексах**

Умение осуществлять экологически обоснованные регуляцию и оптимизацию процессов, протекающих в ферменных биогеоценозах, необходимо при работе животноводческих ферм, комплексов, птицефабрик по производству мяса, молока, яиц и другой животноводческой продукции.

Оптимизация местообитания животных сопряжена с решением сложных зоогигиенических задач. Установлены показатели микроклимата, которые вошли в нормы технологического проектирования животноводческих ферм для содержания животных разных видов. Они дифференцированы в зависимости от вида, возраста, производственных групп животных, характера эксплуатации и особенностей их содержания. Так, в коровниках при беспривязном содержании скота оптимальной считается температура 3–5 °С, при привязном содержании – 8–12 °С, в родильном отделении – 10 °С, в телятниках – 10–12 °С. Относительная влажность воздуха в коровниках и помещениях для молодняка не должна превышать 80–85 %, в родильном отделении – 70 %, в телятниках – 75 %. Температура и относительная влажность воздуха в свинарниках для свиноматок первой половины супоросности и хряков-производителей составляют соответственно 12 °С и 75 %. Свиноматок второй половины беременности рекомендуют содержать в помещениях с более высокой температурой (16 °С) и низкой влажностью (не выше 70 %). Воздух животноводческих помещений должен быть незагрязненным, содержание аммиака в нем не должно превышать 0,02 мг/л, сероводорода – 0,015 мг/л, диоксида углерода – 0,25 %.

На специализированных фермах, в животноводческих комплексах, на птицефабриках, где животные содержатся круглогодично, к микроклимату животноводческих помещений предъявляют особые требования. Здесь используют специальные автоматизированные устройства по оценке микроклимата, его регуляции и оптимизации. Применение установок для выработки тепловой или световой энергии, осушения или увлажнения воздуха, очистки его от пыли и микроорганизмов позволяет своевременно и эффективно оптимизировать микроклимат и поддерживать его параметры на заданном уровне в течение необходимого периода времени.

Во многих хозяйствах широко практикуют ультрафиолетовое облучение сельскохозяйственных животных. Под его влиянием улучшается санитарно-гигиенический режим помещений. При горении ламп ПРК увеличивается уровень ультрафиолетовой радиации, снижается относительная влажность воздуха. Происходят озонирование и ионизация воздуха, в нем снижается количество аммиака и вредных микроорганизмов (бактерицидное действие). В результате условия жизни животных становятся более благоприятными. У животных, подвергнутых ультрафиолетовому облучению, отмечают улучшение общего состояния, повышение продуктивности и воспроизводительной способности.

Применение ультрафиолетового облучения не исключает других мероприятий по улучшению светового режима в помещениях (величина и расположение окон, их чистота и т. д.). Обращают внимание на цвет внутренних поверхностей помещений. Побелка стен и потолков способствует улучшению светового режима, так как поверхности белого цвета обладают большей отражающей способностью.

В разработке мер профилактики болезней конечностей при стойловом содержании животных большое значение имеет санитарно-гигиеническая оценка пола. Для изготовления полов берут материалы с повышенными теплоизоляционными свойствами. При хорошей теплоизоляции пола потери тепла телами животных можно свести к минимуму. В телятниках, комплексах для свиней и птиц все шире используют подогреваемые полы. Теплые полы способствуют предупреждению простудных и иных болезней телят, свиней и птиц.

Для теплоизоляции пола большое значение имеет подстилка. В качестве подстилки используют солому, древесную стружку или опилки, торф и другие материалы. Применение подстилки при со-

держании животных на фермах непромышленного типа оправдано как с экологической, так и с экономической точек зрения.

При устройстве полов, особенно решетчатых, следует предусматривать такую компоновку стойл, кормушек и поилок, которая отвечала бы экологическим требованиям жизнеобеспечения животных при их движении, кормлении и поении.

В животноводческих комплексах при бесподстилочном содержании животных к качеству щелевых полов необходимо предъявлять высокие требования. Зооветспециалисты-экологи должны участвовать в проектировании новых животноводческих комплексов и контролировать качество строительных работ, обращая особое внимание на изготовление и укладку решетчатых полов. Конструкция щелевых полов должна обеспечивать полное удаление навоза и исключать травмирование конечностей крупного рогатого скота. Пол должен быть прочным, иметь ровную поверхность. Недопустима укладка полов, имеющих на поверхности заусенцы, трещины, наплывы.

Наиболее пригодны для молочных комплексов чугунные решетки с шириной планок 50 мм и просветом между ними 30–40 мм. Предпочтение отдают чугунным решеткам с елочным расположением щелей, поскольку они обеспечивают более надежную опору конечностей. На таких полах копыта коров травмируются в три-пять раз меньше, чем на решетках с продольным расположением щелей. Пол не должен быть скользким. Ровный пол с небольшим уклоном (1–2°) к навозному каналу обеспечивает хороший сток мочи. Высота выступа пола над уровнем навозного прохода не должна превышать при привязной системе содержания 5 см, при привязно-боксовой – 15 см. В животноводческих комплексах, где навоз убирают скребковыми транспортерами, навозные желоба укрывают полужагунными решетками.

При комплектовании и пополнении стад молочных комплексов большое внимание уделяют подбору животных, пригодных для содержания в условиях промышленной технологии.

Нежелательно ставить в комплекс старых коров, так как они плохо адаптируются к новой обстановке, особенно к щелевым полам. Рекомендуют подбор здоровых нетелей или коров в возрасте двух-четырех лет с нормальной постановкой конечностей, с крепкими, недеформированными копытами.

Немаловажное значение имеет предохранение животных от воздействия сильных шумов. Вокруг животноводческих ферм соз-

дают зеленые насаждения из кустарников, густолиственных и хвойных деревьев. Кроны деревьев и кустарников обладают высокой звукоизолирующей и звукоотражающей способностью. Зеленые насаждения полезны и между зданиями, так как это не только снижает уровень шума, но и создает на территории ферм свой микроклимат, улучшая качество воздуха. Поступление загрязненного воздуха из одного помещения в другое резко уменьшается, повышается их общее санитарное состояние.

В условиях стойлового содержания большое значение имеет поддержание двигательной активности животных (борьба с гиподинамией). Под влиянием рациона у животных улучшаются аппетит, усвоение питательных веществ корма, активизируются обменные процессы, возрастает нервно-мышечный тонус. У молодняка увеличиваются привесы, у коров – надой и жирность молока, у овец – настриг шерсти, у птиц – яйценоскость. Моцион благотворно влияет на половую активность и качество спермы самцов, оплодотворяемость и плодовитость самок. Прогулки беременных животных способствуют предупреждению послеродовых и других заболеваний. Ежедневное принудительное движение коров в течение 60 мин со скоростью 4,2–5,5 км/ч устраняет гиподинамию, способствует улучшению состояния организма.

Поддержание благоприятных «бытовых» условий животных – важный, но не единственный фактор, определяющий успешное развитие животноводства. Среди других факторов ведущее место отводят полноценному кормлению животных. Регуляция и оптимизация кормления имеют тесную органическую связь с производством кормов, технологией их хранения, переработки, режимом скармливания животным. Создание прочной кормовой базы возможно при координированном решении организационно-хозяйственных, агротехнических, технологических и ветеринарно-зоотехнических задач.

Объем производства кормов, как правило, должен опережать рост поголовья сельскохозяйственных животных. Необходимо научно обоснованное балансирование рационов кормления животных по общей энергии, переваримому протеину, легкопереваримым углеводам, макро- и микроэлементам, витаминам.

Строго установленный режим кормления определяет устойчивый стереотип функционирования органов пищеварения, благоприятно влияет на обмен веществ, продуктивность, воспроизводительную способность и естественную резистентность животных. Направленное

кормление их может стать эффективным лечебно-профилактическим методом при нарушении обмена веществ.

Необходимо способствовать предупреждению стресса у животных. С этой точки зрения большого внимания заслуживает семейно-гнездовой метод выращивания свиней. Суть этого метода в том, что каждую супоросную свиноматку помещают в специальный станок для опороса. Здесь вместе с приплодом она находится до отъема, а микропопуляция поросят остается в том же местообитании. Внутрипопуляционные взаимоотношения, сложившиеся в помете поросят, сохраняются во время доращивания и откорма. Стабилизация иерархических отношений между особями в популяции – важный фактор предохранения животных от стресса. Семейно-гнездовой метод воспитания свиней эффективен, т. е. экономически оправдан. Он экологичен, как бы подсмотрен у природы (семейный образ жизни наблюдают у кабанов).

Необходимо регулировать плотность популяции. В ориентировочных нормах площади логова в расчете на одно животное учитывают вид, возраст, породу животных, систему их содержания и т. д. При стойловом содержании дойных и сухостойных коров необходимо учитывать племенные качества животных. Для племенных животных площадь логова несколько больше (2,5–3 м<sup>2</sup>), чем для неплеменных (1,7–2,2 м<sup>2</sup>). При беспривязном содержании указанные нормативы недостаточны, поэтому их увеличивают, по крайней мере, до 4–5 м<sup>2</sup>. Очевидно, что рациональное размещение популяций в животноводческих помещениях – проблема не только зоогигиеническая, но и экологическая.

Не рекомендуют формировать слишком большие по численности группы. В небольших группах животные запоминают друг друга, и угроза агрессивного отношения между ними значительно снижена.

Необходимо снизить до минимума перегруппировки животных, связанные с зооветеринарными обработками, формированием стад и других производственных групп. Животных приучают к определенному порядку поведения в помещении во время раздачи корма, доения, раскладывания подстилки и т. д.

Следует вести борьбу с генетическими болезнями животных. Селекционная работа в животноводстве должна проводиться на высоком научном уровне, обеспечивающем выведение таких пород животных, у которых полезнохозяйственные свойства гармонично сочетаются с крепким здоровьем и невосприимчивостью к заболеваниям.



Регуляция и оптимизация процессов, протекающих в животноводческих фермах (комплексах) как искусственных биогеоценозах, – ведущие факторы профилактики болезней животных, повышения эффективности животноводства.

Наряду с этим необходимо обратить внимание на проблему, связанную с экологической нишей животных, т.е. функцией, которую они выполняют в биогеоценозе. Благодаря этой функции, характеризующейся потреблением и преобразованием травоядными органического вещества растений, поддерживается нормальное состояние природных биогеоценозов. Однако в условиях животноводческих комплексов как искусственных экосистем это нарушается, что приводит к неблагоприятным изменениям в природе.

Масштабы использования органических веществ растений для кормления животных, сконцентрированных в комплексе, резко возрастают. Одна часть кормовой массы животными усваивается и преобразуется в органические вещества своих тел, а другая, более значительная, выделяется ими в виде экскрементов (фекалий, мочи и др.). Вблизи животноводческих ферм промышленного типа возможно скопление большого количества навоза. Загрязняются почва, вода, атмосфера, что неблагоприятно влияет на флору, фауну и на самих домашних животных.

Проблема утилизации навоза сложна, поэтому изыскивают принципиально новые подходы к ее решению. Ведут интенсивные разработки по созданию таких животноводческих ферм (комплексов), которые бы функционировали по типу природных биогеоценозов, т. е. безотходных производств. Это направление весьма перспективно. Известно о разработке проекта животноводческого комплекса «Протеиновый конвертер», функционирующего по типу безотходного производства. Он предназначен для откорма крупного рогатого скота и представляет собой искусственную экосистему с почти замкнутым круговоротом веществ. В животноводческом комплексе имеются автотрофы, создающие органическое вещество фотосинтетического происхождения (водоросли, гидропонная зелень). Гетеротрофы представлены крупным рогатым скотом, овцами (или свиньями), птицами, рыбами (или омарами). В протеиновом конвертере одна часть навоза служит удобрением для растений, другая идет на корм животным и, наконец, третья подвергается абиотическому разложению на кислород и водород. Кислородом обогащают помещения для животных, а водород используют для генераторов

конвертера как энергетический материал. Исходящие продукты конвертера – только чистая вода и высококачественное мясо.

Дальнейшее совершенствование методов кормления, содержания животных в животноводческих помещениях, мер охраны окружающей среды от загрязнений – вот на сегодняшний день наиболее актуальные задачи для промышленного животноводства.

### ***Контрольные вопросы***

1. Назовите основные особенности ферменных биогеоценозов.
2. Дайте характеристику ферменного БГЦ.
3. Охарактеризуйте особенности влияния факторов ферменного БГЦ на животных.
4. Как осуществляют регуляцию и оптимизацию ферменных БГЦ с целью повышения продуктивности животных и их охраны от заболеваний?
5. Укажите основные принципы создания безотходных животноводческих комплексов.
6. В чем суть методов охраны прилегающих территорий от загрязнения отходами животноводческих комплексов?

***Практическое задание:*** нарисуйте схемы скотного двора, животноводческих ферм. Предложите свои методы утилизации отходов.

## **Глава 6. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**

### **6.1. Понятие об агроэкологическом мониторинге**

Важная роль в организации контроля за состоянием окружающей природной среды принадлежит *экологическому мониторингу*, призванному осуществлять систематические наблюдения за изменяющимися показателями окружающей природной среды, давать оценку состояния и прогнозировать характер изменений в зависимости от напряженности антропогенных и природных факторов.

*Агроэкологический мониторинг*, являющийся важной составляющей частью Единой государственной системы экологического мониторинга, представляет собой общегосударственную систему наблюдений и контроля за состоянием и уровнем загрязнения агроэкосистем (и сопредельных с ними сред) в процессе интенсивной сельскохозяйственной деятельности. Он направлен на создание высокоэффективных, экологически сбалансированных агроценозов на основе оптимального использования и расширенного воспроизводства почвенного и ресурсного потенциала.

Мощный антропогенный пресс и организационно-экономические преобразования сельского хозяйства прошлого столетия нанесли серьезный удар по экологическому состоянию сельскохозяйственных земель России. Традиционные рекомендации по почвозащитным севооборотам и агротехнике в новых экономических условиях оказались недоступны многим производственным хозяйствам. В этих условиях, с одной стороны, сильное развитие получили процессы деградации почв (эрозия, выпахивание, дегумификация, подкисление и др.), с другой – возросла зависимость результатов работы от агроэкологических особенностей каждого земельного участка, обуславливая необходимость перехода к адаптивно-ландшафтным системам земледелия. Появилась настоятельная потребность более глубокого знания о современном состоянии почв и протекающих в них процессах на основе специальных наблюдений, организованных во времени и пространстве, представляющих собой агроэкологический мониторинг.

*Базовый агроэкологический мониторинг* формирует открытую многоцелевую информационно-справочную систему, предназначенную для решения прикладных и управленческих задач в области экологии и рационального землепользования. Решение этих задач

связано с разрешением целого ряда методических вопросов, среди которых обоснование и адаптация основных диагностических параметров, необходимых и достаточных для проведения базового агроэкологического мониторинга. *Базовые параметры* мониторинга абсолютно или условно стабильны на весь период наблюдений. Их анализ проводится для решения следующих информационно-справочных и методических задач:

- четкой координации при выносе в натуру выбранных объектов мониторинга для обеспечения преемственности последующих наблюдений и снижения влияния пространственной вариабельности параметров на временные ряды наблюдений;
- выявления общих закономерностей истории формирования и трендов развития геоэкосистем, в которые входят объекты исследования;
- обеспечения сопоставимости различных объектов мониторинга;
- установления географических рамок и принципиальных ландшафтно-экологических условий для обоснованной экстраполяции результатов мониторинга на территорию исследуемого региона.

## **6.2. Цель, задачи, принципы и основные компоненты агроэкологического мониторинга**

Подчеркнем еще раз то, что агроэкологический мониторинг (АЭМ) является важной составляющей общей системы мониторинга и представляет собой общегосударственную систему наблюдений и контроля за состоянием и уровнем загрязнения агроэкосистем (и сопредельных с ними сред) в процессе интенсивной, сельскохозяйственной деятельности.

*Цель агроэкологического мониторинга* – создание высокоэффективных, экологически сбалансированных агроценозов на основе рационального использования и расширенного воспроизводства природно-ресурсного потенциала, грамотного применения средств химизации и т. д.

*В задачи агроэкологического мониторинга* входят:

- 1) организация наблюдений за состоянием агроэкосистем;
- 2) получение систематической объективной и оперативной информации по регламентированному набору обязательных показа-

телей, характеризующих состояние и функционирование основных компонентов агроэкосистем;

3) оценка получаемой информации;

4) прогноз возможного изменения состояния данного агроценоза или системы их в ближайшей и отдаленной перспективе;

5) выработка решений и рекомендаций, консультации;

6) предупреждение возникновения экстремальных ситуаций и обоснование путей выхода из них;

7) направленное управление эффективностью агроэкосистем.

Основными *принципами агроэкологического мониторинга* являются:

- *Комплексность*, т. е. одновременный контроль за тремя группами показателей, отражающих наиболее существенные особенности variability агроэкосистем (показатели ранней диагностики изменений; показатели, характеризующие сезонные или кратко срочные изменения; показатели долгосрочных изменений).

- *Непрерывность контроля за агроэкосистемой*, предусматривающая строгую периодичность наблюдений по каждому показателю с учетом возможных темпов и интенсивности его изменений.

- *Единство целей и задач исследований*, проводимых разными специалистами (агрометеорологами, агрохимиками, гидрологами, микробиологами, почвоведомы и т. д.) по согласованным программам под единым научно-методическим руководством.

- *Системность исследований*, т. е. одновременное исследование блока компонентов агроэкосистемы: атмосфера – вода – почва – растение – животное – человек.

- *Достоверность исследований*, предусматривающая, что точность их должна перекрывать пространственное варьирование, сопровождаться оценкой достоверности различий.

- *Одновременность* (совмещение, сопряженность) наблюдений по системе объектов, расположенных в различных природных зонах.

Объектом *агроэкологического мониторинга* прежде всего является агроландшафт (АЛ), а также другие природные и природно-общественные системы, прямо или косвенно взаимодействующие с сельским хозяйством, продуктами его производства и отходами.

*Агроландшафт* выступает как фундамент *агроэкологического мониторинга (АЭМ)*, как своеобразный «скелет» для организации разнообразной агроэкологической информации. Он является наибо-

лее консервативным элементом АЭМ и периодичность его повторных изучений определяется:

- ❖ для локального уровня – изменением землеустроительной практики;
- ❖ для районного – специализацией;
- ❖ для регионального – сельскохозяйственной политикой государства.

Проблемы информационного обеспечения системы агроэкологического мониторинга включают в себя многочисленные сферы и аспекты организационного и технического порядка.

Наиболее общая классификация задач информационного обеспечения АЭМ позволяет выделить следующие направления:

1) информационное обеспечение научно-исследовательских и производственных организаций системы АЭМ (сбор, стандартизация и первичный анализ данных, оценка воздействия на окружающую среду, оценка эффективности сельскохозяйственного производства, экспертиза проектов, земельный кадастр и т. д.);

2) информационное обеспечение запросов коллективных и индивидуальных производителей сельскохозяйственной продукции в технологической и экономической сферах (получение доступа к новым технологиям и сортам, текущее и прогнозное состояние рынка сбыта сельскохозяйственной продукции, поставщики сельскохозяйственных машин, оборудования и т. д.);

3) информационное обеспечение государственной и коммерческой управленческой деятельности (перспективные для инвестиций отрасли или регионы, распределение дотаций или помощи в кризисных ситуациях, принятие хозяйственных решений, контроль исполнения решений и т. д.).

Своевременно обеспечить разнообразные информационные запросы всех групп пользователей возможно только при помощи специальных технических средств и соответствующих организационных мероприятий. К их числу можно отнести *создание региональных и национальной баз данных АЭМ*, развертывание сети компьютерных телекоммуникаций между составными частями системы АЭМ, а также сети объектов наблюдений, оснащенной средствами для наземных измерений и дистанционного зондирования.

После выявления и стабилизации информационных потоков встает проблема обработки и интерпретации поступающей инфор-

мации, а также определения степени генерализации информации при передаче с одного иерархического уровня на другой.

*Блоки информации в системе АЭМ:*

- ❖ базовая (фоновая) информация на всю территорию региона о состоянии медленно изменяющихся компонентов агроландшафта (рельеф, гидрологическая сеть, механический состав почв, агроклиматические характеристики);
- ❖ оперативная информация, поступающая с объектов АЭМ (приборные измерения, лабораторные анализы, статистические отчеты, описания состояний агроландшафтов и их компонентов);
- ❖ научно-методическая информация (новые методы изучения агроландшафтов и интерпретации исходных данных, информация о новых технологиях производства сельскохозяйственных культур и защиты окружающей среды, новые стандарты и нормативы);
- ❖ справочная информация для различных кругов пользователей (готовые отчеты, справки, экспертные заключения, каталоги, научные публикации и т. д.).

Уровень подробности описания территории увеличивается по мере уменьшения ранга агроландшафта, при этом увеличивается и количество идентифицированных объектов на каждом уровне.

Основной структурной единицей специализированного банка данных системы АЭМ является *геоинформационная система полигона и обслуживаемого субрегиона*. В базе данных полигона АЭМ идентифицированы пункты сбора информации (стационары, посты и т. д.) с указателями на тип и идентификатор обслуживаемой АЛС.

Важное место в информационной системе АЭМ занимает *научно-методическая база данных*, предназначенная для обеспечения взаимодействия между региональными научно-методическими и научно-производственными центрами АЭМ. Научно-методический центр занимается сбором, анализом, оценкой эффективности различных технологий природопользования, разрабатывает региональные нормативы, рекомендации и т. д. После соответствующей формализации и указания областей применимости рекомендаций эта информация может быть использована для оценки состояния агропромышленного комплекса в административных областях и районах, а также экологической экспертизы различных хозяйственных проектов.

Основными блок-компонентами агроэкосистем являются атмосфера, вода, почва, растения. Проведение мониторинга по каждому из этих объектов имеет определенные особенности.

**Почвенный экологический мониторинг** состоит из трех последовательных взаимосвязанных частей: контроль (наблюдения) за состоянием почв и почвенного покрова и оценка их пространственно-временных изменений; прогноз вероятных изменений состояния почв и почвенного покрова; научно обоснованные рекомендации по направленному регулированию основных средств и режимов в почвах, непосредственно определяющих их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур.

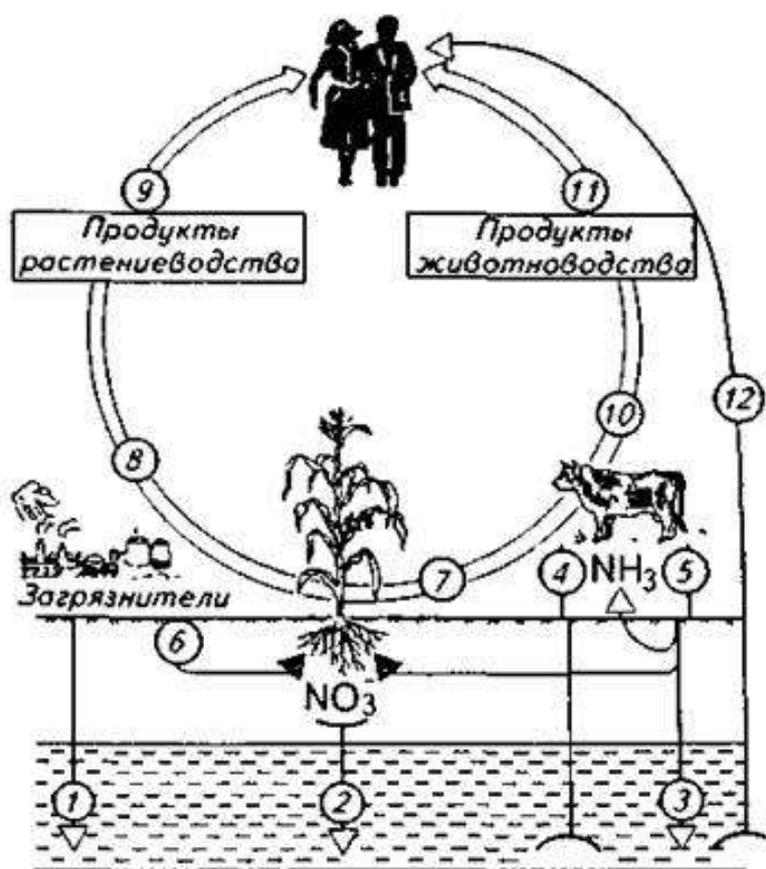


Рисунок 7 – Схема компонентов агроэкологического мониторинга:  
 1–3 – сточные и грунтовые воды; 4, 12 – питьевые воды; 5 – выделения;  
 6 – токсиканты; 7 – корма; 8–11 – продукты питания

Получаемая на базе мониторинга информация об изменении свойств почвы, почвенных режимов и процессов под воздействием естественных факторов почвообразования и антропогенных нагрузок служит основой для моделирования почвенного плодородия.



Задача *мониторинга состояния почвенного покрова* – обеспечение регулярного контроля за использованием земель (соответствие природного потенциала земель их производственному назначению); однородностью почвенного покрова полей (контурность, пятнистость, образование микрорельефа и др.); эрозионными процессами (увеличение числа оврагов, дефляция поверхности, перемещение барханов, дюн и др.); оползневыми и селевыми наносами; подсклоновым заилением, заболачиванием, засолением, опустыниванием и другими негативными процессами.

Наблюдения за состоянием почвенного покрова, как правило, осуществляют путем *наземного почвенного картирования*.

Усиление негативных антропогенных воздействий, обуславливающих нарушение почв и снижение их плодородия, требует включения в *программы почвенно-экологического мониторинга* следующих задач:

- ❖ определение потерь почвы (в том числе скорости потерь) в связи с развитием водной эрозии и дефляции;

- ❖ контроль за изменением кислотности и щелочности почв (прежде всего в районах с повышенными дозами внесения минеральных удобрений при осушении и орошении, а также при использовании мелиорантов и промышленных отходов в окрестностях крупных промышленных центров, которые характеризуются высокой кислотностью атмосферных осадков);

- ❖ контроль за изменением водно-солевого режима и водно-солевых балансов мелиорируемых, удобряемых или каким-либо другим способом изменяемых почв;

- ❖ выявление регионов с нарушенным балансом основных элементов питания растений, обнаружение и оценка скорости потерь почвами гумуса, доступных форм азота и фосфора;

- ❖ контроль за загрязнением почв тяжелыми металлами, выпадающими с атмосферными осадками, и за локальным загрязнением их тяжелыми металлами в зонах влияния промышленных предприятий и транспортных магистралей;

- ❖ контроль за загрязнением почв химическими средствами защиты растений в районах их постоянного использования (например, на рисовых полях);

- ❖ контроль за загрязнением почв детергентами и бытовыми отходами, особенно на территориях с высокой плотностью населения;

❖ сезонный и долгосрочный контроль за структурой почв и содержанием в них элементов питания растений, за водно-физическими свойствами и уровнем грунтовых вод;

❖ экспертная оценка вероятности изменения свойств почв при сооружении гидромелиоративных систем, внедрении новых систем земледелия и технологий, строительстве крупных промышленных предприятий и других объектов.

Многообразие природных условий и факторов антропогенных воздействий на почвы, сложность почвенных структур обуславливают необходимость разработки дифференцированных программ почвенно-экологического мониторинга.

*Начальный этап мониторинга (первая форма)* позволяет оценить состояние почв и почвенного покрова, масштабы воздействия антропогенных факторов, направленность и интенсивность развития негативных процессов и выбрать (в соответствии с базовыми принципами мониторинга) объекты для последующих исследований.

*Стационарная форма почвенно-экологического мониторинга (вторая форма)* реализуется по расширенной программе комплексных исследований свойств и параметров почв, режимов и процессов, протекающих в них.

Для длительных и комплексных наблюдений стационарный участок должен включать группу достаточных по размерам площадок, которые охватывали бы все виды почв, различающихся по степени проявления тех или иных процессов, например при гидроморфизме мезоморфные почвы вершин повышений, глееватые почвы склонов, глеевые понижения рельефа. То же относится и к немелиорированным массивам. Размеры экспериментальных участков (площадок) трудно определить заранее. Их устанавливают с учетом размеров и состояния элементарных почвенных ареалов, длительности исследований, видов режимных исследований и периодичности наблюдений.

*Третья форма мониторинга* реализуется по сокращенной программе в процессе маршрутных обследований заранее выбранных участков или маршрутов (по тому же принципу, что и стационаров). При этом основное внимание уделяют репрезентативным диагностическим показателям, наиболее динамично меняющимся во времени (кислотность, окислительно-восстановительный потенциал почвы, плотность и структурное состояние почвы и т. д.). Маршрутные обследования пространственно могут быть приурочены к ста-

ционарным участкам или их прокладывают по самостоятельным направлениям.

По своему содержанию маршрутная система мониторинга представляет собой форму оперативного контроля за состоянием почв и почвенного покрова, мелиоративных систем, агроэкосистем и продуктивностью земель. Периодичность (частота) маршрутов – 1–3 за вегетационный период. В случае выявления негативных процессов (переосушение или подтопление площадей, утечка воды из дрен, изреженность и вымокание посевов, засоление, подкисление, солонцевание, эрозия и т. д.) составляют соответствующие карты и картосхемы, специальные акты. При обнаружении значительных изменений в свойствах почв и структуре почвенного покрова оценивают целесообразность проведения дальнейших наблюдений на таких участках (территориях).

*Четвертая форма мониторинга заключается в сплошном обследовании территории.* Выходные информационные материалы при этой форме мониторинга составляют в первую очередь инвентаризационные картографические характеристики, а также картограммы агрохимических обследований и разработанные на этой основе рекомендации по рационализации землепользования.

Получаемые данные о фактическом состоянии почвенных (содержание гумуса, эродированность, рН, засоленность, солонцеватость и др.) и агрохимических (содержание подвижных форм азота, фосфора, калия и др.) свойств, агропроизводственная группировка почв и «почвенные очерки», характеризующие почвы по всему спектру пользования, служат базовыми предпосылками для последующих теоретических обобщений и практических рекомендаций. Последние же должны отражать трансформацию сельскохозяйственных угодий; охрану почв от водной и ветровой эрозии; осушение, орошение и проведение культуртехнических работ; химическую мелиорацию земель (известкование, гипсование и т. д.); рациональные размещения и набор сельскохозяйственных культур; особенности агротехнических приемов и систем применения удобрений с учетом почвенных условий; улучшение сенокосов и пастбищ.

Обязательное условие при осуществлении рассматриваемой формы мониторинга – использование методов картографирования. При этом набор приемов получения исходных данных (от визуальных до космических) должен быть максимально полным.

В зависимости от сложности почвенного покрова для проведения съемок, оценки специализации хозяйств и интенсивности использования земель устанавливают различные масштабы почвенных исследований (лесостепь – 1 : 10 000 – 1 : 25 000; пастбищные угодья в полупустыне – 1 : 50 000; орошаемые и осушенные земли – 1 : 2000 – 1 : 5000 и т. д.). Одновременно дифференцируют точность проводимых обследований и составляемых картографических материалов.

В результате длительной распашки, применения удобрений, химических мелиорантов, орошения, осушения и других агротехнических и мелиоративных мероприятий компонентный состав комплексных почвенных контуров изменяется. На это обстоятельство в процессе мониторинга следует обращать серьезное внимание.

Для достижения репрезентативности наблюдений и объективности оценок состояния и изменений почвенно-агрохимических свойств почвенные обследования целесообразно проводить с периодичностью 1 раз в 10–15 лет, а агрохимические – каждые 5 лет. Проведение таких работ повторно, с одной стороны, позволяет устранять недостатки и восполнять пробелы прежних наблюдений, а с другой (что наиболее существенно) – выявлять и фиксировать происшедшие изменения свойств почв и почвенного покрова вследствие природных и антропогенных воздействий.

Объекты мониторинга закладываются во всех земледельческих зонах. Они должны отражать типичные природные и сельскохозяйственные ландшафты и быть приурочены к местам наиболее интенсивного антропогенного воздействия. Параллельно выбирают фоновые территории (участки), представленные природными ландшафтами, почвы которых за последние 40–50 лет не испытывали или испытывали незначительные антропогенные нагрузки. Фоновыми территориями могут служить заповедники.

При выборе объектов мониторинга учитывают специализацию хозяйства, систему земледелия, способы обработки почв, систему севооборотов. Целесообразно выбирать объекты исследования (хозяйства) с разным экономическим уровнем.

Вид и степень антропогенного воздействия на почвы, в частности на структуру почвенного покрова, также существенно влияют на выбор объектов мониторинга и объекты соответствующих работ. Например, при организации почвенного мониторинга распространения вторичного засоления число наблюдательных участков помимо

прочих условий будет зависеть от степени (и, возможно, вида) засоления, уровня грунтовых вод и других специфических факторов.

Предположим, что в зоне засоления почв имеются эрозионно-опасные земли и источники техногенного загрязнения (к примеру, тяжелыми металлами), тогда в схему объектов мониторинга включают участки, позволяющие учитывать различные масштабы смытости, а также особенности аккумуляции почвой техногенных веществ в зависимости от расстояния до источников загрязнения, вида ценозов и других экологических факторов.

На мелиорированных землях необходимо принимать во внимание способ орошения, тип дренажа, сроки функционирования оросительной или осушительной системы, состав оросительных и дренажных вод.

**Локальный агроэкологический мониторинг** проводят в производственных условиях в опытно-показательных и базовых хозяйствах, расположенных в основных почвенно-климатических регионах страны.

В задачи данного вида агроэкологического мониторинга входят:

1) проведение систематических наблюдений за состоянием основных компонентов агроэкосистемы (почва – вода – растения) под влиянием интенсивного применения средств химизации;

2) оценка и прогноз изменений состояния названных компонентов в зависимости от техногенных нагрузок;

3) изучение и оценка высокоэффективных экологически безопасных технологических приемов в земледелии и разработка мер по их широкому применению в производственных условиях.

В системе локального мониторинга проходят апробацию основные технологические решения, полученные на полигонных объектах.

**Сплошной агроэкологический мониторинг** осуществляют учреждения Гипрозема, Агрохимслужбы и др., которые периодически (через 5–15 лет) обследуют почвенный покров страны (рН, содержание гумуса, эродированность, засоленность, содержание подвижных форм N, P, K). По данным обследований составляют почвенные и агрохимические очерки, в которых дают всестороннюю характеристику землепользования хозяйств и рекомендации по его улучшению. Составляют также картограммы и карты. При проведении таких обследований можно выявить (а затем отразить на карто-

графическом материале) антропогенные, техногенные, эрозионные и другие изменения свойств почв и состояния почвенного покрова.

При сплошном агрохимическом мониторинге предусматривают также ежегодную комплексную диагностику минерального питания по основным этапам органогенеза.

Для проведения мониторинга на типичных по почвенному покрову полях с разной интенсивностью химических нагрузок выделяют постоянные участки (реперные площадки), на которых изучают динамику широкого набора показателей, служащих основой для последующей экологической оценки применяемых технологий. Наблюдательные (фоновые участки) площадки организуют и на ближайших почвенных аналогах, не подвергающихся антропогенному воздействию (целина, залежь, естественные угодья).

Наиболее перспективное направление проведения сплошного производственного агроэкологического мониторинга – дистанционная аэрокосмическая съемка.

### ***Контрольные вопросы***

1. Цель и задачи агроэкологического мониторинга.
2. Основные принципы агроэкологического мониторинга.
3. Подсистемы агроэкологического мониторинга
4. Что предусматривает проектирование агроландшафтов?
5. На что в первую очередь направлена ландшафтная (почво-защитная) и ресурсосберегающая системы земледелия?
6. Охарактеризуйте формы агроэкологического мониторинга.
7. В чем суть локального и сплошного агроэкологического мониторинга?
8. Расскажите об основных компонентах агроэкологического мониторинга.
9. В чем заключаются основные принципы организации полигонного агроэкологического мониторинга?

## **Глава 7. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Современное сельское хозяйство стремится к получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур с приемлемым качеством продукции, при этом процесс возделывание последних уже давно не ограничивается традиционным севом в полевых условиях. Значительное количество сельскохозяйственных земель в России уже изъято из землепользования, чаще всего по причине загрязнения или их общей деградации.

В условиях возросшей антропогенной нагрузки на биосферу планеты почва, являясь элементом природной системы и находясь в динамичном равновесии со всеми другими компонентами, подвергается деградационным процессам. Потоки веществ, попадая в почву в результате антропогенной деятельности, включаются в естественные циклы, нарушая нормальное функционирование почвенной биоты и, как следствие, всей почвенной системы.

### **7.1. Воздействие сельского хозяйства на окружающую среду**

Комплексное воздействие сельского хозяйства на природную среду складывается из значительного числа факторов воздействия растениеводства и животноводства применительно к конкретным физико-географическим особенностям регионов. Значимость и степень влияния отдельных факторов сильно варьируют на территории России вследствие широкого разнообразия типов сельскохозяйственного использования земель, природных и исторических условий формирования экологической ситуации в различных регионах. Состав, размещение и чередование сельскохозяйственных культур во многом характеризуют степень влияния сельского хозяйства на природную среду.

Влияние сельскохозяйственного производства на природную среду огромно, в частности это:

- ◆ эрозия земель в результате неправильной распашки, перевыпаса скота, применения тяжелой техники;
- ◆ загрязнение почв из-за неконтролируемого использования минеральных удобрений и ядохимикатов;
- ◆ загрязнение вод неочищенными стоками животноводческих ферм;

◆ нарушение растительного покрова вследствие освобождения территории под сельхозугодия;

◆ нарушение водного баланса отдельных территорий вследствие неправильного проведения мелиоративных работ.

#### **Возможное влияние на состояние атмосферы:**

- *взвешенные частицы, содержащие тяжелые металлы;*
- *вспашка почвы;*
- *увеличение концентрации тяжелых металлов в цепях питания;*
- *оксиды азота NO<sub>x</sub>;*
- *азотосодержащие минеральные удобрения (изменение климата, образование кислотных осадков, увеличение концентрации нитратов (нитритов) в пищевых цепях, усиление коррозии);*
- *ртуть (производство ряда пестицидов, накопление в организме по пищевым цепям);*
- *фосфаты (производство фосфорных удобрений, экологическое состояние вод в реках и озерах);*
- *пестициды (производство пестицидов, накопление в организме по пищевым цепям).*

Основное отличие сельскохозяйственных воздействий от промышленных заключается, прежде всего, в их распространении на огромные территории. Как правило, использование больших площадей под сельскохозяйственные нужды вызывает коренную перестройку всех компонентов природных комплексов. При этом совсем не обязательно происходит разрушение природы, довольно часто именно сельскохозяйственные ландшафты относят к категории «культурных».

Весь спектр сельскохозяйственных воздействий можно разделить на две группы: влияние земледелия и животноводства.

*Земледелие.* Воздействие земледелия на природный комплекс начинается с уничтожения на больших площадях сообщества естественной растительности и замены ее культурными видами. Следующий компонент, испытывающий существенные изменения, – почва. В естественных условиях почвенное плодородие постоянно поддерживается тем, что взятые растениями вещества снова возвращаются в нее с растительным опадом. В земледельческих же комплексах основная часть элементов почвы изымается вместе с урожаем, что особенно типично для однолетних культур. Подобная ситуация повторяется ежегодно, поэтому существует вероятность того, что через несколько десятков лет запас основных элементов почвы будет исчерпан.



Для восполнения изъятых веществ в почвы вносят в основном минеральные удобрения: азотные, фосфорные, калийные. Это имеет как положительные последствия – пополнение запасов питательных веществ в почве, так и отрицательные – загрязнение почвы, воды и воздуха. При внесении удобрений в почву попадают так называемые балластные элементы, которые не нужны ни растениям, ни почвенным микроорганизмам. Например, при использовании калийных удобрений наряду с необходимым калием вносится бесполезный, а в некоторых случаях вредный хлор; с суперфосфатом попадает много серы и т. д. Токсичного уровня может достигать и количество того элемента, ради которого минеральное удобрение вносят в почву. Прежде всего, это относится к нитратной форме азота. Избыточные нитраты накапливаются в растениях, загрязняют подземные и поверхностные воды (вследствие хорошей растворимости нитраты легко вымываются из почвы). Кроме того, при избытке нитратов в почве размножаются бактерии, которые восстанавливают их до азота, поступающего в атмосферу.

Кроме минеральных удобрений в почву вносятся различные химические вещества для борьбы с насекомыми (инсектициды), сорняками (пестициды), для подготовки растений к уборке, в частности дефолианты, ускоряющие сбрасывание листьев у хлопчатника для его машинной уборки. Большинство этих веществ очень токсично, не имеет аналогов среди природных соединений, очень медленно разлагается микроорганизмами, поэтому последствия их применения трудно предсказать. Общее название вносимых ядохимикатов – *ксенобиотики* (чужие для жизни).

В целях увеличения урожая в развитых странах пестицидами обрабатывают около половины посевных площадей. Мигрируя вместе с пылью, подземными и наземными водами, ядохимикаты распространяются повсеместно (они обнаружены на Северном полюсе и в Антарктиде) и представляют повышенную экологическую опасность.

Современное интенсивное сельское хозяйство сопровождается *загрязнением поверхностных вод растворимыми соединениями фосфора и азота*, которые накапливаются в конечных бассейнах стока и вызывают бурный рост водорослей и микроорганизмов в этих водоемах. Это явление называется эвтрофикацией водоемов. В таких водоемах кислород быстро расходуется на дыхание водорослей и окисление их обильных остатков. Вскоре создается обстановка дефицита кислорода, из-за которой погибают рыбы и другие

водные животные, начинается их разложение с образованием сероводорода, аммиака и их производных. Эвтрофикацией поражены многие озера, в том числе Великие озера Северной Америки.

*Неочищенные стоки сельскохозяйственного производства* являются одним из источников загрязнения вод. Сточные воды несут в себе опасные химические соединения, болезнетворные микроорганизмы, инсектициды и гербициды, биогены, входящие в состав удобрений. Данная проблема вызывает тревогу за здоровье и жизнь людей. Хотя природная среда уже так серьезно заражена, что полностью ликвидировать загрязнения уже стало невозможно.

*Пестициды и удобрения*, применяемые в сельском хозяйстве, смываются в реки, озера, моря с дождевой водой и становятся пищей для бактерий. При этом бактерии потребляют кислород, растворенный в воде, в результате рыбы и водные животные начинают задыхаться. В ряде мест неочищенные сточные воды смываются в реки и моря и становятся причиной заболеваний, а иногда и смерти как животных, так и людей.

*Загрязнение вод* несет в себе ту же угрозу для человека, что и загрязнение почвы (на основе вышесказанного). Глубокое и длительное, а часто необратимое воздействие на почву, изменяющее ее коренные свойства, оказывают орошение и осушение земель.

*Мелиорация земель* является объективной необходимостью в деле преобразования природных комплексов, превращения болот и заболоченных земель в высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья, социального и экономического преобразования страны. Как важнейшее звено интенсификации сельскохозяйственного производства мелиорация призвана внести ощутимый вклад в решение общей продовольственной программы.

