

Введение

В настоящее время существенно усилилось влияние человека на биосферу и изменилась направленность этого воздействия. Природные системы находятся в нарушенном состоянии, необходимо проведение всестороннего анализа и оценки взаимодействия человека с окружающей средой обитания для достижения безопасности жизнедеятельности.

Оптимизацию функционирования агроэкосистем с целью повышения их продуктивности и устойчивости, обеспечение производства качественной биологической продукцией, максимальное использование природного биоэнергетического потенциала агроэкосистем, исключение и минимизация негативного воздействия на окружающую природную среду – все эти проблемы изучает сельскохозяйственная экология.

Цель преподавания учебной дисциплины – формирование мировоззрения и воспитание экологически мыслящей личности, получение фундаментальных знаний и практических навыков в области сельскохозяйственной экологии, подготовка специалистов, способных к грамотному соединению достижений научно-технического прогресса с принципами природосообразности при организации и осуществлении различных видов производственной деятельности в сфере агропромышленного комплекса.

1. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

1.1 Сельскохозяйственное производство как важнейшая отрасль по воспроизводству и использованию природных ресурсов

Ухудшение экологической ситуации в Республике Беларусь в значительной мере связано с влиянием сельскохозяйственной деятельности на природную среду.

Воздействие сельского хозяйства на окружающую среду значительно и многообразно. Экологизация сельскохозяйственного производства – объективно обусловленная необходимость целенаправленного перехода от сугубо технократической политики к грамотному соединению достижений научно-технического прогресса с принципами сохранения природной среды при организации и осуществлении различных видов производственной деятельности в сфере агропромышленного комплекса.

При одностороннем техногенном подходе к интенсификации сельскохозяйственного производства окружающая среда, как правило, загрязняется токсическими веществами, резко возрастают ветровая и водная эрозии почв, значительно уменьшается видовое разнообразие полезной фауны и флоры, увеличивается опасность массового поражения агроценоза болезнями и вредителями, возникает реальная опасность для здоровья человека и деградации природной среды. Поскольку преимущество в сельском хозяйстве отдается более однотипным агроэкосистемам, снижается их способность к поддержанию экологического равновесия за счет механизмов саморегуляции. Вследствие этого возрастает не только экологическая и генетическая уязвимость посевов сельскохозяйственных культур, но и необходимость применения во все больших масштабах средств химической защиты растений, что неизбежно усиливает процесс разрушения механизмов самовосстановления природных ландшафтов.

С учетом того, что площадь агроэкосистем в мире занимает уже свыше 10% суши, односторонний техногенный подход к интенсификации растениеводства сопряжен с опасностью глобального нарушения экологического равновесия биосферы. Не случайно тенденция перехода к экологически обоснованному сельскохозяйственному производству – все более гармоничному взаимоотношению природы и общества – доминирует сегодня практически во всех сферах производственной деятельности человека.

1.2 Приоритеты современного сельского хозяйства

По мере развития сельскохозяйственных экосистем, совершенствования орудий труда, внедрения высокоурожайных культур и сортов, требующих большого количества питательных веществ, стали резко нарушаться природные процессы.

К основным проблемам современного сельского хозяйства можно отнести:

- снижение экологической устойчивости агроэкосистем;
- возрастание энергетических затрат на производство единицы сельскохозяйственной продукции;
- загрязнение окружающей среды и сельскохозяйственной продукции и др.

Для решения накопившихся в сельском хозяйстве проблемам необходимо выполнение следующих приоритетных задач:

1. Повышение продуктивности и устойчивости агроэкосистем.

Можно выделить основные направления решения этой задачи:

- расширение набора возделываемых растений;

- оптимизация размещения культур и сортов в регионе в соответствии с их биологическими особенностями, отношением к климату, почвенным условиям;

- широкое использование поликультур (одновременное возделывание на одном поле двух или более культур);

- применение набора сортов одной культуры для обеспечения стабилизации урожая и более рационального использования техники и трудовых ресурсов при уборке;

- создание новых сортов и гибридов растений, в том числе и методами генетической и клеточной инженерии, сочетающих продуктивность и устойчивость к стрессам.

2. Повышение энерго- и ресурсоэффективности растениеводства, в результате следующих мероприятий:

- применение севооборотов, в том числе эколого-контурных, позволяющих подбирать чередование культур для конкретных производственных участков с учетом типа почвы, рельефа местности и т.д.

- экономия энергозатрат при обработке почвы (минимализация обработки, применение комбинированных машин, оптимизация состава машинно-тракторного парка), проведение противоэрозионных мероприятий;

3. Внедрение природоохранных технологий:

- экологизация защиты растений, применение биологических средств, интегрированная защита растений;

- рациональное использование удобрений, локальный способ внесения, использование капсулированных и медленнодействующих удобрений, внесение микробиологических препаратов для оптимизации минерального питания растений и др.

- рациональное использование поливной воды при орошении, капельное орошение, применение систем двустороннего регулирования влаги в почве.

4. Получение продукции высокого и экологически безопасного качества. Основными путями решения этой проблемы являются следующие:

- зонирование территории по степени загрязнения окружающей среды;

- подбор культур и сортов по способности к накоплению поллютантов;

- совершенствование технологии возделывания, уборки, хранения и переработки продукции, обеспечивающей снижение накопления поллютантов;

- контроль за качеством продукции.

Рассмотренные проблемы призвана решать сельскохозяйственная экология.

1.3 Сельскохозяйственная экология как научная дисциплина

Термин «сельскохозяйственная экология» по-разному трактуется в научных изданиях. Так, в словаре-справочнике «Природопользование» (1990 г.) агроэкология – это научная дисциплина об агроценозах, рассматривающая в качестве центрального объекта вид или сорт, ради которого создается агроценоз.

В толковом терминологическом словаре «Экология и окружающая среда» (1998 г.) сельскохозяйственной экологией называется раздел прикладной экологии, изучающий влияние абиотических и биотических факторов среды на динамику сообществ организмов, обитающих на сельскохозяйственных угодьях, изучающий влияние агробиоценозов на жизнедеятельность культурных растений.

Однако существует более точное определение:

Сельскохозяйственная экология – это наука об оптимальном функционировании агроэкосистем с целью повышения их устойчивости, получения высококачественной и экологически безопасной продукции, ресурсоэффективности, энергоэффективности и природоохранности технологий.

Агроэкология – 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 специфике круговорота в них веществ, перенос энергии, характер функционирования агроэкосистем в условиях техногенных нагрузок.

Целями агроэкологии являются:

- 1) обеспечение устойчивого производства качественной биологической продукции;
- 2) максимальное использование природного биоэнергетического потенциала агроэкосистем;
- 3) сохранение и воспроизводство природно-ресурсной базы аграрного сектора;
- 4) исключение и минимизация негативного воздействия на окружающую среду.

Практическое значение экологии состоит в решении вопросов природопользования. Экология должна создавать научную основу разумной эксплуатации природных ресурсов.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные проблемы современного сельского хозяйства.

2. Перечислите приоритетные задачи для решения экологических проблем в агросфере.
3. Дайте определение сельскохозяйственной экологии.
4. Раскройте основные цели сельскохозяйственной экологии.

2. ПОНЯТИЯ АГРОЭКОЛОГИИ

2.1 Основные понятия агроэкологии

Сельскохозяйственная экология пользуется рядом терминов, главными среди которых являются агроэкосистема, агросфера, агроландшафт, агробиогеоценоз.

Наиболее широкое понятие агроэкологии – *агроэкосистема*, то есть природный комплекс, преобразованный сельскохозяйственной деятельностью человека. Агроэкосистемой наивысшего уровня считается *агросфера* – поверхность суши, вовлеченная в сельскохозяйственное производство.

Агроландшафт – антропогенный ландшафт, искусственно сформированный человеком, естественная растительность которого на подавляющей части территории заменена агробиоценозами.

Агробиогеоценоз – созданное и регулярно поддерживаемое человеком однородное сообщество, обладающее малой экологической надежностью, но высокой продуктивностью одного или нескольких видов растений или животных. К разновидностям агробиогеоценоза относятся поля культурных растений, сады, виноградники, ягодники, луга, пастбища, зарыбленные пруды, животноводческие фермы, пасеки, теплицы.

Преобладающая разновидность агроэкосистем – искусственные фитоценозы:

- окультуренные (плановмерно 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).

2.2 Особенности агроэкосистем и агробиоценозов, их отличия от естественных экосистем

Агробиогеоценозы качественно отличаются от естественных биогеоценозов. Физико-химические процессы, происходящие в агроэкосистемах, как известно, существенно отличаются от таковых в естественных экосистемах вследствие привнесения элементов антропогенного регулирования.

Принципиальное отличие даже упрощенных агроэкосистем от естественных заключается в преимущественном выносе с урожаем питательных веществ, аккумулируемых в выращенной продукции. Это явный отличительный признак агроэкосистем, но он не единственный.

Основные отличительные признаки агроэкосистем от естественных представлены в таблице 1.

Агробиогеоценозы качественно отличаются от естественных биогеоценозов.

Отличия естественных экосистем и агробиогеоценозов

Отличительные признаки	Тип биогеоценоза	
	Естественные	Агробиогеоценозы
Результат действия	Эволюции	Вмешательства человека в природные биоценозы
Направление отбора	Естественный отбор	Искусственный отбор
Степень устойчивости	Высокая устойчивость к стрессам	Низкая устойчивость к стрессам
Уровень биоразнообразия	Сохранение высокого уровня естественного разнообразия	Как правило, моноценоз (культивирование основного вида)
Источники энергии	Природные (главным образом солнечная энергия)	Природные и антропогенные (энергия сжигания топлива, электричества и др.)
Тип развития элементов	Асинхронность, непрерывное развитие	Синхронность (одновременность посева, агромероприятий, уборки и т.д.)
Условия среды	Естественные	Измененные (искусственная почва, полив и др.)
Срок существования	Длительный	Один или несколько вегетационных периодов
Баланс органического вещества	Скомпенсированный (приход близок к расходу)	Отрицательный (расход превышает приход в результате изъятия урожая)
Степень загрязнения поллютантами	Как правило, низкая	Повышенная в результате внесения удобрений, пестицидов, регуляторов роста
Тип регуляции	Саморегуляция	Невозможность существования без регуляции человеком

Почвенное плодородие, определяемое в основном запасами гумуса, является не только главной экономической и экологической характеристикой агроэкосистемы. Уменьшение содержания гумуса ухудшает условия развития полезной микрофлоры, в том числе и «почвоочистительной», приводит к утрате запасов внутрипочвенной энергии, элементов минерального питания, к усилению процессов смыва и вымывания, т. е. обуславливает деградацию базиса.

Некоторые процессы в агроэкосистемах происходят не так, как в природных системах.

Так, 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, не только снижает

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

2.3 Типы агробиоценозов

Процессами производства пищевых ресурсов на основе использования почвенно-климатического потенциала охвачены огромные площади планеты (1/3 часть), представленные разномасштабными (от парцелл до крупных возделываемых массивов) агроэкосистемами. Значительное разнообразие их по размерам, целевому назначению, используемым технологическим системам пока что ограничивает возможность разработки универсальной схемы типизации этих образований.