Экологические аспекты неразрывно связаны с хозяйственной стороной проблемы и требуют всестороннего внимания и глубокого осмысления. В России и странах ближнего зарубежья площади, охваченные водными мелиорациями, постоянно увеличиваются. Это ведет к значительному увеличению потребления водных ресурсов. Освоение новых сельскохозяйственных угодий под орошение часто сдерживается дефицитом водных ресурсов, поскольку этот вид мелиораций характерен в первую очередь для южных районов страны.

Существенным резервом нормированного использования влаги являются правильный выбор и рациональное применение различных способов полива сельскохозяйственных угодий. За два последних

десятилетия в хозяйствах России до 75 % возросли площади полива методом дождевания, что привело к снижению оросительных норм на 25–30 %. В последние годы появились более прогрессивные способы полива: капельное и аэрозольное, обеспечивающее до 50 % экономии воды. Так, оросительная норма озимой пшеницы при сочетании полива дождеванием с мелкодисперсным увлажнением в среднем за три года была на 30 % ниже, чем при использовании только дождевания.

С развитием орошаемых земель увеличивается объем коллекторно-дренажных вод. Они образуются в результате периодических поливов, когда отмечается избыточный сток вод, а также при рассолевании почв промывкой. В этих случаях повышается минерализация речных вод и они становятся непригодными для орошения земель. Такие воды, например в Средней Азии, отводят в специальные водоемы (Арнасайские озера, Сарыкамышская впадина). В большом объеме дренажные воды сбрасываются в Амударью. За последние 15 лет минерализация воды в Амударье в связи с этим увеличилась в два раза. Так, только с территории Таджикистана в реку и ее притоки ежегодно направляют 3 км<sup>2</sup> коллекторно-дренажных и сбросных вод с минерализацией 1–4 г/л, в результате вода Амударьи в нижнем течении стала непригодной для питьевого водоснабжения без предварительной очистки, так как минерализация ее достигла 2–3 г/л.

Осушение широко распространено на территориях, где имеются заболоченные и переувлажненные земли, что в первую очередь характерно для Нечерноземной зоны России, стран Балтии и Беларуси. Осушение низинных, переходных и верховых болот осуществляется с помощью открытых каналов и закрытого дренажа разных типов.

Влияние осушительной мелиорации на окружающую среду всегда волновало широкую общественность. Острая полемика началась еще во второй половине прошлого века.

Интересно, что доводы, выдвигавшиеся против мелиорации сто лет назад, практически в той же формулировке выдвигаются и сейчас, несмотря на то, что к настоящему времени накоплен значительный научный и практический опыт. Широкомасштабные мелиорации ставят много проблем, одной из которых является получение высоких урожаев в сочетании с эффективными и экономичными решениями по сохранению природной среды.

Следует иметь в виду, что с дренажными водами, которые сбрасываются в мелиоративные системы, при водоотведении выно-

сятся биогенные вещества, пестициды и другие химические соединения, оказывающие вредное воздействие на природные воды. Как показали гидрохимические исследования, конструкции мелиоративных систем оказывают существенное влияние на качество грунтовых вод, регулирующей, проводящей сети и водоприемника.

Установлено, что после проведения осушения земель, особенно в первые годы, в речном стоке повышается доля подземного питания. Анализ послемелиоративных изменений стока в летне-осеннюю межень показал, что в этот период водность реки увеличивается. Сток весеннего половодья меняется мало, в основном в сторону его снижения, так как на мелиорируемых землях он формируется под влиянием двух основных факторов, действующих в противоположных направлениях: увеличение емкости зоны аэрации, что вызывает большие потери талых вод, и возрастание скорости стекания весенних вод вследствие развитой искусственной гидрографической сети.

Орошаемые ландшафты – наиболее преобразованные из всех типов сельскохозяйственных антропогенных ландшафтов. Изменяются влагооборот, характер распределения температуры и влажности в приземном слое воздуха и верхних слоях почвы, создается специфический микрорельеф. Изменения водного и солевого режимов почвы часто вызывают заболачивание и вторичное засоление почвы. Чудовищным последствием непродуманного орошаемого земледелия является гибель Аральского моря.

Для орошения из природных комплексов изымаются огромные массы воды. Во многих странах и районах мира орошение является основной статьей расхода воды и в маловодные годы приводит к дефициту водных ресурсов. Расход воды на сельское хозяйство занимает среди всех видов водопользования первое место и составляет свыше  $2000 \text{ км}^3$  в год, или 70 % мирового водопотребления, из них более  $1500 \text{ км}^3$  – безвозвратное водопотребление, из которого около 80 % уходит на орошение.

Огромные площади в мире занимают заболоченные земли, использование которых становится возможным только после проведения осушительных мероприятий. Осушение оказывает очень серьезное влияние на ландшафт. Особенно сильно изменяется тепловой баланс территорий – резко сокращаются затраты тепла на испарение, уменьшается относительная влажность воздуха, увеличиваются суточные амплитуды температур. Меняется воздушный режим почв, увеличивается их проницаемость, соответственно меняется ход про-

цессов почвообразования (активнее разлагается органический опад, происходит обогащение почвы питательными веществами). Осушение вызывает и увеличение глубины залегания грунтовых вод, а это, в свою очередь, может вызвать пересыхание многочисленных ручьев и даже небольших рек. Очень серьезны глобальные последствия осушения – болота дают основную массу кислорода атмосферы.

Таковы глобальные последствия воздействия земледелия на природные комплексы. Среди них следует отметить и нагрузки, которые испытывает экология от распространенной преимущественно в тропических широтах подсечно-огневой системы земледелия, ведущей не только к уничтожению лесов, но и к достаточно быстрому истощению почвы, а также выбросам в атмосферный воздух большого количества аэрозольной золы и сажи. Пагубно для экосистем выращивание монокультур, вызывающих быстрое истощение почвы и заражение ее фитопатогенными микроорганизмами. Культура сельского хозяйства необходима, так как неразумная распашка почвы значительно изменяет ее структуру, а при определенных условиях может способствовать таким процессам, как водная и ветровая эрозия.

*Животноводство.* Воздействие животноводства на природный ландшафт характеризуется рядом специфических особенностей. Первая заключается в том, что животноводческие ландшафты состоят из разнородных, но тесно связанных между собой частей, таких как пастбища, выгоны, фермы, зоны утилизации отходов и т. д. Каждая часть вносит особый вклад в общий поток воздействия на природные комплексы. Вторая особенность – меньшее территориальное распространение по сравнению с земледелием.

Выпас животных в первую очередь влияет на растительный покров пастбищ: уменьшается биомасса растений и происходят изменения в видовом составе растительного сообщества. 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.

Использование земель под пастбища сопряжено также с выносом питательных веществ из почв в составе подножных кормов и сена. Чтобы компенсировать потери питательных веществ, в земли пастбищ вносят удобрения, двоякость воздействия которых описана в разделе о земледелии.

Животноводческая отрасль является значительным потребителем воды, на долю которого из общего сельскохозяйственного водо-

забора приходится около  $70 \text{ км}^3$  в год. Санитарно-гигиенические условия на фермах в основном поддерживаются с помощью воды: для мытья животных, очистки помещений и их дезинфекции, подготовки кормов, мытья посуды и аппаратуры, гидросмыва навоза и т. д. Количество стоков животноводческих комплексов составляет от 250 до 3000 т в сутки (от 90 тыс. до 1 млн т в год). Одновременно с возрастанием потребления для нужд животноводства увеличивается сброс навозосодержащих сточных вод в водоемы, что способствует их загрязнению и утрате полезных свойств.

Многократное повышение концентрации органических веществ в пресноводных водоемах, а затем в прибрежной зоне морской акватории существенно уменьшает содержание кислорода в воде, приводит к изменению сообщества водных микроорганизмов, нарушению пищевых цепей, может вызвать гибель рыбы и другие последствия. Крупные животноводческие комплексы и птицефабрики в современных условиях остаются одним из самых опасных загрязнителей окружающей среды. Общий объем отбросов животноводства в крупных странах измеряется миллиардами тонн.

Предприятиями сельского хозяйства выбрасывается в атмосферы более 8 тыс. т загрязняющих веществ. Химическому и биологическому загрязнению атмосферного воздуха в значительной мере способствуют также недостаточно отработанные технологии на промышленно-животноводческих комплексах и птицефабриках. Поскольку технология содержания животных исключает возможность герметизации основного процесса, то источниками загрязнения атмосферы являются помещения для содержания скота, откормочные площадки и навозохранилища.

В зоне животноводческих комплексов и птицефабрик атмосферный воздух загрязнен микроорганизмами, пылью, аммиаком, сероводородом и другими продуктами жизнедеятельности животных, часто обладающими неприятным запахом (свыше 45 различных веществ). Они могут распространяться на значительном расстоянии до 10 км, особенно от свинокомплексов.

В целом следует отметить, что кардинальные изменения природной среды сельскохозяйственных районов обусловлены тем, что на площадях угодий меняются потоки вещества, нарушается твердый, жидкий и растворенный сток. Уничтожение лесов увеличивает смыв почвы, твердый сток рек, приводит к заилению русел, водохранилищ, пойменных массивов. Расходы водотоков при сокраще-

нии лесных площадей на 10 % снижаются в среднем на 5 %. Активная миграция элементов по склонам, их быстрое поступление в водоемы с одновременным сокращением стока приводят к сильному загрязнению поверхностных вод. Это загрязнение может быть токсичным, поскольку такие опасные элементы, как кадмий, ртуть, стронций, свинец, цинк, относятся к наиболее подвижным в большинстве видов почв.

Прилегающие к крупным населенным пунктам сельскохозяйственные районы на площадях в сотни квадратных километров испытывают на себе влияние промышленного загрязнения. Наибольшую роль здесь играет загрязнение серой, которая в виде сернистых соединений легко разносится воздушными потоками. В нормально увлажненных нейтральных почвах влияние этого вида загрязнения невелико, но в кислых оно усиливает подкисление. На переувлажненных почвах, особенно на поймах, это может привести к резкому закислению после осушения.

Основные изменения почв в земледелии связаны с механическим воздействием на нее и внесением удобрений. Вспашка меняет профиль почвы, разрушает структуру, приводит к обеднению верхних горизонтов, способствует усилению водной эрозии и дефляции. Наряду с рыхлением идет и уплотнение почвы.

Велико также значение органических и минеральных удобрений, мировое потребление которых составляет около 90 млн т в год. Удобрения не только компенсируют вынос из почвы азота, фосфора и калия, но нередко оказываются избыточными, заражают подземные и поверхностные воды. Это имеет место главным образом в развитых странах, где вносится более 100 кг/га. В развивающихся странах этот показатель в 5 раз ниже.

Получение высоких урожаев в настоящее время невозможно без использования различных ядохимикатов для защиты растений – пестицидов, потребление которых превышает 4 млн т/год. Складские помещения, используемые для хранения ядохимикатов, в том числе и запрещенных к применению, зачастую находятся в аварийном состоянии или не приспособлены для этих целей. Свыше 30 % хозяйств в России не располагает специализированными площадками для заправки техники, протравливания семян и мойки транспортных средств. Однако сейчас их использование сокращается в связи с приспособлением к ним многих вредителей, гибелью почвенных микроорганизмов, заражением овощных культур и накоплением

ядовитых веществ в поверхностных водах, донных осадках водоемов, организмах животных и человека.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды необходимо:

- установить агрохимический контроль над территорией земледользования, принадлежащей животноводческим комплексам;
- обеспечить животноводческие комплексы транспортом для своевременного удаления отходов;
- при внесении жидкого навоза обеспечить его быструю заделку в почву;
- при внесении бесподстилочного навоза осенью проводить противоэрозионную обработку почвы (глубокая вспашка, рыхление подпахотного слоя, кротование, лункование);
- для предотвращения поверхностного стока и инфильтрации целесообразно не оставлять поля свободными от посевов;
- эффективным средством борьбы с потерями избыточного количества азота бесподстилочного навоза является применение его в сочетании с измельченной соломой;
- для снижения загрязнения окружающей среды использовать внутрпочвенное внесение жидких органических удобрений, использовать в помещениях ультрафиолетовые лампы, биофильтры для удаления запахов и вентиляцию для воздухообмена в помещениях;
- использовать новые способы очистки, переработки, обеззараживания и утилизации навоза.

Таким образом, дальнейшее перспективное развитие аграрного производства, его механизация и химизация земель значительно повышает роль охраны окружающей среды в сельском хозяйстве.

## **7.2. Характеристика факторов сельскохозяйственного загрязнения почв**

Интенсификация сельского хозяйства, создание крупных агропромышленных и животноводческих комплексов, широкий размах мелиоративного строительства и химизации сельскохозяйственных угодий в целях устойчивого наращивания продовольственного фонда страны требуют особенно внимательного и бережного отношения к почве как к средству производства и условий существования. Охрана почв, их рациональное использование имеют первостепенное значение для экономического и социального развития страны. Зна-



чение современного состояния почвенных ресурсов, их рациональное использование, бережное отношение к ним послужат приумножению их плодородия.

Наибольшей буферной емкостью и способностью снижать негативное влияние загрязняющих веществ на растительные и животные организмы обладают почвы с высоким содержанием гумуса, тяжелым гранулометрическим составом, высокой емкостью поглощения, обогащенные известковыми материалами (карбонатами). К таким почвам относятся наиболее плодородные черноземы, некоторые рендзины, пойменные земли. Это придает почвам естественную устойчивость к воздействию химических загрязняющих веществ и позволяет получать высокие и качественно полноценные урожаи важнейших сельскохозяйственных культур даже в промышленно развитых регионах.

К сожалению, природная сопротивляемость почв, их естественная буферность не беспредельны. Согласно данным многих ученых, по разным причинам в мире потеряно около двух миллиардов гектаров сельскохозяйственных почв. Потери земель, вызванные только ирригацией, за последние триста лет составили около 100 млн га, и примерно такая же площадь сейчас занята почвами с пониженной продуктивностью вследствие засоления.

Очень велики потери гумуса, от которого зависят практически все важнейшие свойства почв и их устойчивость к неблагоприятным ситуациям. По-видимому, за период земледельческой культуры почвенный покров утратил до 15 % исходного запаса органических веществ. Причем эти негативные явления особенно быстро протекают в последние десятилетия. Так, скорость потерь гумуса за последние пятьдесят лет примерно в два с половиной раза превышала таковую на протяжении последних трехсот лет, а среднеисторическую скорость потерь гумуса – примерно в двадцать четыре раза.

В наши дни земледельцы стремятся к большей производительности и обычно не учитывают природных круговоротов азота и минеральных веществ. В почву поступает очень мало натуральных органических отходов, а значит, содержание в ней минеральных веществ и гумуса сокращается и ее плодородие снижается. Чтобы увеличить урожаи, земледельцы вносят в почву различные химические удобрения, которые часто приносят большой вред окружающей среде и здоровью человека, особенно когда попадают в реки, озера и, главное, в питьевую воду. Чтобы уничтожить вредителей и повысить урожайность, земледельцы широко применяют различные пес-

тициды, гербициды и т. д. Все эти химикаты длительно и очень вредно воздействуют на пищевую сеть данной экосистемы. Кроме того, химикаты часто остаются в растениях и могут серьезно повредить здоровью людей, когда те будут употреблять их в пищу.

Эпидемиологические свойства почвы состоят в том, что в ней длительное время могут сохраняться жизнеспособные возбудители инфекционных болезней. Низкая культура животноводческого хозяйства приводит к накоплению вблизи животноводческих ферм огромного количества навоза, что является опасным фактором загрязнения почв и воды. В них накапливается большое количество вредных микроорганизмов, среди которых могут быть возбудители опасных заболеваний – столбняка, бруцеллеза, сибирской язвы, туберкулеза и др.

В последние годы повсеместно как в нашей стране, так и за рубежом наблюдается рост концентрации нитратов в продуктах питания, воде и т. д. Одна из причин этого явления – резко возросшее применение азотных удобрений. Еще в 40-х гг. XX в. была раскрыта связь содержания нитратов со своеобразным болезненным состоянием людей, выражающимся в синюшности кожи и слизистых оболочек и повышенных реакциях в организме и приводящим в конечном счете к нарушению кислородного обмена – гемоглобинемии, при этом нитраты для растений безопасны.

Фтор и его соединения находят широкое применение в атомной, нефтяной, химической и других видах промышленности, а также он попадает в почву с привнесением в нее сельским хозяйством суперфосфата и некоторых других инсектицидов. Загрязняя почву, фтор вызывает снижение урожая не только благодаря прямому токсическому действию, но и изменяя соотношение питательных веществ в почве. Наибольшая адсорбция фтора происходит в почвах с хорошо развитым почвенным поглощающим комплексом. Растворимые фтористые соединения перемещаются по почвенному профилю с нисходящим током почвенных растворов и могут попадать в грунтовые воды. Загрязнение почвы фтористыми соединениями разрушает почвенную структуру и снижает водопроницаемость почв.

*Кислые дождевые воды* повышают кислотность почв, подавляют деятельность почвенной микрофлоры, усиливают вынос из почвы элементов питания растений, загрязняют водоемы, поражают древесную растительность.

*Засоление почвы* – процесс накопления в почве легкорастворимых в воде солей в количествах, токсичных для сельскохозяйственных культур. Развивается преимущественно в пустынной, полупус-

тынной и сухостепной зонах на низменностях и в бессточных впадинах при близком залегании минерализованных грунтовых вод (первичное засоление).

На орошаемых землях часто наблюдается вторичное засоление, если в материнской породе или грунтовых водах (особенно при неглубоком их залегании) много солей, а также при подаче избыточной воды на поля или потерях ее из оросительной сети.

Вторичное засоление может быть также при поливе минерализованными подземными и сбросными водами. Почвы с избыточным содержанием солей (0,15–0,25 % и более) называются засоленными. К ним относят солончаки, солончаковые почвы и солонцы.

Засоление почвы вызывается хлоридами (хлористым натрием, кальцием), сульфатами (преимущественно сульфатом натрия), карбонатами (карбонатом натрия). В соответствии с этим различают солончаки хлоридные (содержание хлора в плотном остатке 40 %), сульфатно-хлоридные (25–10 %) и сульфатные (10 %). При большом засолении солончаки покрываются летом сплошной белой коркой – выцветами солей. Встречаются смешанные солончаки, обогащенные одновременно всеми этими солями.

*Солончаки* чаще отводят под летние, осенние и зимние пастбища, но они имеют очень низкую продуктивность. Для возделывания сельскохозяйственных культур необходимо проводить серьезные мелиоративные мероприятия.

*Солонцы* представляют собой почвы с высоким содержанием натрия в поглощающем комплексе (больше 15 % у хлоридно-сульфатных и свыше 20 % у содовых). По теории К.К. Гедройца они образуются из солончаков путем постепенного их расселения, обычно под влиянием опускания уровня грунтовых вод и возникающего затем преобладания нисходящих токов воды над восходящими. При большом количестве натрия в почвенном растворе образуется сода. Появление ее увеличивает дисперсность (распыленность) почвы. При намокании почва становится вязкой, при высыхании – плотной. Солонцы резко отличаются по свойствам от всех других почв. Они бесструктурны, сильно распылены, при увлажнении верхний слой заплывает, образуя липкую массу. Мощность гумусового горизонта – от 2 до 16 см, содержание гумуса – от 1 до 5 % и меньше. Реакция почв щелочная (рН 8,0–8,5).

Вследствие плохих водно-физических свойств солонцы имеют низкое плодородие. Основная задача при улучшении агрономических свойств солонцов – вытеснение натрия из поглощенного со-

стояния. С этой целью применяют гипс (4–5 т на 1 га), который, растворяясь, вытесняет натрий и замещает его кальцием, а сульфат натрия вымывается. К другим приемам улучшения солонцов относится глубокая трехъярусная их обработка, при которой верхний слой остается на месте, а горизонт В перемещается и перемешивается с нижележащим карбонатным и гипсовым слоями. После вспашки на солонцах высевают травы, например донник, люцерну.

Правильным ведением хозяйства можно устранить неблагоприятное течение процессов засоления, изменив его естественную направленность. Достигается это сочетанием промывок почвы с искусственным отведением грунтовых и промывных вод с помощью дренажа.

В результате антропогенного засоления во всем мире ежегодно теряется около 200–300 тыс. га высокоценных поливных земель. Для охраны от антропогенного засоления создаются дренажные устройства, которые должны обеспечить расположение уровня грунтовых вод на глубине не менее 2,5–3 м, и системы каналов с гидроизоляцией для предотвращения фильтрации воды. В случае накопления водорастворимых солей рекомендуется промывка почв с дренажным водоотводом для удаления солей из корнеобитаемого слоя почвы.

*Охрана почв* от содового засоления включает в себя гипсование почв, применение минеральных удобрений, содержащих кальций, а также введение в севооборот многолетних трав.

Для предупреждения негативных последствий орошения необходим постоянный контроль за водно-солевым режимом на орошаемых землях.

*Распашка земель, зарастание лесом.* В социалистический период площадь пашен в России постоянно нарастала: в 1940 г. она составляла 92,1 млн га, а в 1975 – уже 126,5 млн га. В 1975 г. площадь сенокосов и пастбищ составила 84 млн га. Для этого периода характерна фетишизация экстенсивных показателей сельского хозяйства, в том числе и площадей сельхозугодий. Рост площадей сенокосов и пастбищ и особенно расширение пахотного клина трактовались как очередное «достижение колхозно-совхозного строя». Особенно это сказалось в 50-х гг., когда одновременно прошли две крупные кампании – «освоение целинных и залежных земель» и «борьба с травопольной системой». Не имея средств на проведение «зеленой революции» (в это время строился ракетно-ядерный щит и готовился прорыв в космос), руководство страны попыталось решить продовольственную проблему путем роста площадей сельхозугодий, в первую очередь пашни.

В результате даже распаивались земли, не подходящие для сельскохозяйственного использования, что вело к росту эрозии, в горах – появлению каменных полей, а на юге – засолению почв. Под сенокосы шли практически все лесные поляны, что ухудшало экологическую ситуацию в лесах, и обочины дорог, в результате чего молоко «обогащалось» свинцом и кадмием из выхлопных газов автомобилей.

*Эрозия почв.* К особо опасным последствиям отрицательного воздействия человека на почвы относится их ускоренная эрозия.

Под эрозией понимаются процессы разрушения и выноса плодородного слоя водой или ветром. Часто ветровую эрозию еще называют эоловой. Естественная эрозия протекает очень медленно, и процессы вымывания и выдувания почв уравниваются естественным почвообразованием. При ускоренной (разрушительной) эрозии разрушение почвы происходит во много раз быстрее и происходит она в результате деятельности человека. Различают следующие виды ускоренной эрозии почвы, возникшей в результате деятельности сельского хозяйства:

1. *Струйчатая, или бороздчатая,* эрозия быстро развивается при дружном таянии снега весной и сильных ливней на склонах, лишенных растительности или занятых пропашными культурами. Вода, стекающая по склонам, увлекает за собой частицы почвы, образуя параллельные струйчатые размывы. Развитию этой эрозии способствует распашка полей вдоль склонов.

2. *Ирригационная* эрозия возникает в районах орошаемого земледелия в результате неумеренного и неправильного полива. В тех случаях, когда вода на поля подается мощным потоком, стекает по склонам, происходят смыв и разрушение почвы и даже образование оврагов.

*Основные причины эрозии:*

– вырубка леса, в результате почва лишается защиты, талые и дождевые воды, не задерживаясь, стекают по склонам, увлекая за собой частицы почвы и унося их в реки;

– неумеренный выпас скота, в результате растительность значительно беднеет, так как молодые растения скот поедает быстрее, чем завершается нормальный цикл восстановления пастбища, кроме того, происходит постепенное выбивание почвы копытами скота. В целом оба этих фактора влекут за собой уменьшение массы зеленого вещества и сокращение площади, покрытой растительностью;

– неправильные методы земледелия, в частности внедрение монокультур, распашка легкоэродируемых почв, неправильная распашка склонов.

*Загрязнение тяжелыми металлами.* Загрязнение почв тяжелыми металлами имеет разные источники, одним из таких источников является сельское хозяйство, а именно – те средства химизации, которые оно применяет. Не меньшую опасность для почвенного покрова представляют загрязнители, выпадающие вблизи от источника загрязнения. Именно так проявляется загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком, которые образуют техногенные геохимические аномалии, т. е. участки повышенной концентрации металлов в почвенном покрове и растительности. Metallургические предприятия ежегодно выбрасывают на земную поверхность сотни тысяч тонн меди, цинка, кобальта, десятки тысяч тонн свинца, ртути, никеля. Техногенное рассеяние металлов (этих и других) происходит также при других производственных процессах.

Техногенные аномалии вокруг производственных предприятий и индустриальных центров имеют протяженность от нескольких километров до 30–40 км в зависимости от мощности производства. Содержание металлов в почве и растительности довольно быстро уменьшается от источника загрязнения к периферии. В пределах аномалии можно выделить две зоны. Первая, непосредственно примыкающая к источнику загрязнения, характеризуется сильным разрушением почвенного покрова, уничтожением растительности и животного мира. В этой зоне очень высокая концентрация металлов-загрязнителей. Во второй, более обширной, зоне почвы полностью сохраняют свое строение, но микробиологическая деятельность в них угнетена. В загрязненных тяжелыми металлами почвах четко выражены увеличение содержания металла снизу вверх по профилю почв и наиболее высокое его содержание в самой наружной части профиля.

Тяжелые металлы, поступая из почвы в растения и затем в организмы животных и человека, обладают способностью постепенно накапливаться. Наиболее токсичны ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, отравление ими вызывает тяжелые последствия. Менее токсичны цинк и медь, однако загрязнение ими почв подавляет микробиологическую деятельность и снижает биологическую продуктивность.

Ограниченное распространение металлов-загрязнителей в биосфере в значительной мере обязано почве. Большая часть легкоподвижных водорастворимых соединений металлов, поступая в почву, прочно связывается с органическим веществом и высокодисперсными глинистыми минералами. Закрепление металлов-загрязнителей в почве настолько прочно, что в почвах старых металлургических

районов Скандинавских стран, где около 100 лет назад прекратилась выплавка руд, высокое содержание тяжелых металлов и мышьяка осталось до сих пор. Следовательно, почвенный покров выполняет роль глобального геохимического экрана, задерживающего значительную часть элементов-загрязнителей.

Однако защитная способность почв имеет свои пределы, поэтому охрана почв от загрязнения тяжелыми металлами является актуальной задачей. Для сокращения поступления выбросов металлов в атмосферу необходим постепенный переход производства на замкнутые технологические циклы, а также обязательно применение очистных сооружений.

К числу химических соединений, загрязняющих почву, относятся и канцерогены, которые обнаруживаются в почве повсеместно, однако интенсивность их колеблется в значительных пределах. Особо хочется отметить влияние пестицидов на окружающую среду и человека.

### **7.3. Оценка влияния пестицидов на почву**

Пестициды в настоящее время широко используются в качестве средств борьбы с вредителями культурных растений и поэтому могут находиться в почве в значительных количествах. Их опасность для животных и человека очень высока. Именно по этой причине был запрещен для использования препарат ДДТ (дихлордифенилтрихлорметилметан), который является не только высокотоксичным соединением, но обладает значительной химической стойкостью, не разлагаясь в течение десятков (!) лет. Следы ДДТ были обнаружены исследователями даже в Антарктиде! Пестициды губительно действуют на почвенную микрофлору: бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли.

По данным ЮНЕСКО, пестициды в общем масштабе загрязнителей биосферы Земли занимают 8–9-е место после таких веществ, как нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, фосфаты, минеральные удобрения, тяжелые металлы, окислы азота, серы и углерода и другие соединения. Поступление пестицидов в агроландшафт происходит главным образом при проведении химических обработок против вредных организмов, в результате испарения с поверхности почвы или растений, при утечке во время хранения и транспортировки и др.

При возрастающих объемах применения пестицидов их остатки или продукты метаболизма могут накапливаться в объектах окружающей среды, мигрировать по пищевым цепям и вызывать нежелательные последствия. К особенностям использования пестицидов в сельском хозяйстве относятся: циркуляция в биосфере, высокая биологическая активность, необходимость применения значительных локальных концентраций, вынужденный контакт населения с пестицидами. Накапливаясь в почвах, растениях, животных, пестициды могут вызвать глубокие и необратимые нарушения нормальных циклов биологического круговорота веществ и снижение продуктивности почвенных экосистем.

Почва в основном выступает в качестве приемника пестицидов, где они разлагаются и откуда постоянно перемещаются в растения или окружающую среду либо выступают в качестве хранилища, где некоторые из них могут существовать много лет после внесения. Передвижение пестицидов в почве происходит с почвенным раствором: при поверхностном стоке, вызываемом осадками или орошением, пестициды передвигаются в растворе или суспензии, скапливаясь в углублениях почвы. Данная форма передвижения пестицидов зависит от рельефа местности, эродированности почв, интенсивности осадков, степени покрытия почв растительностью, периода времени, прошедшего с момента внесения пестицида. Количество пестицидов, передвигающихся с поверхностным стоком, составляет более 5 % от внесенного в почву. По данным Румынского НИИ почвоведения и агрохимии, на стоковых площадках в экспериментальном центре Алдены в результате промывных дождей одновременно с потерей почвы происходит и потеря триазина.

Попадая в почву, пестициды растворяются в почвенной влаге и переносятся с ней вниз по профилю. Длительность нахождения пестицидов в почве зависит от их состава. Стойкие соединения сохраняются до 10 лет и более.

Мигрируя с природными водами и переносясь ветром, стойкие пестициды распространяются на большие расстояния. Известно, что ничтожные следы пестицидов были обнаружены в атмосферных осадках на просторах океанов, поверхности ледниковых щитов Гренландии и Антарктиды. В 1972 г. на территории Швеции с атмосферными осадками выпало ДДТ больше, чем производилось в этой стране.

Согласно данным Агентства защиты окружающей среды и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), к пестицидам от-



носятся более чем 1000 представителей самых разных классов химических соединений, таких как карбаматы, тиокарбаматы, дипиридилы, триазины, феноксиацетаты, кумарины, нитрофенолы, пиразолы, пиретроиды, а также органические соединения, содержащие хлор, фосфор, олово, ртуть, мышьяк, медь и т. д.

По типу действия пестициды обычно делят на следующие группы:

❖ **альгициды** – средства против водорослей, применяются для санитарного контроля озер, каналов, плавательных бассейнов, водных резервуаров и т. д.;

❖ **акарициды** – применяются против клещей;

❖ **антизарастающие агенты** – для предотвращения зарастания разными водными организмами подводных поверхностей лодок и судов;

❖ **атрактанты** – средства для приманивания паразитов, насекомых и грызунов в специальные ловушки;

❖ **бактерициды, биоциды, дезинфектанты и санитайзеры** – для уничтожения микроорганизмов, в частности для защиты от бактериальных заболеваний;

❖ **гербициды** – для уничтожения сорной и ядовитой растительности;

❖ **десиканты** – химикаты, способствующие осушиванию корней нежелательных растений;

❖ **дефолианты** – для ускорения опадания листьев, обычно применяются для облегчения сбора урожая;

❖ **инсектициды** – для уничтожения вредных насекомых и других членистоногих;

❖ **моллюскициды** – для защиты подводных поверхностей от улиток;

❖ **нематоциды** – для защиты от вредных нематод, круглых червей;

❖ **овициды** – для уничтожения яиц насекомых и червей;

❖ **репелленты** – средства, отпугивающие вредителей, включая насекомых (таких, например, как москиты) и птиц;

❖ **родентициды** – средства для борьбы с грызунами;

❖ **регуляторы роста растений** – преднамеренно изменяющие скорость роста, цветения и репродуктивность растений;

❖ **феромоны** – средства против размножения насекомых;

❖ **фумиганты** – препараты для уничтожения вредителей в зданиях или почве;

❖ **фунгициды** – средства для защиты от грибковых заболеваний и плесени.

Чрезвычайно широкое применение пестицидов во всем мире приводит к их повсеместному распространению. Разнообразными пестицидами загрязнены почвы сельскохозяйственных плантаций, грунтовые воды, водоемы и т. д. Токсичная часть молекул пестицидов, составляющая основу их действия, или входящие в состав пестицидов в виде минорных составных частей или даже примесей токсичные компоненты часто попадают в пищевую цепь и вызывают разные заболевания. Ниже приводятся краткие характеристики наиболее распространенных пестицидов.

Органофосфатные пестициды, такие как эфиры фосфорной и тиофосфорной кислот (например инсектициды – алкилфосфаты, паратион и др.), а также карбаматы (например гербициды – барбан, бетанал; фунгицид-манеб и др.), действуют на нервную систему, блокируя ферменты, регулирующие активность нейротрансмитера – ацетилхолина.

К примеру, алкилфосфаты (триэтилфосфат) являются сильными ингибиторами ацетилхолинэстеразы. Это влияет на передачу сигнала к нервным окончаниям с ацетилхолин-рецепторами. Снижение активности фермента приводит к накоплению ацетилхолина, что, в свою очередь, в зависимости от дозы этого метаболита вызывает появление признаков таких болезней, как слюнотечение, отек легких, колики, понос, тошнота, ухудшение зрения, увеличение кровяного давления, мышечные спазмы и судороги, нарушение речи, паралич дыхательных путей и др. Подобную клиническую картину могут дать фосфаты и карбаматы при попадании в организм в больших количествах.

Инсектициды на основе хлорорганических соединений (например хлордан, диелдрин, линдан, ДДТ) довольно легко проникают в организм человека через пищеварительный тракт или кожу, если они применялись в растворенном виде.

При этом мембраны нервных клеток располагаются так, что сохраняется проницаемость для осмотического переноса потока ионов  $\text{Na}^+$ . Нарушенный действием пестицидов потенциал покоя после возбуждения либо совсем не возвращается к исходному значению, либо снижается лишь частично. Таким образом, хлорорганические соединения изменяют возбудимость нервных клеток. Сначала при

этом повреждаются нервные пути, а затем при высоких концентрациях и сенсорные нейроны. Хлордан и диелдрин являются соединениями с ярко выраженным канцерогенным характером действия.

ДДТ относится к числу чрезвычайно активных препаратов с инсектицидным действием. Это соединение впервые было синтезировано в 1874 г., а с 1930 г., когда были установлены его инсектицидные свойства, начало интенсивно применяться против возбудителя малярии – комара анофелеса.

Широкое и неограниченное применение ДДТ привело к его повсеместному распространению, что связано с его хорошей растворимостью в жирах. Данный фактор определил внедрение этого инсектицида в цепь питания, причем количество ДДТ в последних звеньях питательной цепи почти в миллион раз превышает его содержание в обычных естественных условиях. Примером такого необычайно большого накопления служит цепь питания от дождевой воды через жвачных животных к материнскому молоку.

ДДТ хорошо сорбируется глинами, а также накапливается в перегное с сосновыми иглами, где этот инсектицид растворяется в восковом веществе сосновой хвои. Это вещество оказывает крайне отрицательное действие на экосистему, уничтожая многие организмы.

ДДТ представляет собой типичный контактный яд, быстро проникающий через кожу. Он нарушает нормальный цикл в мембранах нервных клеток, так как понижает чувствительность  $\text{Na}^+$ -насоса, поэтому после возбуждения нервных сигналов не происходит восстановление нормального потенциала покоя. Попадание в организм большого количества ДДТ вызывает паралич конечностей. Предполагают, что через материнское молоко этот инсектицид может серьезно вредить здоровью ребенка или, проникая в половые железы (гонады), нарушить способность к деторождению.

В обычных условиях ДДТ распадается медленно и неполностью. В аэробных условиях продуктами распада являются производные дихлорэтилена, менее токсичные, чем сам ДДТ; в анаэробных условиях образуются производные дихлорэтана, легко трансформирующиеся в производные уксусной кислоты.

*Гербициды* оказывают на организм человека физиологическое действие, отличающееся от их действия на растения. Так, 2,4-Д и 2,4,5-Т обладают гербицидными свойствами в меньшей степени, чем сопутствующий в качестве примеси 2,3,7,8-тетрахлордиоксибензодиоксин (ТХДД), обладающий высокой токсичностью. Токсичность этого вещества в 500 000 раз выше, чем токсичность самого гербици-

да, и если его содержание в гербициде составляет даже 0,005 мг/кг, эту концентрацию все-таки нельзя будет считать безвредной. ТХДД в природных средах отличается исключительной устойчивостью.

Известен факт, когда в 1971 г. в небольшом американском городке Таймз Бич (штат Миссури) на грунт ипподрома разбрызгали примерно 10 м<sup>3</sup> технического масла, чтобы не поднималась пыль во время скачек. Через несколько дней ипподром был усеян трупами птиц, еще через день заболели наездник и три лошади, а в течение месяца погибли 29 лошадей, 11 кошек и 4 собаки. Спустя 3 месяца заболели еще несколько взрослых и детей, после чего власти были вынуждены провести специальное расследование, чтобы установить истинную причину происходящего. Виной оказались диоксины и фураны, концентрация которых в грунте ипподрома достигала 30–300 мг/кг. Техническое же масло представляло собой отходы производства 2,4,5-трихлорфенола – промежуточного продукта при производстве 2,4,5-Т. Это вещество, представляющее собой дефолиант, известно под названием «оранжевый реагент».

Как инсектицид 2,4,5-трихлорфенол, так и 2,4,5-Т могут превращаться (в первом случае с отщеплением двух молекул хлористого водорода, а во втором – двух молекул хлоруксусной кислоты) в ТХДД. Это соединение и явилось причиной катастрофы в Таймз Бич. Дипиридины, например гербицид паракват, уже при внешнем контакте с кожей вызывают образование волдырей и язвы.

При попадании в организм дипиридил повреждает почки и печень, а затем вызывает фиброзные изменения легких, приводит к летальному исходу. Из-за высокой токсичности дипиридил требует крайне осторожного обращения. Токсичными свойствами обладают также так называемые стероидные пестициды, представляющие собой синтетические аналоги широко распространенного инсектицида пиретрина – соединения, выделенного из хризантемы.

Используемые в качестве инсектицидов пиретроиды модифицированы с целью повышения их стабильности. Некоторые синтетические пиретроиды характеризуются токсичным действием на нервную систему.

Рациональное применение пестицидов основано на различных тактических подходах, обусловленных особенностями биологии вредителей, возбудителей болезней, сорняков и характером проявления их вредоносности.

Тактика применения инсектицидов подразделяется на непосредственную защиту посевов от повреждений и предотвращение размножения вредителей до опасного уровня в последующих поколениях.

Борьба с паразитарными болезнями растений осуществляется посредством обеззараживания посевного материала, профилактики заражения растений и распространения заболеваний в период вегетации.

Борьба с сорной растительностью включает заблаговременное внесение гербицидов осенью или рано весной на сильно засоренных полях, предвсходовую обработку полей после посева и после всходовую обработку гербицидами избирательного действия против вегетирующих сорняков.

При химических обработках посевов гибнут не только вредные организмы, но и их враги – энтомофаги, микофильные, энтомопатогенные грибы и другие макро- и микроорганизмы, осуществляющие естественную регуляцию биоценозов.

Нарушение сложившихся в ценозах связей нередко становится причиной массового размножения фитофагов, патогенных микроорганизмов и повторных химических обработок.

Метатоксическое действие (последствие) пестицидов может оказывать стимулирующее влияние на размножение вредителей и развитие патогенов через изменения ферментативной деятельности и обмена веществ в растительных клетках в благоприятную для них сторону.

Микродозы пестицидов могут стимулировать развитие и размножение дочерних поколений вредителей, а также, вызывая гибель слабых особей популяции, выравнивать ее генетический потенциал с повышенной резистентностью к токсикантам.

Потенциальная угроза от использования пестицидов заключается как в их острой токсичности при попадании в организм человека или животных, так и в их хроническом действии, кумулятивном эффекте, миграции остатков пестицидов водными и воздушными путями на значительные расстояния.

Накопление пестицидов в отдельных тканях происходит незаметно. Но когда количество ядов достигает определенного уровня, они внезапно дают знать о себе нарушением функций важнейших органов, заболеваниями, понижением сопротивляемости организма.

Среди заболеваний, которые могут возникать вследствие токсикации организма, отмечают злокачественные опухоли (главным

образом опухоли печени), хромосомные нарушения, повышение интенсивности мутационного процесса и др.

Более половины применяемых пестицидов относятся к мутагенам – веществам, изменяющим наследственную природу растений и животных, включая и человека. Кроме того, они неблагоприятно действуют на эндокринную систему и обмен веществ.

В последнее десятилетие резко возросло количество аллергических заболеваний, что является одним из последствий влияния пестицидов.

Отрицательные последствия, связанные с пестицидами, обусловлены главным образом разрушением биогеоценозов, в которых само существование и численность отдельных видов живых организмов тесно связаны между собой.

Одно из самых ярких доказательств вредного влияния стойких пестицидов на фауну – это резкое сокращение численности хищных птиц (одного из конечных звеньев в цепях питания). Орлы, соколы, коршуны вместе с телами своих жертв потребляют максимальное количество искусственных веществ, которых прежде не было на планете.

Значительные потери наблюдаются из-за уничтожения пестицидами насекомых-опылителей.

После подавления с помощью гербицидов сорняков «первого поколения» поля заселяют более устойчивые к ним виды, которые, прежде всего, были редкими (полевой хвощ, овсюг и др.).

Пестициды всегда отрицательно влияют на обитателей почв (угнетают процесс нитрификации, способствуют развитию фитопатогенной микрофлоры, отмечается стерилизация почвы и др.), жизнедеятельность которых лежит в основе поддержания почвенного плодородия.

Регулярное применение больших количеств пестицидов на огромных территориях становится причиной загрязнения водоемов.

Загрязнение поверхностных вод пестицидами происходит из-за прямого поступления в результате аварий, при нарушении правил транспортировки и хранения препаратов, при сносе аэрозолей или паров пестицидов в процессе их применения, процессе стока поверхностных и дренажных вод с угодий, обработанных пестицидами.

Под термином «фунгициды» понимают химические вещества, токсичные для грибов. Однако практика защиты растений расширила это понятие, и в настоящее время к фунгицидам относят различ-

ные средства, применяемые для защиты растений от болезней. Их подразделяют на три группы, принципиально различающиеся по природе действия.

**Группа 1.** К этой группе относятся химические вещества, оказывающие прямое действие на важные биохимические процессы, протекающие в клетках возбудителей заболеваний. Они токсичны для грибов вне растения. К этой группе относятся вещества, являющиеся истинными фунгицидами.

**Группа 2.** Эта группа включает химические вещества, воздействующие на прохождение патогенеза в растениях-хозяевах. Вне растения эти вещества могут быть нефунгитоксичными. Их называют иммунизаторами, или псевдофунгицидами. Механизм действия их разнообразен. Одни образуют в растениях метаболиты, относящиеся к антигрибным фитоалексинам или антибиотикам. Другие могут приводить к локальной лигнификации и образованию некрозов, являющихся барьером на пути внедрения патогена (защитная реакция, называемая сверхчувствительностью). Выделяют также вещества, которые подавляют продукты обмена фитопатогенных грибов – токсины, необходимые для нормального протекания патогенеза. Их называют элиситорами, т. е. веществами, вызывающими ответные реакции, повышающими устойчивость растений к возбудителям болезней. Например, *арахидоновая кислота* (препарат «Иммуноцитифит») вызывает накопление в клубнях картофеля фитоалексинов и сверхчувствительное побурение, что обуславливает устойчивость культуры к фитофторозу.

Системный фунгицид на основе *алюминия фосэтила* стимулирует защитную реакцию растения-хозяина, вызывая синтез фитоалексиноподобных веществ и фенольных соединений, играющих важную роль в проявлении фунгицидного эффекта.

**Группа 3.** Эта группа объединяет штаммы возбудителей заболеваний, или микробных антагонистов, применяемых для защиты растений от болезней. Авирулентные штаммы после инокуляции приводят к иммунизации растений в результате образования в них активных веществ, в том числе и фитоалексинов. Устойчивость растений может быть обусловлена также тем, что заражение растений происходит по принципу конкурентной борьбы между штаммами. Последнее наблюдается при использовании гиповирулентного штамма *Rhizoctonia solani* для защиты разных растений от вирулентных форм

данного возбудителя. Антагонисты в основном представлены почвенными микроорганизмами, которые способны угнетать жизнедеятельность возбудителей болезней. Антагонистическое действие проявляют и гиперпаразиты, способные обитать на возбудителях болезней. Они вырабатывают токсины, которые убивают клетки фитопатогенов, а затем питаются продуктами их распада.

*Охрана почв* от загрязнения пестицидами предусматривает создание возможно менее токсичных и менее стойких соединений. Разрабатываются приемы уменьшения доз без снижения их эффективности. Очень важно сокращение авиационного распыления за счет наземного, а также применение строго выборочной обработки.

Несмотря на принимаемые меры, при обработке полей пестицидами лишь незначительная их часть достигает объекта воздействия. Большая часть накапливается в почвенном покрове и природных водах. Важная задача – ускорить разложение ядохимикатов, распад их на нетоксичные компоненты. Установлено, что многие пестициды разлагаются под воздействием ультрафиолетового облучения, некоторые ядовитые соединения разрушаются в результате гидролиза, однако наиболее активно пестициды разлагаются микроорганизмами.

Сейчас во многих странах, в том числе в России, осуществляется контроль за загрязнением окружающей среды пестицидами. Для пестицидов установлены нормы предельно допустимых концентраций в почве, которые составляют сотые и десятые доли мг/кг почвы.

Таким образом, основная причина накопления остаточных количеств пестицидов в продуктах – нарушение правил и регламентов применения препаратов (завышение рекомендуемых доз, нарушение сроков обработки сельскохозяйственных культур, неправильный выбор препаративной формы и способа применения и т. п.).

При оценке возможности допуска нового препарата проводят экотоксикологическую проверку. При этом следует делать упор не только на выявление характерных особенностей поведения пестицида в окружающей среде, но и на его действие, на растения и животных в процессе их биологического развития, т. е. контроль должен распространяться и на качество конечной продукции, используемой для питания. Необходимо знать все процессы прохождения загрязняющих веществ через организм растений и животных, питающихся этими растениями.



## 7.4. Последствия применения удобрений в сельском хозяйстве

Обрабатываемые земли – результат сложных естественных процессов и многовекового труда людей. Поэтому качество почв зависит от длительности возделывания земли и культуры земледелия. Когда дикие растения отмирают, они возвращают в почву поглощенные ими химические элементы, поддерживая этим биологический круговорот веществ. Но с культурной растительностью этого не происходит. Масса культурной растительности лишь частично возвращается в почву (примерно на одну треть). Вместе с урожаем человек изымает из почвы минеральные и органические вещества, тем самым обедняя ее. Поэтому появилась необходимость пополнять запасы этих веществ, внося в почву удобрения. Но при этом следует помнить о рационализме. Удобрять и обрабатывая почву, соблюдая последовательность культур в севооборотах, человек может повысить плодородие почвы настолько, что большинство возделываемых почв стало искусственными, т. е. созданными при участии человека. Таким образом, в одних случаях воздействие человека на почву может приводить к повышению ее плодородия, в других – к ухудшению, деградации и полной гибели.

Неблагоприятное влияние удобрений на окружающую среду может быть самое различное: загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод; эвтрофирование водоемов; нарушение круговорота и баланса питательных веществ; ухудшение агрохимических свойств и плодородия почвы; снижение продуктивности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции и др.

В ряде случаев возникает скрытое отрицательное действие удобрений, когда при улучшении одного показателя одновременно ухудшаются другие показатели почвенного плодородия, что приводит к уменьшению урожая сельскохозяйственных культур. Причем подобные явления возникают не только при высоких дозах химикатов, но и при небольших дозах вблизи гранул удобрений и мелиорантов.

В.Г. Минеев (2006) выделяет следующие *негативные последствия воздействия химизации земледелия на окружающую среду*:

1) нецелесообразное применение минеральных удобрений может ухудшить круговорот и баланс питательных веществ, агрохимические свойства и плодородие почв;

2) нарушение технологии применения удобрений, несовершенство качества и свойств минеральных удобрений могут снизить урожай сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции;

3) нарушение оптимизации питания растений макро- и микроудобрениями способствует развитию грибных и прочих болезней, ухудшает фитосанитарное состояние посевов;

4) поступление питательных элементов из удобрений и почвы в грунтовые воды и водоемы с поверхностным стоком может привести к усиленному развитию водорослей и образованию планктона (эвтрофикация природных вод);

5) потери некоторых соединений азота в атмосферу отрицательно сказываются на жизнедеятельности почвенной микрофлоры.

В настоящее время применение минеральных удобрений достигает от 60 до 200 кг действующего вещества отдельных компонентов (N, P, K) на гектар. Это соответствует внесению на поля до 10–30 ц туков (дозы мелиорантов достигают 2–12 т/га  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{CaSO}_4$ ; дозы органических удобрений – 12–30 т/га; дозы микроудобрений – 3–5 т/га). Помимо основного действующего вещества, во вносимых в почву удобрениях и мелиорантах содержится значительное количество примесей, в том числе токсичных для биоты и растений (фтор, кадмий, мышьяк, цинк, стронций). Длительное применение средств химизации приводит к постепенному накоплению этих токсикантов в почве.

Ежегодное внесение в почву удобрений и мелиорантов, содержащих кадмий (в известняке содержится до 15 мг/кг; в калийных отложениях – от 1 до 170; в сухой массе навоза – 0,4; в осадках городских сточных вод – до 50; в сапропеле – до 180 мг/кг), приводит к его накоплению в почве и растениях. При этом до 80 % кадмия, внесенного в почву, может удерживаться в пахотном слое.

Основными причинами появления скрытого отрицательного действия удобрений в почвах являются:

1) несбалансированное применение различных удобрений;

2) превышение применяемых доз по сравнению с буферной емкостью отдельных компонентов экосистемы;

3) направленный подбор форм удобрений для отдельных типов почв, растений и условий среды;

4) неправильные сроки внесения удобрений для конкретных почв и условий среды;

5) внесение вместе с удобрениями и мелиорантами различных токсикантов и их постепенное накопление в почве выше допустимого уровня.

Основными причинами загрязнения окружающей среды удобрениями считают несовершенство организационных форм, а также технологий транспортировки, хранения, тукосмешения и применения удобрений, нарушение технологии их внесения в севообороте и под отдельные культуры, несовершенство самих удобрений, их химических, физических и механических свойств.

Научно обоснованная система применения удобрений в севообороте и под отдельную культуру предусматривает оптимальное сочетание макро- и микроэлементов с учетом содержания их в конкретной почве и требований культуры. Каждый питательный элемент по-своему действует на урожай, качество продукции, природную среду, т. е. имеет индивидуальные экологические аспекты.

В этой сложной многосторонней взаимосвязи первостепенное значение имеет азот. Азот определяет уровень продуктивности не только земледелия, но и животноводства, решает важные проблемы в сельском хозяйстве. При нарушении научно обоснованной системы применения азотных удобрений они негативно влияют на почву, атмосферу, гидросферу, растения, а следовательно, на здоровье человека и животных.

Азот в почве вследствие микробиологических процессов в итоге накапливается в виде нитратов. Эта форма подвижна, легко смывается с поверхности почвы, мигрирует по профилю почвы до грунтовых вод, загрязняет их и водоемы. Высокое содержание нитратов в почве приводит к повышенному содержанию их в растениях (продуктах питания), снижает качество растениеводческой продукции (уменьшается содержание витамина С, сахаров и др.).

Для предотвращения миграции азотные удобрения следует вносить весной перед посевом и в виде подкормок в процессе вегетации растений. Выбор оптимальных сроков применения удобрений имеет особое значение на легких почвах, при повышенном количестве выпадающих осадков и в условиях орошения.

Наибольшее загрязнение окружающей среды наблюдается при внесении азота в нитратной форме, которая не фиксируется почвой и интенсивно вымывается из пахотного слоя и почвенного профиля.

Фосфор и калий попадают в окружающую среду в меньших объемах вследствие их низкой подвижности в почве и поэтому не

представляют собой большой экологической опасности. Фосфорные удобрения в результате физико-химического поглощения связываются в почве, но остаются доступными для растений. При этом они практически не мигрируют в почве и сохраняются в почвенном профиле. Однако при наличии эрозионных процессов фосфор также является серьезным загрязнителем водоемов, вызывая в них нарушение равновесия в развитии флоры и фауны.

Потери калия несколько больше, чем фосфора, но и этот элемент не очень опасен. Калийные удобрения вносятся один раз за вегетационный период. Однако длительное применение больших доз фосфорных и калийных удобрений может привести к накоплению в почве и продуктах растениеводства тяжелых металлов (кадмий, ртуть, свинец, таллий, хром, стронций, медь и др.). Например, в 1 кг двойного суперфосфата может содержаться до 15 г никеля; 6,8 мг хрома; 31,8 мг свинца; 17,3 мг цинка; 0,48 мг кадмия. При внесении 60 кг/га фосфора в виде суперфосфата в почву попадает 6–8 кг/га фтора, при применении 60 кг/га хлористого калия 10 кг/га хлора поглощают растения, а остальное количество вымывается. Некоторые микроудобрения содержат кадмий, свинец, никель.

Значительный ущерб окружающей среде наносит неправильное применение бесподстилочного навоза (миграция нитратов в грунтовые воды). Чтобы предотвратить загрязнение водных источников в результате поверхностного стока, необходимо обеспечивать быструю заделку навоза. При внесении навоза осенью необходимо проводить противозерозионную обработку почвы (глубокая вспашка, контурная вспашка, кротование, рыхление подпахотного слоя и др.). Поле после уборки основных культур нецелесообразно оставлять свободным от посева. Посев пожнивных культур ограничивает поверхностный сток и инфильтрацию и таким образом предотвращает опасность загрязнения грунтовых и поверхностных вод. Весьма эффективным средством борьбы с потерями избыточного количества внесенного азота бесподстилочного навоза является применение его в сочетании с измельченной соломой, оставшейся в поле после уборки урожая зерна.

Таким образом, в условиях интенсивного использования удобрений основными способами уменьшения загрязнения окружающей среды являются:

– строгое соблюдение технологии использования удобрений с учетом доз, форм, сроков, способов внесения и хранения удобрений;

- сбалансированность элементов питания;
- совершенствование и использование новых форм удобрений;
- дробное внесение высоких доз удобрений;
- строгое соблюдение соотношения пропашных культур и культур сплошного сева в севообороте;
- использование однолетних, многолетних трав, поукосных и пожнивных культур;
- возделывание сортов сельскохозяйственных культур с низкой способностью к накоплению нитратов;
- более широкое использование бобовых культур для пополнения почвы азотом;
- оптимизация размеров крупных животноводческих комплексов и соблюдение нормативов по утилизации бесподстилочного навоза;
- корректировка доз бесподстилочного навоза с учетом типа и влажности почв.

*Проблема азотных удобрений.* Если количество вносимого в почву азота превышает потребности растений, то избыточные количества нитратов частично поступают в растения, а частично выносятся почвенными водами, что вызывает увеличение нитратов в поверхностных водах, а также ряд других отрицательных последствий. При избытке азота происходит увеличение нитратов и в продукции сельского хозяйства. Поступая в организм человека, нитраты могут частично трансформироваться в нитриты, которые вызывают тяжелое заболевание (метгемоглобинемия), связанное с затруднением транспортировки кислорода по кровеносной системе.

Применение азотных удобрений должно осуществляться со строгим учетом необходимости азота для выращиваемой культуры, динамики его потребления данной культурой и состава почвы. Нужна продуманная система охраны почв от избыточного количества соединений азота. Это особенно актуально в связи с тем, что современные города и крупные животноводческие предприятия являются источниками загрязнения азотом почв и вод. Разрабатываются приемы использования биологических источников этого элемента. Таковыми служат азотофиксирующие сообщества высших растений и микроорганизмов. Посевы бобовых культур (люцерны, клевера и др.) сопровождаются связыванием азота до 300 кг/га.

*Проблема фосфорных удобрений.* С урожаем выводится около двух третей фосфора, захваченного сельскохозяйственными культурами из почвы. Эти потери также восстанавливают путем внесения в

почву минеральных удобрений. Однако фосфорные удобрения менее опасны. Ион фосфата подвижен, прочно закрепляется в почве и практически не токсичен для человека и животных. Специфическая опасность заключается в том, что применение их в больших дозах приводит к накоплению в почве других нежелательных элементов: стабильного стронция, фтора, естественных радиоактивных соединений урана, радия, тория.

*Проблема калийных удобрений.* При внесении высоких доз калийных удобрений неблагоприятное действие не обнаружено, но в силу того, что значительная часть удобрений представлена хлоридами, часто сказывается воздействие ионов хлора, отрицательно влияющего на состояние почвы.

*Организация охраны почв* при широком использовании минеральных удобрений должна быть направлена на сбалансированность вносимых масс удобрений с урожаем, с учетом конкретных ландшафтных условий и состава почвы. Внесение удобрений должно быть максимально приближено к тем стадиям развития растений, когда они нуждаются в массивном поступлении соответствующих химических элементов. Основная задача охранных мероприятий должна быть направлена на предотвращение выноса удобрений с поверхностным и подземным водным стоком и на недопущение поступления избыточных количеств вносимых элементов в продукцию сельского хозяйства.

В целом изменения внесения удобрений и пестицидов, произошедшие за 10 последних лет, можно оценить по динамике производства этих химикатов в России. Если принять во внимание существенную переориентацию химических производств с внутреннего рынка на внешний, произошедшую на фоне практически полного прекращения импорта удобрений и средств защиты растений, то можно утверждать, что реальный спад был еще более значительным. Основные причины спада заключаются в особенностях экономического положения и экономических тенденций в деревне. Спад в производстве удобрений объясняется в основном спадом покупательной способности сельского хозяйства. Такая ситуация положительно сказалась на природной среде сельскохозяйственных регионов, особенно на состоянии водоемов. Например, в Центральной России темпы антропогенной эвтрофикации водоемов резко снизились. Помимо снижения объемов внесенных на полях удобрений сказалось и то, что теперь удобрения никто не бросает – они дороги и крестьяне активно используют их в личном хозяйстве.

Нельзя рассматривать сохранение почв без учета взаимосвязей почвенной оболочки Земли с другими компонентами биосферы. Это положение является одним из ведущих в предложенной концепции сохранения почв. Почва рассмотрена как неотъемлемый структурно-функциональный компонент биосферы, как планетарный узел экологических связей, обеспечивающий функциональное единство геосфер.

Для получения экологически безопасной продукции необходимо иметь достоверные исходные данные **об эколого-токсикологической обстановке в агроэкосистемах**, особенно испытывающих пресс многолетнего интенсивного использования агрохимикатов (удобрения, пестициды, мелиоранты и др.). Работу следует начинать с оценки экологотоксикологического состояния агроэкосистем, прежде всего – почвенного покрова. Стремление повысить продуктивность возделываемых культур и выращиваемых животных без надлежащего учета природоохранных требований привело к необоснованному увеличению объемов применения минеральных удобрений (преимущественно азотных), пестицидов и мелиорантов. Выбросы промышленных производств и транспорта, коммунальные отходы поставляют в естественные и искусственные экосистемы соединения полихлорированных бифенилов, серы, тяжелых металлов и т. д. Среди природных загрязнителей выделяют афлотоксины, микотоксины и другие.

### **7.5. Основные принципы эколого-токсикологического анализа агроэкосистем**

Для оценки и предотвращения негативного воздействия продуктов питания на здоровье человека и кормов на сельскохозяйственных животных оперируют такими понятиями, как предельно допустимая концентрация (ПДК), допустимое остаточное количество (ДОК) или максимально допустимые уровни (МДУ) вещества в них. Экологотоксикологический норматив, предельно допустимая концентрация – концентрация вещества в продукции (продуктах питания, кормах), которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает отклонений в состоянии здоровья человека и животных. ПДК химических веществ в пищевых продуктах устанавливают при этом с учетом допустимой суточной дозы (ДСД) или допустимого суточного поступления (ДСП), поскольку разнообразие рациона и его химического состава

не позволяют нормировать допустимое содержание химического вещества в каждом пищевом продукте.

Пределы содержания загрязняющих веществ в пищевых продуктах и кормах устанавливаются на основании результатов изучения токсичности препаратов для различных организмов. При содержании в продукции загрязняющих веществ в количествах, превышающих ПДК, ДОК или МДУ, такую продукцию в пищу или на корм использовать не разрешается.

При оценке степени токсичности элемента (агрохимиката) для растений учитывают концентрацию элемента. При этом не должно быть снижения продуктивности растений, накопления агрохимиката в растениях, кормах и пищевых продуктах выше ПДК. Летальная концентрация вызывает гибель растений. Основные вещества, загрязняющие продукты питания и корма:

- ✓ тяжелые металлы;
- ✓ нитраты;
- ✓ нитриты;
- ✓ пестициды;
- ✓ диоксины;
- ✓ бензапирены;
- ✓ полихлорбифенилы;
- ✓ регуляторы роста растений;
- ✓ лекарственные средства;
- ✓ продукты жизнедеятельности вредителей;
- ✓ афлотоксины и другие микотоксины.

Критерием оценки содержания пестицидов является ПДК или ДОК. В разных странах эти нормативы неодинаковы, что затрудняет обмен продовольствием. Основная причина таких различий – использование разных методов определения остаточных количеств препаратов и продуктов их распада.

Растения по степени накопления остаточных количеств хлорорганических пестицидов (ХОП) в продуктивных органах располагаются в следующем порядке: морковь > петрушка > картофель > свекла > многолетние травы > томат > кукуруза > капуста белокочанная. В корнеплодах ХОП накапливаются в основном в кожуре и в меньших количествах – в мякоти. Накопление пестицидов и продуктов их распада в пищевой продукции связано с процессами метаболизма, биохимическим составом растений. Длительному сохранению химических средств защиты растений в зерне, плодах и ягодах способствует наличие в продукции моносахаридов и полисахаридов,



которые являются стабилизаторами токсикантов (в фармакологии это свойство сахаров используют для приготовления таблеток).

Определение набора показателей для эколого-токсикологической оценки представляет собой самостоятельную методическую задачу, при решении которой целесообразно учитывать:

- почвенно-климатические характеристики регионов;
- наиболее вероятные (на основе многолетних данных) метеорологические условия, включая особенности перемещения воздушных масс;
- возможность загрязнения агроэкосистем промышленными выбросами близлежащих предприятий – объемы и состав, токсичность выбросов (при обязательном учете розы ветров);
- применяемые технологии обработки почв и использования средств химизации (удобрения, средства защиты растений, химические мелиоранты).

Обязательное условие – проведение исходного химического анализа воды, почвы, растений (в том числе по биогенным элементам: Cl, F, Se, B, Br, As, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, нитрозоаминам; тяжелым металлам: Be, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co, Mo, Ni, Hg, V, Sn; остаткам средств защиты растений; обязательно – ДДТ (ДДЭ), бенз(а)пирен, диоксины). При этом целесообразно использовать технологические карты и архивные материалы.

Для ряда регионов обязательным требованием при определении набора показателей для проведения эколого-токсикологической оценки является гамма-спектрометрия и радиометрия образцов почв, вод и растений.

Обязательное условие проведения эколого-токсикологической оценки – исходный анализ вод, почв, растений по комплексу выбранных показателей на фоновой территории (на достаточно большом участке ненарушенного ландшафта). В этом случае представляется возможным проследить динамику изменений экологического состояния исследуемой агроэкосистемы, в том числе и при проведении природоохранных мероприятий. Площадь выбираемого фонового участка зависит от условий того или иного региона. При достаточном облесении и низком промышленном воздействии такие площади могут не превышать 1–1,5 га. В степных регионах, особенно при наличии экологически небезопасных предприятий (химические и металлургические производства, ТЭЦ и др.), указанные площади должны быть в 100–200 раз больше. Располагать фоновые участки

надо с учетом розы ветров в соответствии с размещением оцениваемых агроэкосистем.

Контроль за накоплением растениями токсичных соединений и качеством растительной продукции входит в число системообразующих задач агроэкологического мониторинга. Токсикологическая же оценка продукции растениеводства определяет эколого-экономическую эффективность всего технологического комплекса возделывания культур.

Гранулометрический состав целесообразно определять 1 раз в 5–10 лет. Определяют гранулометрический состав послойно через каждые 10 см с помощью бура методом пипетки (по Качинскому). Данный метод позволяет получить достаточно надежные результаты. Водопроницаемость, фильтрационная и водоудерживающая способности почв более динамичны во времени. Они существенно зависят от влажности, уплотненности и сложения почв. Данные показатели следует контролировать при полигонном мониторинге 1 раз в ротацию севооборота (из-за трудоемкости определения) в конце вегетации (после уборки), когда устанавливается относительно равновесная плотность почвы, а посевы не затрудняют полевое определение водопроницаемости и фильтрационной способности.

Постоянно наблюдая за состоянием агрофизических параметров, можно предотвратить нежелательные изменения и ухудшение свойств почв, развитие негативных деградационных процессов, а в итоге сохранить высокое плодородие почв, их важные экологические функции.

Рассматривая агроэкологический мониторинг относительно проблемы почвенного гумуса, следует учитывать, что данные фракционно-группового состава позволяют выявить генетические особенности гумуса различных почв, но малопригодны для оценки изменения природы гумусовых веществ под влиянием различных факторов, даже при длительном воздействии земледельческих приемов. Поэтому направленное регулирование количества и качества гумусовых соединений требует разработки методов диагностики их изменений под влиянием различных факторов техногенеза.

Без надежной информации о реальном вкладе биологического азота и органического вещества бобовых в различных почвенно-климатических условиях в зависимости от насыщенности севооборота бобовыми культурами и их видового состава трудно избежать негативных экономических и экологических последствий.

Для реализации потенциала биологического азота в практике земледелия необходима достоверная информация, позволяющая разработать систему оценочных показателей, основные из которых:

- размеры азотфиксации бобовыми при различной их урожайности;
- количество вовлекаемого атмосферного азота и поступление в почву органического вещества;
- возможные урожайности зерновых за счет использования азота бобовых и потребность в минеральном азоте при возделывании культур по бобовым предшественникам.

Исходными данными для решения этих вопросов должны служить материалы агроэкологического мониторинга.

Для однолетних бобовых культур массу органического вещества, общего и симбиотического азота, поступающую в почву, определяют ежегодно в конце вегетации, для многолетних бобовых трав – в год распахивания их пласта.

Органическое вещество бобовых, поступающее в почву, состоит из массы пожнивных и корневых остатков в слое 0–40 см и активного органического вещества, выпадающего из непосредственного учета (мелкие живые и отмершие корешки, клубеньки, корневые экссудаты и т. д.). Учет в этом случае ведут косвенно, вводят поправочные коэффициенты.

Практически выполняется следующая процедура. Первоначально учитывают корневую массу в слое почвы 0–20 и 20–40 см, отмывая корни от почвы на ситах с отверстиями 1,5–2,0 мм. Далее полученную учетную массу стерни и корней умножают на поправочный коэффициент. В итоге обеспечивается относительная полнота учета всей органической массы бобовых, поступающей в почву.

Важнейший показатель плодородия, определяющий урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность действия удобрений, – содержание подвижного фосфора в почве, что также относится к объектам агроэкологического мониторинга.

Задача состоит в том, чтобы достичь в почве такого содержания фосфора, при котором он не являлся бы фактором, ограничивающим урожай.

Первая часть проблемы – создание определенного количества фосфора в почве – обоснована исследованиями системы «почва – удобрения – растения». Установлено, что для обеспечения потребности растений первостепенное значение имеет концентрация фосфора в почвенном растворе у поверхности корней. Степень концен-

трации зависит от поглощения фосфора корнями растений и восстановления ее за счет перехода фосфора из твердой фазы. Чем больше запас ионов, способных к обмену между твердой и жидкой фазами почвы (фактор емкости), чем больше их подвижность (фактор интенсивности), тем быстрее концентрация восстанавливается, а растения лучше обеспечиваются фосфором.

Фосфор и калий являются основными макроэлементами, непосредственно участвующими в формировании величины урожая сельскохозяйственных культур. При недостатке хотя бы одного из них в почвенном растворе создается дисбаланс в минеральном питании растений, приводящий к потере урожая.

В системе агроэкологического мониторинга для решения вопросов оптимизации фосфорного питания растений можно применять методы растительной диагностики, основанные на результатах физиологических и агрохимических исследований (определенная зависимость химического состава растений по фазам и периодам вегетации от степени удобренности культур), которые используют во многих странах. Практический опыт проведения растительной диагностики показывает, что реакция возделываемого растения на поступление и потребление питательных веществ проявляется довольно быстро и достаточно точно отражает их содержание.

Очевидно, что эколого-агрохимическая оценка фосфорных удобрений должна содержать не только сведения об основном питательном элементе – фосфоре, но и о наличии в составе удобрения примесей, представляющих опасность для окружающей природной среды. Тяжелые металлы, фтор и другие компоненты необходимо определять в самих удобрениях, в почве – в случае их выявления и в растительной продукции – по наиболее контрастным вариантам.

В улучшении плодородия почв, повышении продуктивности возделываемых культур особое значение имеют органические удобрения.

Будучи важным источником пополнения запасов доступных растениям питательных веществ, они оказывают положительное мелиоративное влияние на почву, способствуя, в частности, оптимизации ее гумусового состояния. Известно положительное влияние органических удобрений в нейтрализации токсических свойств тяжелых металлов в результате связывания их в малодоступные соединения, ослаблении токсичного действия других химических элементов. Например, в Японии содержание кадмия в рисе снижалось при внесении птичьего помета, компоста или муки из рисовой соломы. Уменьшение токсичности соединений хрома отмечено при внесении торфа или

осадка сточных вод. Несмотря на большое производственное значение органических удобрений, накоплено немало данных о больших потерях органикой питательных элементов, высоких концентрациях токсичных веществ в сельскохозяйственной продукции главным образом из-за нарушения технологии использования данного вида удобрений (особенно различных видов бесподстилочного навоза).

Концентрация животноводства, развитие его на промышленной основе коренным образом изменили структуру и качество органических удобрений. Сократилась доля подстилочного навоза (до 20 % общей массы); одновременно увеличился выход бесподстилочного полужидкого и жидкого навоза и навозных стоков.

Применение высоких доз бесподстилочного навоза сопровождается накоплением фосфора в почве, а также повышением его содержания в грунтовых водах.

Из применяемой в качестве удобрений органики наибольшую опасность для окружающей среды могут представлять осадки сточных вод. Применение их в качестве удобрения возможно в научно обоснованных дозах только после тщательного химического анализа осадков и санитарной проверки на специальных площадках.

Учитывая возможность загрязнения окружающей среды, необходим постоянный контроль за качеством органических удобрений, содержанием в них токсичных веществ, а также накоплением последних в почве и растениях.

Расширенное воспроизводство плодородия почв, будучи одной из важнейших природоохранных задач, предусматривает постоянную заботу о пополнении запасов гумуса, что возможно при максимальном использовании различных видов органических отходов в качестве удобрений. Наблюдается прямая связь – чем больше внимания уделяют грамотному использованию навоза и других органических удобрений, тем выше культура земледелия. Нарушение научно обоснованных рекомендаций по приготовлению, хранению и внесению органических удобрений не только существенно снижает их эффективность, но и заметно повышает вероятность загрязнения природных комплексов и их составляющих.

Различные виды органических удобрений необходимо анализировать на содержание в них макро- и микроэлементов, патогенной микрофлоры и яиц гельминтов. В нетрадиционных видах органики (сапропели, всевозможные компосты, сырьем для которых служат отходы промышленных и сельскохозяйственных предприятий) сле-

дует дополнительно определять содержание тяжелых металлов и остаточных количеств пестицидов.

Закономерности поведения в объектах внешней среды (атмосфера, вода, почва, растение) большого набора химических средств защиты растений, регуляторов роста, ингибиторов, дефолиантов и десикантов, а также азотсодержащих токсикантов (нитраты, нитриты, нитрозоамины) и тяжелых металлов достаточно хорошо изучены в модельных экспериментах.

Важный показатель – динамика содержания пестицидов в почве и растениях. Для изучения динамики пробы отбирают как минимум в 3–4 срока: первый – в день обработки (исходное содержание), а далее через 3–5, 15–30 и 50–60 сут после обработки, а также при уборке урожая. Наименьшие временные интервалы берут при использовании нестойких препаратов, наибольшие – стойких.

Остаточные количества пестицидов в почве и растениях определяют официальными методами, утвержденными уполномоченными на то органами (Госхимкомиссия, Минздрав и др.). Оценивают получаемую информацию сравнением с нормативами ПДК и МДУ в почве и растениях. Параллельно с остаточным количеством пестицидов в растительных образцах на основе стандартных методов исследуется содержание азотсодержащих токсикантов ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , нитрозоамины), тяжелых металлов, фтора, мышьяка, хлора, ряда микроэлементов.

Основные задачи эколого-токсикологической оценки сводятся к следующим направлениям:

- ❖ выявление и комплексная характеристика источников загрязнения природной среды;
- ❖ слежение за загрязнителями по всем возможным каналам их миграции, оконтуривание зон вероятного влияния на живые организмы, выявление участков депонирования загрязнителей;
- ❖ биогеохимическая оценка миграции и концентрации загрязнений как непосредственно в зонах загрязнения, так и при переносе их по трофическим цепям;
- ❖ определение динамики загрязнения среды, скорости и объемов поступления, распространения и выведения изучаемых соединений, получение прогнозных материалов.

Большое значение в агроэкологическом мониторинге придают определению суммарной вредности (или безвредности) растениеводческой продукции. Суммарную фитотоксичность почвы оценивают, как правило, методом биотестирования.

### ***Контрольные вопросы***

1. Охарактеризуйте факторы сельскохозяйственного загрязнения почв.
2. Как происходит эрозия почв, каковы ее основные причины?
3. Объясните отрицательные последствия загрязнения почв тяжелыми металлами.
4. В чем отрицательные последствия использования пестицидов? Дайте характеристику основным группам пестицидов.
5. Раскройте суть классификации фунгицидов. Что предусматривает охрана почв от загрязнения пестицидами?
6. Какие последствия применения удобрений в сельском хозяйстве вы можете назвать?

***Практическое задание:*** напишите основные загрязнители сельскохозяйственного производства и предложите пути снижения их воздействия на экосистемы.

## **Глава 8. ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

### **8.1. Понятие экологически безопасной сельскохозяйственной продукции**

Получение экологически чистой продукции растениеводства и животноводства – одна из важнейших задач сельскохозяйственного производства в целом. Само понятие «экологически безопасная сельскохозяйственная продукция» основано на праве людей на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой. Но, несмотря на это, даже в наше время проблемы недоедания и голода усугубляются болезнями и смертностью в результате потребления некачественных продуктов питания, хотя на Земле достаточно ресурсов, разработаны решения и технологии, которые дают возможность навсегда покончить с этими явлениями.

*Производство экологически чистой продукции АПК* – это многофункциональный процесс, в котором объединяются социальный, экологический и экономический аспекты; он отвечает принципам сбалансированного развития агроэкосистем. Эта продукция должна быть сертифицирована, соответствовать стандартам качества и высокой биологической ценности.

Основным условием производства является применение экологически безопасных технологий на всех этапах получения продукции – от получения сырья до реализации готовой продукции, отказ от химических средств защиты растений и минеральных удобрений в сельском хозяйстве, от стимуляторов роста и антибиотиков в животноводстве, запрет использования генно-модифицированных организмов (ГМО).

Экологически чистая продукция АПК должна соответствовать требованиям законодательных актов и национальных нормативных документов, а также международных и национальных стандартов, проходить процедуры инспекции и сертификации.

Для выработки экологически безопасных пищевых продуктов требуется экологически безопасное сырье, которое можно получить только при условиях, обеспечивающих соответствующее состояние окружающей среды (почвы, воды, воздуха, флоры), а также состоя-



ние здоровья животных. Продукты должны быть биологически полноценными, т. е. их химический и биологический состав должен обеспечивать нормальный обмен веществ в организме человека. Экологическая безопасность пищевых продуктов зависит от химического, биологического, механического состава и некоторых других свойств почвы [4]).

Создание экологически благополучной сырьевой зоны, обеспечивающей животноводческие предприятия кормами, невозможно без системы интенсивного кормопроизводства, позволяющей получать экологически безопасные корма на основе применения рациональных севооборотов, биологически безопасных химических средств борьбы с вредителями и болезнями, использования биологических методов защиты растений, высокоурожайных сортов кормовых культур, толерантных к отрицательным воздействиям, замены гербицидов в борьбе с сорняками.

*«Чистота» сельскохозяйственных культур* определяется самоочищающейся и буферной способностью почвы, что в значительной степени зависит от содержания в ней гумуса, кислотности, плотности, гранулометрического и минерального состава, окислительно-восстановительной реакции.

В самоочищении почвы большую роль играет гумус. Он не только сорбирует (поглощает) токсические вещества, но и активизирует почвенную биоту, нормализует структуру микробиологического состава. Поэтому на почвах подзолистого типа, бедных органическими веществами, экологическая опасность выращиваемых культур значительно выше, чем на черноземах. Кислотность почвы влияет на растворимость токсикантов и их поступление в растения. В почвах, реакция которых близка к нейтральной, опасность загрязнения их (например, тяжелыми металлами) снижается. С повышением как кислотности, так и щелочности, растворимость тяжелых металлов возрастает и миграция их в растения увеличивается. Кислотность почвы влияет на структуру микробиологического состава, снижая или повышая его активность.

Для получения безопасной продукции очень важно учитывать фактическую кислотность почв при размещении сельскохозяйственных культур. В случае избыточной кислотности требуется известкование почвы. Гранулометрический и минеральный состав почвы влияет на емкость катионного обмена, определяющую подвижность токсикантов, а, следовательно, степень поступления их в растения.

Так, на почвах, гранулометрический состав которых характеризуется большой площадью, поверхность частиц, емкость катионного обмена выше, что уменьшает подвижность токсических веществ (токсикантов) и поступление его в растения.

Сельскохозяйственные культуры, выращиваемые на почвах, в состав которых входят минеральные вещества с невысокой емкостью катионного обмена (например каолиниты), легче загрязняются токсикантами, чем выращенные на почвах, содержащих минеральные вещества монтмориллонитовой группы. На переувлажненных почвах (глееватых, глеевых) возрастает опасность загрязнения сельскохозяйственной продукции тяжелыми металлами вследствие увеличения их подвижности.

Избыток воды в почве способствует появлению в ней металлов с низкой валентностью в более растворимой форме. Почвы с нарушенным гидрологическим режимом следует использовать для выращивания сельскохозяйственных культур только после мелиоративных работ. С уплотнением почвы увеличивается подвижность тяжелых металлов, что делает опасным выращивание сельскохозяйственных культур. Так, с увеличением плотности почвы с 0,6–1 до 1,3–1,6 г/см<sup>3</sup> подвижность тяжелых металлов возрастает в несколько раз. На качество выращиваемой сельскохозяйственной продукции влияют населяющие почву живые организмы, особенно микробиота.

Дальнейшее поведение токсикантов, попавших в почву, зависит от активности и структуры микробных ценозов, которые определяют самоочищающую способность почвы, взаимосвязанную с почвенно-экологическими факторами. Поэтому, например, пестициды наиболее интенсивно изменяются в черноземах, характеризующихся высоким содержанием гумуса, благоприятной реакцией среды, повышенной биологической активностью и микробным разнообразием.

Черноземные почвы способны также противостоять действию поступающих в почву токсикантов, т. е. обладают хорошей буферностью. Следовательно, сохранение и увеличение содержания гумуса в почве, осушение и разуплотнение ее – важнейшие условия выращивания экологически безопасных сельскохозяйственных культур, в том числе кормовых.

Проблема получения экологически безопасной продукции растениеводства заключается в снижении содержания ксенобиотиков и повышении биологического качества сельскохозяйственных культур. Решение этой проблемы возможно *по трем направлениям*:

1. *Подбор культур и сортов* (особенно при повышенном содержании в почве радионуклидов), обеспечивающих получение безопасной растениеводческой продукции.

2. *Выбор почвы и условий рельефа*, оптимальных для культуры и сорта и минимизирующих накопление в них ксенобиотиков. Контурно-экологические севообороты позволяют наиболее полно учитывать почвенные условия возделывания конкретной сельскохозяйственной культуры и ее биологические особенности.

3. *Совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур*, научно обоснованное применение пестицидов, микро- и макроудобрений. Для получения экологически безопасной продукции необходимо соизмерять внесение удобрений со способностью культуры ассимилировать содержащиеся в них питательные элементы без загрязнения продовольственной и фуражной продукции вредными веществами, а нагрузки пестицидов на сельскохозяйственный ландшафт – с интенсивностью физико-химических и биологических процессов их деструкции в окружающей среде и продуктах урожая.

*Для получения экологически безопасной растениеводческой продукции необходимо проводить следующие мероприятия:*

❖ применение ресурсосберегающих и природоохранных технологий, создание на их базе замкнутых оборотных и безотходных производственных циклов на животноводческих предприятиях и мелиоративных системах, а также на предприятиях перерабатывающей промышленности;

❖ оптимизация природных механизмов регулирования численности вредителей, сорняков и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур, на базе адаптивных агроландшафтов – интегрированная защита растений;

❖ эффективное управление биологическими процессами, создание экосистем и ландшафтов с заданными свойствами;

❖ для предотвращения негативных последствий использования минеральных удобрений и пестицидов требуется экологически и гигиенически обоснованное регламентирование их применения;

❖ с целью минимизации обработки почвы при загрязнении ее радионуклидами применяют известкование, внесение фосфорно-калийных удобрений, микроудобрений и др.

Большое значение имеют мероприятия по защите окружающей среды и сельскохозяйственного производства от химического и микробиологического загрязнения. При существующей системе земледелия значительная часть площади сельскохозяйственных угодий эродирована, переуплотнена, загрязнена и т. д. Ежегодная интенсивная обработка почвы тяжеловесными машинами, нерегламентированное применение удобрений и ядохимикатов отрицательно влияют на экологическую систему почва – растение – животное – человек, что может привести к снижению плодородия почв, продуктивности полей, химическому загрязнению производимого сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов.

Неблагоприятное действие ксенобиотиков связано с миграцией химических веществ по одной или нескольким экологическим цепям:

- воздух – человек;
- вода – человек;
- пищевые продукты – человек;
- почва – вода – человек;
- почва – растение – человек;
- почва – растение – животное – человек и т. д.

Чем длиннее миграционный путь при подземных путях миграции, тем меньшую опасность для здоровья человека представляет ксенобиотик, так как при продвижении химических веществ по экологическим цепям они подвергаются деструкции и превращениям.

Считается, что из ядов, регулярно попадающих в организм человека, около 70 % поступает с пищей, 20 % – из воздуха и 10 % – с водой.

В России примерно 30–40 % продукции загрязнено нежелательными ингредиентами. Загрязнено также до 70 % питьевой воды (т. е. примерно семь человек из десяти пьют загрязненную воду). Наряду с такими источниками загрязнения, как энергетика (особенно ТЭС), промышленность, транспорт, есть «критические точки», вызывающие загрязнение продукции и окружающей среды, и в агро-сфере. Проблему получения качественного продовольствия в условиях негативного антропогенного воздействия на окружающую природную среду, в том числе и в процессе сельскохозяйственного производства, можно решить на основе экологизации сложившихся или вновь создаваемых систем ведения сельского хозяйства.

Загрязнение продукции растениеводства и животноводства различными вредными веществами обусловлено множеством взаимосвязанных, идущих с различной интенсивностью процессов в сопряженных средах и компонентах экосистем. При этом во многих регионах не только возрастает прямое действие химических веществ, но и усложняется проявление этих воздействий.

Экологические познания древних растениеводов и животноводов были ограниченными, скудными. Работники сельского хозяйства не имели представления об экологических системах, биогеохимических трофических цепях, но их практические навыки и действия носили более или менее выраженный экологический характер. Там, где работали более или менее экологично, растениеводство и животноводство развивались достаточно успешно. Когда же земледельцы нарушали законы природы, возникали экологические катастрофы и сельское хозяйство приходило в упадок.

Исследования в области исторической экологии показали, что при эрозии почв, заболачивании и засолении земель, опустынивании обширных территорий, других катаклизмах некогда процветавшие цивилизации погибали. Можно только догадываться, как в те далекие времена снижались урожайность культивируемых растений, продуктивность сельскохозяйственных животных и ухудшалось качество продукции растениеводства и животноводства. Известны многочисленные случаи вспышек заболеваний и гибели людей от голода из-за недостатка (или отсутствия) пищи, ее порчи, недоброкачественности (вредности, токсичности). Животная пища, загрязненная болезнетворными микроорганизмами, нередко служила причиной возникновения зооантропонозов – болезней, общих для животных и человека (например сибирской язвы). Продукция сельскохозяйственного производства весьма разнообразна. Зерно, фрукты и овощи, мясо, молоко, кожа, шерсть, перья и масса других продуктов растениеводства и животноводства производятся человеком для удовлетворения своих биологических, материальных, научных, культурных, эстетических и духовных потребностей.

Сельское хозяйство – основной производитель растительной и животной пищи для человека. Производство продуктов питания для человеческого общества является главной, но далеко не единственной задачей сельского хозяйства. Немаловажную роль оно играет в

создании сырьевых ресурсов для промышленности. Например, хлопок, лен и шерсть являются сырьем для промышленного производства тканей. Кожу используют для изготовления обуви, других изделий. На специальных предприятиях (фармзаводах, биофабриках) производят лечебно-профилактические препараты: витамин А из моркови и томатов, гематоген – из крови, инсулин – из поджелудочной железы животных и др.

Производство сельскохозяйственной продукции базируется на умении человека «эксплуатировать работу» по синтезу органических веществ организмами, входящими в состав биогеохимической трофической (пищевой) цепи почва – вода – воздух – растения – животные – человек. В приведенной схеме отражены организмы трофических уровней и объекты их питания. Объектами питания растений, в том числе культивируемых, служат компоненты неживой природы, питательные вещества, содержащиеся в почве, гидросфере и атмосфере.