Отсутствие общепринятой классификации агроэкосистем восполняется в известной мере типизацией структур земледелия. Согласно этой типизации, выделено пять видов землепользования, по каждому из которых классифицированы агроэкосистемы:

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).

В зависимости от количества энергии, затрачиваемой на управление агроэкосистемами, различают три их типа:

1) *интенсивная агроэкосистема* – высокие вложения энергии: монокультура при внесении высоких доз удобрений и поливе, крупные скотооткормочные комплексы с использованием кормов, производимых на пашне. Такие аг-

роэко системы в наибольшей мере оказывают негативное влияние на окружающую среду: происходит разрушение почв, уничтожается ресурсное биоразнообразие, на скотооткормочных комплексах концентрируется большая масса навоза, который не вносится на поля;

2) *эстенсивная агроэко система* – низкие вложения энергии: биологическое земледелие без использования минеральных удобрений и пестицидов, круглогодичное пастбищное хозяйство (в условиях сухих степей, пустынь или тундр);

3) *компромиссная агроэко система* – умеренные вложения энергии: экологически обоснованное использование минеральных удобрений и гербицидов, сухое земледелие, откорм скота с использованием естественных кормовых угодий и кормов с пашни. Компромиссная стратегия управления агроэко системой наиболее целесообразна, так как позволяет сочетать достаточно высокий выход сельскохозяйственной продукции с сохранением условий среды и экономией энергии.

В процессе формирования, развития и эксплуатации агросистемных образований принципиально важно учитывать естественное плодородие почв и условия его воспроизводства.

Выделяют три базовых типа агроэко систем:

1. природоёмкий;
2. природоохранный;
3. природоулучшающий.

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

Для *природоохранного* типа агроэко систем характерны простое воспроизводство естественного плодородия и, как следствие, сохранение его уровня.

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

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

2.4 Структура и функции агробиеоценозов

Как и любой биогеоценоз, агробиеоценоз включают три обязательных компонента (растения-продуценты, животные – консументы, микроорганизмы – редуценты), взаимодействующих между собой и со средой обитания.

Организмы, составляющие агробиогеоценоз, в зависимости от типа питания подразделяются на два блока: *автотрофный* (накапливающий энергию в результате фотосинтеза) и *гетеротрофный* (потребляющий энергию автотрофного блока). К автотрофному блоку относятся культурные растения, сорняки и почвенные водоросли. К гетеротрофному блоку принадлежат животные и микроорганизмы.

Культурные растения представлены одним или несколькими видами. По типу развития растения полевых агрофитоценозов подразделяются на однолетние (яровые или озимые), двулетние, многолетние. Культурные растения в агрофитоценозе являются обычно доминирующими видами, а также видами – эдификаторами, создавая условия для развития других видов, как полезных, так и вредных. Культурные растения выполняют главную функцию агробиоценоза – синтезируют органическое вещество в автотрофном блоке.

Гетеротрофный блок условно (по отношению к культурному растению) можно подразделить на полезные и вредные виды.

К *полезным* могут быть отнесены почвенные микроорганизмы – азотфиксаторы; насекомые – опылители и антагонисты вредных видов; почвенные животные, участвующие в процессе ее рыхления (черви и др.).

К *вредным видам* относятся вредные животные (грызуны, насекомые, нематоды и др.) и патогенные микроорганизмы.

Культурные растения вступают в различные типы взаимодействия с остальными видами агрофитоценоза:

- конкуренция за ресурсы среды (свет, влага, питательные вещества) с родственными особями и сорняками;
- симбиоз с клубеньковыми бактериями, накапливающими азот из воздуха;
- взаимоотношения типа хозяин-паразит (паразитизм) с вредными микроорганизмами;
- аллелопатия – взаимодействие посредством выделения продуктов жизнедеятельности – с другими компонентами агробиоценоза (растения, животные, микроорганизмы).

2.5 Особенности круговорота веществ в агроэкосистемах

Сельское хозяйство изменяет в круговороте веществ интенсивность и траектории их перемещения. Особенно опасно вовлечение в круговорот искусственно синтезированных веществ, в том числе и *ксенобиотиков*.

В природных системах внутренний круговорот питательных веществ по объему значительно превышает их поступление из атмосферы и потери на вымывание 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.

Такого рода обстоятельства вызваны применением в агроэкосистемах пестицидов, осуществлением агротехнических мероприятий (регулирующего фактора). Важно, что в результате управления агроэкосистемой наблюдается 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.

2.6 Представление об агроландшафтах

Ландшафт – это территориальная система, состоящая из взаимодействующих природных и антропогенных компонентов, обладающая однотипным рельефом, единообразием сочетания почв, растительности и отличающаяся от других территорий структурой, характером взаимосвязи и взаимодействия между отдельными компонентами этой территории.

Выделяют: природные, антропогенные, культурные, акультурные, степные, горные, лесные, болотные и др. ландшафты.

Агроландшафт – антропогенный ландшафт, искусственно сформированный человеком, естественная растительность которого на подавляющей части территории заменена агробиоценозами.

Различают следующие основные типы агроландшафта:

Полевой, для которого характерны севооборот, ежегодная вспашка почвы, внесение удобрений и посев сельскохозяйственной культуры; наиболее энергоемкий тип.

Садовый – отличается от полевого возделыванием многолетних древесных растений или кустарников (сады, виноградники, посадки ягодных культур и др.). Рельеф их может быть более сложным, располагаться на склонах, может существовать 10-15 лет.

Лугово-пастбищный тип агроландшафта формируется в результате сенокосения или выпаса скота; для него характерен постоянный растительный покров.

Селитебный агроландшафт включает населенные пункты с прилегающими к ним территориями (сады, огороды, дороги, постройки, водоемы и др.).

3. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛЯЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ АГРОБИОЦЕНОЗОВ

3.1. Регуляция и оптимизация агробиоценозов на уровне растения и популяции

Агроэкосистема имеет определенный состав, структуру и режим, которые поддерживаются и регулируются человеком. При отсутствии контроля с его стороны агроэкосистемы постепенно теряют свои свойства. Естественно, *что без знания структуры и функционирования агроэкосистем нельзя предпринимать какие-либо меры по управлению ими*: они могут оказаться несостоятельными и даже вредными.

В 1938 году ученый Раменский выделил три основных типа стратегии выживания организмов. Эти стратегии направлены на возможность организма выжить и оставить после себя плодовитое потомство.

Согласно классификации Раменского, различают 3 группы видов растений в зависимости от конкурентной мощности:

1) *Виоленты* «львы растительного мира» (силовики) – они подавляют всех конкурентов, т.е. обладают высокой конкурентоспособностью. К ним относятся: плодовые культуры; деревья, которые образуют коренные леса-дубравы.

2) *Пациенты* «верблюды» – это виды, способные выживать в неблагоприятных условиях среды и устойчивы к стрессовым факторам (светолюбивые, теневыносливые растения, засухо- и солеустойчивые).

3) *Эксплеренты* «шакалы» – это виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества. К этой группе относятся, как правило, сорные растения, например, пырей ползучий. Эксплеренты способны образовывать стойкие сообщества.

Все многообразие экологических стратегий заключено между двумя типами эволюционного отбора и выражается как:

- r- отбор (стратегия);
- K- отбор.

Термин «экологическая стратегия» означает совокупность свойств, помогающих организмам выживать в данных условиях.

***K*- отбор** – это отбор в постоянной (предсказуемой) среде, где основная часть энергии популяции затрачивается на конкуренцию, а при ***r* – отборе** – основной статьёй расхода энергии является размножение.

Оптимизация агроценоза на популяционном уровне связана, прежде всего, с регулированием численности и плотности популяций.

На уровне агроценопопуляций оптимизацию агроэкосистем можно проводить путем *изменения ряда экологических показателей*:

- плотности и пространственного размещения;
- фенологических характеристик – дружности всходов и интенсивности их развития в первые недели (с использованием биофизических методов предпосевной обработки, а также выбора сроков посева);
- дифференциации агроценопопуляций благодаря подбору смеси сортов, обеспечивающему максимальное использование пространства и ресурсов (возможно повышение гетерогенности популяций на фенотипической основе).

3.2 Оптимизация структуры агроэкосистем

Целевая установка сельского хозяйства объективно направлена на получение максимума биологической продукции. Сообразно этому развиваются (и будут развиваться) аграрные производственные системы. Между тем сугубо технократический подход к необходимому процессу интенсификации производства в аграрном секторе вступил, как известно, в серьезное противоречие с возможностями поддержания природно-антропогенного равновесия.

При создании агроэкосистем преследуют в первую очередь *экономическую цель – устойчивое производство сельскохозяйственной продукции. При этом достаточно очевидна необходимость гармоничного сочетания экономических интересов с экологическими требованиями.* Основным организующим началом в любой агроэкосистеме является *взаимодействие между производством и потреблением.* Поскольку агроэкосистемам свойственны те же внутренние регулирующие механизмы, что и природным экосистемам, поддержание самоорганизующихся процессов в агроэкосистемах способствует снижению вещественно-энергетических затрат на внешние (антропогенные) регулирования.

Взаимодействия на трофическом уровне могут быть упорядочены посредством влияния на цепи питания. При этом основное внимание следует уделять физиологическим аспектам, процессам роста и развития, переносу энергии, круговороту питательных веществ, а также регулированию рождаемости и смертности популяций.

Регулирование продукционного процесса, направленное на повышение продуктивности и устойчивости возможно с помощью нескольких принципиально различных и взаимодополняющих подходов.

Один из них – *перестройка структуры фитоценозов*. Например, вместо традиционных одновидовых посевов можно внедрять поликультурные посе­вы, основываясь на принципе дифференциации растений по экологическим нишам. Такие поля более выгодны энергетически. На них можно получать разнообразные и неоднократные урожаи в течение вегетационного периода. Наряду с продуктивностью при этом обеспечивается высокая устойчивость посевов.

Перспективно также *применение севооборотов с формированием горизонтальной ротации культур*. В данном случае создается пространственно-разнородный агрофитоценоз, который может поддерживать постоянный резерв разнообразных энтомофагов.

Эффективно и рационально также *использование многолетних плодосмен*, организованных по типу протекания сукцессии, от однолетних до древесных культур. Это позволяет меньше вмешиваться в жизнь почвы, беречь ресурсы, максимально использовать естественные восстановительные процессы, что особенно актуально при вовлечении в хозяйственный оборот нарушенных площадей. Следует учитывать, что устойчивость к сорнякам выше не у максимально выровненных по генетическим качествам, а у гетерогенных сортов хозяйственных видов. По этой причине основным принципом биологической борьбы с сорняками должен стать максимальный захват культурными растениями экологических ниш во времени и в пространстве.

3.3 Принципы построения и оптимизации агроландшафта

Принципы построения агроландшафтов, основанные на «самовосстановлении» и «самоочищении» агроэкосистем и их компонентов, можно свести к следующим:

1. Принцип адекватности. Производственная деятельность в агроландшафтах должна соответствовать функциям биосферы, т.е. быть адекватной природным закономерностям окружающей среды. Этого можно достичь применением прогрессивных систем земледелия (выделением севооборотов с многолетними травами на склонах, заменой вспашки бесплужной обработкой и другими агротехническими приемами) с учетом экологических особенностей структуры сложившихся естественных ландшафтов. В результате образуются новые природно-хозяйственные комплексы, обеспечивающие более

эффективное использование биоэнергетических ресурсов, с устойчивыми агроэкосистемами, имитирующими функции биосферы.