Растения являются объектами питания гетеротрофных организмов-консументов (потребителей). К консументам относятся животные, в том числе сельскохозяйственные. Большинство домашних млекопитающих и птиц растительноядны (травоядны). Растительноядные животные – объект питания хищников и паразитов. Из сельскохозяйственных животных к плотоядным можно отнести лис, норку, другие виды пушных зверей, разводимых в звероводческих хозяйствах. Замыкает пищевую цепь человек, который потребляет и растительную, и животную пищу, поэтому по типу питания его можно отнести к всеядным. Человек – универсальный потребитель сельскохозяйственной продукции. Он использует ее не только для питания, но и в других целях, например для изготовления одежды, производства лекарств и т. д.

Процесс производства сельскохозяйственной продукции управляется человеком с древних времен. Вначале это делалось интуитивно, путем проб и ошибок. С появлением экологии как науки и отрасли практической деятельности людей управление сельскохозяйственным производством осуществляется на научной основе.

Развитие сельскохозяйственной экологии расширило возможности людей в проведении научно обоснованных мероприятий по

регуляции и оптимизации биогеохимических процессов с целью увеличения урожайности культивируемых растений и продуктивности сельскохозяйственных животных, улучшения качества продукции растениеводства и животноводства. Проблема качества сельскохозяйственной продукции в настоящее время стоит особенно остро.

## **8.2. Принципы восстановления оптимального состояния почв после сельскохозяйственного использования**

На сегодняшний день, пожалуй, самой острой проблемой в сельском хозяйстве является уплотнение почв. Оно является причиной эрозии почв, достигающей в настоящее время во многих земледельческих районах уже более 25 т/га в год, это означает, что плодородный пахотный слой будет снесен в течение жизни одного поколения. Уплотнение почв также препятствует проникновению в почву дождевой воды, так что даже отсутствие осадков в течение 10–20 дней заставляет растения испытывать острый дефицит влаги. И, наконец, уплотнение почв приводит к использованию все более мощных и дорогостоящих тракторов в комплексе с более крупными сельскохозяйственными орудиями и механизмами, которые все вместе еще более ускоряют уплотнение почв. Многие другие ошибки связаны с рекомендациями далекой от практики науки. К таким просчетам относятся специализация, малопольные севообороты, монокультуры, чрезмерное кормление концентратами при стойловом содержании скота.

Единственную перспективную возможность предотвращения деградации почв дает нам *экологическое земледелие*. Оно объединяет старые, испытанные принципы с новейшими научными знаниями для включения сельскохозяйственного предприятия в экосистему в качестве составной ее части, чтобы природа смогла помогать фермеру, а не защищалась бы от его ошибок. Нехватка топлива, увеличение расходов на химикаты и загрязнение окружающей среды вызывают сомнения в долгом и успешном существовании интенсивного земледелия. Человек должен вернуться к естественным методам земледелия, учитывающим природные круговороты. Эти методы основаны на экологических принципах и известны как экологически чистое земледелие.

*Экологически чистое земледелие*, основанное на севообороте определенных культур и использовании навоза в качестве удобре-

ния, в наши дни успешно развивается. Оно не приносит экологический вред, даже улучшает состояние почвы, возвращая в нее массу органических отходов, из-за чего содержание гумуса и минеральных веществ в ней повышается и все природные кругообороты протекают активно.

*Основопологающие цели экологического земледелия:*

- производство в достаточных количествах продуктов питания с высокой пищевой ценностью;
- деятельность в гармонии с природной экосистемой вместо попытки подчинить ее;
- стимулирование и укрепление биологических циклов в системе земледелия, включающей микроорганизмы, почвенную флору и фауну, растения и животных;
- сохранение и стимулирование долговременного почвенного плодородия;
- возможно более широкое применение возобновляемых ресурсов в местных системах земледелия;
- создание замкнутой системы для органической субстанции и питательных веществ;
- содержание скота в условиях, позволяющих животным жить в соответствии с их врожденным поведением;
- предотвращение загрязнения среды в результате сельскохозяйственной деятельности;
- сохранение генетического многообразия в земледельческой системе и ее окружении, включая охрану среды обитания диких животных и растений;
- обеспечение соответствующих доходов фермерам и садоводам;
- учет многочисленных социальных и экологических аспектов воздействия сельского хозяйства.

Первое необходимое условие для сохранения «здоровья» почв — это восстановление и дальнейшее повышение их естественного плодородия. Хорошо известно, что органическое вещество выполняет множество разнообразных функций, связанных с устойчивым функционированием почвы в составе природных и сельскохозяйственных экосистем. Оно нередко является лимитирующим фактором, определяющим биопродуктивность экосистем. От состава и режима органического вещества во многом зависят поведение загрязнений различного происхождения, формирование водно-физических свойств почвы, противоэрозионная устойчивость почв и т. д.



Функционально разнообразная и одновременно глобальная роль органического вещества определяется тем обстоятельством, что в основе нормального функционирования любых экосистем, включая и водные, лежат процессы продуцирования, трансформации и транспорта органических веществ. Эти процессы непосредственно формируют или косвенно влияют на систему биогеохимических циклов всех элементов в экосистемах. Совместное действие первичных продуцентов органического вещества, консументов разного порядка и редуцентов в рамках биогеохимических циклов углерода и других элементов не только поддерживает устойчивое функционирование экосистем, но и формирует наземные экосистемы и почвы.

Прежде всего, для современных природных и сельскохозяйственных экосистем, находящихся под более или менее сильным влиянием техногенеза, можно, в известной мере условно, выделить две группы функций, которые выполняет органическое вещество:

1. *Продукционно-воспроизводящие функции*, обеспечивающие устойчивое функционирование природных и сельскохозяйственных экосистем. Выполнение этих функций обеспечивается прямым или косвенным участием органических веществ в таких важнейших процессах, как фиксация атмосферного азота и формирование определенного трофического уровня почв, восстановление и поддержание благоприятных водно-физических свойств почвы и т. д.

2. *Техногенно-защитные функции*, связанные с уменьшением неблагоприятных последствий различного рода техногенных, токсикологических и других нагрузок на природные и сельскохозяйственные экосистемы.

Выполнение названных функций реализуется через конкретные и часто очень разные по природе механизмы трансформации, взаимодействия и транспорта органического вещества (физические, химические, биологические). При этом важно подчеркнуть, что отдельные конкретные функции выполняются на всех этапах превращения органического вещества в почвах – от исходных органических остатков через все промежуточные формы трансформации, минерализации и гумификации до образования конечных продуктов окисления.

Плодородие почвы формируется в результате взаимодействия в почвенной толще корней растений и микроорганизмов. У корней растений постоянно отщепляются мельчайшие кончики, которые служат пищей миллиардам микроорганизмов, преимущественно крохотным

микробам. И, наоборот, микроорганизмы обеспечивают постоянный приток органических соединений к корням растений, на которых поселяются изолированные микробные клетки, а также многоклеточные организмы (например *микоризы*). Кроме того, все корни и поверхностные органические остатки могут, преимущественно в период незначительного роста корней, преобразовываться в гумус, служащий источником питания как микроорганизмам, так и корням растений. Это взаимодействие и совместный обмен веществ приводят к образованию в почвенной толще бесчисленного количества мелких пор и мельчайших комков. Все пустоты заполняются иловатыми частицами, за счет которых микроорганизмы и корни покрывают свою потребность в воде, а комочки защищены от растворяющего действия воды.

Состав почвенных организмов изменяется с глубиной, приспособляясь к очень разнообразным физическим условиям. Поэтому отвальная вспашка на глубину более 8–10 см пагубна для почвенного плодородия, так как погибают существенные части биоценозов и должны образовываться новые. Если образование новых сообществ продолжается дольше, чем вегетационный период, то почва «мертва» и не представляет никакой ценности для развития растений. Чем больше масса корней, тем больше численность почвенных организмов, чем больше корневая система, тем быстрее происходят превращения, чем многообразнее виды корней, тем богаче виды почвенных организмов.

Следует отметить, что экологическое земледелие позволяет надолго обеспечить такие же и даже более высокие урожаи, чем у фермеров, применяющих химико-синтетические вещества.

Предпосылкой для этого служит предотвращение уплотнения почв – следствие любого, особенно современного земледелия, а также восстановление зернисто-мелкокомковатой структуры почв. Это предполагает сохранение верхнего пахотного слоя путем стимулирования преобразований органических остатков и навоза и обогащение его каменной мукой, способствующей развитию микроорганизмов.

Среди общих мер по борьбе с эрозией почвы большое значение имеет общая противозэрозионная организация территории, предусматривающая правильные севообороты, посадку защитных лесонасаждений, гидротехнические сооружения, в частности введение почвозащитных полевых и лугопастбищных севооборотов (многолетние травы, занятые пары, уменьшение площади пропашных культур и др.) (тем самым сокращается поверхностный сток воды и происходит сниже-

ние образования эрозии); облесение оврагов, песков и сильно эродированных склонов, создание лесонасаждений и лесов хозяйственного значения; регулирование пастьбы скота в балках, на крутых склонах, на песчаных и супесчаных почвах, легко разрушающихся копытами животными. Оптимальные агротехнические мероприятия – это вспашка поперек склона, а также углубление пахотного слоя, что обеспечивает более полное впитывание влаги и уменьшение поверхностного стока. К гидротехническим мероприятиям можно отнести создание земляных валов для стока воды в сочетании с работами по облесению, каменные перепады, акведуки, укрепление оврагов каменным материалом.

### ***8.2.1. Основные принципы устранения уплотнения почв***

Слой почвы считается уплотненным, если он характеризуется уменьшенным объемом пор по сравнению с ниже- или вышележащими пластами. В почвах, используемых для земледелия, подобные уплотнения обычно возникают в результате обработки.

Если эти уплотнения лежат на границе регулярно обрабатываемого глубокого горизонта, то они характеризуются «плужной подошвой», потому что возникновение уплотнения приписывают статическому и динамическому давлению, особенно в том случае, когда работа производилась затупившимися культиваторными лапами. Однако в значительно большей степени ее образованию способствуют давление в борозде, усиленное буксованием, и вибрация ведущих колес. При этом частицы почвы тем легче собираются в более плотные агрегаты, чем дальше консистенция почвы отступает от комковатой в сторону мягкопластичной.

Почвы со значительной долей мелкопесчаных или пылеватых частиц могут уплотняться сильнее, чем почвы с высоким содержанием глины или крупнозернистого песка. Высокое содержание гумуса и известняка стабилизирует структуру почв и тем самым противодействует уплотнению. Уменьшение объема пор уплотненных слоев почвы воздействует на все без исключения транспортные процессы в почве: нарушаются газовый обмен, движение воды и питательных веществ. Значительное механическое сопротивление уплотненных слоев почвы и плохое снабжение кислородом непосредственно отражаются на росте корней. Возможно также значительное поражение микроорганизмами, повреждающими корни. В целом при

таких условиях плодородие почв, а также гарантия их урожайности более или менее ограничиваются.

Модификация транспортных процессов в почве вследствие образования плужной подошвы оказывает отрицательное воздействие и на выполнение полевых работ (медленное высыхание зяби или слишком высокая влажность почвы при уборке). *Цель улучшения* подобного состояния почвы всегда заключается в увеличении объема пор, прежде всего, части крупных пор (ходов дождевых червей) в области плужной подошвы. Наряду с возможностью механического рыхления такие физические процессы, как набухание и просадка в глинистых почвах или крошение почвы в результате промерзания в районах с холодными зимами, также могут вновь увеличить объем пор после возникшего уплотнения. Из *биологических процессов*, способствующих возобновлению объема пор, на первом месте среди культурных и сопутствующих растений стоят воздействие стержнекорневых растений и рыхлительная деятельность дождевых червей.

Повышение или понижение продуктивности зависят от связывания и трансформации питательных веществ при помощи активного взаимодействия минерального, органического и газообразного вещества с фауной и флорой почвы и корневой системой растений. Однако эта согласованность в очень большой степени ослабляется в результате уплотнения почвы. Практическим выводом для нас должно быть то, что нужно стремиться избежать любой обработки и езды в период, когда почва еще настолько увлажнена, что следует опасаться весьма сильного уплотнения почвы. Во время уборочных и весенних полевых работ постоянно возникают такие аварийные ситуации, когда это благое намерение полностью «рассеивается», механические воздействия дают начало отрицательным мелиоративным процессам.

В целом севооборот должен быть составлен таким образом, чтобы стержнекорневые растения постоянно присутствовали, по меньшей мере, как промежуточные культуры, еще лучше как основные культуры. В качестве основных кормовых культур используются люпин, кормовые бобы, красный клевер и люцерна, а для промежуточных культур этот перечень может быть расширен за счет масличной редьки, свеклы и репы. Нельзя недооценивать и роли спутников – львиного зева и бодяка полевого. Следует также упомянуть донник в качестве пионерного растения. Однако возделываемые в качестве промежуточных культур стержнекорневые растения могут

преодолеть уплотнение лишь в том случае, если им будет предоставлено достаточно времени. Это означает, что они должны по возможности следовать за рано убираемыми культурами, такими как озимый ячмень или кукуруза на силос.

Для поддержания деятельности дождевых червей нужны пары и большое количество отмирающего органического вещества на поверхности почвы. Глубоко заделанные растительные остатки и требующая для этого обработка почвы мешают их активности.

Идеальная комбинация благоприятных условий для разрыхления уплотнения – это многолетняя люцерно-злаковая или клеверно-злаковая смесь, которая растет среди смеси стержнекорневых растений как покровная культура.

### ***8.2.2. Принципы использования зеленых растений в сохранении плодородия почвы***

Большинство хозяйственников достаточно часто сталкивается с проблемой почвоутомления. При этом сразу возникает резонный вопрос, как избежать или предотвратить данный процесс. Причину разрушения почвенной структуры, которое вследствие уменьшения естественного многообразия растений, корней в почве и сокращения корневой массы в конечном итоге приводит к угасанию биологической активности почвы, следует искать в недостатке энергии в почве. То, что вследствие этого у почвенных организмов недостает энергии для производства питания для культурных растений, многим неизвестно. А ведь, с другой стороны, как раз эта недостающая энергия в общем очень неэкономично доставляется в почву посредством огромного количества посторонней энергии в форме промышленных средств производства (химических удобрений).

Между тем у природы, да и у нас имеется всего один, хоть и рассчитанный на очень долгий земной срок источник энергии – солнце. Его использование через процесс фотосинтеза является превосходным. Однако количество связанной энергии определяется поверхностью и формой зеленых листьев, которые улавливают солнечный свет на поверхности почвы, преобразуют его и через систему транспорта веществ посылают в корни. Переносимое количество энергии в конечном итоге зависит от количества корней в почве.

Все зеленые растения – от мхов на стволах деревьев до деревьев-великанов тропических лесов – построены из веществ, которые, в

сущности, происходят из субстратов, возникших в результате фотосинтеза. Таким образом, солнце является энергетическим источником для развития всех зеленых растений. Следовательно, если желательно увеличить энергообеспечение почвенной толщи, то необходимо увеличить листовую массу, которая будет подставлена солнечному свету. В этой взаимозависимости заключается также источник разнообразия естественного развития растений, которое, в свою очередь, влечет за собой многообразие форм листьев и листорасположений. Подобно свободно стоящему дереву, растительный покров почвы также может выстраиваться по ярусам. Благодаря этому площадь поверхности, улавливающей солнечную энергию, может составлять кратное площади поверхности почвы число и должна быть таковой, если система призвана быть высокоэффективной.

Культурные растения в чистых посевах способны покрывать лишь часть почвенной поверхности: отдельные растения делают это более-менее полноценно только в конце своего роста; между тем на ранних этапах развития, а у некоторых видов растений даже близко к срокам уборки величина листовой поверхности отстает от площади поверхности земли. Это представляется обоснованием того, что монокультуры тех растительных видов, которые в процессе своего развития образуют незначительную массу листьев, быстрее нарушают почву, чем другие виды.

Такие полезные растения, как хлебные злаки, рис, сорго и кукуруза (основные средства питания человека), являются плохими «укрывателями» почвы. Всех их отличает относительно слабый, поздно начинающийся рост листьев, и поэтому они доставляют в почву слишком мало солнечной энергии.

В этом случае возделывание бобово-злаковых смесей может принести известное улучшение, однако только дополнительное культивирование зеленых удобрений между отдельными культурами полезных растений может обусловить увеличение листовой поверхности.

*Зеленые удобрения* могут быть включены в сезонную последовательность культурных растений таким образом, что почва всегда будет в той или иной форме покрыта зеленой массой. Например, у зерновых культур и кукурузы это может быть достигнуто с помощью низкорослого белого клевера. Правда, в крайних случаях почву приходится оставлять непокрытой из-за необходимости проведения предпосевных работ или во время прорастания семян; однако этот временной период длится не больше 4–8 недель. После него должен

образовываться густой зеленой покров. Разнородные смеси зеленых удобрений должны также иметь достаточно листьев на разных ярусах стеблестоя. В них должны быть представлены растения, которые отличаются самыми различными формами – от узкостебельчатой (однолетний райграс) до широколиственных (подсолнечник). Определенное ограничение «ярусности» связано с тем, что смесь не должна угнетать основное растение или в случае многолетней культуры не может быть выше определенной длины стеблей. В тени основного растения должны находиться те виды сидеральных культур, которые способны обходиться очень малой интенсивностью света и при этом еще посылать в корни достаточно богатые энергией вещества.

У промежуточных культур необходимо возделывать виды с очень слабой чувствительностью к заморозкам, чтобы во время холодного сезона и с началом весеннего тепла использовать по возможности каждый час еще относительно слабого светового облучения для образования веществ, богатых энергией. В зависимости от колебаний микроклимата высокая устойчивость к засухе или способность зеленых листьев к выживанию в период, когда общие факторы роста неблагоприятны, могут усилить перенос энергии в почву.

В биологическом земледелии не бывает непокрытой почвы; всегда имеется защита в виде густо заросшего междурядья или разлагающегося покрова отмерших частей растений.

Зеленое удобрение должно и может способствовать тому, чтобы здоровые растения нормально развивались и оставались здоровыми и в дальнейшем. В природной системе каждое живое существо сталкивается с отрицательными воздействиями на свое здоровье. Обычно они отражаются индивидуальными противодействующими силами. Однако если наблюдается ослабление индивидуума, то «приходит» болезнь. Что же касается растительного сообщества сидератов, то оно усиливает защитные силы и отводит агрессию вредителей от полезного растения. Так как поражение такими болезнями бывает незначительным, то нередко подстраховка сидерацией бывает достаточной для повышения иммунитета растений.

Помимо вышеназванных свойств, запахивание зеленых удобрений является одной из наиболее экологичных форм борьбы с сорняками, которые подчиняются системе регулирования биотопа «сидерация». Необходимое для запахивания зеленого удобрения рыхление почвы и следующее вслед за ним прорастание корней ослабляют силу роста густорастущих травянистых растений, таких как щавель,

бодяк и порей. Сидерация влияет и на самосев, подавляя его. Наконец, зеленые удобрения своим корнеобразованием способствуют еще и тому, что почвенные организмы вновь получают возможность проявить свои деминерализующие свойства. Так почва возвращает нам полностью свое плодородие.

Таким образом, наша задача сегодня – это развитие сельского хозяйства как целостного «организма», образец которого взят из самой природы и представляет альтернативу голой интенсификации, специализации и химизации. Если сельское хозяйство ведется подобающим способом, то оно загрязняет окружающую среду не более, чем земля, оставленная в своем естественном состоянии. Только таким образом сельское хозяйство может развиваться в гармонии с природой. В перспективе такой подход будет способствовать постепенному улучшению сельскохозяйственных условий.

### **8.2.3. Экологические аспекты использования вермикультуры и биогумуса**

В настоящее время среди основных задач, стоящих перед сельскохозяйственной экологией, ключевое место принадлежит конструированию оптимальных схем гармоничного развития биогеоэкологического покрова, неотъемлемой составной частью которого являются агроэкосистемы (продукт процессов трансформации первичной биосферы в биотехносферу).

В последние годы во многих странах довольно широкое распространение получило одно из новых направлений биотехнологии – **вермикультивирование**, заключающееся в промышленном разведении некоторых форм дождевых червей (от *Vermes* – червь).

Формирование и развитие данного направления обусловлено возможностью решения на биологической основе ряда актуальных экологических задач (утилизация органических отходов, повышение плодородия почвы, получение высококачественного чистого органического удобрения, выращивание безопасной сельскохозяйственной продукции и других направлений).

Метод вермикультуры существенно ограничивает либо исключает опасность загрязнения среды различными поллютантами. Особый интерес к вермикультивированию проявляют сторонники так называемого альтернативного земледелия, ратующие за отказ от применения минеральных удобрений и пестицидов и призывающие



к широкому использованию компостов, способных поддерживать на высоком уровне биологическую активность почвы.

Первые хозяйства по искусственному разведению червей на отходах были созданы более полувека тому назад в США (червей разводили с целью получения наживки для рыбной ловли).

В настоящее же время практика применения заметно расширилась, распространившись как в сельском хозяйстве, так и в других отраслях производства.

**Вермикультура** – это компостные черви в органическом субстрате. Нередко под этим термином подразумевают исключительно червей или, наоборот, только субстрат. Вермикультуру можно представить как сложное биоценотическое сообщество, ограниченное определенным биотопом в составе культурного ландшафта.

Черви объединяют несколько типов групп беспозвоночных, среди которых коловратки, нематоды, энхитреиды, кольчатые и дождевые черви. Последние имеют большое значение в почвообразовательном процессе, формировании и поддержании плодородия почв.

Дождевые (земляные) черви – самые крупные обитатели почв среди беспозвоночных, входящие в состав почвенной макрофауны, на их долю приходится не менее половины всей биомассы почвы. Например, в лесных экосистемах масса червей составляет от 50 до 72 % всей почвенной биомассы.

Большинство дождевых червей, распространенных на территории России, относится к семейству люмбрицид (*Lumbricidae*), которое включает около 180 видов.

В целом же наиболее массовыми является 15–16 видов, среди которых заметно доминирует вид *Nicodrilus caliginosus*. Обитает он обычно в распаханых почвах. Отсюда и название «пашенный червь».

Средний размер дождевого червя – 9–13 см в длину (на Кавказе обитают черви длиной 45 см, а самый крупный червь в мире – *Megascolides australis* – имеет длину 2,5 м).

Плотность дождевых червей достигает в среднем 120 особей на 1 м<sup>2</sup>, а биомасса – 50 г на 1 м<sup>2</sup> (при массе тела одного червя 0,5–5 г). В благоприятные периоды плотность пашенного червя может составить 400–500 экземпляров на 1 м<sup>2</sup>.

Главный источник питания червя – растительные остатки. Не случайно присутствие его можно рассматривать как тест на обогащенность почвы органическим веществом. Дождевые черви, роясь в

почве, значительно влияют на ее свойства. Они способствуют перемешиванию и разрыхлению земли, накоплению органических веществ, образующих гумус. Для гумификации особо важны два фактора – воздух и влажность. Дождевые черви улучшают аэрацию почвы, облегчают доступ влаги, усиливают процессы гумусообразования, нитрификации и аммонификации.

В зависимости от места обитания червей делят на три группы:

- поверхностно-живущие (подстилочные);
- почвенно-подстилочные;
- третья норники, которые прокладывают глубинные ходы в почве.

Например, пашенный червь живет на глубине 10–15 см. В сухую погоду он мигрирует на глубину 0,5 м и более, строит там капсулу и временно впадает в спячку (диапауза).

В природной обстановке в размножении люмбрицид отмечается сезонность. Максимум в интенсивности этого процесса наблюдается весной и осенью. Черви могут голодать 2,5 месяца. При низких температурах (0–5 °С) период голодания увеличивается до 3–4 мес.

Они влаголюбивы, умеренно теплолюбивы. Оптимальная температура для питания – 20–25 °С, для размножения – 12–17 °С. Нуждаются в аэрации.

Непригодны для культивирования червей песчаные и глинистые, кислые и засоленные почвы. Оптимальной реакцией среды является нейтральная или слабокислая. Черви очень боятся ветра. В естественных условиях обитания черви не болеют и не подвергаются каким-либо эпидемиям. Гибель дождевых червей в природных условиях довольно часто вызывает чрезмерная химизация почв.

Достаточно велико значение червей и в облагораживании почв. Осознание этого предопределило большой интерес к искусственному их культивированию. Так, в результате многолетней селекционной работы, проведенной американскими исследователями, в 1959 г. в Калифорнии была выведена новая разновидность дождевого червя, получившая название «калифорнийский гибрид красного червя», или просто «калифорнийский красный червь». С 1979 г. его стали размножать в Западной Европе, Японии.

По плодовитости и активности гибрид существенно превосходит обычного дождевого червя и в отличие от него хорошо поддается выращиванию в искусственных условиях.

В отличие от своих диких сородичей калифорнийский гибрид является «домоседом». При наличии пищи он не расползается и потребляет в день ее примерно столько же, сколько весит сам. Селекционеры генетически запрограммировали гибрид на круглосуточную переработку отходов с высоким коэффициентом полезного действия (40 % потребляемой пищи расходуется в процессе жизнедеятельности, а 60 % после переваривания выделяется в виде экскрементов – копролитов, т. е. продуцируемого биогумуса).

В научной литературе на положительное влияние дождевых червей в почвообразовании впервые обратил внимание английский натуралист Г. Уайт. В книге, опубликованной в 1789 г., он пишет, что земля без дождевых червей была бы «холодной и непитательной».

Основными же исследованиями по этому вопросу являются работы Ч. Дарвина (1881), который писал о значении дождевых червей в формировании плодородия почв. Плуг, говорил естествоиспытатель, принадлежит к числу древнейших изобретений человека, но еще задолго до его изобретения почва правильно обрабатывалась червями и всегда будет обрабатываться ими.

Дождевые черви благоприятно влияют на почву. В основном в результате их деятельности сотворены знаменитые черноземы – национальное богатство России. Используя кусочки органического вещества, черви трансформируют его в кишечной полости и выделяют в виде копролитов – «каменных» экскрементов. Копролиты улучшают почвенную структуру в результате обволакивания стенок почвы слизью, что предохраняет ее, например, даже от размывания водой. Под действием копролитов меняется также биохимический состав почвы.

*Копролиты* содержат в пять раз больше биологического азота; они в семь раз богаче фосфором и в одиннадцать калием по сравнению с поверхностным слоем плодородной огородной почвы. В копролитах сосредоточивается значительное количество кальция, что обеспечивает хорошую водопрочную структуру и высокую вододерживающую способность. Наряду с этим кальций снижает кислотность среды и создает условия, затрудняющие развитие болезней растений, например фузариоза, ржавчины, бактериоза и др.

Около копролитов энергично развивается полезная микрофлора. Все это в итоге улучшает условия жизни растений. Дождевые черви, как и другие живые организмы, обогащают почву макро- и микроэлементами, ростовыми веществами, антибиотиками. Фермент протеаза, входящий в состав биомассы червя, обладает биостимулирующим действием, улучшает усвояемость пищи животными, способствует ускорению их роста, активизирует физиолого-биохимические процессы в организме. Масса копролитов, ежегодно образуемая червями в природных условиях, огромна.

В Подмосковье, например, на поле многолетних трав на дерново-подзолистой почве (180 червей на 1 м<sup>2</sup>) образуется за год 53 т/га копролитов. На основе культуры червей изготавливают ценнейшее органическое удобрение, получившее в обиходе название «биогумус».

**Биогумус** представляет собой комковатое микрогранулярное вещество коричнево-сероватого цвета с запахом земли.

Биогумус содержит в хорошо сбалансированной и легкоусвояемой форме все необходимые для питания растений вещества. Среднее содержание сухой органической массы в биогумусе составляет 50 %, а гумуса – 18 %; реакция среды, благоприятная для растений и микроорганизмов, – рН 6,8–7,4; среднее значение общего азота достигает 2,2 %; фосфора – 2,6; калия – 2,7 % и т. д. Кроме того, в биогумусе представлены практически все необходимые микроэлементы и биологически активные вещества, среди которых ферменты, витамины, гормоны, ауксины, гетероауксины и др.

В лучших образцах биогумуса в 1 г насчитывается до нескольких миллиардов клеток микроорганизмов, что значительно превышает численность микробов в навозе (примерно 150–350 млн клеток). Биогумус отличается высокой ферментативной активностью, особенно ферментами из группы оксидоредуктаз.

Следует отметить, что содержащееся в биогумусе органическое вещество в значительном количестве представлено гуминовыми кислотами (31,7–41,2 %) и фульвокислотами (22,3–34,8 %). Среди гуминовых кислот преобладает наиболее ценная фракция – гуматы кальция (43,3–47,6 %). Наличие в вермикомпосте фульватно-гуматного типа гумуса ( $C_{гк} : C_{фкт} = 1,18–1,42$ ) способствует формированию агрономически ценной структуры почвы. Элементы питания,

находящиеся в биогумусе, взаимодействуя с минеральными компонентами почвы, образуют сложные комплексные соединения. Поэтому они надежно сохраняются от вымывания, медленно растворяются в воде, обеспечивая питание растений в течение длительного времени (не менее двух-трех лет). Считается, что нередко биогумус по своей питательной ценности превосходит органические удобрения.

В зависимости от размера гранул биогумус подразделяют на виды, представленные на рисунке 8.

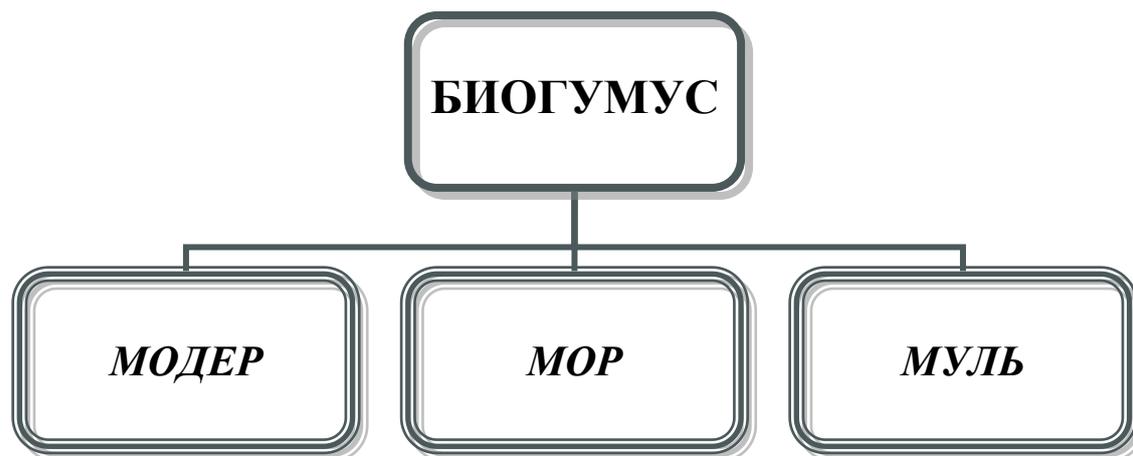


Рисунок 8 – Характеристика биогумуса в зависимости от размера гранул

**Модер** (гранулы размером 0,3–0,7 мм) – мягкая фракция биогумуса. Используют его для подкормки огородных, парниковых, тепличных и оранжерейных культур.

**Мор** (гранулы размером 0,7–1 мм) – самая крупная фракция био-гумуса. Предназначена для применения в растениеводстве, огородничестве и садоводстве. Вносят его при посеве в рядки, лунки, гнезда.

**Муль** (гранулы размером до 0,1 мм) – мельчайшая фракция биогумуса (или гумусовая мука). При внесении в почву сразу же растворяется и усваивается растениями. Используется для некорневых подкормок, «лечения» растений, перенесших стрессовое состояние при пересадках, а также для получения быстрого эффекта при выращивании растений.

Биогумус не должен содержать вещества, биологически не перерабатываемые (например полимеры, камень, стекло); растения, которые способны размножаться. Предельные параметры возбудителей патогенных заболеваний человека в биогумусе допускаются, экз. на 1 г:

фекальный стрептококк – 10; колиформ – 10; сальмонелла – не обнаруживается в 20 г.

Ценные свойства биогумуса при применении его благоприятно сказываются на формировании урожайности сельскохозяйственных культур, стимулируют улучшение качества получаемой продукции. Установлено, например, что благодаря биогумусу прибавка урожая зерновых составляет 30–40 %, картофеля – 30–70 и овощных – 35–70 %. Примером повышения качества продукции под влиянием биогумуса может служить увеличение содержания витамина С (мг/100 г) в фруктах и овощах.

Наиболее целесообразные дозы внесения биогумуса изменяются в зависимости от метеорологических условий года. По «отзывчивости» на применение биогумуса растения подразделяют на группы, представленные на рисунке 9.

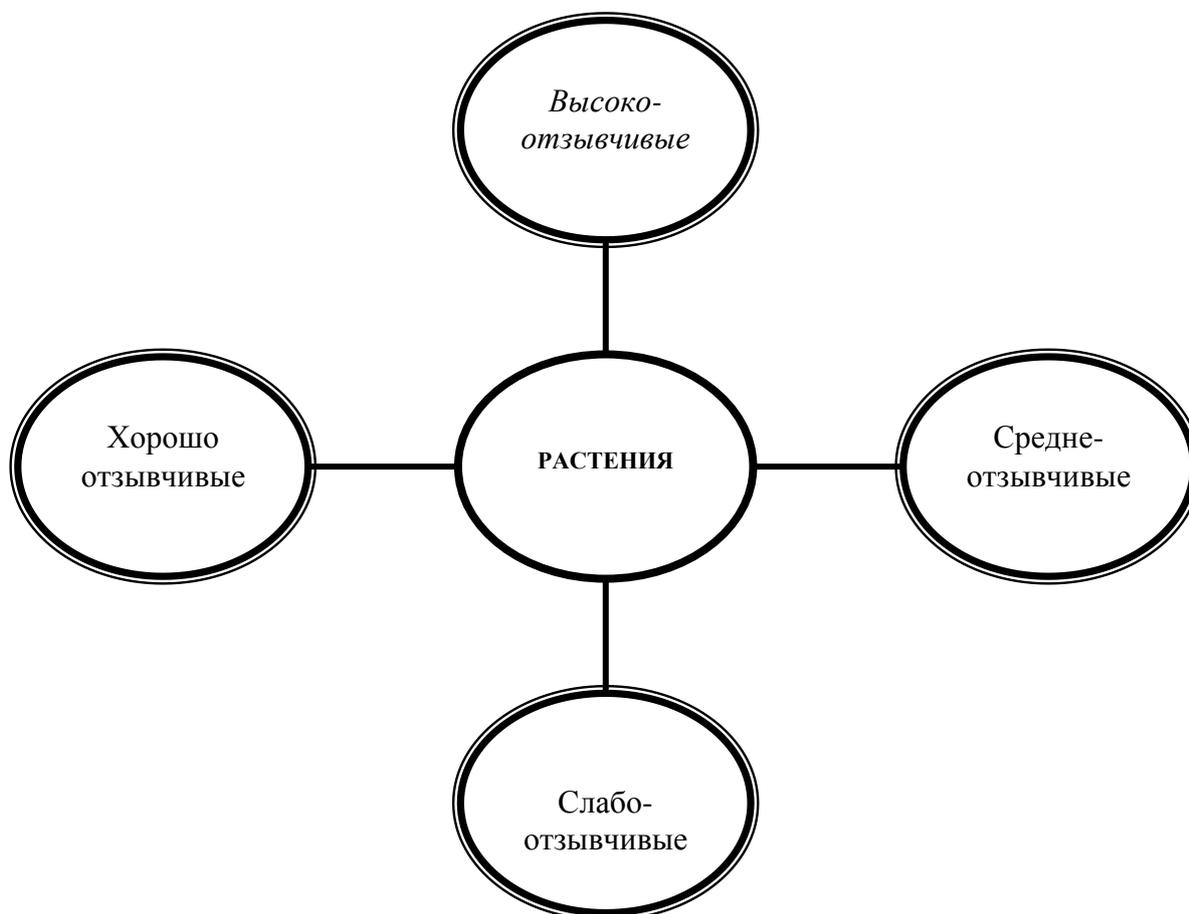


Рисунок 9 – Группировка растений по отзывчивости на биогумус

**Высокоотзывчивые**, богатые углеводами; сюда относятся картофель, морковь, свекла (кормовая, сахарная и столовая), фрукты; применение биогумуса под эти культуры обеспечивает прибавку урожая до 35 % и более.

*Хорошо отзывчивые*, в эту группу отнесены все зерновые культуры (озимая и яровая пшеница, рожь, ячмень, овес, рис, просо, гречиха, кукуруза на зерно, сорго); на биогумус они реагируют достаточно хорошо, и прибавка урожая составляет до 25 % и более.

*Среднеотзывчивые* – бобовые культуры (горох, кормовые бобы, нут, соя, чечевица), а также донник, люцерна, тригонелла, эспарцет и др.; реакция на биогумус удовлетворительная, прирост урожая до 15 %.

*Слабоотзывчивые* – масличные и эфиромасличные культуры (подсолнечник, рапс, горчица, кориандр и др.); реагируют на биогумус слабо.

В результате обобщения и анализа накопленных материалов были сформулированы **основные агроэкологические свойства биогумуса**:

➤ биогумус превосходит традиционные органические удобрения по действию на рост, развитие и урожайность различных сельскохозяйственных культур; элементы питания в биогумусе находятся в органической форме, что надежно предотвращает их вымывание и способствует пролонгированному действию;

➤ доступность элементов питания в биогумусе значительно больше, что обусловлено содержанием большинства необходимых для растений элементов в хорошо усвояемой форме;

➤ оптимальная реакция среды, формируемая наличием биогумуса, создает, в свою очередь, более благоприятную среду для развития растений;

➤ биогумус характеризуется высокой буферностью, поэтому не создается избыточная концентрация солей в почвенном растворе, что обычно происходит при внесении высоких доз минеральных удобрений;

➤ богатство полезной микрофлоры в биогумусе существенно увеличивает его питательное и фитосанитарное значение для высших растений, отсутствие семян сорной растительности минимизирует в последующем необходимость механической или химической борьбы с сорняками;

➤ содержание в биогумусе биологически активных веществ (ауксинов, гетероауксинов и др.) уменьшает стрессовое состояние растений, особенно рассады, увеличивает приживаемость, ускоряет прорастание семян, повышает устойчивость растений к заболеваниям и т. д.

Способность дождевых червей изменять поведение токсикантов в системе *почва – растения* или снижать вовлечение в биологический круговорот веществ в концентрациях, представляющих опасность для живых организмов, позволяет получать с помощью биогумуса экологически безопасную сельскохозяйственную продукцию. Так, даже при наличии тяжелых металлов в биогумусе они содержатся в виде комплексных соединений хелатного типа, что делает их малодоступными растениям.

Установлена также возможность червей и биогумуса связывать радионуклиды, находящиеся в почве и органических удобрениях, резко уменьшать поступление тяжелых металлов в растения.

Выявлено положительное влияние биогумуса на уменьшение содержания нитратов в сельскохозяйственной продукции и улучшение ее пищевой ценности при одновременном увеличении урожайности. Например, включение в состав тепличного грунта 20 % биогумуса (фракция < 3 мм) способствовало приросту урожайности (огурцы, томаты) от 10 до 30 %. При этом содержание витамина С повысилось на 8–23 %, а содержание нитратов снизилось на 19–60 %. Аналогичная ситуация прослеживалась и при выращивании кукурузы.

Наряду с производством биогумуса вермикультура, как свидетельствуют отечественные и зарубежные исследования, в настоящее время перспективна для более разностороннего использования в хозяйственных целях. Предпосылкой тому могут служить высокая питательная ценность биомассы, содержание некоторых веществ, препятствующих возникновению и развитию ряда заболеваний, и пр.

Рассматривая возможности использования вермикультуры в животноводстве, целесообразно принимать во внимание, что 1 т органической пищи, как уже было сказано, при переработке ее червями дает кроме 600 кг гумусового удобрения 100 кг биомассы червей. Сухое вещество тканей червей составляет 17–23 %. Содержание протеина (сырого) достигает 60 %; липидов – 6–9; азотных экстрактивных веществ – 7–16 %. Из тела червей после соответствующей обработки получают белковую муку, которая по аминокислотному составу приближается к мясной, превосходя ее по содержанию всех незаменимых аминокислот (за исключением глицина).

Добавление биомассы червей в рацион сельскохозяйственных животных и птицы способствует увеличению выхода продукции и улучшению ее качества. Так, яйценоскость кур увеличивалась при-



мерно на 20 % при добавлении 1 %-й биомассы червей в рацион в течение 104 дней. Одновременно повышалось содержание протеина.

Удой молока возрастали на 22 % при использовании в пищевом рационе коров 0,5 кг свежей биомассы червей.

Особенно необходимо обратить внимание на высокое содержание в биомассе червей протеина, которое колеблется от 68 до 82 %. Некоторые исследователи считают, что в природе нет равноценного аналога для интенсивного воспроизводства промышленным способом полноценного белка. Небезынтересны возможности применения вермикультуры в медицине, фармакологии, косметической промышленности.

Различные типы экстрактов червей используют как медицинские препараты в качестве защитной косметики для кожи и др. Так, на основе экстракта из вермикультуры разработана мазь, которая эффективна при лечении лишая, экземы, варикозной язвы нижних конечностей. Получены препараты, применяемые при глазных заболеваниях, и т. д.

В китайской медицине земляных червей используют около двух тысячелетий. И уже в последнее время здесь с помощью современных методов и технологий изготовлены антивирусная и антиопухолевая сыворотки. Считается, что по содержанию белка вермикультура значительно превосходит мясо животных и рыб, соевые бобы, зерно, сухое молоко и сравнима лишь с таковым у синезеленой водоросли спирулины, эффективно используемой в качестве пищевой добавки.

*Таким образом, вермикультивирование* – это перспективное направление, которое позволяет развивать экологические основы сельскохозяйственного производства, рационально используя природные возможности. Таким образом, при помощи вермикультуры использование продуктов переработки отходов производства в качестве удобрений уменьшает затраты на обогащение питательными веществами земель сельскохозяйственного пользования.

Понятие «экологически безопасная сельскохозяйственная продукция» основана на праве людей на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой.

Таким образом, под экологически *безопасной сельскохозяйственной продукцией* понимают такую продукцию, которая в течение принятого для различных ее видов «жизненного цикла» (производство – переработка – потребление) соответствует установленным ор-

ганолептическим, общегигиеническим, технологическим и токсикологическим нормативам и не оказывает негативного влияния на здоровье человека, животных и состояние окружающей среды.

#### ***8.2.4. Экологическая безопасность в животноводстве***

Организм животных и окружающая среда взаимосвязаны и влияют друг на друга. Поэтому в животноводстве необходимо осуществлять мероприятия как по охране окружающей среды от загрязнения отходами самого животноводства, так и по защите животных от неблагоприятного воздействия окружающей среды.

Для получения экологически безопасной животноводческой продукции необходимо разработать соответствующую технологию в животноводстве, обеспечить каждое животноводческое предприятие экологическим паспортом, совершенствовать генотип животных с целью повышения устойчивости к болезням.

Улучшения биологических и технологических свойств животноводческого сырья можно достигнуть в результате применения экологически безопасных технологий кормопроизводства, кормоприготовления и нормированного кормления сельскохозяйственных животных.

С целью получения биологически полноценной животноводческой продукции селекционно-племенная работа должна быть направлена на получение животных желательных генотипов.

Большое значение имеют оптимальные условия содержания животных, применение лечебно-профилактических препаратов на растительной основе.

Для экстремальных условий рекомендованы высокоурожайные экологически безопасные виды трав.

При закладке и хранении сочных кормов и влажного зерна следует применять экологически безопасные консерванты. Разработаны экологически безопасные технологии по использованию в кормлении сельскохозяйственных животных добавок, жмыхов, фуза, бишофита и глицина.

Биодобавка «Тыквет», глицин и корень солодки повышают у животных стрессоустойчивость, способствуют снижению уровня токсических веществ в организме и получаемой продукции.

Для получения продуктов лечебно-профилактического назначения разработаны экологически безопасные технологии по при-

менению в молочном и мясном скотоводстве нута, кукурузы, горчицы, подсолнечника, солодки, ромашки, зверобоя, топинамбура, шиповника, календулы и другого растительного сырья.

Особенностями в организации содержания, кормления взрослых животных и молодняка обусловлены следующие преимущества этой технологии:

- повышается производительность труда обслуживающего персонала (летом – вдвое, зимой – в 3 раза);

- возрастает прирост живой массы молодняка (до 800–1000 г в сутки);

- достигается экономия концентрированных кормов;

- сокращаются расходы на строительство животноводческих помещений;

- вовлекаются в оборот ранее не использовавшиеся сельскохозяйственные угодья (закустаренные, по оврагам, вдоль рек, вокруг озер и болот);

- не ухудшается экологическая ситуация вокруг животноводческих ферм;

- получаемый продукт (говядина) экологически безопасен.

При этом в стойловый период стельных и отелившихся коров, нетелей и молодняк на подсосе содержат беспривязно под навесами особой конструкции или в реконструированном помещении на глубокой несменяемой подстилке.

По периметру выгульного двора устанавливают кормушки для нормированного кормления.

Воду животные получают подогретую из автопоилок. Летом отелившиеся коровы с телятами пасутся на огороженных пастбищах. Огораживание участков позволяет обходиться без пастухов и вместо них иметь скотников-смотрителей на каждые 300 животных. Для огораживания лучше использовать колючую проволоку. На участке должны быть естественные источники воды и укрытия для животных в непогоду.

Зимой и летом коров и молодняк кормят экологически безопасными кормами. Для создания условий производства таких кормов проводят анализ образцов почвы, кормовых культур, травосмесей на пастбищах и сенокосах, расположенных на расстоянии 7–10 км от автотрасс и 30–35 км от промышленных предприятий. При этом определяют содержание в почве гумуса, общего азота, фосфора, калия, меди, цинка, свинца, мышьяка, серы. Одновременно уста-

навливают содержание тяжелых металлов в сухом веществе зеленых и грубых кормов, а также ртути, радиоактивных стронция, цезия. Концентрация их не должна быть выше предельно допустимой концентрации (ПДК). При соблюдении указанных условий получают экологически безопасное мясо.

По данным ВНИИ мясного скотоводства, продление срока кормления телят под матерями даже на 2 месяца способствует интенсивному росту. При этом среднесуточный прирост у бычков достигает 1268–1450 г, телочек – 660–834 г. У таких животных отмечаются более интенсивные обменные процессы, что соответствует более высокой продуктивности. Живая масса бычков и телочек в возрасте 12 мес. (к моменту убоя) достигает соответственно при интенсивном выращивании 400–450 и 350–390 кг, при традиционном – 300–305 и 294–303 кг. Биологическая ценность белка выше, чем при традиционной технологии выращивания. В 1 кг такого мяса содержится: меди – 3,46 мг; цинка – 72; мышьяка – 0,06 мг, а свинец, кадмий, ртуть, пестициды – в концентрации ниже ПДК. При такой технологии выращивания молодняка получают экологически безопасное мясо.

Ресурсосберегающие технологии в мясном скотоводстве основаны на максимальном использовании пастбищ и сенокосов, которые не содержат гербицидов и больших доз минеральных удобрений; телят выращивают на полном подсосе до 6–8-месячного возраста под матерями-кормилицами, находившимися длительное время на пастбищах; для последующего доращивания применяют сено и другие грубые, а также сочные корма. Перевод их на заключительный интенсивный откорм позволяет при кормлении использовать строго регулируемые и контролируемые рационы.

При выращивании молодняка на подсосе у мясных коров в течение 10–12 мес. до живой массы 400–450 кг без последующего доращивания и откорма установлено преимущество качества мяса (по сравнению с качеством такого продукта при традиционном выращивании) по кулинарным и вкусовым свойствам. Наиболее высокий балл за качество мяса получен при интенсивном выращивании молодняка (3,96–3,88 для бычков и 4,06–3,91 для телочек). Бычки, выращенные по традиционной технологии, уступали подопытным на 0,05–0,11, а телки – на 0,05–0,06 баллов.

Для того чтобы получать экологически безопасную свиноводческую продукцию, необходимо, прежде всего, обеспечить поголовье всех возрастных групп экологически безопасными кормами

и питьевой водой, отвечающей гигиеническим требованиям, и комфортными условиями содержания. Для поддержания оптимальных параметров микроклимата приточный воздух нужно забирать из зоны на высоте, превышающей высоту здания на 1,5–2,5 м. Отработавший воздух животноводческих помещений после очистки до нормативных показателей следует использовать в культивационных сооружениях (теплицах) для подкормки растений, а навоз – на кормовых угодьях.

Чтобы получить здоровых свиней, свести до минимума количество лечебных препаратов и дезинфицирующих средств, следует применять бесстрессовый способ содержания свиней, разработанный НИПТИМЭСХ НЗ РФ. Погнездное содержание и самостоятельное непринудительное перемещение их этими группами на всех стадиях технологического процесса исключает или максимально ограничивает влияние стрессов при выращивании свиней на малых или средних фермах (до 6 тыс. свиней в год).

На бесстрессовое содержание отбирают животных опоросно-подсосной стадии. Для каждой стадии одинаковое количество станков в секциях; определяется оно количеством станков в опоросно-подсосной стадии. Они расположены один против другого, разделены перегородками секций; в перегородках предусмотрены герметически закрываемые лазы. Животных перемещают из станков одной секции в станки последующей погнездно, без перегруппировки, непринудительно без участия операторов.

Для производства экологически безопасной рыбной продукции рыбу выращивают в установках с замкнутой системой водоснабжения; в них регулируются температура, водообмен, кормление, что позволяет производить в год 500–600 кг рыбопродукции с 1 м<sup>3</sup>. Источниками воды могут быть как естественные водоемы, так и артезианская вода.

В рыбоводных цехах, оснащенных установками с замкнутой системой водоснабжения, можно выращивать различных тепловодных рыб (каarp, тиляпия, осетровые, сомы, колоссомы, угри и т. д.). Особенно перспективны для промышленного выращивания тиляпии, которые за 7–8 мес. достигают 400–500 г, устойчивы к заболеваниям, эффективно используют задаваемые корма и отличаются высоким качеством мяса.

Системы с замкнутым водоснабжением применяют при производстве посадочного материала и товарной рыбы, в живорыбных це-

хах при энергоемких производствах (ГРЭС, ТЭС, АЭС, металлургических производствах в условиях крупных городов и вахтовых поселков, в сложных климатических условиях и т. д.). В таких условиях следует выращивать ценную рыбу: осетровых, форель, угря канального, клариевого сома, тилапию и т. п.

Применение установок с замкнутым водоснабжением не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду. При насыщении воды атмосферным воздухом общая ихтиомасса в них достигает  $25 \text{ кг/м}^3$ . Применение технического кислорода позволяет получать  $100 \text{ кг/м}^3$  и более (до  $200 \text{ кг/м}^3$ ); в обычных же прудовых хозяйствах получают  $0,1\text{--}0,2 \text{ кг/м}^3$  рыбы. Однако выращивание в установках с замкнутой системой водоснабжения – процесс материалоемкий и энергоемкий. Кроме того, требуются непрерывное энергоснабжение и обслуживающий персонал высокой квалификации.

### **8.2.5 Технологии утилизации отходов животноводческих комплексов**

Установлено, что сельскохозяйственное производство в среднем дает в год около 250 млн т отходов, из них 150 млн т приходится на животноводство и птицеводство и 100 млн т – на растениеводство. В результате работы животноводческих комплексов возникает *проблема утилизации навозных стоков и бесподстилочного навоза.*

Вблизи животноводческих ферм особую угрозу окружающей среде представляют скопления навоза, нитратное и микробное загрязнения почв, фитоценозов, поверхностных и грунтовых вод. Поэтому при выборе места для размещения животноводческих комплексов должны быть обоснованы возможности утилизации навоза и производственных стоков с учетом природоохранных требований. Количество образующегося навоза и навозных стоков существенно меняется в зависимости от интенсивности кормления, состава корма, вида и количества подстилаемого материала, расхода воды для удаления навоза, мытья помещений и оборудования. Отходы даже от небольших животноводческих комплексов могут создавать антисанитарную угрозу в тех случаях, когда хозяйства располагают вблизи водоемов, на территории с высоким залеганием грунтовых вод, при складировании навоза, в местах, затопляемых атмосферными осадками.

Навозные стоки крупных животноводческих комплексов ввиду их большого выхода невозможно сразу использовать в виде удобре-

ний, т. е. возникает необходимость его хранения в специальных *хранилищах* (траншеях, ямах). В этом случае возникает реальная угроза стока навозной жидкости в водоемы. Интенсивное загрязнение подземных вод содержащимися в навозе микроорганизмами, органическими и минеральными веществами происходит в местах складирования и хранения навоза, районах расположения полей фильтрации.

*Опасность загрязнения воды навозом и навозными стоками вызывает:*

- ❖ загрязнение воды микроорганизмами (в том числе и патогенными), яйцами гельминтов;
- ❖ насыщение воды органическими веществами;
- ❖ поступление в воду азотистых соединений и других минеральных веществ.

Загрязнение почв, снежного покрова и вод местного стока биогенными элементами влечет за собой изменения показателей качества фитомассы культур на сельскохозяйственных угодьях, примыкающих к животноводческим фермам и комплексам.

Животноводческие комплексы являются источником загрязнения атмосферы такими вредными выбросами, как аммиак, сероводород, двуокись азота, микроорганизмы, пыль и др. При этом неприятные запахи распространяются на расстоянии до 5 км, а при сильном ветре – до 10 км. Особенно много ядовитых и сильнопахнущих газов образуется в хозяйствах с низким санитарным уровнем. Пыль, микроорганизмы, накапливающиеся на животноводческих комплексах, могут влиять не только на здоровье животных, но и человека.

*Угрозу окружающей среде представляют также стоки силосных ям.*

Проблема утилизации навоза сложна, поэтому изыскивают принципиально новые подходы к ее решению. Ведут интенсивные разработки по созданию животноводческих ферм (комплексов), которые бы функционировали по типу природных биогеоценозов, т. е. безотходных производств. Это направление весьма перспективно.

С целью снижения уровня воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду, существуют безотходные и малоотходные технологии:

1) **Безотходная технология** – это такой способ производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс), при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле *сырьевые ресурсы – производство – потребитель – вторичные ресурсы* таким образом, что лю-

бые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

2) Под **малоотходным** понимается такой способ производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс), 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. Малоотходная технология решает двойную задачу: эффективного использования природного сырья и продуктов его переработки, с одной стороны, и охраны окружающей среды от различного рода загрязнений, отходов – с другой.

Цель развития малоотходных технологий – создание замкнутых технологических циклов, с полным использованием поступающего сырья и не вырабатывающих отходов, выходящих за их рамки. Это попытка воспроизвести природные циклы, так как биосфера является закрытой системой, где все элементы взаимосвязаны и обуславливают друг друга.

**Принципы организации безотходных и малоотходных производств:**

1. Все производственные процессы должны осуществляться при минимальном числе технологических этапов, поскольку на каждом из них образуются отходы и теряется сырье.

2. Технологические процессы должны быть непрерывными, что позволит наиболее эффективно использовать сырье.

3. Единичная мощность технологического оборудования должна быть оптимальной, что соответствует максимальному коэффициенту полезного действия и минимальным потерям.

4. При разработке нового технологического оборудования необходимо предусматривать широкое использование автоматических систем на базе компьютерной техники, обеспечивающих оптимальное ведение технологических процессов.

5. Выделяющаяся в различных технологических процессах теплота должна быть полезно использована, что позволит сэкономить энергоресурсы и сырье.

В некоторых публикациях описаны ряд безотходных и малоотходных технологий производства животноводческой продукции, разработанных в нашей стране [4, 6]. Энергосберегающую, безот-



ходную технологию, осуществляемую по замкнутому циклу, можно использовать в крупных фермерских хозяйствах. Представим несколько примеров.

**Комплексное сельскохозяйственное производство в искусственной экосистеме.** Для реального воплощения этого комплекса требуется система рыбоводных прудов, ресурсосберегающих теплиц и плодово-ягодных садов. Они предназначены для производства более 10 видов продукции. В качестве сырья рекомендуется использовать отходы растениеводства. Из соломы готовят компост, на нем сначала выращивают шампиньоны, затем разводят дождевых червей, которых скармливают ракам и рыбе, разводимой в искусственных водоемах. Гумус, получаемый в результате разведения дождевых червей, используют для выращивания в теплицах овощей и плодово-ягодном садоводстве. При этом необходимо развивать и пчеловодство для повышения урожайности растений, опыляемых насекомыми.

Сельскохозяйственный комплекс нужно располагать в овраге или выработанном карьере. Карьер предпочтительнее, так как параллельно производится его рекультивация, т. е. заброшенные земли превращаются в источник экологически безопасной продукции. Организация подобных комплексов экономически оправдана.

**Энергосберегающая безотходная технология для комплекса открытый грунт – животноводческая ферма – защищенный грунт.** В открытом грунте выращивают сельскохозяйственные культуры. Зерно используют в качестве корма в животноводческих и птицеводческих предприятиях. Получаемые навоз и помет направляют в биогазовую установку. Накапливаемый биогаз используют для обогрева теплиц, а остальные продукты – в качестве удобрения в теплице. В тех случаях, когда полученный биогаз не обеспечивает необходимый режим теплоснабжения в сооружении, предусмотрена дополнительная подача тепла в теплицу. Кроме того, для ее обогрева применяют энергосберегающие экраны. Целесообразно выращивать в теплицах хлореллу и спирулину, представляющие собой корм для животных. Навоз и помет рекомендуется использовать для производства вермикультуры (червей). Черви превращают навоз и помет в биогумус – ценное органическое удобрение для открытого грунта. Кроме биогумуса в сельскохозяйственном производстве можно использовать в качестве добавки в корм животных биомассу червей,

содержащую почти все аминокислоты, до 60 % сырого протеина, 6–9 % липидов и 7–16 % азотсодержащих веществ.

**Молочная ферма с энергосберегающей технологией** (Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства). Планировка фермы предусматривает комфортные условия содержания животных, достаточно высокий уровень механизации производственных процессов. Система навозоудаления надежно изолирована от грунтовых вод, применяется подстилочное содержание животных, обеспечивающее получение навоза пониженной влажности. Для отжатия избыточной влаги из навоза разработан шнековый фильтр-пресс, что позволяет обеззараживать навоз компостированием в закрытом и утепленном биореакторе. Объем его рассчитан на массу навоза за весь холодный период года.

Выделяемые животными тепло, влага и углекислый газ поступают в пристенную теплицу, что предотвращает их выброс в атмосферу. При интенсивном фотосинтезе выращиваемые в теплице растения на 1 м<sup>2</sup> выделяют кислород и потребляют эквивалентное количество углекислого газа на 8 м<sup>2</sup> животноводческого помещения.

Существенная экономия тепла достигается в результате объединения коровника и теплицы. При этом в теплицу подается не холодный наружный воздух, а из коровника, температурой около 10 °С. Затраты энергии снижаются еще и потому, что пристенная теплица представляет собой эффективный аккумулятор солнечной энергии. Опыт эксплуатации подобных теплиц показал, что без дополнительных затрат в весенне-осенний период можно повысить температуру воздуха в теплице на 10 °С, зимой – на 5–8 °С. При объединении коровника с теплицей и биореактором повышается экологическая безопасность фермы, достигается экономия энергоресурсов и, следовательно, снижаются энергоемкость и себестоимость продукции.

**Фермерское хозяйство с замкнутым циклом экологически безопасного производства.** Деятельность фермерского хозяйства – производство многоцелевой сельскохозяйственной культуры – топинамбура и переработка его на пищевые продукты, в частности на фруктозный сироп. Для утилизации отходов и побочной продукции топинамбура предусмотрены дополнительные производства: свиноферма на 300 животных для скармливания жома, получаемого в производстве фруктозного сиропа, производство биогумуса с помощью вермикультуры (500 т в год) на основе переработки свиного навоза, а также биокорма (1000 т в год) на основе переработки зеленой

массы топинамбура с помощью гриба вешенки. Кормовая ценность биокорма эквивалентна кормовой ценности фуражного зерна.

Известно о разработке проекта животноводческого комплекса «Протеиновый конвертер», функционирующего по типу безотходного производства. Протеиновый конвертер предназначен для откорма крупного рогатого скота. Он представляет собой искусственную экосистему с почти замкнутым круговоротом веществ.

В животноводческом комплексе имеются автотрофы, создающие органическое вещество фотосинтетического происхождения (водоросли, гидропонная зелень).

Гетеротрофы представлены: крупным рогатым скотом и свиньями. В протеиновом конвертере одна часть навоза служит удобрением для растений, другая идет на корм животным и, наконец, третья подвергается абиотическому разложению на кислород и водород. Кислородом обогащают помещения для животных, а водород используют для генераторов конвертера как энергетический материал. Исходящие продукты конвертера – только чистая вода и высококачественное мясо.

Таким образом, решение проблемы утилизации отходов животноводческих комплексов направлено на создание безотходных и малоотходных животноводческих предприятий с безводными, водо-, энерго- и ресурсосберегающими технологиями, исключающими загрязнение и заражение окружающей среды навозом и навозными стоками.

*Работы по утилизации отходов животноводческих комплексов выполняются по следующим направлениям:*

1. Подготовка навоза и навозных сточных вод для использования в виде органического удобрения или для проведения удобрительных поливов полей при максимальном сохранении питательных (для растений) веществ.

Для поливов предусматривается механическое выделение из жидкого навоза крупных включений и части взвесей, что обеспечит бесперебойную работу оросительных систем и поливочных агрегатов.

2. Глубокая очистка навоза и навозных сточных вод с целью подготовки жидкой фракции для орошения на ограниченных площадях или сброса в открытые водоемы. Имеется в виду выход на такой уровень содержания в очищенных сточных водах азота, фосфора и калия, при котором нет нужды разбавлять их водой, а можно производить ими орошение по нормам полива. Это направление реализуется при строительстве животноводческих предприятий в районах с избыточным увлажнением почвы или на местности, где выделение сельхозугодий для орошаемого земледелия невозможно, а также при затруднениях в получении чистой воды для разбавления сточных

навозных вод или при высокой стоимости гидротехнического строительства (системы орошения).

3. Максимальное извлечение из навоза и стоков питательных веществ для создания вторичных кормов, получения биогаза и других продуктов с использованием образовавшихся отходов для удобрения сельхозугодий.

### ***Контрольные вопросы***

1. Раскройте суть понятия «экологически безопасная сельскохозяйственная продукция».

2. Какие основные вещества, загрязняющие продукты питания и корма, вы знаете?

3. Виды загрязнения сельскохозяйственной продукции. Пестициды и их остаточные количества.

4. Способы исключения или минимизации негативных последствий загрязнения.

5. В чем суть охраны почв при использовании минеральных удобрений?

6. В чем суть понятия «экологическое земледелие», его основные цели?

7. Как устранить и избежать уплотнения и переуплотнения почвы?

8. Для чего используют зеленые удобрения в сельском хозяйстве?

9. Что такое вермикультура? Какие экологические задачи решает вермикультивирование?

10. Какие типы групп беспозвоночных составляют зооценоз вермикультуры?

11. Назовите и охарактеризуйте типы биогумуса в зависимости от размера гранул.

12. Назовите основные причины загрязнения окружающей среды и пути решения экологических проблем.

13. В чем различия между безотходной и малоотходной технологией производства? Какой технологии производства вы отдаете предпочтение?

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## *Лабораторная работа № 1*

### МЕТОДЫ АГРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВ

Почва – единственный источник корневого питания культурных растений, поэтому знание основных свойств почвы и процессов, происходящих в ней под влиянием различных естественно-исторических факторов и воздействий человека, позволяет в значительной мере направлять знания и создавать условия, способствующие повышению плодородия почв и обеспечению роста урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому вторая часть учебного пособия посвящена агрохимическим исследованиям.

Изучение элементов питания, находящихся в почве, их динамики методами агрохимического анализа позволяет проникнуть в сущность происходящих процессов и, до некоторой степени, получить представление о размерах потенциального и эффективного плодородия.

Агрохимические анализы почв, проводимые в связи с изучением схем севооборотов, приемов и систем применения удобрений, обработок, поливов и т. д., позволяют установить характер и количественные изменения в содержании основных элементов питания, происходящие в почве под влиянием этих факторов.

Агрохимическое исследование почв также необходимо при проведении любых полевых опытов, так как с их помощью устанавливается типичность участка, отведенного для опыта и его однородность по содержанию основных элементов питания.

### *Правила отбора почвенных образцов*

Методы отбора почвенных образцов бывают различными и зависят от цели исследования. Главная цель этого вида исследования – дать общую характеристику основных химических и физико-химических свойств почвы.

Для агрохимической характеристики сельскохозяйственных угодий почвенные образцы отбирают, как правило, с определенной площади поля. В полевых опытах площадь отбора одного смешанного образца обычно равна площади всей делянки. Очевидно, что репрезентативный для почвы данного участка образец может быть получен лишь при одинаковой системе обработки почвы и уровне

предшествующей удобренности. Так как данные агрохимических анализов распространяются на всю площадь участка поля, с которого берут один смешанный образец, то размер этого элементарного участка будет определяться уровнем обеспеченности хозяйства минеральными и органическими удобрениями, равномерностью их внесения, почвенными и климатическими условиями, целевым назначением сельскохозяйственных угодий.

В полевых севооборотах Нечерноземной зоны один смешанный образец чаще всего берут с 5–7 га, в степных районах, где почвенный покров отличается меньшей пестротой – с 10–15 га. В овощных севооборотах, а также при детальном агрохимическом картировании участков многолетних плодовых и ягодных насаждений смешанный образец отбирают с площади 1–2 га.

Отбор почвенных образцов производят тростьевым буром или лопатой со всей глубины пахотного слоя и только при специальных или научных исследованиях – почвенным буром из разных горизонтов почвы.

Поскольку масса почвы, забираемая при одном уколе тростьевого бура невелика, то среднюю пробу составляют из нескольких разовых проб. Для получения представительного среднего образца желательно отобрать возможно больше индивидуальных (разовых) проб одинаковой массы в разных местах участка. Необходимо учитывать, что отбор почвенных образцов – процесс весьма трудоемкий, не поддающийся механизации. Поэтому в зависимости от конструкции бура один смешанный образец составляют из 10–20, а при отборе лопатой – из 5–10 индивидуальных образцов, взятых на типичной для данного участка площадке. Отбирают индивидуальные образцы в четырех направлениях на расстоянии 8–12 м.

На посевах одну половину образцов берут из рядков или гребней, другую – из междурядий. Выбор маршрута при агрохимическом картировании в значительной степени определяется конфигурацией поля. Образцы не следует отбирать непосредственно после внесения минеральных, органических удобрений, извести, на краю полей, а также на бывших местах расположения штабелей навоза, торфа, скирд соломы или сена. Следует также учитывать изменение содержания подвижных элементов питания в течение вегетационного периода. Каждый смешанный образец массой 300–400 г упаковывают в матерчатые или полимерные мешки и маркируют. На этикетке указывают адрес хозяйства, номер севооборота, поля и образца, воз-

дельваемую культуру, время взятия образца, а также фамилию техника, отбирившего образцы.

Пробу почвы, доставленную в лабораторию, как можно быстрее доводят до воздушно-сухого состояния. Из каждого мешочка ее высыпают на лист чистой бумаги слоем в 1–2 см, выбирают пинцетом корешки и посторонние включения, сушат до тех пор, пока почва не станет слегка пылить, в воздухе помещения не должно быть аммиака, паров кислот, легко поглощаемых почвой.

Воздушно-сухие пробы хранят в стеклянных банках с притертыми пробками, из них берут аналитические пробы.

### **Подготовка почвы к анализу и приготовление водной вытяжки из почвы**

#### ***Подготовка почвы к агрохимическому анализу***

Образцы почвы, отобранные в поле или вегетационном домике, предварительно подсушивают на воздухе при комнатной температуре. Хранение сырых образцов ведет к значительным изменениям их свойств и состава, особенно в результате ферментативных и микробиологических процессов. Напротив, температурный перегрев сопровождается изменением подвижности и растворимости многих соединений.

Если образцов много, то проводится сушка в шкафах с принудительной вентиляцией при температуре не выше 40 °С.

Определение нитратов, нитритов, поглощенного аммония, водорастворимых форм калия, фосфора и тому подобного проводится в день взятия образцов при их естественной влажности. Влажную почву просеивают через сито с диаметром отверстий 3 мм. Остальные определения проводятся в воздушно-сухих образцах.

Необходимо помнить, что ошибка представительности образца возрастает с ростом размера частиц и уменьшением массы навески. Высокая степень измельчения почвы требуется, когда анализируемая навеска мала. Например, гумус определяют в навесках, масса которых составляет десятые доли грамма. Это связано с условиями проведения анализа. В то же время для определения обменной и гидролитической кислотности используют навески, масса которых составляет десятки граммов. Поэтому при определении гумуса аналитическую почвенную пробу принято измельчать таким образом,

чтобы диаметр частиц не превышал 0,25 мм. А размер почвенных частиц в аналитической пробе для определения кислотности может быть большим, но не должен превышать 1–2 мм [5].

*Оборудование и реактивы:* 1) почвенные образцы; 2) весы; 3) фарфоровые ступки и пестики; 4) сито с диаметром отверстий 1 мм; 5) широкогорлые колбы на 750–1000 мл и 500–750 мл; 6) прокипяченная дистиллированная вода; 7) фильтры; 8) индикатор.

### *Ход работы*

Прежде чем приступить к измельчению сухой почвы, из средней лабораторной пробы отбирают пробу почвы для определения углерода и азота.

1. Образец почвы расстилают на бумаге ровным слоем толщиной 5 мм. Крупные частицы измельчают. Затем делят на квадраты со стороной 3–4 см. Из каждого квадрата на всю глубину слоя шпателем отбирают небольшие количества почвы и помещают в отдельный пакет из кальки. Масса этой пробы должна быть не менее 10 г.

2. Затем из отобранной пробы почвы удаляют корни и различные органические остатки – их отбирают пинцетом, просматривая почву через увеличительное стекло. Наиболее мелкие частицы органики можно удалить при помощи стеклянной или эбонитовой палочки, натертой куском шерстяной ткани. Наэлектризованной палочкой проводят на расстоянии нескольких сантиметров от слоя почвы. При этом мелкие органические остатки прилипают к ней и удаляются из почвы. Палочку нельзя подносить очень близко к почве, так как при этом к ней могут пристать частицы почвы.

3. Далее почву измельчают и просеивают через сито с диаметром отверстий 0,25 мм. Операцию измельчения проводят до тех пор, пока весь образец не пройдет через сито.

Подготовленный таким образом образец хранят до проведения анализа в пакетиках из кальки.

4. Оставшуюся часть сухого образца измельчают на почвенной мельнице или растирают в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником. Растиертый и просушенный образец пропускают через сито с диаметром отверстий 1–2 мм. Растирание и просеивание проводят до тех пор, пока весь взятый образец не пройдет через сито. Допускается отброс только обломков камней, крупных корней и инородных включений.



5. Часть почвы, оставшуюся в сите, называют «почвенным скелетом». Ее взвешивают и вычисляют процентное содержание от общей массы, оставшейся пробы.

6. Почву, просеянную сквозь сито, называют «мелкоземом». Она представляет собой аналитическую пробу. Из нее берут навески для анализов.

### ***Приготовление водной вытяжки из почвы***

1. Навеску почвы для анализа берут методом «средней пробы». Для этого просеянный образец рассыпают тонким слоем (около 0,5 см) на листе бумаги в виде квадрата и делят его шпателем на мелкие квадратики со стороной 2–2,5 см. Из каждого квадратика шпателем отбирают часть образца.

2. Из пробы воздушно-сухой почвы берут навеску в 100 г, переносят в широкогорлую колбу на 750–1000 мл и приливают 500 мл воды, прокипяченной для удаления  $\text{CO}_2$ . Закрывают пробкой и взбалтывают содержимое в течение 5 мин (в случае засоления почвы – 2 ч).

3. Фильтруют суспензию через складчатый фильтр в колбу емкостью 500–750 мл. Если первые порции фильтрата мутные, то пропускают их еще раз.

4. Определяют кислотность или щелочность вытяжки при помощи индикаторов. Водные вытяжки чаще готовят не из воздушно-сухих, а из свежих почвенных проб, при этом параллельно определяют влажность почвы.

### ***Определение pH водной и солевой вытяжки с помощью ионометра***

**Кислотность почвы.** Почвы бывают сильнокислыми ( $\text{pH} = 3\text{--}4$ ), кислыми ( $\text{pH} = 4\text{--}5$ ), слабокислыми ( $\text{pH} = 5\text{--}6$ ), нейтральными ( $\text{pH} = 7$ ), щелочными ( $\text{pH} = 7\text{--}8$ ) и сильнощелочными ( $\text{pH} = 8\text{--}9$ ).

Кислотность почвы нужно знать, так как она напрямую связана с усвоением растениями питательных веществ, необходимых для их роста. Слишком кислые или слишком щелочные почвы неблагоприятны для большинства растений потому, что плохо растворяют питательные вещества. Например, соединения марганца – микроэлемента, в котором нуждаются многие растения, малорастворимы в щелочной среде.

Кислотность почвы зависит: от концентрации ионов  $H^+$  в почвенном растворе (актуальная кислотность); от количества ионов  $H^+$ , адсорбированных частицами почвы и способных обмениваться на другие ионы (потенциальная кислотность); от присутствия солей, образованных слабым основанием и сильной кислотой, дающих при гидролизе ионы  $H^+$  (гидролитическая кислотность).

**Определение актуальной кислотности** обусловлено содержанием свободных ионов водорода в почвенном растворе и измеряется по величине рН водной вытяжки из почвы. Этот вид кислотности непосредственно действует на корневую систему растений и почвенные микроорганизмы.

Определение данной кислотности почвы необходимо для выяснения возможности воздействия на почву разных форм, доз и сочетаний удобрений, а также подбора культур в севооборотах. Однако рН водной вытяжки – величина неустойчивая, часто изменяющаяся под действием разных факторов в течение даже одного вегетационного периода.

*Цель работы:* научиться определять актуальную и обменную кислотность потенциметрическим методом.

*Оборудование и реактивы:* 1) универсальный ионметр ЭВ-74; 2) химические стаканы на 100–150 мл; 3) 1 н. раствор КСl; 4) технические весы.

### *Ход работы*

1. Для определения актуальной кислотности на технических весах берут навеску почвы массой 20 г и помещают в колбу на 200–250 мл. Приливают цилиндром 50 мл дистиллированной воды.

2. Взбалтывают на ротаторе в течение 1 ч. В суспензии или фильтрате определяют значение рН электрометрическим методом.

### **Определение рН солевой вытяжки по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483)**

**Сущность метода** заключается в извлечении обменных катионов из почвы раствором хлористого калия концентрации 1 моль/л (1 н.) при соотношении почвы и раствора 1 : 2,5 и потенциметрическом определении рН с использованием стеклянного электрода.

## Ход анализа

1. Пробу почвы (в воздушно-сухом состоянии пропущенной через сито с диаметром отверстий 1–2 мм) массой 30 г взвешивают на технических весах с погрешностью не более 0,1 г и пересыпают в коническую колбу. К пробам дозатором или цилиндром приливают 75 мл экстрагирующего раствора (КСІ 1 н.). Одновременно проводят холостой опыт без пробы почвы. Почвы с раствором перемешивают в течение 1 мин.

2. При определении рН в пробах органических горизонтов почв отбирают навеску массой 4 г, прибавляют к ней 100 мл экстрагирующего раствора и перемешивают суспензию в течение 3 мин.

3. После проведения настройки рН-метра или ионометра по трем буферным растворам с рН 4,01; 6,86 и 9,18 электроды погружают в суспензию и измеряют величину рН. Показания прибора считывают не ранее чем через 1 мин после погружения электродов в суспензию. Во время работы настройку прибора периодически проверяют по буферному раствору с рН 4,01.

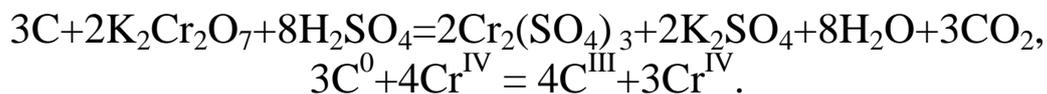
4. После измерения рН суспензию оставляют на 18–24 ч, затем перемешивают на электромеханической мешалке в течение 1 мин и фильтруют через бумажные фильтры. Первую мутную порцию фильтрата объемом 10–15 мл отбрасывают. Допускается вместо настаивания проб почв с раствором хлористого калия проводить перемешивание суспензий на встряхивателе или ротаторе в течение 1 ч.

Фильтраты используют для последующего анализа (определение обменной кислотности, обменного алюминия, а также нитратов, обменного аммония, подвижной серы, обменного марганца, обменного кальция и обменного (подвижного) магния по методам ЦИНАО).

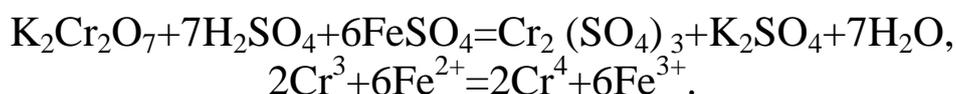
За **результат анализа** принимают значение единичного определения рН со шкалы прибора с точностью не ниже 0,1 единицы рН. Допускаемые отклонения от среднего арифметического результатов повторных анализов при выборочном статистическом контроле при вероятности  $P = 0,95$  составляют 0,2 единицы рН.

## *Определение содержания гумуса в почве мокрым сжиганием по Тюрину*

**Принцип метода.** Окисление органического углерода происходит в сильно кислой среде и сопровождается восстановлением шестивалентного Cr в трехвалентный.



О содержании углерода судят по остатку бихромата калия не пошедшему на сжигание. Избыток бихромата в исследуемом растворе после окончания окисления перегноя титруют раствором соли Мора:



По разности количества (мг-экв) бихромата до и после окисления находят содержание органического углерода в почве. Метод нельзя применять при содержании перегноя в почве более 15 %.

**Цель работы:** научиться определять содержание органического углерода почвы методом мокрого озоления по И.С. Тюрину.

**Оборудование и реактивы:** 1) конические колбы на 100 мл; 2) воронки; 3) 0,4 н. раствор  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в разбавленной серной кислоте (1 : 1); 4) 0,2 н. раствор соли Мора; 5) 0,2 %-й раствор фенилантрапиловой кислоты; 6) бюретка для титрования; 7) сушильный шкаф.

### *Ход работы*

1. Из образцов почв, пропущенных через сито в 0,25 мм, взвешивают на аналитических весах навески 0,05–0,5 г с точностью до четвертого знака после запятой. Удобней всего брать навески почв на небольшой квадратный кусочек кальки (8×10 см), с которой почва легко сыпается в аналитическую колбу. Величина навески вычисляется по разности между весом кусочка кальки с почвой и весом без почвы. Один аналитик может одновременно вести определение гумуса в 20–40 навесках почв. О приблизительном содержании перегноя судят по окраске почвы (см. табл. 2).

2. Приливают к навеске бюреткой 10 мл 0,4 н. раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в разбавленной (1 : 1) серной кислоте, каждый раз спуская раствор

от нулевого деления бюретки (**по каплям!**), чтобы вязкая жидкость полностью стекала со стенок бюретки, так как если ее спускать из бюретки быстро, сплошной струей, то на стенках бюретки останется очень много реактива и это приведет к большой неточности результатов анализа.

Таблица 2 – Определение приблизительного содержания перегноя по окраске почвы

Окраска почвы	Содержание перегноя, %	Величина навески, г
Очень черная	10–15	0,05
Черная	7–10	0,1
Темно-серая	4–7	0,2
Серая	2–4	0,3
Светло-серая	1–2	0,4
Белесая	0,5–1	0,5

3. Содержимое колбочек осторожно перемешивают круговыми движениями, чтобы частицы почвы не остались на стенке. Колбочки закрывают маленькими воронками-холодильниками и ставят в термостат при температуре 140 °С на 20 мин. Одновременно с каждой партией образцов проводят «холостой опыт» без почвы. Содержимое каждой колбочки должно прокипеть точно 5 мин, для чего лучше всего иметь секундомер и записывать на листе бумаги, в какое время закипела каждая колбочка, чтобы знать, когда каждую колбочку снимать с плитки. Не следует принимать за начало кипения интенсивное выделение мелких пузырьков углекислого газа, которое происходит еще до закипания.

Кипение окислительной смеси начинается в тот момент, когда на ее поверхности появляются крупные пузырьки газа. Соблюдение точно пятиминутного срока кипячения очень важно для точности получаемых результатов. Кипение должно быть всегда более или менее одинаковым по интенсивности – не слишком бурным и не слишком слабым.

В процессе кипячения с почвой раствор хромовой смеси меняет свою окраску от красновато-оранжевой до буровато-коричневой, а иногда и зеленой. Зеленый цвет хромовой смеси после кипячения с почвой указывает на то, что навеска почвы взята больше, чем нужно, и хромовой смеси не хватило на окисление всего количества гумуса.

В этом случае необходимо повторить анализ с новой, меньшей навеской.

4. По истечении 20 мин колбы вынимают, охлаждают до комнатной температуры, а затем берут промывалку с водой и из нее обмывают каждую колбочку, вставленную в нее воронку с внутренней и внешней стороны. Это делается для того, чтобы в процессе анализа не было ни малейших потерь прилитой к почве хромовой смеси. Проводят определение содержания углерода методом титрования. При обмывании воронки объем жидкости в колбочке увеличивается от приливаемой воды в 2–3 раза.

5. Перед титрованием в колбы добавляют 5–6 капель 0,2 % раствора фенилантраниловой кислоты и титруют 0,2 н. раствором соли Мора до перехода вишнево-красной окраски в зеленую. Так как окраска индикатора изменяется резко, соль Мора под конец титрования приливают очень медленно, постоянно перемешивая титруемый раствор осторожным взбалтыванием.

6. Каждый раз проводят контрольный опыт, т.е. устанавливают объем раствора соли Мора, который идет на титрование контрольного объема раствора  $K_2Cr_2O_7$ .

*Вычисление результатов:*

$$C, \% = (V_1 - V_2) \cdot n \cdot 0,003 \cdot 100 / a,$$

$$\text{Гумус, \%} = C, \% \cdot 1,727,$$

где С – органический углерод;

$V_1$  – объем раствора соли Мора, пошедший на титрование контрольного опыта;

$V_2$  – объем раствора соли Мора, пошедший на титрование избытка  $K_2Cr_2O_7$ ;

n. – нормальность раствора соли Мора;

a – навеска почвы;

0,003 – количество углерода (С) в граммах, соответствующее 1 мг-экв;

100 – множитель для пересчета результатов анализа на 100 г почвы;

1,724 – коэффициент перевода органического углерода на гумус.

*Установление нормальности соли Мора* производится по 0,1 н. раствору  $KMnO_4$ .

В три конические колбы емкостью 250 мл приливают 1 мл концентрированной серной кислоты ( $\rho$  1,84), отмеряют бюреткой 10 мл раствора соли Мора, прибавляют 50 мл дистиллированной воды и титруют 0,1 н. раствором  $\text{KMnO}_4$  на холоде до слабо-розовой окраски не исчезающей в течение 1 мин. Нормальность вычисляют по формуле  $N_1 = N_2 \cdot V_2 / V_1$ , где  $V_2$  и  $N_2$  – объем и нормальность раствора  $\text{KMnO}_4$ ,  $V_1$  – объем соли Мора, взятый для титрования.

Определение органического вещества, по Тюрину, возможно и в объектах с более высоким его содержанием – торфах, лесных подстилках, органических компостах и т. п. В этом случае надо идти по линии не уменьшения навесок материала, что понижает точность любого метода, а применять больший объем окислителя – от 20 до 50–100 мл на навеску в 0,05–0,2 г.

### ***Определение щелочно-гидролизуемого азота по А.Х. Корнфильду***

***Принцип метода.*** Для установления потребности растений во внесении азотных удобрений в последнее время широко рекомендуется определение легкогидролизуемого азота в почве по методу Корнфильда, в основу которого положен гидролиз органических соединений раствором щелочи концентрации 1 моль/л. В результате азот обменного аммония, амидов, аминсахаров, а также некоторых других лабильных азотсодержащих органических соединений выделяется из почвы в виде аммиака, который улавливается борной кислотой.

На основании сопоставления урожайных данных (в полевых опытах) с результатами определения легкогидролизуемого азота по Корнфильду для черноземов предложены ориентировочные индексы обеспеченности почвы азотом, мг/кг почвы: 1) до 80 – высокая потребность в азотных удобрениях; 2) 80–160 – средняя; 3) 160–200 – низкая; 4) более 200 – отсутствие потребности.

***Цель работы:*** научиться определять щелочно-гидролизуемый азот по А.Х. Корнфильду.

***Оборудование и реактивы:*** 1) 2 %-й раствор борной кислоты; 2) индикатор Гроака (готовят, смешивая равные объемы 0,4 %-го спиртового раствора метилового красного и 0,2 %-го раствора метиленового синего); 3) 1 н. раствор гидроксида натрия; 4) 0,01 н. раствор серной кислоты; 5) чашки Конвея.

## Ход работы

1. Навеску воздушно-сухой почвы (2 г), растертой и пропущенной через сито с отверстиями диаметром 1 мм, помещают во внешнюю часть чашки Конвея. Во внутреннюю часть чашки наливают пипеткой 2 мл 2 %-й борной кислоты, и добавляют 2–3 капли комбинированного индикатора Гроака.

2. Далее во внешнюю часть чашки пипеткой добавляют 5 мл 1 М раствора NaOH, не допуская смачивания почвы. Это удастся сделать, если чашку держать слегка наклонно в сторону перегородки.

3. Не меняя положения чашки Конвея, накрывают ее крышкой (часовым стеклом), предварительно смазав края вазелином.

4. Осторожно в течение 1 мин круговыми движениями смешивают почву с раствором щелочи, после чего ставят ее в термостат и выдерживают 48 ч при температуре 28 °С. За это время происходит выделение аммиака, который благодаря диффузии поглощается раствором борной кислоты.