2. *Принцип совместимости.* Компоненты (элементы) территории агроландшафтов проектируют и создают с учетом природно-антропогенной совместимости. Суть в том, чтобы элементы территории агроландшафтов были органически взаимосвязаны и представляли единую систему, согласованную со строением природных комплексов и хозяйственной деятельностью. Не совместимый с природной средой элемент территории играет роль некоего внешнего «раздражителя», нарушающего общую устойчивость природного комплекса. Недоучет этого ведет к излишним материальным затратам при создании агроландшафтов, а нередко и к быстрому разрушению последних.

Примером недостаточного учета фактора природно-антропогенной совместимости при формировании ландшафтов может служить проектирование крупных прямоугольных клеток-полей на склонах сложной формы. Между тем целесообразнее было бы проектировать поля в виде горизонтально-контурных и полосных микрозон. В результате такого рода просчетов наблюдается увеличение поверхностного стока, усиление водной эрозии почвы, заиление рек.

3. *Принцип соответствия фитоценозов местообитанию.* 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. Требуется также учитывать биологические особенности имеющегося набора культур, чтобы обеспечить повышение их урожайности при одновременном сохранении плодородия почв.

4. *Принцип приоритета фитомелиорации.* При формировании почвоохранных, самовосстанавливающихся и самоочищающихся агроландшафтов и агроэкосистем ведущая роль должна принадлежать фитомелиорации, что соответствует одному из важнейших законов земледелия – закону минимума (поскольку ограничивающим фактором часто является дефицит почвенной влаги, а растительная мелиорация способствует формированию более устойчивого влагооборота в агроэкосистемах).

С учетом сказанного, практическая задача организации территории агроландшафта заключается в определении разумного соотношения между полем, лугом и лесом в увязке с другими компонентами.

5. *Принцип пространственного и видового разнообразия.* Агроэкосистемы следует создавать с учетом требования пространственного и видового разнообразия среды. Это соответствует существующей

закономерности, согласно которой, чем разнообразнее и сложнее структура агроландшафта, тем выше его устойчивость, способность противостоять различным внешним воздействиям. Например, сохранение естественных компонентов улучшает микроклимат, способствует увеличению численности животных, в частности птиц, питающихся насекомыми. Ландшафты, характеризующиеся большим видовым разнообразием, лучше самовосстанавливаются и самоочищаются, поскольку сложная мозаичность их строения способствует поддержанию устойчивости, а также природного и природно-антропогенного равновесия.

б. Принципы оптимизации структуры и соотношения земельных угодий. При землеустройстве агроландшафтов для определенного сельскохозяйственного региона землепользования в соответствии с местными природными условиями устанавливают экологически и экономически обоснованные структуру и соотношение размеров площадей пашни, лугов, леса и вод. Проблема рационального соотношения естественных и искусственных экосистем, несомненно, является одной из ключевых. По этому поводу сложились различные суждения. Экологическое равновесие наблюдается тогда, когда процентное соотношение между площадями естественных и пре-образованных экосистем составляет 60:40. Существует и такое мнение, что в агроландшафтах леса, луга, водные пространства должны занимать не менее 30 % общей площади.

В целом же данная проблема требует серьезных дальнейших проработок.

3.4 Современные представления об устойчивости агроэкосистем

Устойчивость агроэкосистем – это свойство систем сохранять и поддерживать значение своих параметров и структуры в пространстве и во времени, качественно не изменяя характер функционирования.

Параметрами устойчивости агроэкосистемы являются функции, режимы и свойства почвы; структура, организация и продуктивность агрофитоценоза; структура и организация микробного сообщества; интенсивность и сбалансированность биогеохимического круговорота.

Для количественной оценки устойчивости экосистемы учитывают связь действующих факторов (тип, интенсивность, длительность, количество возмущений и др.), а также связь экосистем с основными параметрами, ответственными за ее устойчивость, и областями (зонами) устойчивого состояния.

Таких зон может быть от одной до нескольких. Изменение структуры экосистемы или переход ее параметров в область неустойчивого состояния обуславливают потерю устойчивости. Если переход от одной области

устойчивого равновесия в другую сопровождается сохранением внутренних связей экосистемы, то проявляется свойство ее упругости, т.е. при переходе из одной области устойчивого равновесия в другую внутренние связи экосистемы сохраняются.

Способность экосистемы вернуться в прежнюю область устойчивого равновесия после временного воздействия природного или антропогенного фактора характеризует ее *стабильность*.

Несомненно, что в ряду параметров, ответственных за устойчивость и стабильность агроэкосистемы, первостепенное значение имеет *продуктивность агроценозов*, падение которой по самым разным причинам (например, дефицит или избыток элементов минерального питания, засуха или переувлажнение, деградация почвы и т.п.) ниже заданного уровня свидетельствует о переходе агроэкосистемы в неустойчивую область. Однако снижение урожайности – это уже конечная фаза реакции агроэкосистемы на имеющиеся возмущения, которой предшествуют изменения других параметров, таких, как *активность микробного сообщества*, *сбалансированность биогеохимических циклов элементов*, *уровень плодородия почвы*.

Контроль за названными параметрами позволяет выявить скрытые формы нарушений устойчивости и достаточно оперативно поддерживать стабильность агроэкосистемы, т.е. сохранять заданные характеристики параметров в течение определенного промежутка времени.

Более объективную оценку могут дать комплексные почвенно-агрохимические, эколого-физиологические и эколого-токсикологические исследования с применением методов системного анализа и математического моделирования.

4. ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС КАК ОСНОВА АГРОЭКОСИСТЕМ

4.1 Значение почвы в агроэкосистемах

Важное значение имеет почва в агроэкосистемах, где она выступает как главное средство сельскохозяйственного производства и основа агроэко-

стем. Человек получает из почвы порядка 95% всех продуктов питания, поэтому приоритетной задачей является забота о сохранении почвенного плодородия.

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

Почва выступает основным хранителем семян. Важная особенность почвы – сохранение семян в течение ряда лет, обеспечивая их всхожесть, что способствует сохранению биоразнообразия растительных популяций.

Почва является своеобразным складом ферментов. В ней находятся все ферменты, определяющие ее плодородие: каталазы, пероксидазы, нитрогеназы и др. Работа этих ферментов определяет азотный режим почвы, доступность элементов питания и способность почвы к детоксикации. Почва регулирует гидротермический режим. Эта функция позволяет населяющим ее организмам сохранять свою жизнеспособность при определенных диапазонах температур. Почва выполняет санитарную функцию. Эта функция связана с почвенной биотой, которая обезвреживает многих патогенов и токсиканты, что положительно влияет на качество сельскохозяйственной продукции и на состояние окружающей среды. Почва аккумулирует необходимые для жизнедеятельности населяющих ее организмов воду, питательные вещества, что в значительной степени обеспечивает плодородие почвы.

Почва выполняет информационную функцию. Эта функция связана с тем, что весной переход температур через $+5^{\circ}\text{C}$ увеличивает подвижность N, P, K, т.е. указанный предел температур служит сигналом к началу потребления питательных элементов в почве и свидетельствует о наступлении вегетационного периода.

Почва выступает в качестве биохимического барьера. Эта ее способность поглощать различные соединения, в т.ч. и токсические, позволяет почве выполнять роль химического санитара окружающей среды, и тем самым предотвращать поступление загрязнений в с/х продукцию.

Почва обладает таким уникальным свойством как «память», т.е. обладает способностью хранить долговременную информацию об экологическом состоянии территории. Это является важным моментом для мониторинга. Например, благодаря этой функции почвы была установлена динамика загрязнения экосистем тяжелыми металлами за достаточно длительный период.

4.2 Состав и структурно-функциональная организация почвенно-биотического комплекса

Почвенный покров представляет собой самостоятельную земную оболочку. *Почва* – продукт совместного воздействия климата, растительности, животных и микроорганизмов на поверхностные слои горных пород. В этой системе непрерывно происходят:

- синтез и разрушение органического вещества;
- круговорот элементов зольного и азотного питания растений;
- детоксикация различных загрязняющих веществ, поступающих в почву.

Данные 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 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 Ca^{2+} , Mg^{2+} на поверхности почвенных частиц, взаимосвязана с почвенно-биотическим комплексом (ПБК). Почвенные частицы, особенно коллоидная и илистая фракции, благодаря обширной 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 ПБК, без которого нет и не может быть почвы.

ПБК представлен весомой (по массе) и разнообразной группой организмов.

В 1 г почвы содержится 3-90 млн бактерий, 0,1-35 млн актиномицетов, 8-10 тыс. микроскопических грибов, 100 тыс. водорослей, 1,5-6 млн простейших.

Верхний слой почвы в целом состоит из минеральной субстанции (93 %) и органического вещества (7 %).

Органическое вещество включает:

- мертвое органическое вещество (85 %),
- корни растений (10 %)
- эдафон (5 %).

- В структуру *эдафона* входят:
- бактерии и актиномицеты (40 %),
- грибы и водоросли (40 %),
- дождевые черви (12 %),
- микрофауна (5 %) (коловратки, нематоды, клещи, ногохвостики)
- мезофауна (3 %) (мелкие насекомые, мокрицы, пауки)

Масса бактерий составляет примерно 10 т/га; такую же массу имеют микроскопические грибы; масса простейших достигает порядка 370 кг/га и т.д.

На 1 га пашни приходится 250 тыс. дождевых червей (50-140 кг/га), на 1 га пастбища – 500-1575 тыс. (1150-1680 кг/га), на 1 га сенокосных угодий – 2-5,6 млн (более 2 т/га). 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); данные 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 зависит плодородие почвы, ее «здоровье», качество сельскохозяйственной продукции, состояние окружающей среды.

4.3 Роль микроорганизмов в круговороте веществ

Микроскопическое население почвы чрезвычайно велико и разнообразно. Основные группы почвенного микронаселения: бактерии, грибы, актиномицеты, многочисленные водоросли.

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

(питаются готовым органическим веществом). Микроорганизмы играют основную роль в круговороте веществ в биогеоценозах.

Основными процессами, происходящими при участии микроорганизмов являются: минерализация отмершего органического вещества, процесс гумификации, фиксация атмосферного азота.

4.4 Нормирование загрязняющих веществ в почве

Нормирование содержания химических веществ в почве означает установление концентрации того или иного элемента, снижающей почвенное плодородие, вызывающей повреждение растений и накопление в них элемента выше определенного уровня.

Уровень загрязнения почв контролируется различными нормативами, входящими в систему стандартов и ГОСТов.

Различают санитарно-гигиеническое, экологическое и социально-экономическое нормирование.

В основе *санитарно-гигиенического нормирования* лежат предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ (элементов), характеризующие такое количество вредных веществ в среде, которое практически не влияет на здоровье человека и благополучие его потомства.