5. По истечении указанного срока проводят (из микробюретки) титрование аммиака, связанного борной кислотой во внутренней части чашки, раствором серной кислоты концентрации 0,01 моль/л, до перехода зеленой окраски раствора в малиновую.

Для поправки на возможное загрязнение реактивов аммиаком проводят холостое определение (без почвы), выполняя все те же операции.

### *Вычисление результатов*

Азот в почве, мг/кг, вычисляют по формуле

$$N = \frac{(V - V_1) \cdot C \cdot 0,28 \cdot 1000}{m},$$

где  $V$  – объем  $H_2SO_4$  на титрование связанного борной кислотой аммиака, мл;

$V_1$  – объем  $H_2SO_4$  на холостое титрование, мл;

$C$  – молярная концентрация эквивалентов серной кислоты, с ( $1/2 H_2SO_4$ ), моль/л;

1 000 – коэффициент для расчета на массу почвы в 1 кг;

$m$  – масса навески почвы, взятой для анализа г;

0,28 – масса азота, соответствующая 1 мл точно 0,01 М серной кислоты, мг.



## **Определение аммонийного азота**

Наиболее распространенный метод определения аммонийного азота в почве – это колориметрический метод с использованием реактива Несслера.

*Цель работы:* научиться определять в почве содержание аммонийного азота.

*Оборудование и реактивы:* 1) конические колбы на 250–300 мл; 2) мерные колбы на 200 мл; 3) мерные колбы на 50 мл; 4) 1 н. раствора КС1; 5) сегнетовая соль (виннокислый калий-натрий); 6) реактив Несслера; 7) фильтровальная бумага; 8) аналитические и технические весы; 9) фотоэлектроколориметр (ФЭК); 10) ротатор.

### *Ход работы*

1. Взвешивают 20 г почвы и переносят в колбу на 250–300 мл. Навеску почвы заливают 100 мл 1 н. раствора КС1. Взбалтывают на ротаторе 30 мин, а затем фильтруют суспензию в мерную колбу на 200 мл. Когда вся суспензия будет отфильтрована в колбу с почвой добавляют 20 мл 1 н. раствора КС1 и сливают его порциями на фильтр, стараясь смыть все частицы почвы, оставшиеся на стенках колбы. Эту операцию повторяют 4–5 раз. Каждую новую порцию 1 н. раствора КС1 приливают лишь тогда, когда предыдущая порция полностью профильтровалась. В заключение тем же раствором КС1 доводят содержимое колбы до метки и, закрыв пробкой, взбалтывают для перемешивания.

2. Переносят 10–25 мл полученного фильтрата в мерную колбу на 50 мл, туда же добавляют дистиллированной воды примерно до половины объема, затем приливают 2 мл сегнетовой соли и 2 мл реактива Несслера, доводят водой до метки и колориметрируют на ФЭК.

Содержание аммония в колбе на 50 мл определяют по калибровочному графику. Количество аммонийного азота в 100 г почвы определяют по формуле

$$A = a \cdot v^{-1},$$

где  $A$  – содержание  $\text{NH}_4^+$ , мг/100 г почвы;

$a$  – показания по калибровочному графику, мг/50 мл;

$v$  – навеска почвы, соответствующая объему взятого для колориметрирования фильтрата.

*Приготовление шкалы образцовых растворов:* 0,7405 г химически чистого  $\text{NH}_4\text{Cl}$  растворяют в дистиллированной воде и доводят его объем раствора до 1 л, 20 мл этого раствора в мерной колбе доводят дистиллированной водой снова до 1 л, рабочий образцовый раствор в 1 мл содержит 0,005 мл  $\text{NH}_4^+$ , или 0,0047 мг  $\text{NH}_3$ , или 0,0039 мг азота.

В мерные колбы на 50 мл согласно схеме отмеряют рабочий образцовый раствор (табл. 3). Дальнейшая подготовка этих растворов к колориметрированию аналогична подготовке исследуемого раствора. *Колориметрирование проводят с синим светофильтром (420 нм).*

Таблица 3 – Приготовление шкалы образцовых растворов  $\text{NH}_4\text{Cl}$

Порядковый номер колбы	Кол-во исходного раствора, добавленное в колбу, мл	Содержание $\text{NH}_4^+$ в 50 мл раствора, мг
0	0	0
1	2	0,01
2	4	0,02
3	6	0,03
4	8	0,04
5	10	0,05
6	12	0,06
7	14	0,07
8	16	0,08
9	18	0,09
10	20	0,10

### ***Определение нитратного азота***

Обеспеченность почвы подвижным нитратным азотом (в мг /100 г почвы) оценивают по шкале:

*Низкая*      0,8–1,5  
*Средняя*    1,5–3,0  
*Хорошая*    3,0–6,0  
*Высокая*    6,0

***Принцип метода.*** Нитраты обладают большой подвижностью, которая служит причиной их исчезновения из пахотного горизонта в условиях обильного увлажнения. Нитраты извлекают из почвы во-

дой. В водной вытяжке  $\text{NO}_3^-$  ион определяют колориметрированием с дисульфифеноловой кислотой по желтой окраске, образующейся в щелочной среде.

*Оборудование и реактивы:* 1) конические колбы на 250 мл; 2) фарфоровые чашки на 50 мл; 3) мерные колбы на 50 мл; 4) дисульфифеноловая кислота; 5) 10 % раствор NaOH; 6) нитрат калия (ч.д.а.); 7) фильтровальная бумага; 8) фотоколориметр; 9) лакмусовая бумажка; 10) аналитические и технические весы; 11) водяная баня; 12) ротатор.

### *Ход работы*

1. Навеску 20 г почвы помещают в колбу на 250 мл, туда же наливают 100 мл дистиллированной воды, взбалтывают 3 мин и фильтруют через складчатый фильтр. Первые порции фильтрата снова сливают на фильтр.

2. Пипеткой берут 25–50 мл фильтрата в фарфоровую чашку и выпаривают досуха на водяной бане. В охлажденную чашку по каплям из пипетки добавляют 1 мл дисульфифеноловой кислоты, смачивая остаток на чашке. Остаток тщательно растирают стеклянной палочкой. Оставляют на 10 мин. Затем пипеткой добавляют 15 мл дистиллированной воды, перемешивают и доводят до щелочной реакции, добавляя NaOH. Жидкость при этом окрашивается в желтый цвет. Щелочь перестают добавлять, когда жидкость приобретает устойчивую окраску или лакмусовая бумажка посинеет.

3. Окрашенный раствор переносят в мерную колбу на 50 мл. Чашку и палочку ополаскивают водой, которую вливают в мерную колбу. Объем жидкости водой доводят до метки. Колбу взбалтывают.

*Определяют оптическую плотность на фотоколориметре с синим светофильтром (420 нм).*

*Построение калибровочного графика:* для приготовления образцового раствора нитрата используют ч.д.а.  $\text{KNO}_3$ . На аналитических весах отвешивают 0,722 г  $\text{KNO}_3$ , переносят в мерную колбу на 1 л, растворяют в дистиллированной воде, доводят до метки (1 мл раствора содержит 0,01 мг  $\text{NO}_3^-$ ). Затем 20 мл раствора помещают в колбу на 1 л, т. е. разбавляют в 50 раз. Рабочий раствор содержит 0,002 мг  $\text{NO}_3^-$  в 1 мл. Выпаривают в фарфоровых чашках отмеренное количество образцового раствора (табл. 4). Чашки снимают с бани, когда в них остается еще несколько капель жидкости. После охлаж-

дения проводят такую же обработку, как описано выше. Окрашенные растворы в мерных колбах колори-метрируют.

Таблица 4 – Приготовление шкалы образцовых растворов  $KNO_3$

Номер чашки	Объем образцового раствора нитрата в чашке, мл	Кол-во азота в образцовом растворе, мг
1	2	0,004
2	5	0,010
3	10	0,020
4	20	0,040
5	30	0,060

Содержание нитратного азота рассчитывается по формуле

$$X = a \cdot v^{-1},$$

где  $X$  – содержание  $NO_3^-$ , мг/100 г почвы;

$a$  – отсчет по графику, мг в колбе;

$v$  – навеска почвы, соответствующая количеству фильтрата, взятого для колориметрирования.

### ***Контрольные вопросы***

1. Охарактеризуйте основные правила отбора почвенных образцов. Последовательность подготовки почвы к анализу.

2. Какие сельскохозяйственные культуры способствуют накоплению органического вещества в почве?

3. Какие методы определения содержания органического углерода в почве существуют на сегодняшний день? Охарактеризуйте самые распространенные.

4. Возделывание каких сельскохозяйственных культур способствует дегумификации почв?

## *Лабораторная работа № 2*

### **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ**

Живая природа выработала удивительные биологические катализаторы, с помощью которых она с исключительной легкостью и избирательностью осуществляет сложнейшие превращения веществ в животном организме. Это ферменты (или энзимы) – специфически организованные, сложные белковые молекулы.

Роль ферментов заключается в том, что они значительно ускоряют биохимические реакции и делают их возможными при обычной нормальной температуре живого организма. Ферменты, вступая в промежуточные реакции, ослабляют прочность связей в молекулах реагирующих веществ, повышая их реакционную способность, и таким образом вызывают высокую степень активизации молекул.

Ферменты отличаются исключительно высокой активностью, строгой специфичностью действия и большой зависимостью от различных условий внешней среды. Последняя особенность имеет большое значение в регулировании их активности в почве. В настоящее время установлено, что каждый данный фермент (а их очень много) действует лишь на вполне определенное вещество или сходную группу веществ и вполне определенный тип химической связи. Это вызвано строгой их специфичностью. Например, уреаза разлагает только мочевину, полифенолоксидаза окисляет полифенолы и их производные. Именно поэтому ферменты, объединяясь в строго организованную систему, способны осуществлять одновременно тысячи разнообразных превращений веществ в живом организме.

Еще одна важная особенность энзимов – при ферментативных реакциях наблюдаются лишь незначительные побочные процессы.

По своей биохимической природе все ферменты представляют собой высокомолекулярные белковые вещества, молекулы которых построены из связанных между собой остатков аминокислот. Полипептидная цепочка белков-ферментов расположена в пространстве сложным, неповторимым для каждого фермента образом, именно с ней связана каталитическая активность каждого фермента. При определенном пространственном расположении функциональных

групп аминокислот в молекуле белка образуется каталитически активный центр, где осуществляется превращение органических веществ.

Скорость ферментативных реакций зависит от температуры, кислотности, концентрации солей, концентрации фермента и субстрата, наличия активаторов и ингибиторов. В роли активаторов могут выступать органические соединения, но чаще всего – это различные микроэлементы. Факторов, оказывающих влияние на активность ферментов, еще больше в почвенной среде, где все они находятся в сложном взаимодействии и могут взаимно усиливать или подавлять влияние того или иного фактора, регулирующего активность фермента. В настоящее время известно около тысячи ферментов, из них около сорока найдено в почвах.

Одну из многочисленных групп ферментов составляют так называемые **гидролазы** – ферменты, ускоряющие реакцию расщепления сложных органических соединений с участием воды. Особенно велика роль гидролаз в почве. С их действием связан переход высокомолекулярных органических веществ (целлюлоза, белковые вещества, нуклеиновые соединения, гумусовые вещества и т. д.) в доступное растениям и почвенным микроорганизмам состояние. В частности, к этой группе ферментов относятся протеолитические ферменты, вызывающие расщепление белков и полипептидов; гликозидазы, осуществляющие гидролиз полисахаридов (клетчатка, крахмал); фосфогидролазы, способствующие расщеплению различных фосфорорганических соединений.

Следующую большую группу составляют ферменты, катализирующие разнообразные реакции биологического окисления и восстановления, и, следовательно, связанные с процессами дыхания и брожения; эти – ферменты объединяются под названием **оксидоредуктазы**, или окислительно-восстановительные ферменты. В почве они участвуют при синтезе гумуса. В биологических системах широко распространены еще **трансферазы, лиазы, лигазы, изомеразы**, осуществляющие свои специфические реакции.

Степень проявления ферментативной активности оценивается по шкале, предложенной Д.Г. Звягинцевым (1978) (табл. 5).

Таблица 5 – Шкалы для оценки степени обогащенности почв ферментами

Степень обогащенности почв	Каталаза, O <sub>2</sub> , см <sup>3</sup> /г за 1 мин	Инвертаза, мг глюкозы на 1 г за 24 ч	Уреаза, мг NH <sub>3</sub> на 10 г за 24 ч
Очень бедная	< 1	< 5	< 3
Бедная	1–3	5–15	3–10
Средняя	3–10	15–50	10–30
Богатая	10–30	50–150	30–100
Очень богатая	>30	>150	>100

### *Подготовка почвы для определения ферментов*

Почву для определения активности ферментов отбирают в поле или из вегетационных сосудов по общепринятой методике. Для определения ферментов в свежих образцах из почвы необходимо удалить корни растений, так как ферменты, содержащиеся в их тканях, исказят результаты определений. Эту операцию выполняют пинцетом. Далее почву просеивают через сито диаметром отверстий 0,25 мм (при этом отделяются более мелкие корни) и сразу приступают к анализу.

При определении активности ферментов в сухой почве образцы высушивают до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре. Почву тщательно очищают от корней: крупные их частицы выбирают пинцетом, а просеивая почву через сито с диаметром отверстий 0,25 мм, удается отделить более мелкие корешки. Плохо визуализируемые корешки удаляют с помощью заряженной статическим электричеством стеклянной палочки, потертой шелковой тканью, или эбонитовой, потертой шерстяной тканью.

При определении ферментативной активности почв для получения воспроизводимых данных необходимо параллельно с опытным образцом ставить контрольные определения: а) почва, стерилизованная сухим жаром при 180 °С в течение 3 ч + субстрат для фермента; б) нестерилизованная почва без субстрата (его заменяют равным объемом воды); в) субстрат без почвы и все реактивы, необходимые для определения.

## ***Определение активности каталазы***

***Каталаза*** – 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 геминными ферментами – каталазой и пероксидазой. Перенос электрона по цепи сопровождается синтезом АТФ, поэтому для микроорганизмов разложение перекиси – один из источников пополнения запасов высокоэнергетических материалов для осуществления синтетических процессов. Каталаза является не только внутриклеточным ферментом, она активно выделяется микроорганизмами в окружающую среду, обладает высокой устойчивостью и может накапливаться и длительное время сохраняться в почве. Поэтому каталазную активность почв можно рассматривать как показатель функциональной активности микрофлоры в различных экологических условиях.

*Цель работы:* научиться определять содержание каталазы в почве.

*Оборудование и реактивы:* 1) 0,3 %-й раствор перекиси водорода; 2) дистиллированная вода; 3) раствор 3 н. серной кислоты; 4) 0,1 н. раствор марганцовокислого калия; 5) колбы на 125 мл; 6) мерный цилиндр; 7) бюретка для титрования.

### *Ход работы*

1. В коническую колбу емкостью 125 мл помещают 2 г почвы, приливают 40 мл дистиллированной воды и 5 мл 0,3 %-й перекиси водорода.

2. Колбу устанавливают на ротатор и взбалтывают в течение 20 мин. Нерасщепленную часть перекиси стабилизируют добавлением 5 мл 3 н. серной кислоты и содержимое колб фильтруют через плот-



ный фильтр. Затем 25 мл фильтрата титруют 0,1 н. раствором марганцовокислого калия до слабо-розовой окраски.

3. Начальную концентрацию использованной перекиси корректируют титрованием перманганатом в кислой среде. Для этого 5 мл 0,3 %-й перекиси смешивают с 40 мл воды и 5 мл 3 н. серной кислоты, 25 мл этой смеси титруют 0,1 н. раствором марганцовокислого калия.

4. Из количества перманганата, израсходованного на титрование исходной перекиси ( $A$ ), вычитают количество перманганата, израсходованного для титрования почвенного фильтрата ( $B$ ). Эта разница с учетом поправки к титру перманганата калия ( $T$ ) отражает каталазную активность почвы, определяемую по формуле  $(A-B) \cdot T$ .

*Каталазную активность выражают в мл 0,1 н.  $KMnO_4$  на 1 г сухой почвы за 20 мин.*

### ***Определение активности протеазы***

***Протеазы*** – группа ферментов, катализирующих 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,

*Цель работы:* научиться определять протеазу в почве.

*Оборудование и реактивы:* 1) 2 %-й раствор желатины; 2) толуол; 3)  $CaCO_3$ ; 4) голубой раствор (10 г  $Cu(NO_3)_2 \cdot H_2O$  растворяют в 700 мл воды в мерной колбе емкостью 1 000 мл, добавляют 250 г  $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ , энергично перемешивают и доводят до метки, через три дня раствор фильтруют); 5) стандартный раствор глицина (готовят растворением 267,9 г глицина в 1 000 мл дистиллированной воды) (1 мл раствора содержит 50 мг аминного азота). Для приготовления калибровочной кривой готовят набор последовательных разведений от 0 до 20 мл стандартного

раствора, доводят до 20 мл дистиллированной водой, приливают 2 мл медного раствора и колориметрируют.

### *Ход работы*

1. В мерную емкость 100 мл помещают навеску предварительно подготовленной для анализа почвы и смешивают с 500 мг углекислого кальция.

2. Далее почву обрабатывают 1,5 мл толуола и через 15 минут прибавляют 20 мл 2 %-го раствора желатины.

3. Смесь тщательно перемешивают и инкубируют в термостате в течение 20 ч при температуре 37 °С.

4. Через 20 ч колбу заполняют водой, предварительно нагретой до температуры 38 °С, и фильтруют через плотный фильтр.

5. Для определения количества аминокислот в колбу емкостью 50 мл отбирают 10 мл фильтрата, приливают 10 мл воды и 2 мл медного раствора и далее колориметрируют при 650 нм.

6. Контрольное определение проводят, используя вместо желатины 20 мл дистиллированной воды.

*Активность протеазы выражают в миллиграммах аминного азота на 100 г почвы за 20 часов.*

### *Контрольные вопросы*

1. Определение ферментативной активности почвы. Для чего ее исследуют?

2. Охарактеризуйте основные классы ферментов.

3. Назовите и охарактеризуйте основные ферменты, относящиеся к классу оксидоредуктаз.

4. Каков механизм действия фермента протеазы в почве?

5. Какую функцию выполняют гидролазы в почве?

### *Лабораторная работа № 3*

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

### *Отбор проб и подготовка их к анализу*

При отборе проб растений в агро- и биоценозе основная цель – средняя проба растений, которая должна наиболее полно отражать биологическое состояние растений, т. е. быть репрезентативной для поля, опытной делянки, выбранной площадки, вегетационного сосуда. Чтобы средняя проба отражала статус всей совокупности растений, учитывают макро- и микрорельеф, гидротермические условия, равномерность и густоту стояния растений, их биологические особенности.

Первоначальную пробу, или исходный образец, отбирают небольшими порциями из разных мест исследуемого материала, как предусмотрено стандартом. Первоначальную пробу рассыпают тонким слоем и из многих мест маленькими порциями отбирают среднюю пробу. Подготовка ее состоит в измельчении и перемешивании. В свежем материале определяют содержание веществ, изменяющихся на воздухе (углеводов, азотистых соединений). Консервируют пробы (когда невозможно быстро провести анализ) формалином, хлороформом или обрабатывают водяным паром под давлением с последующим высушиванием. Консервированием устраняют действие ферментов.

Обычно средние пробы доводят до воздушного состояния, рассыпая тонким слоем на полотне или бумаге (сено, солома, мука и др.).

Свежий растительный материал высушивают в сушильных шкафах при 50–65 °С. Чтобы разрушить ферменты, пробу нагревают в течение 10–15 мин до 80–90 °С. Для предупреждения окисления высушивание проводят в токе индифферентных газов (СО<sub>2</sub> и др.) или в вакуум-аппаратах. Из воздушно-сухого материала отбирают аналитическую пробу. Масса ее в зависимости от аналитического материала колеблется от 50 до 200 г.

Часто перед отбором аналитической пробы воздушно-сухой материал измельчают, пропуская его несколько раз через лабораторную мельницу, до такого состояния, чтобы материал проходил через

сито с отверстиями 1 мм. Иногда материал измельчают на механических терках и просеивают через сито с диаметром ячеек 0,25 мм.

Аналитические пробы хранят в стеклянных банках с притертыми пробками. Из этих проб берут навески для определений. Правила отбора проб для некоторых материалов следующие.

**Сено и солома.** Из стогов первоначальную пробу отбирают небольшими клочками, не менее чем из десяти мест, из расчета 1 кг на 15 т. Если сено разнородно, то первоначальную пробу отбирают из каждого слоя толщиной 0,75–1 м. Пробу доставляют в лабораторию в целом виде или измельчают на месте. В лаборатории измельченную пробу раскладывают тонким слоем и доводят до воздушно-сухого состояния. Если необходимо, определяют первоначальную влажность.

Пробы травы (зеленого корма) отбирают через 1–2 ч после спада росы, скашивая небольшие площадки (0,5–1 м<sup>2</sup>) в разных местах участка (в 5–6 местах с 10 га). Скошенную траву взвешивают тотчас после отбора пробы, высушивают до состояния сухого сена на воздухе, снова взвешивают и дальше поступают так же, как с сеном.

В *силосных* траншеях пробу отбирают из разных мест небольшими порциями. Образец весом около 2 кг перемешивают и делят на две части: одну исследуют органолептически на месте; другую – в плотно закрытой банке направляют в лабораторию.

**Корнеклубнеплоды.** Из них отбирают образцы крупных, мелких и средних корней (или клубней). Каждую кучку взвешивают отдельно, берут из нее около 3 кг и направляют в лабораторию, где корнеплоды или клубнеплоды отмывают водой, разрезают вдоль на 2 части и отбирают половинки, чтобы масса средней пробы составила около 1 кг. Отобранные части режут на тонкие пластинки, нанизывают на нитку, подвешивают для сушки на 2–3 сут, переносят в сушильный шкаф и высушивают при 60–65 °С до воздушно-сухого состояния. Затем измельчают и отбирают аналитическую пробу.

Пробы *зерновых и мучных кормов* отбирают в разных местах закрома на различной глубине или из каждого мешка, как предусмотрено ГОСТ. При отборе проб зерна пользуются щупами. В лабораторию направляют пробу около 1 кг.

**Волокно льна, конопли и хлопчатника.** Параметры этих материалов определяют по соответствующим ГОСТ.

## ***Определение недостатка и избытка питательных веществ в почве по внешнему виду сельскохозяйственных растений***

*Цель работы:* научиться определять недостаток питательных веществ в почве по изменению внешнего вида сельскохозяйственных растений.

*Оборудование и реактивы:* 1) растения-индикаторы – на азот – капуста цветная и белокочанная; на фосфор – турнепс, брюква; на калий – картофель, свекла, цветная и белокочанная капуста; на кальций – те же, что и на азот; на магний – цветная и листовая капуста, картофель; на бор – свекла сахарная, лен, подсолнечник; на марганец – свекла, овес, картофель; на железо – капуста, картофель, овес; на медь – овес, пшеница, ячмень; 2) лупа; 3) бинокляр; 4) пинцеты.

### *Ход работы*

Недостаток питательных веществ в почве вызывает нарушение обмена веществ в растениях, оказывает сильное влияние на рост и развитие растений, на их внешний вид. При недостатке питательных веществ наблюдаются: задержка роста растений, ускорение или замедление фаз развития, изменение соотношения между разными органами, изменение строения, размера формы и окраски листьев и т. д.

Внешние признаки недостатка отдельных элементов питания у разных растений бывают различными. Поэтому по внешним признакам можно судить о недостатке в почве того или иного элемента питания и потребности растений в удобрениях. Однако замедление роста и изменение внешнего вида растений не всегда обуславливаются недостатком в почве питательных веществ. Сходные изменения вызываются иногда поражением вредителями и болезнями или другими неблагоприятными условиями роста (засуха, низкая температура и т. д.). Важно уметь отличать эти изменения внешнего вида растений от изменений, вызванных недостатком питательных веществ.

На внешний вид растения оказывает влияние также избыточное количество некоторых элементов (хлора, марганца и алюминия), ненужных растению или нужных ему в небольшом количестве. При избыточном поступлении их в растения замедляется рост, отмирают ткани, наблюдаются различные внешние изменения, а иногда и гибель растений.

Однако не все растения отзываются одинаково на недостаток или избыток какого-либо питательного элемента в почве. Так, например, при сравнительно низком содержании калия в почве у зерновых культур обычно не наблюдается внешних признаков недостатка калия, а у картофеля (на листьях) на той же почве отмечаются хорошо выраженные характерные признаки недостатка калия. Кроме того, у некоторых растений признаки недостатка отдельных питательных элементов выражены слабо, и они бывают нехарактерны.

Недостаток того или иного питательного вещества в почве легче определить по таким растениям, которые отзываются на его недостаток характерными, легко различимыми изменениями внешнего вида. Такие растения носят название *растений-индикаторов*.

Признаки недостатка указанных элементов могут обнаруживаться и у других растений, но у растений-индикаторов они более резко выражены и появляются раньше.

Появление признаков недостатка какого-нибудь питательного вещества у растений указывает на необходимость подкормки их соответствующими удобрениями. При этом не следует ожидать появления признаков у растений на всем поле.

Появление признаков недостатка только перед уборкой указывает на сравнительно хорошую обеспеченность растений на данной почве питательными веществами. В этом случае наблюдения за признаками недостатка или избытка отдельных элементов будут полезны для уточнения системы удобрения на следующий год.

В сочетании с другими методами метод визуальной диагностики ввиду его простоты и доступности заслуживает самого широкого использования для определения потребности растений в удобрениях.

Ниже описаны признаки недостатка и вредного избытка отдельных элементов питания у разных культур.

### ***Признаки недостатка азота***

Недостаток азота у растений может обнаруживаться на всех типах почв, особенно ранней весной, когда вследствие низкой температуры почвы процессы минерализации и образования нитратов протекают медленно. Чаще всего недостаток азота наблюдается на песчаных, супесчаных и суглинистых дерново-подзолистых почвах, красноземах и сероземах.

Признаки недостатка азота проявляются весьма отчетливо на разных стадиях развития. Общими и основными признаками недостатка азота у растений являются: угнетенный рост, короткие и тонкие побеги и стебли, мелкие соцветия, слабая облиственность растений, слабое ветвление, слабое кущение (у злаков), мелкие, узкие листья, окраска их бледно-розовая, хлоротичная. Изменение окраски листьев может быть вызвано и другими причинами, кроме недостатка азота. Пожелтение нижних листьев бывает при недостатке влаги в почве, а также при естественном старении и отмирании листьев.

При недостатке азота посветление и пожелтение окраски начинается с жилок и прилегающей к ним части листовой пластинки; части листа, удаленные от жилок, могут сохранять еще светло-зеленую окраску. На листе, пожелтевшем от недостатка азота, как правило, не бывает зеленых жилок. При старении же листьев пожелтение их начинается с части листовой пластинки, расположенной между жилками, а жилки и ткани около них сохраняют еще зеленую окраску.

У некоторых растений (картофель, свекла) при внесении калийных удобрений, особенно низкопроцентных (сильвинит, калийная соль), наблюдается общее посветление листьев. Но в этом случае может не быть приостановки роста растений, уменьшения образования новых побегов, утончения стеблей и уменьшения размеров молодых листьев как при недостатке азота.

При недостатке азота посветление окраски начинается с более старых, нижних листьев, которые приобретают желтый, оранжевый и красный оттенки. Эта окраска переходит далее и на более молодые листья, может проявляться и на черешках листьев. Листья при недостатке азота опадают преждевременно, созревание растений ускоряется.

У злаковых культур (*ржи, пшеницы, ячменя, овса*) признаком недостатка азота являются: слабое кущение (при условии нормального увлажнения), замедленный рост побегов, изреженность и бледно-зеленая окраска листьев, вновь появляющиеся листья короче предыдущих (тогда как при достаточном обеспечении азотом они бывают, наоборот, длиннее).

У *картофеля* рост стеблей и листьев слабый, листья мелкие, прямостоячие, окраска их бледно-зеленая, постепенно переходит в

желтую. Облиственность слабая, более старые листья опадают рано.

У сахарной и кормовой свеклы при недостатке азота ухудшается рост, листья образуются небольшого размера, удлинённые, располагаются они вертикально. Появление новых листьев задерживается. Окраска листьев бледно-зеленая, хлоротичная. Пожелтение начинается с нижних листьев.

У *хлопчатника* с молодого возраста наблюдается слабый рост, раннее пожелтение и опадение семядолей и затем листьев нижних ярусов, ускоренное прохождение фаз развития, пониженное плодообразование и небольшой вес коробочек, листья образуются мелкие желто-зеленые. Если недостаток азота начинает обнаруживаться во второй половине вегетации, то он проявляется в пожелтении листьев, усиленном опадении бутонов и завязей, сокращении периода плодообразования, формировании сравнительно мелких коробочек и их раннем раскрытии.

У *льна* наблюдается слабый рост побегов и листьев, слабое ветвление образование цветков и плодов, раннее созревание семян. Стебель образуется тонкий, прямостоячий, листья мелкие, бледно-зеленые или желто-зеленые.

У *капусты* наблюдается угнетенный рост. Листья образуются мелкие, светло-зеленые нижние листья приобретают оранжевую, красную и пурпурную окраску. Листья опадают преждевременно, кочаны образуются поздно или совсем не образуются.

У *томатов* листья бывают мелкие, светло-зеленые, нижняя сторона стеблей и листьев становится голубовато-пурпурной; стебли тонкие, слабые и жесткие; плоды мелкие, перед созреванием бледно-зеленые, при созревании ярко окрашенные.

### ***Признаки недостатка фосфора***

Недостаток фосфора у растений может быть на всех почвах, но чаще всего на кислых почвах, богатых подвижными формами алюминия и железа, дерново-подзолистых и красноземах.

Недостаток фосфора по внешнему виду растений определить труднее, чем недостаток азота. При недостатке фосфора наблюдается ряд таких же признаков, как и при недостатке азота, – угнетенный рост (особенно у молодых растений), короткие и тонкие побеги,



мелкие, преждевременно опадающие листья. Однако имеются и существенные различия – при недостатке фосфора окраска листьев темно-зеленая, голубоватая, тусклая. При сильном недостатке фосфора в окраске листьев, черешков листьев и колосьев появляются пурпурные, а у некоторых растений – фиолетовые оттенки. При отмирании тканей листа появляются темные, иногда черные пятна. Засыхающие листья имеют темный, почти черный цвет, а при недостатке азота – светлый. Признаки недостатка фосфора появляются сначала на более старых, нижних листьях. Характерным признаком недостатка фосфора является также задержка цветения и созревания.

*У злаковых (рожь, пшеница, ячмень, овес)* при недостатке фосфора окраска листьев и стеблей голубовато-зеленая с пурпурным оттенком, такой оттенок иногда приобретает и колос. Фазы развития растений задерживаются.

*У картофеля* наблюдается очень слабый рост ботвы. Куст сжатый, боковое ветвление слабое. Листья теряют блеск, приобретают темно-зеленую окраску, некоторую морщинистость. В период клубнеобразования на кончиках нижних листьев появляется узкая полоска темно-коричневого или черного цвета, края листьев подсыхают и заворачиваются кверху. Ботва и листья до самой уборки сохраняют темно-зеленый цвет, и лишь небольшое количество нижних листьев опадает. Бутонизация и цветение задерживаются на 3–5 дней.

*У сахарной и кормовой свеклы* ослабляется рост листьев. Розетка листьев при этом лежачая, после первых крупных листьев образуются листья небольшого размера, окраска их тусклая, темно-зеленая с голубоватым оттенком. При сильном недостатке фосфора наблюдается почернение краев листа с резкой границей. Листья опадают рано.

*У клевера, люцерны и эспарцета* при недостатке фосфора окраска листьев бывает темно-зеленая с голубоватым оттенком. На нижних листьях появляются темно-коричневые пятна, в дальнейшем эти листья становятся темно-коричневыми или черными. Рост при недостатке этого элемента питания слабый.

*У хлопчатника* с молодого возраста наблюдается сильное угнетение роста. Листья бывают мелкие, темно-зеленые; начиная снизу, они постепенно подсыхают, почти не меняя окраски. Задерживается прохождение фаз развития, особенно бутонизации, усиливается опадание завязей. Величина коробочек небольшая, семена щуплые.

*У льна* стебли высокорослые, но тонкие и прямостоячие. Ветвление и образование цветков слабое. Листья мелкие, тусклые, голубовато-зеленые, преждевременно желтеющие и опадающие, начиная с нижних.

*У капусты* рост карликовый; листья тусклые, темно-зеленые с сильным пурпурным оттенком, преждевременно опадают, начиная с более старых.

*Томаты* очень чувствительны к недостатку фосфора, особенно в первый период роста. При недостатке фосфора у всходов семядоли направлены кверху под острым углом. Цвет листьев и стеблей синевато-зеленый с пурпурным и фиолетовым оттенками. Изменение окраски появляется вначале пятнами и затем распространяется по всему листу, нижняя его сторона становится красновато-пурпурной. Стебли тонкие, слабые и жесткие. Плоды завязываются и созревают поздно.

### ***Признаки недостатка калия***

Недостаток калия чаще всего наблюдается на торфянистых пойменных, песчаных и супесчаных почвах. Признаки недостатка обычно наблюдаются в середине вегетации, в период сильного роста растений. При недостатке калия окраска листьев голубовато-зеленая, тусклая, иногда с бронзовым оттенком. Наблюдается пожелтение, а в дальнейшем побурение и отмирание кончиков и краев листьев (краевой «ожог» листьев). Развивается бурая пятнистость, особенно ближе к краям. Края листьев закручиваются, наблюдается морщинистость. Жилки кажутся погруженными в ткань листа, признаки недостатка у большей части растений вначале появляются на более старых нижних листьях. Стебель тонкий, рыхлый, полегающий. Недостаток калия вызывает обычно задержку роста, а также развития бутонов или зачаточных соцветий.

*У картофеля* недостаток калия начинает проявляться обычно во время клубнеобразования, когда потребность в калии очень высокая; на почвах, бедных калием, перед бутонизацией. При недостатке калия растения бывают низкорослыми, междоузлия в верхней части стебля укороченные, куст раскидистый. Листья темно-зеленые, тусклые, морщинистые, вялые, по краям между жилками появляется бронзовая пятнистость, позднее на старых листьях – желтоватая окраска. На краях и кончиках листьев отмирающие ткани становятся

коричневыми (краевой «ожог»). На нижней стороне листа появляется большое количество мелких темно-коричневых пятен, которые затем сливаются, верхняя поверхность его приобретает затем бронзовую окраску, края листа закручиваются книзу.

Листья бурют, засыхают и преждевременно опадают. Если картофель испытывает одновременно недостаток калия и азота, окраска листьев бывает бледно-зеленой, а остальные признаки остаются такими же.

У злаковых (*рожь, пшеница, ячмень, овес*) рост стеблей слабый; междоузлия укороченные, кущение усиленное, плодоносящих стеблей образуется мало. Листья имеют голубовато-зеленоватую окраску, на кончиках и краях листьев ткань отмирает. У овса на краях листьев образуется запал в виде отмерших тканей красно-коричневого цвета. У ячменя при сильном недостатке калия листья хлоротичные, на них появляются белые пятна.

У сахарной и кормовой свеклы наблюдаются побледнение и побурение краев листа, а также части листа между жилками, морщинистость листьев, подсыхание черешков.

У клевера и люцерны на краях нижних листьев появляются желтоватые и светло-коричневые пятнышки, позднее может образоваться сплошная каемка коричневого цвета. У люцерны при этом листья бывают небольшие с узкими дольками, они свертываются вверх и при засыхании съеживаются, междоузлия в верхней части стебля короткие.

У льна рост побегов ослабленный, междоузлия короткие, на кончиках листьев появляется каемка коричневого цвета. Листья темно-зеленые с голубоватым оттенком, между жилками слабохлоротичные. Края нижних листьев сначала становятся светлыми, а затем приобретают коричневую окраску («ожог» листьев). Лист волнистый, загибается книзу, а обожженные края листьев – кверху.

Томаты при недостатке калия развиваются медленно. Листья синевато-зеленой окраски. Нижние листья начинают слегка бледнеть и приобретают бронзовую или желтовато-коричневую окраску. Края листьев бурют и закручиваются кверху. Молодые листья морщинистые и изогнутые. Плоды созревают неравномерно и могут иметь зеленые или зеленовато-желтые пятна на фоне красной поверхности (созревание пятнами).

### ***Признаки недостатка кальция***

Недостаток кальция наблюдается на песчаных и супесчаных кислых почвах, особенно при внесении высоких доз калийных удобрений, а также на солонцах. Признаки недостатка кальция появляются, прежде всего, на молодых листьях. Листья бывают хлоротичные, искривленные, и края их закручиваются кверху. Края листьев неправильной формы, на них может обнаруживаться опаленность бурого цвета. Наблюдается повреждение и отмирание верхушечных почек и корешков, сильная разветвленность корней. На кислых почвах при недостатке кальция у растений могут появляться сопутствующие признаки, вызванные токсичностью марганца.

*У злаковых (рожь, пшеница, ячмень, овес)* рост сильно угнетен, наблюдается отмирание точек роста, реже – слабый хлороз на листьях. На кислых почвах у растений могут появляться также коричневые пятнышки от токсичности марганца.

*У картофеля* при недостатке кальция листья в верхней части растений мелкие, свертываются вверх параллельно главной жилке листа; образование клубней слабое, в клубнях появляются темные пятна отмершей ткани.

*У льна* при недостатке кальция наблюдается угнетенный рост, листья около точки роста могут быть слегка хлоротичными, кончики побегов и молодых листьев отмирают.

*У капусты* на листьях молодых растений появляется хлоротичная пятнистость (мраморность) и на краях образуются белые полоски. У старых растений листья зазубренные, края их скручиваются, на краях листьев появляются коричневые ожоги. Точка роста иногда отмирает.

### ***Признаки недостатка магния***

Магнием бедны песчаные и супесчаные дерново-подзолистые почвы. При недостатке магния наблюдается характерная форма хлороза – у краев листа и между жилками зеленая окраска изменяется на желтую, красную, фиолетовую. Между жилками в дальнейшем появляются пятна различного цвета вследствие отмирания тканей. При этом крупные жилки и прилегающие к ним участки листа остаются зелеными. Кончики листьев и края загибаются, в результате че-

го листья куполообразно выгибаются, края листьев морщинятся и постепенно отмирают. Признаки недостатка магния появляются и распространяются от нижних листьев к верхним.

*У картофеля* нижние листья становятся бледно-зелеными, между жилками появляются коричневые пятна, жилки же остаются зелеными. Ботва преждевременно засыхает. На кислых почвах недостаток магния сопровождается появлением коричневой пятнистости стеблей, вызванной избыточным поглощением марганца. При этом листья становятся ломкими и преждевременно опадают.

*У злаковых (рожь, пшеница, ячмень и овес)* недостаток магния вызывает слабое кущение, хлороз у нижних листьев, распространяющийся постепенно и на другие листья. Окраска кончиков листьев при этом красновато-фиолетовая (у ржи, пшеницы и ячменя) или оранжевая (у овса). В дальнейшем возможно частичное или полное отмирание тканей этих листьев и их скручивание.

*У клевера и люцерны* признаки недостатка магния более резко выражены во время цветения и образования семян. Нижние листья, начиная с краев и между жилками, становятся бледно-зелеными или желтыми, а жилки остаются зелеными. На краях листьев и между жилками появляются иногда коричневые пятнышки. Листья преждевременно опадают.

*У сахарной и кормовой свеклы* вначале происходит посветление окраски нижних листьев по краям между зелеными жилками, затем появляются желтоватые пятна, переходящие при отмирании тканей в коричневые, которые при остром недостатке магния сливаются в сплошные участки между крупными жилками. Лист морщинистый, черешки ломкие.

*У льна* окраска нижних листьев становится желтовато-зеленой, затем появляются коричневые пятнышки на кончиках листьев. Листья скручиваются и преждевременно опадают.

*У капусты* при недостатке магния листья морщинистые и ломкие, окраска их между жилками бледно-зеленая с переходом в желтоватую. На кислых почвах между жилками появляется красновато-фиолетовая окраска.

*У томатов* листья скручиваются вверх, окраска их, начиная с нижних, сначала бледно-зеленая, а затем становится желтоватой с коричневыми пятнами. Жилки листа остаются зелеными. Листья ломкие, преждевременно опадают.

## ***Признаки недостатка бора***

Недостаток бора чаще наблюдается на карбонатных, темноцветных, заболоченных почвах, а также на кислых почвах после их известкования. Чувствительность растений к недостатку бора различна. Картофель и злаковые редко страдают от недостатка бора. У некоторых растений недостаток бора вызывает различные болезни: у льна – бактериоз, у сахарной свеклы – гниль сердечка, у столовой свеклы – червоточину, у капусты – полый стебель и т. д. При недостатке бора у растений поражается точка роста, отмирают верхушечные почки и корешки, стебли искривляются. Усиленно развиваются боковые побеги, при этом растение приобретает кустовую форму. Листья становятся бледно-зелеными, опаленными и курчавыми. Наблюдается отсутствие цветения или опадение цветков, незавязывание плодов, пустозерность.

*У сахарной свеклы* листья молодых растений развиваются слабо, становятся бурыми, могут отмирать. У более взрослых растений листья вялые, пониклые. Точка роста отмирает, корень загнивает (гниль сердечка). Мякоть корня начинает отмирать и чернеть вначале около шейки, а затем и глубже.

*У клевера* рост приостанавливается, стебли становятся утолщенными, часто вздутыми около точки роста. Точка роста отмирает, и около нее появляются новые, очень мелкие искривленные листья. Старые листья приобретают красную или пурпурную окраску, края их могут отмирать.

*У томатов* растения кустистые, окраска молодых листьев темно-пурпурная до черной. Плоды темнеют, появляются участки отмершей ткани.

## ***Признаки недостатка серы, железа, марганца, меди и цинка***

***Недостаток серы*** проявляется в замедлении роста стеблей в толщину, бледно-зеленой окраске листьев без отмирания тканей. Признаки недостатка серы сходны с признаками недостатка азота, появляются они прежде всего на молодых растениях, у бобовых при этом наблюдается слабое образование клубеньков на корнях.

***Недостаток железа*** обнаруживается иногда на карбонатных почвах и кислых почвах после внесения высоких доз извести. При

недостатке железа наблюдается равномерный хлороз между жилками листа. Окраска верхних листьев становится бледно-зеленой и желтой, между жилками появляются белые полосы, и весь лист впоследствии может стать белым. Признаки недостатка железа появляются прежде всего на молодых листьях.

**Недостаток марганца** чаще бывает на карбонатных, торфянистых, пойменных и лугово-черноземных почвах. При недостатке марганца наблюдается хлороз между жилками листа – на верхних листьях между жилками появляется желтовато-зеленая или желтовато-серая окраска, жилки остаются зелеными, что придает листу пестрый вид. В дальнейшем участки хлорозных тканей отмирают, при этом появляются пятна различной формы и окраски. Признаки недостатка марганца появляются прежде всего на молодых листьях и в первую очередь – у основания листьев, а не на кончиках, как при недостатке калия. У овса наблюдается хлороз с последующим отмиранием тканей между жилками в нижней трети листа; лист в этой части перегибается и опускается.

**Недостаток меди** чаще наблюдается на торфяно-болотных, а также на карбонатных и песчаных почвах при содержании меди меньше 0,001 %. Растения различаются по чувствительности к недостатку меди. Устойчив к недостатку меди картофель. Из зерновых наиболее чувствительны к недостатку меди пшеница, затем овес, ячмень и рожь. Недостаток меди у злаковых вызывает так называемую болезнь обработки: наблюдается остановка роста, хлороз и побеление кончиков молодых листьев (у пшеницы и ячменя), потеря тургора у молодых листьев и стеблей, листья опускаются, увядают. Растения сильно кустятся, стебление задерживается, образование семян подавлено (пустозерность). У пшеницы при недостатке меди листья, охватывающие колос, слегка хлоротичные и искривлены, иногда закручиваются в спираль. Головка колоса также хлоротична и искривлена, образование зерна слабое. При сильном недостатке меди не образуется колосье или метелок и семян.

**Недостаток цинка** наблюдается на кислых песчаных, карбонатных и болотных почвах. При недостатке цинка наблюдаются пожелтение и пятнистость листьев, иногда захватывающие и жилки листа, появляются бронзовые оттенки в окраске листьев, розетчатость и мелколистность; междоузлия образуются короткие.

## ***Признаки избытка хлора и марганца***

Избыточное поступление хлора и марганца в растения оказывает вредное, токсическое действие, проявляющееся в замедлении роста растений, отмирании тканей, появлении различных внешних изменений. Отношение разных растений к избытку этих элементов различное.

Избыток хлора почти не оказывает отрицательного действия на зерновые культуры и свеклу, тогда как на лен, картофель и некоторые другие культуры влияет отрицательно – приводит к снижению урожая и различным внешним изменениям.

Избыток хлора наблюдается при внесении весной удобрений, содержащих много хлора (низкопроцентных калийных удобрений, хлористого аммония и фекалия).

*У картофеля* внешние признаки избытка хлора появляются обычно после цветения. Листья приобретают бледно-зеленую окраску, дольки листьев (начиная с верхней) свертываются в виде лодочки вдоль главной жилки, затем на их краях появляется ободок светло-коричневого цвета. Листья преждевременно засыхают, но не опадают. Стебель толстый, но короткий, листья крупные.

При большом избытке хлора ботва может отмирать уже в июле, в этом случае урожай и содержание крахмала в клубнях снижаются.

Вредный избыток марганца встречается на кислых почвах, особенно при внесении физиологически кислых удобрений, а также при избыточном увлажнении. Особенно чувствительны к избытку марганца сахарная и кормовая свекла, люцерна, клевер и некоторые другие культуры. Избыточное поступление марганца проявляется у этих культур в характерных изменениях на листьях.

*У сахарной и кормовой свеклы* при вредном избытке марганца рост угнетенный, особенно в ранней стадии, окраска листьев темно-зеленая, на них появляются мраморность и желтоватые округлые пятка. При большом избытке марганца на краях нижних листьев появляются мелкие круглые пятнышки ярко-красного цвета, иногда сливающиеся. Края листьев слегка завертываются вверх.

*У клевера* листья мелкие, чашеобразные, на краях у них появляются хлороз и мелкие коричневые пятнышки.

*У люцерны* рост в первый год слабый, растения часто имеют карликовый вид, стебли тонкие, деревянистые, листья мелкие, темно-зеленые, со светло-коричневой каемкой на краях. Края листьев за-



вертываются вверх. При сильной токсичности листья завядают и растение погибает.

У картофеля появляется коричневая пятнистость. На стеблях, а иногда и на черешках листьев образуются продолговатые коричневые полосы. Черешки и стебли становятся водянистыми и очень ломкими. На нижних листьях появляется хлороз, позднее ткани по краям отмирают, становятся коричневыми, пятна распространяются и между жилками листа. Пораженные листья быстро опадают, и пятнистость распространяется вверх, что приводит к полному преждевременному засыханию ботвы и сильному снижению урожая.

### ***Определение нитратов в растительной продукции***

Нитраты – неотъемлемая часть всех наземных и водных экосистем, поскольку процесс нитрификации, ведущий к образованию окисленных неорганических соединений азота, носит глобальный характер. В то же время применение азотных удобрений, особенно в повышенных дозах, способствует изменению не только выноса азота растениями, но и накоплению и изменению состава образующихся в тканях растений азотистых веществ, в том числе небелковых – нитратов и нитритов.

Повышенное накопление нитратов в растениях может быть не только при высоких дозах минеральных азотных удобрений, но и при внесении высоких доз органических удобрений, а также на высокогумусированных почвах, если создаются благоприятные условия для минерализации органического вещества и мобилизации почвенного азота.

Уровень накопления нитратов и нитритов в растениях также зависит от форм применяемых удобрений (азотных), биологических особенностей растений и фазы развития. В процессе вегетации содержание нитратов в растениях, как правило, снижается, поэтому убирать их, особенно овощные культуры, необходимо в оптимальные сроки.

Снижению содержания нитратов способствует также оптимальный световой режим, выбор доз, форм, сроков и способов применения удобрений, а также сбалансированное минеральное питание растений. Так, калий, магний, молибден, сера, марганец, бор и железо в значительной мере способствуют усиленному использованию нитратов в азотном обмене и снижают их количество в растениях.

Однако накопление нитратов в растениях может происходить не только от переизбытка азотных удобрений, но и при недостатке других их видов (фосфорных, калийных и др.) путем частичной замены недостающих ионов нитрат-ионами при минеральном питании, а также при снижении у ряда растений активности фермента нитратредуктазы, превращающего нитраты в белки.

Ввиду этого наблюдается четкое различие видов и сортов растений по накоплению и содержанию нитратов. Существуют, например, виды овощных культур с большим и малым содержанием нитратов. Так, накопителями нитратов являются семейства тыквенных, капустных, сельдерейных.

Наибольшее их количество содержится в листовых овощах: петрушке, укропе, сельдерее и наименьшее – в томатах, баклажанах, чесноке, зеленом горошке, винограде, яблоках и др. Между отдельными сортами существуют в этом отношении сильные различия. Так, сорта моркови Шантанэ, Пионер отличаются низким содержанием нитратов, а Нантская, Лосиноостровская – высоким. Зимние сорта капусты мало накапливают нитратов по сравнению с летними.

Допустимые уровни содержания нитратов в картофеле составляют 250 мг; в ранней капусте – 900; в поздней капусте – 500; в ранней моркови – 400; в поздней моркови – 250; в столовой свекле – 1400; в репчатом луке – 80; в листовых овощах (салат, шпинат, щавель, петрушка, укроп и т. д.) – 2000 мг  $\text{NO}_3/\text{кг}$ .

Наибольшее количество нитратов содержится в сосущих и проводящих органах растений – корнях, стеблях, черешках и жилках листьев. Так, у капусты наружные листья кочана содержат в 2 раза больше нитратов, чем внутренние. А в жилке листа и кочерыжке содержание нитратов в 2–3 раза больше, чем в листовой пластинке. У кабачков, огурцов и тому подобных плодов нитраты убывают от плодоножки к верхушке (рис. 10).

В результате употребления продуктов, содержащих повышенное количество нитратов, человек может заболеть метгемоглобинемией. При этом заболевании ион  $\text{NO}_3^-$  взаимодействует с гемоглобином крови, окисляя железо, входящее в гемоглобин, до трехвалентного, а образовавшийся в результате этого метгемоглобин не способен переносить кислород и человек испытывает кислородную недостаточность: задыхается при физических нагрузках.

В желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов под действием микрофлоры кишечника превращается в токсичные нитриты, а далее возможно превращение их в нитрозоамины – сильные канцерогенные яды, вызывающие опухоли. В связи с этим при употреблении в пищу растений – накопителей нитратов важно нитраты разбавлять и употреблять в малых дозах. Содержание нитратов можно уменьшить вымачиванием, кипячением продуктов (если отвар не используется), удалением тех частей, которые содержат большое количество нитратов.

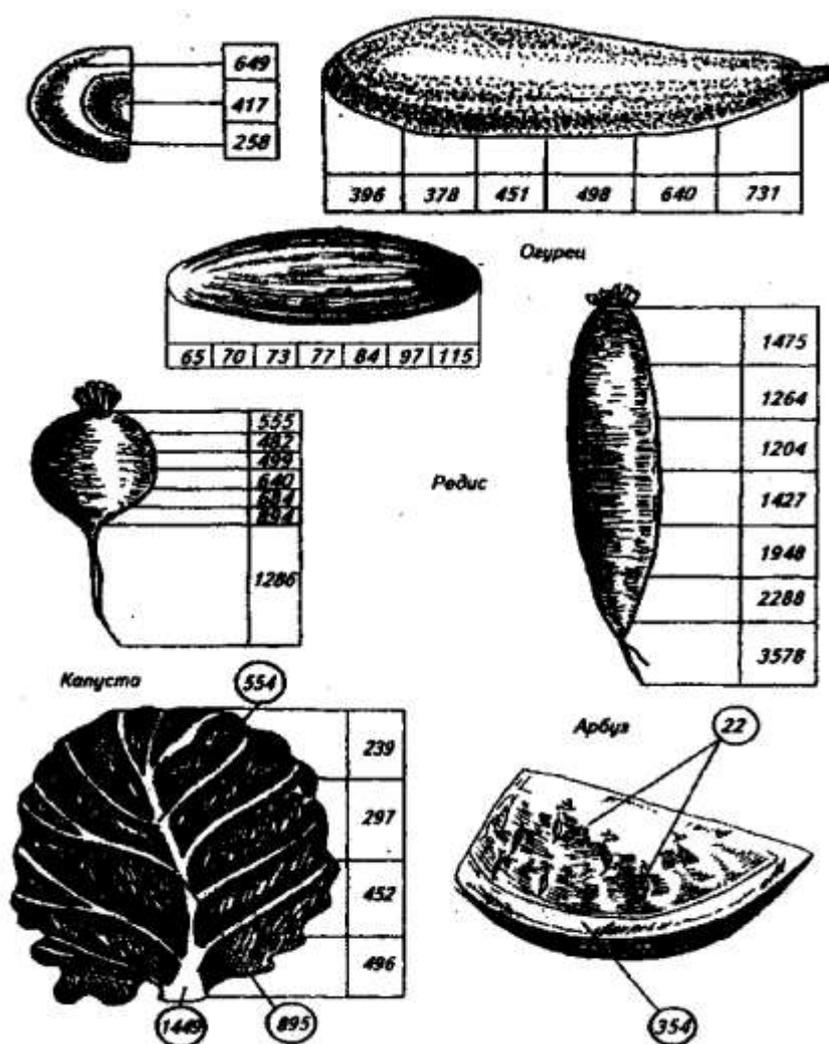


Рисунок 10 – Распределение нитратов в растениях, мг/кг сырой массы

Повышенное содержание нитратов в овощах и кормах препятствует их использованию в пищу человеку и животным. Поэтому необходим строгий контроль за содержанием нитратов и нитритов в растениеводческой продукции.

Допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) составляют 5 мг (по нитрат-иону) в сутки на 1 кг массы взрослого человека, т. е. при массе 50–60 кг – это 220–300 мг, а при 60–70 кг – 300–350 мг.

В предлагаемой работе изложен метод определения нитратов у различных видов, сортов, тканей и частей овощной продукции, который основан на хорошо известной реакции нитрат-иона с дифениламином. При этом описываются два варианта: с использованием выжатого сока и целых растений.

В конце работы кратко описан очень простой и быстрый метод количественного определения нитратов в овощах и фруктах при наличии ионо-селективного электрода на нитрат-ион и потенциометра (рН-метра).

### ***Определение нитратов в соке растений***

*Цель работы:* научиться определять нитраты в соке растений.

*Оборудование и реактивы:* 1) ступки малые с пестиками; 2) предметные стекла; 3) марлевые салфетки; 4) флаконы из-под пенициллина с пробками; 5) пипетки химические на 5 мл; 6) пипетки медицинские; 7) скальпели; 8) 1 %-й раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте; 9) исходный раствор  $\text{NaNO}_3$  для построения калибровочной кривой; 10) дистиллированная вода; 11) термостойкий химический стакан на 0,5–1 л для кипячения овощей; 12) электроплитка; 13) части различных овощей, содержащих наибольшее количество нитратов, с неокрашенным соком (капуста, огурцы, кабачки, картофель, дыня и др.).

### *Ход работы*

1. Исследуемые овощи следует вымыть и обсушить.

2. В один из пузырьков наливают 10 мл исходного раствора  $\text{NaNO}_3$ , соответствующего по концентрации максимальному содержанию нитратов в овощах – 3000 мг на 1 кг (см. табл. 6). Следует отметить, что в отдельных органах растений встречаются и значительно большие концентрации.

3. Готовят серию калибровочных растворов путем разбавления пополам предыдущего (например, к 3 мл исходного раствора прибавляют 3 мл дистиллированной воды, взбалтывают и т. д.). Полу-

чают серию растворов с разным содержанием нитратов: 3000; 1500; 750; 375; 188; 94; 47; 23 мг/кг.

4. Под предметное стекло подкладывают лист белой бумаги, на стекло капают две капли изучаемого раствора и две такие же капли дифениламина в трехкратной повторности.

5. Описывают реакцию согласно градации, которую можно использовать как для калибровочных растворов, так и для двух типов анализов (по Церлинг, 1965) (табл. 6).

Следует отметить, что основой для определения содержания нитратов в соке должны быть собственные исследования, а не данные таблицы 6, так как окраска может варьировать в зависимости от качества реактивов, срока их годности, температуры в помещении и др.

Таблица 6 – Определение содержание нитратов

Балл	Характер окраски	Содержание нитратов
6	Сок или срез окрашивается быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает	> 3000
5	Сок или срез окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	3000
4	Сок или срез окрашиваются в синий цвет. Окраска наступает не сразу	1000
3	Окраска светло-синяя, исчезает через 2–3 мин	500
2	Окраска быстро исчезает, окрашиваются главным образом проводящие пучки	250
1	Следы голубой, быстро исчезающей окраски	100
0	Нет ни голубой, ни синей окраски. На целых растениях возможно порозовение	0

Овощи и плоды расчленяют на части: зона, примыкающая к плодоножке, кожура, периферийная часть, срединная часть, кочерыжка (у капусты), жилки, лист без жилок. Вырезанные части мелко режут ножом и быстро растирают в ступке, сок отжимают через 2–3 слоя марли. На чистое предметное стекло, положенное на белую бумагу, капают 2 капли сока, добавляют 2 капли дифениламина.

Быстро описывают все наблюдаемые реакции согласно схеме. Повторность опыта 3-кратная. В случае сомнений в содержании нитратов в той или иной части овощной продукции капают рядом калибровочный раствор с известной концентрацией вещества и повторяют реакцию с дифениламином.

Анализ начинают с сока капусты и картофеля, затем помещают эти овощи в термостойкий химический стакан с кипящей дистиллированной водой и кипятят 10–15 мин, после чего анализируют и отварные овощи, и отвар. За время варки делают анализ различных частей других овощей и плодов (не менее четырех видов за занятие). Записывают в общую таблицу на доске и в частную – в тетради (табл. 7).

Таблица 7 – Содержание нитратов в различных овощах и плодах

Исследуемое растение	Часть	Балл	Содержание нитратов, мг/кг
Картофель свежий	Под кожурой		
	Срединная часть		
Картофель	Под кожурой		
	Срединная часть		
Капуста	Жилки		
	Кочерыжка		
	Лист		
Капуста отварная	Жилки		
	Кочерыжка		
	Лист		
Отвар	–		

### ***Определение нитратов в целых растениях***

#### *Ход работы*

1. Отрезают у свежих растений части в виде толстых срезов: куски стеблей, черешков, плодов. Кладут их на полоску восковой бумаги и капают на различные части среза по несколько капель 1 %-го раствора дифениламина в серной кислоте.

2. Отмечают окрашивание согласно вышеприведенной шкале (см. табл. 6). При этом в случае малых концентраций нитратов в

продукции и при отсутствии синей окраски может наступить порозовение ткани вследствие ее обугливания от  $H_2SO_4$  в реактиве дифениламина.

Указанный метод дает возможность оценить и сравнить разные ткани овощных и других растений прямо в поле. Он проверен и хорошо действует на хлебных злаках, картофеле, корнеплодах, овощах, бобовых, многолетних травах для оценки обеспеченности различных сельскохозяйственных культур азотом. Показано, что нитраты исчезают в фазе цветения, но их много в период вегетативного роста, который и должен быть использован для оценки. Нитраты сразу утилизируются (не проявляются в анализах) в меристемах, почках, бутонах и цветках различных сельскохозяйственных культур.

### ***Определение общей кислотности плодов и овощей***

***Принцип метода.*** Условия выращивания в значительной степени оказывают влияние на содержание органических кислот в свежих плодах и овощах и имеют важное значение при их непосредственном использовании и консервировании.

В основу метода положено извлечение органических кислот из растений дистиллированной водой при нагревании. Извлеченные таким образом и отфильтрованные органические кислоты учитывают титрованием 0,1 н. раствором щелочи. Результаты определений пересчитывают на яблочную кислоту, умножая количество 0,1 н. NaOH, который использовался на титрование, на коэффициент 0,0067. Содержание органических кислот выражают в мг на 100 г растительного материала.

***Цель работы:*** научиться определять общую кислотность плодов и овощей.

***Оборудование и реактивы:*** 1) колба на 250 мл; 2) весы; 3) фарфоровые ступки; 4) водяная баня; 5) 0,1 н. раствор NaOH; 6) спиртовой раствор фенолфталеина; 7) смешанный индикатор (по одному объему 0,1 %-го спиртового раствора нейтрального красного и метилового синего); 8) фильтр; 9) бюретка.

## Ход работы

1. Свежие или консервированные плоды, ягоды и овощи измельчают на терке и после тщательного перемешивания отвешивают на весах в тарированной фарфоровой чашке 25 г мезги.

2. Навеску без потерь смывают дистиллированной водой в мерную колбу вместимостью 250 мл. Удобнее всего пользоваться колбой Штифта. Объем жидкости в колбе доводят дистиллированной водой примерно до 150 мл и колбу устанавливают в водяную баню, где температуру поддерживают на уровне 80 °С.

3. Экстракцию органических кислот проводят выдерживанием колбы в водяной бане в течение 30 мин при перемешивании содержимого колбы через каждые 5 мин.

4. Затем содержимое колбы охлаждают (можно под струей холодной воды) и объем доводят до черты дистиллированной водой. Колбу закрывают пробкой, тщательно перемешивают содержимое и фильтруют через фильтр или вату.

5. Пипеткой переносят 50 мл фильтрата в стакан или коническую колбу вместимостью 250–300 мл и титруют в присутствии 3–4 капель индикатора (фенолфталеина или комбинированного) 0,1 н. раствором NaOH до изменения окраски.

Фенолфталеин при рН 8,2 изменяет окраску в фиолетовую, а смешанный индикатор при рН 7 дает фиолетово-синее окрашивание с переходом в зеленое при щелочной реакции титруемого раствора.

При титровании темно-окрашенных растворов завершение титрования устанавливают по изменению окраски синей лакмусовой бумажки от капли титруемого раствора. Если лакмусовая бумага не окрасится в красный цвет от капли фильтрата, титрование считается законченным. В кислой среде синяя лакмусовая бумажка окрашивается в красный цвет.

Содержание органических кислот (мг на 100 г плодов и овощей) находят по формуле

$$X = \frac{a \cdot T \cdot 6,7 \cdot V_1}{H \cdot V_2},$$

где  $a$  – количество 0,1 н. щелочи на титрование, мл;

$T$  – титр 0,1 н. щелочи;

$H$  – навеска исследуемого материала, мг;



$V_1$  – общий объем вытяжки;

$V_2$  – объем фильтрата на титрование;

6,7 – коэффициент для перевода кислот на яблочную.

Для выражения кислотности в процентах расчет проводят по следующей формуле:

$$X = \frac{a \cdot T \cdot 0,0067 \cdot V_1 \cdot 100}{H \cdot V_2}$$

Обозначения те же, за исключением того, что навеска вещества, взятого для анализа, дана в граммах.

### ***Контрольные вопросы***

1. От чего зависит уровень накопления нитратов и нитритов в растениях?
2. Что способствует снижению содержания нитратов в растительной продукции?
3. Какое заболевание развивается у человека и животных в результате употребления продуктов, содержащих повышенное количество нитратов? Охарактеризуйте его.
4. Как производят расчет суммарной токсичности растительной продукции?
5. В чем основной принцип цианидного метода определения сахаров в растениях?
6. Какие особенности пробоподготовки растительного материала к анализу тяжелых металлов вы знаете?

### ***Влияние солей тяжелых металлов на плазмолиз протоплазмы растительной клетки***

***Принцип метода.*** Соли тяжелых металлов в водной среде распадаются на ионы. Все ионы металлов могут быть разделены на две группы: биогенные (Cu, Zn, Co, Mn, Fe и др.) и небιοгенные (Pb, Hg, Ni, Al, Cd, Sr, Cs и др.). Среди последней группы ионы стронция и цезия действуют как биогенные при замене в органических веществах кальция на стронций и калия на цезий. Биогенные ионы входят в состав ферментных систем, которые обеспечивают регуляцию всех

процессов в клетке и организме. Поэтому их ПДК значительно выше, чем у небιοгенных.

При поступлении в растения воздушным (через устьица) или капельным (роса, туман, слабые осадки) путями определенная доза биогенных тяжелых металлов включается в состав ферментных систем, что стимулирует метаболические процессы. Так, медь входит в состав ферментов, участвующих в процессах темновых реакций фотосинтеза, способствует поглощению других элементов; цинк входит в состав ферментов, расщепляющих белки, увеличивает устойчивость растений к жаре, засухе, болезням. Лишь при более высоких концентрациях они действуют как токсиканты. В малых концентрациях *Cu* оказывает отрицательное влияние (недостаток микроэлементов). С повышением концентрации появляется стимулирующий эффект, который усиливается, достигая своего оптимума, а затем снижается и, переходя точку ПДК (стрелка), оказывает отрицательное действие; *Cd* ведет себя иначе. В очень малых концентрациях он оказывает нейтральный эффект, затем его токсическое действие усиливается, достигая точки ПДК (пунктирная стрелка), наступает перелом с усилением токсического эффекта.

*Цель работы:* выявление действия биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на плазмолиз протоплазмы растительной клетки.

*Оборудование и реактивы:* 1) микроскоп; 2) предметные и покровные стекла; 3) препаровальная игла; 4) бритвы; 5) пипетка на 1–3 мм; 6) стаканы с дистиллированной водой; 7) кусочки фильтровальной бумаги; 8) 5 %-е растворы солей  $CuSO_4$ ,  $PbNO_3$ ,  $HgNO_3$  и др.; 9) луковица синего лука или фиолетовые листья традесканции.

### *Ход работы*

С поверхности сильноокрашенной синей луковицы делают несколько срезов эпидермиса, состоящего из 1–2 слоев окрашенных клеток, содержащих антоциан.

Помещают срезы по отдельности в капли воды на предметные стекла, закрывают покровными стеклами и рассматривают в микроскоп.

Клетки с окрашенным клеточным соком зарисовывают; находят и рассматривают устьица.

1. *Определить начало и характер плазмолиза клетки под действием одинаковых концентраций биогенных и небιοгенных солей.* Для этого заменяют воду в препаратах 5 %-м раствором  $\text{CuSO}_4$  на одном предметном стекле и таким же раствором  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  на другом. Эта замена производится способом 4–5-кратного накаливания раствора соли с одной стороны покровного стекла и отсасывания кусочком фильтровальной бумаги с другой до полной замены воды раствором соли. Оставляют клетки в растворе солей на 15 мин, когда плазмолиз будет хорошо заметен, рассматривают в микроскоп. Зарисовывают и делают выводы относительно действия солей биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на характер плазмолиза клетки.

2. *Выявить комплексное действие повышенной температуры и одной из наиболее токсичных солей.* Для этого препараты, в которых вода заменена на раствор соли, выдерживают 10 мин на водяной бане при температуре  $40\text{ }^\circ\text{C}$ , а потом рассматривают в микроскоп и зарисовывают. При этом часто наблюдается усиление плазмолиза и почернение содержимого некоторых клеток. Очевидно, соли свинца при реакции с сероводородными группами белков дают этот черный цвет.

### ***Влияние солей тяжелых металлов на коагуляцию растительных и животных белков***

Работа наглядно показывает действие солей биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на животные и растительные белки, выявляет разницу в реакции тех и других. Белки с тяжелыми металлами образуют комплексы, нерастворимые в воде.

*Оборудование и реактивы:* 1) пробирки – 16 шт.; 2) склянки объемом 20 мл – 8 шт.; 3) стаканчик – 1 шт.; 4) пипетка на 1 мл – 1 шт.; 5) пипетка аптечная – 2 шт.; 6) стеклограф; 7) фильтровальная бумага; 8) 5 %-й раствор  $\text{CuSO}_4$ ; 9) 5 %-й раствор  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ; 10) дистиллированная вода; 11) животный белок (куриного яйца); 12) растительный белок (зернового гороха).

### ***Приготовление растворов белков***

1. У куриного яйца отделяют белок в мерный стаканчик, размешивают его стеклянной палочкой в дистиллированной воде в соотношении 1 : 10. Затем профильтровывают.

2. Зерновой вызревший горох перемалывают в муку в кофемолке, разводят в соотношении 10 г гороховой муки на 50 мл 10 %-го раствора на NaCl или KCl.

### *Ход работы*

1. Приготавливают в пробирках серию растворов сульфата меди  $\text{CuSO}_4$  и нитрата свинца  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  из исходного 5 %-го раствора (2,5; 1,25; 0,5 %).

2. В 8 пробирок пипеткой вносят по 1 мл животного белка, а в другие 8 – по 1 мл растительного белка (для обеих солей всего 8 растворов).

3. В каждую пробирку добавляют по 2 капли одного из указанных растворов испытуемой соли. Все пробирки пометить маркером.

4. Рассматривают характер коагуляции на темном фоне (кусочек черной бумаги, доска и др.).

Результаты наблюдений заносят в таблицу:

Соль	Концентрация раствора, %			
	5	2,5	1,25	0,62

Определяют концентрацию раствора соли, при которой происходит коагуляция белка (при разном виде солей, при разном типе белков).

### *Лабораторная работа № 4*

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПЕСТИЦИДОВ**

При контроле качества минеральных и органических удобрений пробы отбирают из каждой партии. Методика отбора проб затаренных минеральных удобрений аналогична отбору проб зерна, гранулированных и мучнистых кормов. Из затаренных удобрений разовую пробу (около 200 г) берут щупом-пробоотборником по двум диагоналям из каждого 20–30-го мешка. После перемешивания индивидуальных проб средний образец массой 1–2 кг ссыпают в банки или полимерные мешки и маркируют с указанием вида удобрения, места отбора, массы и номера партии.

Анализ минеральных удобрений проводят в агрохимических лабораториях: определяют содержание отдельных элементов питания и примесей, физико-механические свойства (гранулометрический состав, толщину помола и т. д.), влажность и другие свойства.

Методика отбора проб органических удобрений (навоза, торфа, компостов) аналогична взятию проб силоса и сенажа. Средний образец обычно составляют из 15–20 индивидуальных проб на каждые 1 000 кг удобрений. Определяют содержание сухого вещества, общего и аммонийного азота, фосфора, калия, микроэлементов, рН и зольность. Отбор проб пестицидов проводят аналогично отбору проб минеральных удобрений.

### ***Распознавание минеральных удобрений по качественным реакциям***

***Принцип метода.*** По внешнему виду минеральные удобрения трудно отличить одно от другого. При неудовлетворительном хранении разные удобрения становятся сходными между собой. Чтобы избежать ошибок при использовании удобрений, необходимо уметь определять с помощью простейших качественных реакций любое минеральное удобрение.

Избыточное внесение минеральных удобрений и нарушение способов их хранения являются причиной загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции. Водорастворимые формы азотных удобрений стекают в пруды, реки, ручьи, достигают грунтовых вод, вызывая повышенное содержание в них нитратов, что неблагоприятно сказывается на здоровье человека.

### ***Наиболее распространенные удобрения***

***Азотные удобрения.*** Чаще всего применяется аммиачная селитра  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и мочевины  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ . Употребляется также сульфат аммония  $\text{NH}_4\text{SO}_4$ . В защищенном грунте применяется нитрат кальция  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и нитрат калия  $\text{KNO}_3$ .

***Фосфорные удобрения.*** Наиболее распространен простой гранулированный суперфосфат  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  и двойной гранулированный суперфосфат  $\text{Ca}_2(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ . Употребляется также фосфоритная мука  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

*Калийные удобрения.* Применяется в основном хлористый калий  $KCl$ , азотнокислый калий  $KNO_3$  или сульфат калия  $K_2SO_4$ . Меньше употребляются двойные удобрения: сильвинит и калимаг  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ .

*Известковые удобрения.* К ним относятся известковые материалы, содержащие не менее 50%  $CaCO_3$ . Это известковая мука из туфа, доломитовая мука, мел, известь озерная и др. Действие их заключается в нейтрализации почвенной кислотности, улучшении условий для жизнедеятельности микроорганизмов и физических свойств почвы.

*Оборудование и реактивы:* 1) пробирки – 12 шт.; 2) штативы для пробирок; 3) ступки с пестиками; 4) индивидуальные пипетки для каждого реактива; 5) щипцы муфельные; 6) пинцеты длинные; 7) электроплитка; 8) газовая горелка или спиртовка; 9) кусочки древесного угля; 10) индикаторная бумага; 11) дистиллированная вода; 12) 8–10 %-й  $NaOH$  или  $KOH$ ; 13) 5 %-й раствор  $BaCl_2$ ; 14) концентрированная  $HCl$ ; 15) 2 %-й  $HCl$ ; 16) уксусная кислота (ледяную разбавить в 10 раз); 17) 1–2 %-й раствор азотнокислого серебра; 18) раствор йода в йодистом калии (20 г  $KI$  растворяют в 20 мл дистиллированной воды, добавляют 6,35 г кристаллического йода. Раствор переносят в мерную колбу на 50 мл и доводят до метки; 9) образцы минеральных удобрений.

### *Ход работы*

#### **1. Внешние признаки**

- *Консистенция.* Удобрение может быть кристаллическим (мелко- и крупно-), аморфным, а также в виде гранул. К кристаллическим удобрениям относятся все азотные (за исключением цианамид кальция) и калийные, к аморфным – все фосфорные и известковые. Фосфорные удобрения часто гранулируются (суперфосфаты).

- *Цвет* удобрения устанавливается путем тщательного осмотра. Признак может несколько изменяться во время транспортировки при загрязнении пылью, а также в зависимости от технологии производства. Очищенные удобрения имеют характерный цвет.

- *Запах.* Почти все удобрения имеют запах, но часто не стойкий, лишь цианамид кальция пахнет керосином. Результаты обследования внешнего вида (описание консистенции, цвета и запаха) заносят в таблицу 8.

## **2. Провести испытание на растворимость образцов в воде.**

В пробирку помещают 1–2 г удобрения, добавляют 15–20 мл дистиллированной воды и хорошо взбалтывают.

Наблюдают следующие градации:

- а) полностью растворимо;
- б) заметно растворимо (растворяется не менее половины взятого удобрения);
- в) слабо растворимо (растворяется менее половины взятого удобрения),
- г) нерастворимо.

Если при взбалтывании образовалась обильная муть, заполнившая пробирку, то удобрение слабо растворимо.

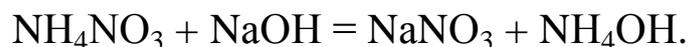
К полностью растворимым и заметно растворимым относятся все азотные удобрения, а также калийные. К нерастворимым или слабо растворимым – все фосфорные и известковые. Результаты испытаний на растворимость заносят в таблицу 8.

## **3. Провести реакции с химическими веществами.**

Раствор удобрений разливают в 6 пробирок и продолжают определение дополнительных показателей, а затем определяют название удобрений по нижеприведенной схеме.

## **4. Провести реакции со щелочью.**

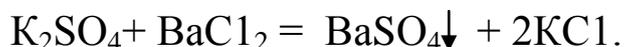
В раствор удобрения приливают несколько капель 8–10 %-го раствора щелочи (KOH или NaOH). В присутствии аммиака при взбалтывании ощущается его выделение по специфическому запаху.



Результаты испытаний заносят в таблицу 8.

## **5. Провести реакции с хлористым барием.**

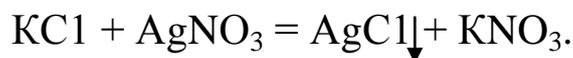
В пробирку с раствором удобрения прибавляют несколько капель 5 %-го хлористого бария. При наличии в удобрении иона  $\text{SO}_4^{2-}$  выпадает белый творожистый осадок  $\text{BaSO}_4$ , нерастворимый в уксусной кислоте. Убеждаются в нерастворимости осадка, добавив кислоту:



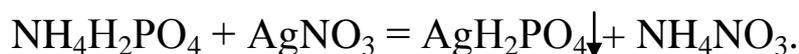
Результаты испытаний заносят в таблицу 8.

## 6. Провести реакцию образцов с азотнокислым серебром.

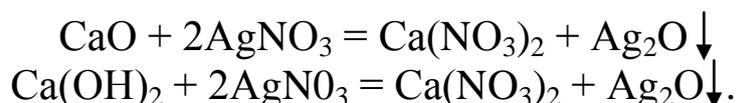
К водному раствору удобрения приливают 2–3 капли 1–2 %-го раствора  $\text{AgNO}_3$  и содержимое пробирки встряхивают. Реакция служит для обнаружения хлора (белый дымчатый осадок  $\text{AgCl}$ , нерастворимый в уксусной кислоте).



Фосфорные удобрения образуют с  $\text{AgNO}_3$  желтоватый осадок, растворимый в уксусной кислоте.



Реакция с  $\text{AgNO}_3$  также используется для анализа известковых удобрений. Так, с негашеной и гашеной известью азотнокислое серебро дает бурый осадок закиси серебра, который растворим в уксусной кислоте.



Результаты испытаний заносят в таблицу 8.

## 7. Провести пробу удобрения на раскаленном угле.

Угольки размером с орех нагревают на электроплитке, затем берут щипцами или пинцетом, раскаляют в пламени спиртовки до красна. На уголек насыпают щепотку удобрения, предварительно растертого в ступке и помещенного в узенькую ложечку из фольги. Наблюдают за быстротой сгорания, появлением дыма, цветом пламени, запахом. Аммиачные удобрения распознают по запаху аммиака, нитратные соединения дают вспышку, калийные потрескивают.

Если удобрение вспыхивает – это селитра.

*По цвету пламени* различают следующие селитры: натриевая сгорает желто-оранжевым пламенем, калийная – фиолетовым, аммиачная дает бесцветное пламя, а иногда плавится, кипит с выделением аммиака.

Азотные удобрения, содержащие амидную ( $\text{NH}_2$ ) и аммонийную ( $\text{NH}_4$ ) группы, на раскаленном угле сгорают с выделением белого дыма и запаха аммиака. Кристаллики калийных удобрений на раскаленном угле не вспыхивают, а только слегка потрескивают и «подпрыгивают». Следует заметить, что если уголек плохо раскален



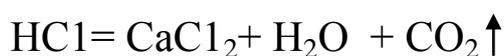
(не докрасна), а кристаллики крупные, они могут лежать на угле без всяких изменений.

Фосфорные, известковые удобрения, гипс не изменяются на раскаленном угле.

Реакцию удобрений на раскаленном угле заносят в таблицу 8.

### **8. Провести реакцию с кислотой.**

В пробирку или фарфоровую чашку помещают немного сухого удобрения и капают на него 2–10 %-й раствор соляной или уксусной кислоты. Если удобрение вскипает от выделяющегося углекислого газа, то оно представляет собой карбонат или содержит значительную примесь карбоната. К таким удобрениям относятся известковые материалы, зола.



Результаты испытаний заносят в таблицу 8.

### **9. Определить реакцию водной вытяжки из удобрения.**

В пробирку с водной вытяжкой из удобрений помещают полоску индикаторной бумаги. Суперфосфат имеет характерный запах, сероватый цвет, кислую реакцию за счет гипса. Другие удобрения имеют щелочную реакцию (цианомид кальция, томасшлак, известковые удобрения), у третьих – реакция нейтральная.

Результаты занести в таблицу.

### **10. Определить наличие магния в удобрениях.**

Определение проводят с помощью йода в йодистом калии. Ионы магния с гидроксильным ионом воды образуют малорастворимую гидроокись магния:  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2$ .

Гидроокись магния с йодом дает красно-бурую окраску. Так определяют калийные и известковые, содержащие магний, удобрения.

Результаты испытания заносят в таблицу 8.

### **11. Провести определение калийных удобрений, содержащих магний.**

Помещают в фарфоровую чашку 1–2 капли йода и 1–2 капли щелочи (появляется бледно-желтая окраска), приливают 1–2 капли раствора удобрения. Если в удобрении содержится магний, то окраска становится красно-бурой.

Результаты заносят в таблицу 8.

### **12. Провести определение магния в известковых удобрениях.**

В пробирку с 2–3 г удобрений приливают 2–3 мл уксусной кислоты, взбалтывают и дают отстояться. Затем анализ проводят так же, как описано выше. Содержащие магний известняки окрашивают раствор в красно-бурый цвет, а не содержащие магния – дают желтую окраску раствора.

Таким образом, сначала определяют внешние признаки: вид, цвет, запах, влажность, консистенцию, а затем выясняют растворимость удобрения и проводят соответствующие качественные реакции.

Результаты записывают в таблицу 8, после чего определяют название удобрения, пользуясь нижеприведенной схемой определения.

Таблица 8 – Запись результатов наблюдений

Показатель	Образец			
	1	2	3	4
Название удобрения				
Внешний вид, консистенция, цвет, запах				
Растворимость в воде				
Реакция со щелочью				
Реакция с $\text{BaCl}_2$				
Реакция с кислотой				
Реакция на угле				
Реакция с $\text{AgNO}_3$				
Прочие реакции				

### ***Схема определения удобрений по качественным реакциям***

1. Удобрение растворимо в воде (перейти к п. 2).

Удобрение в воде растворимо незначительно или почти нерастворимо (перейти к п. 7).

2. На угле вспыхивает (перейти к п. 3).

На угле не вспыхивает (перейти к п. 4).

3. Не дает запаха аммиака ни на угле, ни со щелочью. Сгорает желто-оранжевым пламенем; бесцветные, прозрачные кристаллы с сероватым или желтоватым оттенком, горько-соленые на вкус – натриевая селитра ( $\text{NaNO}_3$ ). Сгорает фиолетовым пламенем, белые кристаллы с желтовато-сероватым оттенком – калиевая селитра ( $\text{KNO}_3$ ).

Дает запах аммиака не только на угле, но и со щелочью, с  $\text{BaCl}_2$  осадка не дает, но может дать муть. Белые или желтоватые

гранулы размером 1–3 мм или плоские чешуйки – аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

4. На угле дает запах аммиака, а со щелочью не дает. Белые гранулы размером от 1 до 5 мм или мелкокристаллический порошок – мочевины ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ). Дает запах аммиака и на угле, и со щелочью.

На угле плавится с выделением белого дыма (перейти к п. 5).

Ни на угле, ни со щелочью не дает запаха аммиака. Крупинки (кристаллики) не сгорают, а только потрескивают или «подпрыгивают» (перейти к п. 6).

5. С  $\text{AgNO}_3$  дает обильный створаживающийся осадок, белый, не растворимый в уксусной кислоте; с  $\text{BaCl}_2$  дает слабую муть. Мелкокристаллический продукт или гранулы белого или желтоватого цвета – хлористый аммоний ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

С  $\text{AgNO}_3$  дает слабую муть, а с  $\text{BaCl}_2$  обильный белый осадок, не растворимый в кислотах. Кристаллическое вещество белого, серого или иного цвета – сульфат аммония ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), кристаллическая соль желтого цвета – сульфат аммония-натрия ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

С  $\text{AgNO}_3$  дает муть желтой окраски, растворимую в уксусной кислоте. Гранулированный продукт или порошок светло-серого, серого цвета, с добавкой меди – голубой, реакция кислая – аммофос ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ); гранулы темно-серого или светло-серого цвета, реакция нейтральная – диаммофос ( $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$ ).

6. С  $\text{BaCl}_2$  образует белый осадок, не растворимый в уксусной кислоте, с  $\text{AgNO}_3$  – слабую муть и осадка не дает. Мелкокристаллический порошок белого цвета, иногда с желтоватым оттенком, с йодом дает светло-желтую окраску – сульфат калия ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ).

Дает обильный осадок как с  $\text{BaCl}_2$ , так и с  $\text{AgNO}_3$ . Крупные кристаллы розовато-бурого цвета или кристаллический порошок серого цвета, раствор горько-соленого вкуса – каинит ( $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ); светло-серые мелкие кристаллы, серые гранулы неправильной формы или сильно пылящий порошок с сероватым и розовым оттенком, с йодом дает красно-бурю окраску – калимагнезия (шенит) ( $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) или калийно-магниевый концентрат (калимаг) ( $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ ).

С  $\text{AgNO}_3$  дает обильный створаживающийся осадок, не растворимый в уксусной кислоте, с  $\text{BaCl}_2$  дает слабую муть. Мелкокристаллическое вещество белого цвета с сероватым оттенком и примесью розовых кристаллов – калий хлористый марки «К» ( $\text{KCl}$ ); крупнозернистые естественные кристаллы от молочно-белого до красно-бурого цвета –  $\text{KCl}$  марки «Ф»:

а) естественные кристаллы от красного до бурого цвета –  $\text{KCl}$ , крупнозернистый из калийных руд;

б) мелкокристаллический порошок коричневого цвета – КС1 из нефелинового сырья;

в) мелкокристаллический продукт – естественные кристаллы от молочного до красно-бурого или прессованные гранулы неправильной формы от белого до красно-бурого цвета – КС1 из сильвинита;

г) мелкие розовые кристаллы смешаны с крупными синими или серый кристаллический порошок с включением розовых кристаллов – калийная соль (КС1+КС1·NaCl).

7. С уксусной кислотой дает сильное вскипание (перейти к п. 8).

С уксусной кислотой не дает вскипания или вскипает едва заметно (перейти к п. 9).

8. Порошок белого, серого или бурого цвета – известковое удобрение:

а) светло-желтая окраска с йодом уксуснокислого раствора удобрения – мел, известняковая мука ( $\text{CaCO}_3$ );

б) окраска с йодом красно-бурая – доломитовая мука ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ).

Тонкий пылеватый порошок черно-синего цвета. Часто имеет запах керосина. Красная лакмусовая бумажка, опущенная в водный раствор удобрения, синее – цианамид кальция ( $\text{CaCN}_2$ ).

Темно-серый тяжелый порошок. Водный раствор имеет щелочную среду. При взаимодействии с кислотой выделяется сероводород – томасшлак ( $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ ).

9. Водный раствор удобрения дает пожелтение или осадок с  $\text{AgNO}_3$  (перейти к п. 10).

Нет пожелтения раствора или осадка с  $\text{AgNO}_3$  (перейти к п. 11).

10. Порошок или гранулы от светло- до темно-серого цвета.

Синяя лакмусовая бумажка краснеет при соприкосновении с водным раствором удобрения – суперфосфат простой или двойной ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) + 2\text{CaSO}_4$ ;  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

Гранулы или порошок светло- или темно-серого цвета, реакция водного раствора нейтральная или слабоокислая, при добавлении 2–3 капель реактива Несслера появляется интенсивное бурое окрашивание – аммонизированный суперфосфат. Гранулы голубого или светло-голубого цвета – суперфосфат борный. Порошок тонкий, пылящий, сероватого цвета, реакция водного раствора нейтральная – преципитат ( $\text{CaHPO}_4$ ).

Порошок тонкий, пылящий, сероватого цвета, реакция нейтральная, с  $\text{AgNO}_3$  четкое пожелтение осадка удобрения – обесфторенный фосфат.

11. Темный, тяжелый порошок, реакция среды нейтральная – фосфатшлак.

Тонкий, сильно пылящий порошок темно-серого цвета с бурым оттенком – фосфоритная мука ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ).

Характерные черты некоторых удобрений (приводятся для проверки правильности определения по вышеприведенной схеме):

– *суперфосфат* имеет характерный запах, сероватый цвет и кислую реакцию;

– *калийная соль* отличается от других удобрений по розово-красным кристаллам. Иногда могут быть примеси синих кристаллов. Белые кристаллы говорят о наличии в примеси натриевых солей.

### ***Характерные реакции для некоторых удобрений***

Для натриевой и калийной селитр единственной реакцией, различающей их между собой и от всех других удобрений, будет вспышка и цвет пламени на раскаленном угле.

Сульфат аммония отличается от похожего на него нитрата аммония реакцией с хлористым барием. От сульфата калия сульфат аммония легко отличить по реакции со щелочью.

**Отличительные реакции для некоторых азотных удобрений:** для  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – реакция с  $\text{BaCl}_2$ ; для  $\text{NH}_4\text{Cl}$  – реакция с  $\text{AgNO}_3$  – белый хлопьевидный осадок.

Реакция на раскаленном угле: у  $\text{NaNO}_3$  – вспышка желтого цвета;  $\text{KNO}_3$  – фиолетового;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – белого цвета.

Отличие аммиачной селитры от мочевины: первая на раскаленном угле дымит и вспыхивает, а вторая – плавится и не вспыхивает. Мочевина между пальцами мылится, ее кристаллы меньше по размеру.

На аммоний применяется реактив Несслера, а на нитраты – дифениламин (на ион  $\text{NO}_3^-$ ). Раствором удобрения смачивают стенки белой фарфоровой чашки. Остатки раствора из чашки выливают, а на смоченную поверхность капают 1–2 капли дифениламина, синее окрашивание указывает на присутствие иона  $\text{NO}_3^-$ .

### ***Распознавание пестицидов по качественным реакциям***

*Общие сведения.* Для защиты растений от насекомых-вредителей, возбудителей болезней и сорняков используют пестициды – вещества, которые оказывают губительное действие на различных паразитов. Различают профилактические мероприятия (когда яды

применяют до появления насекомых на растениях) и истребительные, предусматривающие уничтожение вредных организмов.

Химический метод борьбы весьма эффективен и не требует больших затрат труда. Каждый рубль, затраченный на химическую защиту, сохраняет урожай приблизительно на 10–12 руб. Применение гербицидов для борьбы с сорняками в посевах зерновых культур повышает урожай в среднем на 3 ц с 1 га.

Пестициды должны быть сильнотоксичными для вредителей, возбудителей болезней и сорняков, но безвредны для культурных растений, сельскохозяйственных животных и человека. Это свойство называют избирательностью (селективностью) пестицидов. Желательно также, чтобы пестициды действовали на большое число видов вредных организмов. Кроме того, они должны быть транспортабельными, дешевыми, не разрушающими аппаратуру (опрыскиватели, опыливатели и т. п.). Пестициды, выпускаемые промышленностью, удовлетворяют требованиям ГОСТ.

Пестициды классифицируют по агрегатному состоянию, объектам и методам применения, химическому составу.

По объектам использования различают: *инсектициды* – яды для борьбы с вредными насекомыми; *зооциды* – с грызунами; *акарициды* – с клещами; *лимациды* – со слизнями; *гербициды* – с сорняками; *фунгициды* – с грибами; *бактерициды* – с бактериями, вызывающими заболевания растений.

Существуют препараты, способствующие сбрасыванию листьев (*дефолианты*) и высыханию (*десиканты*) растений, а также вещества, отпугивающие или привлекающие насекомых.

По способу проникновения яда в организм насекомого различают кишечные, контактные пестициды и фумиганты. Кишечные яды применяют главным образом против вредителей с грызущим ротовым аппаратом (саранчовых, жуков, гусениц). Контактные яды используют для уничтожения насекомых с колюще-сосущим ротовым аппаратом (тлей, клопов); действуют они лишь при контакте с поверхностью тела насекомого. Фумиганты – это окуриватели, действующие в парообразном или газообразном состоянии через дыхательную систему насекомых. Эта классификация условна, некоторые ядохимикаты (например, гексахлоран) оказывают на насекомых и кишечное, и контактное, и фумигационное действие.

Среди неорганических пестицидов различают соединения меди, цинка, железа, препараты серы и т. д. Синтетические пестициды подразделяют на хлорорганические (гексахлоран, гептахлор, полихлорпинен), фосфорорганические (карбофос, хлорофос, метилмер-

каптофос), препараты серы, азотсодержащие и др. Некоторые пестициды относят к разным группам. Например, хлорофос является и хлорорганическим, и фосфорорганическим препаратом.

Приступая к анализу, изучают цвет, запах, растворимость пестицида в воде. Порошкообразный препарат насыпают в пробирку, отмечают занимаемый объем, добавляют воду, тщательно перемешивают содержимое палочкой и оставляют на 15–20 мин.

Затем сравнивают объемы порошка до и после растворения. Если объем порошка уменьшается наполовину, препарат считают растворимым в воде.

Неорганические вещества, нерастворимые в воде, растворяют в азотной кислоте  $\text{HNO}_3$ , осторожно нюхают раствор. Запах уксусной кислоты указывает на парижскую зелень, сероводорода – на полисульфиды, фосфина – на фосфид цинка. Выделение пузырьков газа без запаха и цвета говорит о присутствии иона  $\text{CO}_3^{2-}$ . Обращают внимание на агрегатное состояние, так как пестициды бывают твердыми, жидкими и пастообразными.

Твердые пестициды подразделяют на две группы: светлоокрашенные в синий и розовый цвет. Твердые препараты белого или серого цвета разделяют, в свою очередь, на четыре группы по отношению к воде: растворимые; нерастворимые, но расплавляющиеся в воде при нагревании; нерастворимые и не расплавляющиеся при нагревании; нерастворимые и не смачиваемые водой (всплывающие на поверхность).

Темноцветные и окрашенные твердые пестициды делят на растворимые и нерастворимые в воде.

Жидкие пестициды подразделяют на три группы: смешивающиеся и растворяющиеся в любом количестве воды; смешивающиеся с водой, образуя эмульсию; не смешивающиеся с водой и образующие отдельный слой.

*Цель работы:* научиться распознавать различные пестициды по характерным для них химическим реакциям.

*Оборудование и реактивы:* 1) различные пестициды; 2) фильтр и воронки; 3) дихлорэтан; 4) 0,3 % бриллиантовая зелень (зеленка); 5) 1 н. NaOH; 6) водяная баня; 7) фенолфталеин; 8) медный купорос; 9) метиловый спирт; 10) кремнефтористоводородная кислота; 11) эфирный раствор йода; 12) 5 %  $\text{FeCl}_3$ .

### *Ход работы*

#### *1. Отличительные признаки гексахлорана:*

а) растворяют 1–2 г препарата в 3–5-кратном количестве дихлорэтана, профильтровывают через бумажный фильтр, каплю фильтрата помещают на стеклянную пластинку и оставляют на 10–

20 мин. Капля вытяжки из гексахлорана быстро испаряется, и образуется беловатое пятно;

б) к 10 мл спиртовой вытяжки из препарата прибавляют 4 капли 0,3 %-го спиртового раствора бриллиантовой зелени, предварительно обесцвеченной 1 н. раствором едкого натра. Нагревают смесь на водяной бане 20 мин при 65–70 °С. В присутствии гексахлорана раствор приобретает зеленый цвет;

в) гексахлоран имеет резкий неприятный запах плесени.

2. *Отличительные признаки цианплага и фосфида цинка.* Цианплав, в отличие от фосфида цинка, выделяет при хранении пары HCN, обнаруживаемые индикаторной бумагой. Полоску фильтровальной бумаги пропитывают растворами фенолфталеина и медного купороса и высушивают. В присутствии паров HCN бумага розовеет.

3. *Отличительные признаки никотина и анабазина:*

а) 2–3 капли жидкого препарата растворяют в 3 мл метилового спирта и прибавляют несколько капель кремнефтористоводородной кислоты. В присутствии анабазина выпадает белый осадок, в присутствии никотина осадка не образуется;

б) при взаимодействии эфирного раствора никотина с равным объемом эфирного раствора йода выделяются рубиново-красные иглы периодата  $C_{10}H_{14}N_2I_2 \cdot HI$ , которых анабазин не образует.

4. *Обнаружение карболовой кислоты:* 2–3 мл жидкого препарата разбавляют водой в 2 раза и приливают по каплям 1–2 мл 5 %-го раствора  $FeCl_3$ . В присутствии карболовой кислоты появляется фиолетовое окрашивание.

### ***Контрольные вопросы***

1. Чем характеризуется круговорот веществ и поток энергии в агроландшафтах и естественных фитоценозах?

2. Где проводят анализ минеральных удобрений?

3. Назовите основные методы определения состава минеральных удобрений. Охарактеризуйте качественные реакции основных удобрений.



## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

### 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 (антробиеоценозов) 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 и 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. Агроэкосистемы существенно ограничены территориально и 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 понимании, 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 урбано-технические 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** ( $\text{г/м}^2$  в год или сутки,  $\text{т/га}$  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. Позволяет оценить «вклад» разных групп консументов и редуцентов в отчуждении фитомассы из годичного 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.



разны. 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** – это одно из соединений, относящееся к классу хлоруглеводородных пестицидов. ДДТ был запрещен в США в 1972 г., поскольку нарушал процессы размножения у некоторых птиц.

**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 стада 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  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -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 агентов или превышение естественного среднесноголетнего 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.

**ЗАДЕРНЕНИЕ 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

**ИМПЕРАТИВ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ** – обращенное к человеческому сообществу настоятельное требование (подобие нравственного закона) ограничить и остановить природогубительную экспансию и соизмерить антропогенное давление с экологической выносливостью биосферы.

**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 бета-фруктофуранозидную 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 пополнения 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, практически все культурные растения). 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, присущих 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 диссимилиации 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** ( $\text{г/м}^2$  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 мало-мощных 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 пашню. 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 биоса (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 (биоса) 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.



## 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 трофическими 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, в 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 мочевины и не действует на производные. Оптимум рН уреазы близок к 7,0, но может смещаться в зави-

симости 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 и 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 объектов 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).

**ЭПИЗООТИИ** – 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.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

ЗАДАНИЕ	КЛЮЧ ОТВЕТА
<p><b>1. Автоморфным типом ландшафта являются местообитания, расположенные на относительно:</b></p> <p>a) высоких геоморфологических уровнях; b) низких геоморфологических уровнях; c) ровных территориях</p>	a
<p><b>2. Зоны с обилием осадков характеризуются возникновением:</b></p> <p>a) влажных и дождевых лесов; b) степей; c) пустынь; d) полупустынь</p>	a
<p><b>3. Солончаковые луга возникли:</b></p> <p>a) на илистых почвах в результате обмеления; b) песчаных почвах; c) пойменных почвах; d) дерново-подзолистых почвах</p>	a
<p><b>4. Пшеница обыкновенная, овес, рожь произошли:</b></p> <p>a) из Юго-Западной Азии; b) Абиссинского нагорья; c) Боливийско-Перуанской области; d) Средиземноморского региона</p>	a
<p><b>5. Растения, возделываемые наиболее широко, имеющие период вегетации от нескольких недель до нескольких месяцев называются ... однолетние растения</b></p>	Яровые
<p><b>6. Растения, которые высевают осенью, урожай собирают в середине лета следующего года, называются ... однолетние растения</b></p>	Озимые
<p><b>7. Ядром или центром агрофитоценоза являются:</b></p> <p>a) сорные растения; b) культурные растения; c) лес; d) искусственные лесопосадки</p>	b

<p><b>8. Растения сплошного посева, образующие травостой, проективное покрытие которого составляет 100 %, относятся к группе ... растений</b></p>	<p>Сильно-эдификаторных</p>
<p><b>9. Растения сплошного и рядкового весеннего посева, высокорослые, с проективным покрытием 70–80 %, быстро развивающиеся после появления всходов, составляют группу ... растений</b></p>	<p>Средне-эдификаторных</p>
<p><b>10. Хлопчатник, кукуруза, гречиха и соя относятся к группе растений:</b>  а) сильноэдификаторных;  б) среднеэдификаторных;  с) слабоэдификаторных</p>	<p>б</p>
<p><b>11. Признаком видимых изменений у зерновых культур, связанных с недостатком азота являются:</b>  а) слабое кущение (при условии слабого увлажнения);  б) замедленный рост побегов;  с) бледно-зеленая окраска листьев;  д) новые листья короче предыдущих;  е) новые листья длиннее предыдущих;  ф) листья с голубым оттенком</p>	<p>а, б, с, д, е</p>
<p><b>12. При недостатке азота у картофеля наблюдаются следующие видимые изменения:</b>  а) сильный рост стеблей и листьев;  б) слабый рост стеблей и листьев;  с) листья крупные;  д) листья мелкие;  е) окраска листьев бледно-зеленая, переходит в желтую;  ф) облиственность сильная;  г) облиственность слабая</p>	<p>б, д, е, г</p>
<p><b>13. При недостатке азота у хлопчатника наблюдаются следующие видимые изменения:</b>  а) сильный рост;  б) слабый рост;  с) раннее пожелтение;  д) позднее позеленение;  е) опадение семядолей;  ф) ускоренное прохождение фаз развития;  г) пониженное плодообразование;  х) небольшой вес коробочек</p>	<p>б, с, е, ф, г</p>

<p><b>14. Визуальными признаками недостатка фосфора у картофеля являются:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) слабый рост ботвы;</li> <li>b) сильный рост ботвы;</li> <li>c) куст большой, боковое ветвление сильное;</li> <li>d) куст сжатый, боковое ветвление слабое;</li> <li>e) листья темно-зеленой окраски;</li> <li>f) листья голубоватой окраски;</li> <li>g) цветение задерживается</li> </ul>	<p>a, d, e, g</p>
<p><b>15. Визуальными признаками недостатка фосфора у капусты являются:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) сильный нестандартный рост;</li> <li>b) карликовый рост;</li> <li>c) листья блестящие;</li> <li>d) листья тусклые;</li> <li>e) листья темно-зеленые с пурпурным оттенком;</li> <li>f) листья темно-зеленые с голубоватым оттенком</li> </ul>	<p>b, d, e</p>
<p><b>16. Признаками визуальных изменений у томатов являются следующие:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) семядоли направлены кверху под острым углом;</li> <li>b) цвет листьев и стеблей синевато-зеленый с фиолетовым оттенком;</li> <li>c) цвет листьев и стеблей синевато-зеленый с пурпурным оттенком;</li> <li>d) стебли толстые;</li> <li>e) стебли тонкие;</li> <li>f) плоды завязываются поздно;</li> <li>g) плоды завязываются рано</li> </ul>	<p>a, b, c, e, f</p>
<p><b>17. Наиболее чувствительными к недостатку фосфора в почве являются следующие культуры:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) томаты;</li> <li>b) капуста;</li> <li>c) лен;</li> <li>d) хлопчатник;</li> <li>e) сахарная и кормовая свекла;</li> <li>f) картофель;</li> <li>g) зерновые</li> </ul>	<p>a</p>



<p><b>18. Недостаток калия наиболее часто наблюдается в следующих почвах:</b></p> <p>a) торфянистых пойменных;  b) песчаных;  c) супесчаных;  d) дерново-подзолистых;  e) черноземах</p>	<p>a, b, c</p>
<p><b>19. Признаками визуальных изменений у картофеля при недостатке калия являются следующие изменения:</b></p> <p>a) низкорослость;  b) высокий рост;  c) куст раскидистый;  d) междоузлия в верхней части укороченные;  e) листья тусклые;  f) листья морщинистые;  g) листья гладкие</p>	<p>a, c, d, e, f</p>
<p><b>20. Визуальными признаками недостатка калия у сахарной и комовой свеклы являются следующие:</b></p> <p>a) побледнение краев листьев;  b) побурение краев листьев;  c) листья гладкие;  d) листья морщинистые;  e) подсыхание черешков</p>	<p>a, b, d, e</p>
<p><b>21. Сорные растения подразделяются на следующие группы:</b></p> <p>a) антропохоры;  b) апофиты;  c) семиагрофиты;  d) перифиты;  e) олигоартрофиты</p>	<p>a, b, c</p>
<p><b>22. Прimitивной системой земледелия являются следующие виды:</b></p> <p>a) подсечно-огневая;  b) агроландшафтная;  c) альтернативная;  d) залежная;  e) переложная;  f) лесопольная</p>	<p>a, d, e, f</p>

<p><b>23. Современными системами земледелия в настоящее время являются следующие:</b></p> <p>a) почвозащитные;  b) агроландшафтные;  c) альтернативные;  d) систематические;  e) пубертатные</p>	<p>a, b, c</p>
<p><b>24. Задачами альтернативного (биологического) земледелия:</b></p> <p>a) сохранение и повышение плодородия почвы;  b) деградация почвы;  c) защита окружающей природной среды;  d) снижение темпов круговорота веществ;  e) активизация круговоротов веществ;  f) экономия ресурсов невозобновимой энергии</p>	<p>a, c, e, f</p>
<p><b>25. Промышленное разведение отдельных видов дождевых червей называется ....</b></p>	<p>Вермикультивирование</p>
<p><b>26. Компостные черви в органическом субстрате называются ....</b></p>	<p>Вермикультура</p>
<p><b>27. Почвенные черви в зависимости от места обитания подразделяются на следующие группы:</b></p> <p>a) подстилочные;  b) почвенно-подстилочные;  c) третьякорники;  d) короеды;  e) листоеды</p>	<p>a, b, c</p>
<p><b>28. Для культивирования червей непригодны следующие виды почв:</b></p> <p>a) песчаные;  b) глинистые;  c) кислые;  d) засоленные;  e) гумифицированные</p>	<p>a, b, c, d</p>
<p><b>29. Оптимальная температура для питания почвенных червей, °С:</b></p> <p>a) 20–25;  b) 5–10;  c) 15–18;  d) более 40</p>	<p>a</p>

<p><b>30. Оптимальной реакцией среды для культивирования почвенных червей является:</b></p> <p>a) слабокислая; b) нейтральная; c) сильноокислая; d) сильнощелочная</p>	<p>a, b</p>
<p><b>31. Гибель дождевых червей в природных условиях может происходить по следующим причинам:</b></p> <p>a) чрезмерная химизация почв; b) сильный ветер; c) закисление почвы; d) засоление почвы; e) внесение избыточных доз минеральных удобрений; f) слабый ветер</p>	<p>a, b, c, d, e</p>
<p><b>32. Комковатое микрогранулярное вещество коричнево-сероватого цвета с запахом земли называется ....</b></p>	<p>Биогумус</p>
<p><b>33. Биогумус в зависимости от размера гранул подразделяют на следующие виды:</b></p> <p>a) модер; b) муль; c) мор; d) копер; e) сотер</p>	<p>a, b, c</p>
<p><b>34. Биогумус не должен содержать следующие вещества:</b></p> <p>a) гуминовые кислоты; b) фульвокислоты; c) полимеры; d) камни; e) стекло; f) растения, способные размножаться</p>	<p>c, d, e, f</p>
<p><b>35. По «отзывчивости» на внесение биогумуса растения подразделяются на следующие группы:</b></p> <p>a) высокоотзывчивые; b) хорошо отзывчивые; c) среднеотзывчивые; d) слабоотзывчивые; e) неотзывчивые</p>	<p>a, b, c, d</p>

<p><b>36. Среднеотзывчивыми культурами на внесение биогумуса являются:</b></p> <p>a) горох;  b) соя;  c) нут;  d) донник;  e) люцерна;  f) рожь;  g) ячмень</p>	<p>a, b, c, d, e</p>
<p><b>37. Слабоотзывчивыми культурами на внесение биогумуса являются:</b></p> <p>a) рапс;  b) горчица;  c) сорго;  d) просо;  e) рис;  f) подсолнечник</p>	<p>a, b, f</p>
<p><b>38. Основными агроэкологическими свойствами биогумуса являются:</b></p> <p>a) превосходство традиционных органических удобрений по действию на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур;  b) высокая доступность элементов питания;  c) низкая доступность элементов питания;  d) оптимальная реакция среды;  e) кислая реакция среды;  f) значительное количество полезной микрофлоры;  g) отсутствие почвенных ферментов</p>	<p>a, b, d, f</p>
<p><b>39. Высокоотзывчивыми культурами на внесение биогумуса являются:</b></p> <p>a) морковь;  b) свекла;  c) картофель;  d) эспарцет;  e) кукуруза;  f) кориандр</p>	<p>a, b, c</p>
<p><b>40. Ферменты, ускоряющие реакцию расщепления сложных органических соединений с участием воды, называются ....</b></p>	<p>Гидролазы</p>

<p><b>41. Ферменты, катализирующие разнообразные реакции биологического окисления и восстановления, называются ....</b></p>	<p>Оксидоредуктазы</p>
<p><b>42. Гидролитическими ферментами являются следующие подгруппы:</b>  а) протеаза;  б) дегидрогеназа;  в) глюкозидаза;  г) каталаза</p>	<p>а, в</p>
<p><b>43. Активность каталазы в почве варьирует от 3–10 см на грамм почвы, согласно степени обогащенности по Д.Г. Звягинцеву почва является:</b>  а) очень бедная;  б) бедная;  в) средняя;  г) богатая;  д) очень богатая.</p>	<p>в</p>
<p><b>44. Содержание уреазы в почве составило 10 мг аммонийного азота на 10 грамм почвы за 24 часа, следовательно, почва по обогащенности является:</b>  а) очень бедной;  б) бедной;  в) средней;  г) богатой;  д) очень богатой</p>	<p>б, в</p>
<p><b>45. Фермент, при участии которого осуществляется разложение перекиси водорода, называется ....</b></p>	<p>Каталаза</p>
<p><b>46. Фермент, катализирующий распад фенольных соединений до хинонов и воды при участии кислорода, называется ....</b></p>	<p>Пероксидаза</p>
<p><b>47. Субстратом полифенолоксидазы для химических превращений в лабораторных условиях является:</b>  а) перекись водорода;  б) пирогаллол;  в) мочевины;  г) желатин</p>	<p>б</p>
<p><b>48. Определение активности ... основано на учете восстанавливающих сахаров, образующихся при расщеплении сахарозы</b></p>	<p>Инвертазы</p>

<b>49. Распад мочевины на аммиак и углекислоту катализирует фермент ....</b>	Уреаза
<b>50. Фермент, катализирующий расщепление пептидной связи, называется ....</b>	Протеаза
<b>51. Земледельческое (полевое) землепользование – формирование следующих типов агроэкосистем:</b> а) богарных орошаемых; б) плантационных; в) пастбищных; г) смешанных; д) агропромышленных	а
<b>52. Природный комплекс, преобразованный сельскохозяйственной деятельностью, называется ....</b>	Сельскохозяйственной экосистемой
<b>53. Территории, подлежащие ежегодной перепашке, требующие внесения удобрений, регулярного формирования искусственных фитоценозов, относятся к сельскохозяйственным образованиям ... типа</b>	Полевого
<b>54. Глобальная экосистема, объединяющая всю территорию Земли, преобразованную сельскохозяйственной деятельностью человека, называется ....</b>	Агросфера
<b>55. Экосистема, сформировавшаяся в результате сельскохозяйственного преобразования ландшафта (степного, таежного и других) называется ... ландшафт</b>	Аграрный
<b>56. Поле, сад, бахча, теплица, оранжерея называются ....</b>	Агробιοгеоценоз
<b>57. Природное или культурное пастбище, используемое для выпаса сельскохозяйственных животных, – это ... биогеоценоз</b>	Пастбищный
<b>58. Конюшня, коровник, свинарник, кошара, птичник, животноводческий комплекс, зоопарк, виварий – это ... биогеоценоз</b>	Ферменный
<b>59. Биокосная система, компонентами которой являются люди или человеческие поселения, окружающая человека живая и неживая природа, – это ....</b>	Антропогеоценоз

<p><b>60. Выделяют следующие типы агроэкосистем:</b></p> <p>a) природоохранный;  b) природоулучшающий;  c) природоёмкий;  d) природокомплексный;  e) примитивный</p>	<p>a, b, c</p>
<p><b>61. Агроэкосистемы, характеризующиеся неполным воспроизводством естественного плодородия, приводящим к падению его уровня, называются ....</b></p>	<p>Природоёмкими</p>
<p><b>62. Определите соответствие между основными признаками природных экосистем от агроэкосистем:</b></p> <p>1. Биотическое сообщество разнообразное      А. Природная экосистема  2. Генетика, возраст, состояние отдельных индивидуумов постоянны      Б. Агроэкосистемы  3. Скорость инфильтрации высокая      В. Природная экосистема  4. Небольшая потеря влаги      Г. Агроэкосистема</p>	<p>1-А  2-Б  3-В  4-Г</p>
<p><b>63. Определите наиболее подходящие параметры состояния природных экосистем:</b></p> <p>a) высокие газообразные потери азота;  b) цикл круговорота биогенных элементов закрытый;  c) высокие потери влаги;  d) растения имеют более разнообразную корневую систему;  e) в небольших количествах содержатся органические коллоиды</p>	<p>b, d</p>
<p><b>64. Агроэкосистемы, занимающие в странах Азии, Африки, Южной Америки значительные площади пахотных земель, называются ....</b></p>	<p>Доиндустриальные</p>
<p><b>65. Учебно-опытный экологический сад-огород с точки зрения целесообразности подразделяется:</b></p> <p>a) на культурбиогеоценоз;  b) агробиогеоценоз;  c) травяной агробиогеоценоз;  d) почвенный ценоз</p>	<p>a, b, c</p>

<b>66. Участок, на котором расположены ульи с медоносными пчелами, называется ....</b>	Пасека
<b>67. Природный комплекс, преобразованный человеком для посева или посадки, выращивания культурных, иногда диких, травянистых растений, называется ....</b>	Агробиогеоценоз
<b>68. Основными отличиями агробиогеоценоза от природного биогеоценоза является:</b> а) изменение неживой природы; б) изменение фитоценоза; с) стабильность зооценоза; д) стабильность микробоценоза	a, b
<b>69. Центральным звеном агробиогеоценоза является:</b> а) фитоценоз; б) зооценоз; с) микробоценоз; д) микоценоз	a
<b>70. Паразиты паразитических организмов – это ....</b>	Бактериофаги
<b>71. Оптимизация процессов, протекающих в организме растений, состоит в проведении комплекса мероприятий по совершенствованию следующих параметров:</b> а) анатомо-морфологических; б) физиологических; с) перистальтических; д) биохимических; е) формируемых	a, b, d
<b>72. Один из эффективных методов повышения урожайности сельскохозяйственных культур является создание ... популяций, за счет посева смеси сортов культурных растений одного вида</b>	Гетерогенных
<b>73. Оценивая растения на популяционном уровне, обращают внимание на следующие показатели:</b> а) запас жизнеспособных семян в почве; б) размер популяции; с) численность популяции; д) выживаемость; е) смертность; ф) содержание белка в растениях	a, b, c, d, e, f



<b>74. При улучшении условий внутривидовая конкуренция не ослабевает, а усиливается – эффект ....</b>	Сукачева
<b>75. Группа домашних животных обычно одного вида, породы, пола, близкого возраста – это ....</b>	Стадо
<b>76. Экологическая ... стада – эта та функция, которую оно выполняет в биогеоценозе</b>	Ниша
<b>77. Главными видами влияния стада на пастбище является:</b> а) стравливание пастбищной растительности; б) вытаптывание; в) выделение экскрементов; г) улучшение состояния почвы; д) увеличение видового разнообразия растительности пастбища	а, б, в
<b>78. Формирование луговых биогеоценозов происходит при следующих условиях:</b> а) при длительном ежегодном затоплении водой с последующим обсыханием поверхности почвы; б) в условиях влажного холодного климата высокогорий; в) в условиях прибрежий материков в субарктических регионах; г) в условиях периодического воздействия морской воды; д) в условиях прибрежий материков в тропических регионах	а, б, в, г
<b>79. Составными частями экотопа являются:</b> а) почва; б) воздушная среда; в) водная среда	а, б
<b>80. Верхний слой почвы, интенсивно пронизанный корнями растений, называется ....</b>	Дернина
<b>81. Наземные органы травянистых растений образуют особый биогеоценотический горизонт – ....</b>	Травостой
<b>82. Сеяные луга и пастбища подвергаются преобразованию (сукцессии) через следующее количество стадий:</b> а) две; б) три; в) пять; г) четыре	б

<p><b>83. Определите последовательность возникающих изменений согласно стадиям сукцессии сеяных лугов и пастбищ:</b></p> <p>a) доминирование высеянных семян;  b) преобладание местных видов растений;  c) активизация банка семян сорных растений в результате ее агротехнической обработки</p>	<p>с, а, b</p>
<p><b>84. Фауна сельскохозяйственных угодий подразделяется на следующие группы:</b></p> <p>a) почвенная;  b) поверхности почвы;  c) травостоя;  d) воздушная</p>	<p>а, b, с</p>
<p><b>85. Определите последовательность изменения круговорота веществ и энергии в пастбищном биогеоценозе:</b></p> <p>a) травостой;  b)микробоценоз;  c) животные</p>	<p>а, с, b</p>
<p><b>86. По характеру жизненной стратегии, адаптивным свойствам и степени влияния на фитоценоз растения лугов и пастбищ по Т.А. Работнову подразделяются:</b></p> <p>a) на доминанты;  b) аддиторы;  c) ассектаторы;  d) локализаторы;  e) примитивы</p>	<p>а, b, с</p>
<p><b>87. Многолетние растения, способные в благоприятных для них условиях создавать устойчивые монодоминантные сообщества, называются ....</b></p>	<p>Виоленты</p>
<p><b>88. Виды, у которых пациентные свойства выражены в меньшей степени, чем у пациентов, называются ....</b></p>	<p>Суб-пациенты</p>

<p><b>89. Растения, имеющие такой жизненный цикл, который позволяет им доминировать в травостое периодически в течение короткого срока, называются ....</b></p>	<p>Ценофлуктуенты</p>
<p><b>90. Многолетние растения, обладающие резко выраженными свойствами приспособления и выживания, называются ....</b></p>	<p>Пациенты</p>
<p><b>91. Виды, способные устойчиво сохранять свое положение в фитоценозе, не принимая большого участия в его организации, называются автотрофные многолетние ....</b></p>	<p>Аддиторы</p>
<p><b>92. Чрезвычайно высокое давление копыт большого количества животных приводит к следующему:</b>  а) к уплотнению почвы;  б) увеличивается количество анаэробных бактерий;  в) увеличивается количество аэробных бактерий;  г) подавляется жизнедеятельность дождевых червей;  д) активизируется жизнедеятельность дождевых червей</p>	<p>a, b, d</p>
<p><b>93. Природно-техническая система, состоящая из сельскохозяйственных (домашних) животных и среды их обитания в форме скотного двора, фермы или промышленного комплекса, называется, ... биогеоценоз</b></p>	<p>Ферменный</p>
<p><b>94. При привязанном способе содержания животных условия их существования определяются:</b>  а) человеком;  б) самостоятельно;  в) климатом</p>	<p>a</p>
<p><b>95. Доминантами-эдификаторами ферменных биогеоценозов являются:</b>  а) домашние животные;  б) сельскохозяйственные животные;  в) растения;  г) микроорганизмы</p>	<p>a, b</p>

<p><b>96. Признаки хронического отравления возникают у животных при вдыхании воздуха, содержащего:</b></p> <p>а) свыше 1 % углекислого газа;  б) меньше 1 % углекислого газа;  в) без углекислого газа</p>	<p>a</p>
<p><b>97. Основными негативными факторами содержания животных в животноводческих комплексах являются:</b></p> <p>а) шум;  б) выделение вредных газов;  в) электромагнитные поля;  г) питание;  д) свет</p>	<p>a, b, c</p>
<p><b>98. При беспривязном содержании скота в коровниках оптимальной считается температура, °С:</b></p> <p>а) 3–5;  б) 6–8;  в) выше 10;  г) меньше 2</p>	<p>a</p>
<p><b>99. Содержание аммиака в животноводческих помещениях не должна превышать, мг/л:</b></p> <p>а) 0,02;  б) 0,01;  в) 0,005;  г) 0,03</p>	<p>a</p>
<p><b>100. Важнейшая глобальная функция почвы – это накопление ... вещества</b></p>	<p>Органического</p>
<p><b>101. Основу почвенно-биотического комплекса составляют:</b></p> <p>а) растения;  б) животные;  в) микроорганизмы</p>	<p>с</p>
<p><b>102. Основу удаления токсичных продуктов обмена составляет ... тип отношений</b></p>	<p>синтрофный</p>
<p><b>103. Микроорганизмы, потребляющие кислород называются:</b></p> <p>а) автотрофы;  б) гетеротрофы;  в) аэробы;  г) анаэробы</p>	<p>с</p>

<p><b>104. Основные группы почвенного микронаселения:</b>  a) водоросли;  b) растения;  c) животные;  d) бактерии;  e) грибы;  f) актиномицеты</p>	<p>a, d, e, f</p>
<p><b>105. Определите соответствие между понятиями:</b>  1. Раздел экологии, исследующий аутэкологию сельскохозяйственных растений и животных и культурценоэкосистемы, в том числе плантации и сады  2. Одно из направлений радиобиологии в виде радиационно биологической технологии</p>	<p>А. Сельскохозяйственная радиобиология  Б. Сельскохозяйственная экология</p> <p>1-Б  2-А</p>
<p><b>106. Азотфиксирующие микроорганизмы подразделяются на следующие группы:</b>  a) симбиотические;  b) несимбиотические;  c) факториальные;  d) микроскопические</p>	<p>a, b</p>
<p><b>107. Производство экологически безопасной сельскохозяйственной продукции способствует ... сельскохозяйственной деятельности</b></p>	<p>Экологизации</p>
<p><b>108. Основными видами загрязнений сельскохозяйственной продукции являются:</b>  a) пестициды;  b) тяжелые металлы;  c) патогенные микроорганизмы;  d) вода</p>	<p>a, b, c</p>

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. Биogeоценозы, как элементарная структурная единица биосферы. Природные биogeоценозы и сельскохозяйственные экосистемы.
2. Природно-ресурсный потенциал сельскохозяйственного производства. Ресурсные циклы, кадастры.
3. Экологические проблемы химизации. Экологические аспекты известкования.
4. Животное население как компонент агробиоценоза. Организация пастбищного содержания животных.
5. Агроэкологический мониторинг. Особенности проведения агроэкологического мониторинга на мелиоративных землях.
6. Природоохранная деятельность в сельском хозяйстве.
7. Изменение аграрных ландшафтов под влиянием агробиогеоценозов.
8. Экологическая роль межбиogeоценозных связей. Изменение аграрных ландшафтов под влиянием ферменных биogeоценозов.
9. Почвенно-биотический комплекс (ПБК) как целостная материально-энергетическая подсистема биogeоценозов. Ограниченность экологических функций почвы. Понятие об «утомляемости» почв.
10. Пастбищное кормление животных. Экологическая регуляция и оптимизация пастбищных биogeоценозов.
11. Агростель – нетрадиционный метод восстановления деградированных степных пастбищ.
12. Методы утилизации отходов животноводческих комплексов.
13. Альтернативные системы земледелия.
14. Природоохранное значение безотходных и малоотходных технологий.
15. Основные виды экотоксикантов, содержащиеся в пищевых продуктах; источники загрязнения, формы нахождения в сельскохозяйственной продукции и почве.
16. Агроэкологический мониторинг. Роль агроэкологического мониторинга в совершенствовании управления и организации функционирования агроэкосистем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сельское хозяйство является одним из самых активных природопользователей, негативное влияние которого на окружающую среду вместе с промышленностью, добычей полезных ископаемых и другими производствами постоянно растет. Следствием этого является деградация сельскохозяйственных угодий, проявляющаяся в росте площадей загрязненных земель, снижении содержания почвенного гумуса, ухудшении общей экологической обстановки, что оказывает негативное воздействие и на земледелие, и на здоровье человека и его жизнедеятельность в целом.

Интенсификация растениеводства и животноводства сопровождается увеличением расхода дополнительной энергии, которую используют при обработке почвы, посеве сельскохозяйственных культур, уборке урожая, строительстве животноводческих ферм и комплексов, производстве пестицидов, удобрений и др. – это способствует развитию различных негативных процессов, таких как: загрязнение окружающей среды, деградация почв, появление новых болезней растений, животных и людей.

Курс «Сельскохозяйственная экология» помогает раскрыть суть и оценить степень влияния сельского хозяйства на окружающую среду, дает возможность научиться определять изменения, возникающие в агроэкосистемах на фоне воздействий в рамках освоения лабораторного практикума, знакомит со структурой сельскохозяйственных экосистем и их типами. Биологизация производства в целом – одно из важнейших направлений в создании гибких саморегулирующихся производственных процессов будущего, которые гармонично вписываются в природу, не причиняя ей вреда. В настоящее время последствия антропогенной деятельности достигли такой грани, когда дальнейшая некоординируемая деятельность может привести к необратимым изменениям в биосфере в целом. Это может привести и к тому, что биосфера станет непригодной для обитания человека.

Данное учебное пособие дополнено разделами по агроэкологическому мониторингу; характеристике загрязнения окружающей среды, возникающего в результате сельскохозяйственной деятельности; способам оценки данных загрязнений; расширен раздел «Производство экологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Технологии утилизации отходов сельского хозяйства».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / под общ. ред. *А.Л. Иванова, В.И. Кирюшина*. – М.: Росинформагротех, 2005.
2. Агроэкология. Методология, технология, экономика / *В.А. Черников, И.Г. Грингоф, В.Т. Емцев* [и др.]. – М.: КолосС, 2004. – 400 с.
3. Агроэкология: учеб. пособие / *В.А. Черников, Р.М. Алексин, А.В. Голубев* [и др.]; под ред. *В.А. Черникова, А.И. Чекереса*. – М.: Колос, 2000. – 535 с.
4. *Александров, Ю.А.* Основы производства безопасной и экологически чистой животноводческой продукции: учеб. пособие / *Ю.А. Александров*; Марийск. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2008. – 277 с.
5. *Аринушкина, Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / *Е.В. Аринушкина*. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 478 с.
6. *Баранников, В.Д.* Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / *В.Д. Баранников, Н.К. Кириллов*. – М.: КолосС, 2006. – 352 с.
7. *Белюченко, И.С.* Сельскохозяйственная экология: учеб. пособие / *И.С. Белюченко, О.А. Мельник*. – Краснодар: Изд-во КГАУ, 2010. – 297 с.
8. *Гогмачадзе, Г.Д.* Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации / *Г.Д. Гогмачадзе*. – М.: Изд-во МГУ, 2010. – 512 с.
9. *Дабаева, М.Д.* Эколого-безопасная утилизация отходов: монография / *М.Д. Дабаева, И.И. Федоров, А.И. Куликов*; Бурят. гос. с.-х. академия. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2001. – 94 с.
10. *Динец, В.Л.* Домашние животные. Энциклопедия природы России / *В.Л. Динец, Е.В. Ротшильд*. – М.: АБФ, 1998. – 512 с.
11. *Емцев, В.Т.* Агроэкология. Основы экологической биотехнологии: учеб. пособие / *В.Т. Емцев*. – М., 2001. – 75 с.
12. *Ильин С.Н.* Ресурсосберегающая технология переработки свиного навоза с получением биогаза: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / *С.Н. Ильин*. – Улан-Удэ, 2005. – 23 с.
13. *Кривых, Л.И.* Утилизация отходов с животноводческих комплексов и ферм: практ. руководство / *Л.И. Кривых*. – Барнаул, 2005. – 40 с.



14. *Марков, М.В.* Агрофитоценология / *М.В. Марков.* – Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 1972. – 226 с.
15. *Патова, Е.Н.* Экологический мониторинг: учеб. пособие / *Е.Н. Патова, Е.Г. Кузнецова;* Сыктывкар. лесн. ин-т. – Сыктывкар: Изд-во СЛИ, 2013. – 52 с.
16. *Перфильев, С.Е.* Агрорландшафтное районирование юга Центральной Сибири в космическом агропромышленном мониторинге / *С.Е. Перфильев* // *Аграрная Россия.* – 2010. – № 1. – С. 10–18.
17. *Перфильев, С.Е.* Методика агроэкологической оценки земель агрорландшафтов Балахтинской впадины юга Центральной Сибири / *С.Е. Перфильев, А.И. Жиров* // *Вестн. Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология, география.* – 2010. – Вып. 3. – С. 126–131.
18. Проблемы сельскохозяйственной экологии / под общ. ред. *А.Г. Незавитина.* – Новосибирск: Наука, 2000. – 254 с.
19. *Протасов, В.Ф.* Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учеб.-справ. пособие / *В.Ф. Протасов.* – 2-е изд. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 672 с.
20. Сельскохозяйственная экология / *Н.А. Уразаев, А.А. Вакулин, А.В. Никитин* [и др.]. – М.: Колос, 2000. – 304 с.
21. Сельскохозяйственная экология: учеб.-метод. комплекс. – Горно-Алтайск: Изд-во ГАГУ, 2010. – 22 с.
22. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.
23. 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.
24. *Спиркина, Г.Д.* Агроэкология. Окружающая среда и здоровье человека / *Г.Д. Спиркина.* – М., 2000. – 159 с.
25. *Тишлер, В.* Сельскохозяйственная экология / *В. Тишлер.* – М.: Колос, 1971. – 456 с.
26. Шапиро, Я.С. Агроэкосистемы: учеб. пособие / Я.С. Шапиро. – СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2005. – 264 с.
27. *Шишкина, А.А.* Культурный ландшафт: основные концепции / *А.А. Шишкина* // *Вестн. Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. Сер. Социальные науки.* – 2011. – № 1 (21). – С. 151–157.

# СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

*Учебное пособие*

ДЕМИДЕНКО Галина Александровна  
ФОМИНА Наталья Валентиновна

*Редактор*  
О.Ю. Потапова

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 22.05.2019. Формат 60×84/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 20,75. Тираж 50 экз. Заказ № 86

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117