Санитарно-гигиеническое нормирование учитывает четыре основных показателя:

- *транслокационный* (переход загрязняющих веществ из почвы в растение через корневую систему),
- *миграционно-воздушный* (переход загрязняющих веществ в воздух),
- *миграционно-водный* (переход загрязняющих веществ в воду),
- *общесанитарный* (влияние загрязняющих веществ на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность).

В основу *экологического нормирования* положено изучение действия загрязняющих веществ не на отдельные организмы, а на систему в целом.

В качестве критерия используется показатель ПДЭН (предельно допустимая экологическая нагрузка) – это такой уровень нагрузки, при которой сохраняется нормальное функционирование экосистемы.

Нормальное функционирование экосистемы предполагает, в первую очередь, сохранение систем биотрансформации и детоксикации.

В качестве оценочных показателей используют такие показатели как самоочищающая способность почвы, степень концентрирования химических элементов в растениях (коэффициент биологического поглощения).

Социально-экономическое нормирование учитывает ряд показателей, связанных со здоровьем человека, уровнем жизнеобеспечения и др.

4.5 Понятие о почвоутомлении, меры борьбы с ним

Почвоутомление – это результат нарушения экологического равновесия в системе «почва – растение» вследствие одностороннего воздействия на почвенную среду культурных растений.

Внешне почвоутомление проявляется в резком снижении урожайности возделываемых культур. Это проявляется при бессменном возделывании одной культуры, или при чередовании сходных по биологии культур.

Наиболее часто почвоутомление происходит при повторных посевах картофеля, льна, подсолнечника, сах. свеклы, хлопчатника, и некоторых других культур.

Основными *причинами* почвоутомления являются:

- накопление в почве токсических веществ, выделяемых корнями растений и микроорганизмами;
- размножение специфических вредителей, возбудителей болезней и сорняков;
- выделение в почву токсических веществ при разложении культурных растений, сорняков.

С экологических позиций почвоутомление – результат экологического кризиса, наступающего как следствие дисгармонии в отношении растений и почвенной среды в агроценозах.

Почвоутомление – такой экологический механизм, с помощью которого система «почва – растение» пытается освободиться от одностороннего воздействия на почвенную среду со стороны искусственного растительного сообщества, создавая условия для его естественной смены. Именно по этой причине в бессменной культуре широко распространены сорные растения, являющиеся одной из стадий возможной сукцессии. Почвоутомление сопровождается развитием болезней и вредителей растений.

При почвоутомлении более интенсивно накапливается инфекционное начало, чему способствует снижение биологической активности почвы, поскольку дольше сохраняется фитомасса пораженных растений. Кроме того, депрессивные изменения в составе микрофлоры почвы обуславливают меньшую встречаемость возбудителя болезни со своими антагонистами из числа сапрофитных микроорганизмов. В условиях почвоутомления быстрее распространяется первичная инфекция. Растения заражаются на ранних стадиях развития, отчего возрастает вредоносность болезни. В начале вегетации болезнь

развивается сильнее в тех агроценозах, которые не сменялись в течение ряда лет. К концу вегетации число пораженных растений увеличивается и в севообороте, однако вредоносность болезни, безусловно, ниже.

При бессменной культуре больше возможностей для реализации инфекционного запаса, поскольку не происходит смены восприимчивых культур менее восприимчивыми. Инфекционная нагрузка на одно растение, ослабленное воздействием фитотоксинов, чрезвычайно велика. Этим объясняется высокая поражаемость при бессменном возделывании зерновых корневыми гнилями, картофеля – фитофторозом, льна – фузариозом, хлопчатника – вилтом, подсолнечника – ложной мучнистой росой, сахарной свеклы – мучнистой росой, перкоспорозом и т.д.

Предотвратить почвоутомление можно следующими методами:

1. соблюдение севооборота;
2. внесение органических удобрений (солома);
3. возделывание сидератов (рапс, редька масличная);
4. возделывание многолетних бобовых трав и достаточное количество бобовых культур в севообороте;
5. возделывание устойчивых сортов.

4.6 Экологические аспекты сохранения и повышения почвенного плодородия.

Для поддержания и сохранения почвенного плодородия применяются следующие приемы:

Внесение органических удобрений. Интенсивность микробиологических процессов зависит, прежде всего, от поступления в почву органического вещества. Наибольшее влияние на биологическую активность почв оказывают навоз, компосты, сидераты. В засушливых условиях широко используют мульчирующий эффект соломы. Солома активизирует мобилизационные процессы в почве, в том числе деятельность азотфиксирующих микроорганизмов. При внесении 1 т соломы фиксируется – 12 кг азота.

Применение низинного торфа в качестве удобрения мало влияет на биологическую активность почв. Роль его как удобрения также преувеличена, поскольку три четверти органического вещества представлено гумусовыми и лигниноподобными веществами, которые минерализуются микроорганизмами очень медленно.

Использование научно обоснованного севооборота. Все звенья системы земледелия, начиная с оптимизации структуры посевных площадей и севооборотов, должны строиться с учетом поддержания оптимальной биологической

активности почв. По мере интенсификации севооборотов, т.е. увеличения доли пропашных, технических культур, необходимо усилить применение органических удобрений, вводить сидеральные культуры, промежуточные посевы, многолетние травы.

Минимальная обработка почвы. Представления об обязательности отвальной вспашки утратили универсальность по мере разработки почвозащитных систем земледелия и наукоемких агротехнологий. В степных и лесостепных районах широкое распространение получили безотвальные, плоскорезные, минимальные обработки, обеспечивающие защиту почв от эрозии, дефляции, способствующие сохранению влаги и повышению урожайности.

Химическая мелиорация почв. В основе *химической мелиорации* лежит также перевод тяжелых металлов, радионуклидов в недоступное состояние, главным образом изменением реакции среды (известкование, цеалиты, ионообменные смолы, органические удобрения и т.д.).

5. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

5.1 Понятие об экологически безопасной и экологически чистой продукции

До недавнего времени качество растениеводческой продукции оценивалось по двум критериям: биологическому и технологическому. *Биологическое качество* зависит от содержания органических (белки, жиры, углеводы, витамины) и минеральных веществ, а также энергетической ценности пищи. *Технологическое качество* определяется целевым использованием продукции растениеводства (хлебопекарные качества муки, содержание крахмала в картофеле и т. д.).

Загрязнение агроландшафта поллютантами привело к необходимости оценки нового критерия качества – *содержания загрязнителей и безопасности продукции* для здоровья человека и животных. В зависимости от уровня требований к качеству продукции выделяют два понятия: экологически чистая продукция и экологически безопасная продукция.

Экологически чистая продукция – это продукция, произведенная на основе биологического земледелия, полноценная по содержанию веществ, необходимых для жизнедеятельности человека и не содержащая поллютантов выше предельно допустимых концентраций. Эта продукция используется обычно для детского и диетического питания и реализуется по более высокой цене.

Экологически безопасная продукция – это продукция, выращенная при традиционной технологии, обладающая высоким биологическим и технологическим качеством и безопасная для питания человека и как корм для животных. Требования к содержанию загрязнителей в экологически чистой продукции более жесткие в сравнении с экологически безопасной продукцией.

5.2 Факторы, определяющие качество продукции.

Проблема получения экологически чистой продукции связана с решением двух основных вопросов:

- повышение биологического и технологического качества;
- снижение содержания поллютантов.

Оба эти вопроса взаимосвязаны, а их решение зависит от трех факторов:

- биологического (генетического);
- средового;
- технологического.

Биологический фактор предполагает выбор культуры и сорта, обеспечивающих высокую продуктивность и качество при минимальном накоплении поллютантов. Культура и сорт являются основными средообразующими факторами: определяют виды и дозы удобрений и пестицидов, интенсивность использования сельскохозяйственной техники и т.д. Биологические особенности сорта могут определять не только валовый сбор биологически ценных веществ с единицы площади, но и степень загрязнения продукции, поскольку сорта различаются по этому показателю в 3-5 раз.

Средовой фактор предполагает выбор природно-климатической зоны, условий рельефа и почвы, оптимальных для культуры и сорта, уменьшающих накопление поллютантов. Здесь также важно реализовать принцип удаления от источников загрязнения (промышленные предприятия, автомагистрали и др.). Это особенно актуально для создания хозяйств, производящих сырье и продукцию для детского и диетического питания.

Технологический фактор – совершенствование технологии для повышения содержания полезных веществ и снижения накопления поллютантов. Он основан в первую очередь на оптимизации агроприемов ухода за растениями, рациональном использовании удобрений и пестицидов.

5.3 Цели и масштабы биологического земледелия

В настоящее время в большинстве стран Европы, в том числе и Республике Беларусь, в сельскохозяйственном производстве особое развитие получили

интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Существенной особенностью этих технологий является применение средств химизации в большом объеме. Во многих западных странах количество вносимых минеральных удобрений на гектар пашни достигает 400-600 кг действующего вещества (Голландия, Бельгия, Дания, Германия и др.). В Республике Беларусь в отдельные годы уровень применения НРК достигал 280 кг/га пашни.

Интенсивная химизация сельскохозяйственного производства имеет свои отрицательные стороны. Возникают сомнения в безопасности продуктов питания, получаемых в условиях «химического прессинга» на растения, усиливается тревога об угрозе для человека и животных применения высоких доз минеральных удобрений и особенно пестицидов, большинство из которых создано путем химического синтеза и не имеет природных систем нейтрализации и разрушения. При интенсивных технологиях возделывания в больших объемах потребляются не возобновляемые природные ресурсы (например фосфатное сырье), запасы которых быстро уменьшаются, не оставляя шансов для наших потомков. Реально возникает угроза загрязнения элементов окружающей среды, таких как почвенный покров, грунтовые и поверхностные воды, атмосферный воздух и других остаточными количествами агрохимикатов (солей тяжелых металлов, пестицидов, соединений нитратного азота и других).

Все это обусловило в развитых странах Запада стремление к поиску таких приемов и систем, которые явились бы альтернативой сложившимся методам и были бы свободны от присущих им отрицательных черт.

Возникло вначале стихийное, а позднее организованно оформившееся течение, включающее ряд направлений и объединенное под общим названием «экологическое» или «альтернативное земледелие».

Опыт альтернативного земледелия насчитывает более 40 лет. В 1972 году в Версале под Парижем создана Международная федерация органического земледелия (IFOAM), включающая 300 организаций из 60 стран Мира. В последние годы в состав IFOAM вошли Литва, Латвия, Россия и другие страны. На сегодняшний день практически все государства Европы входят в IFOAM. В 1999 году в члены этой организации вступила и Беларусь.

5.4 Принципы биологического земледелия в растениеводстве

Принципы ведения биологического земледелия в растениеводстве являются:

1. Условия окружающей среды:

сельскохозяйственные угодья, используемые для производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции должны размещаться не ближе 25 метров от автострад с интенсивностью движения 3000 и более автомашин в сутки;

применение минеральных удобрений разрешается не ближе 10 метров от сельскохозяйственных угодий, предназначенных для возделывания экологически чистой продукции, а химических средств защиты растений – не ближе 25 метров;

экологически чистое сельскохозяйственное производство не должно размещаться в зоне действия крупных промышленных производств, осуществляющих техногенные выбросы в окружающую среду, а также в очагах химического и биологического загрязнения (свалки, могильники, животноводческие комплексы и т.п.);

на территории экологически чистого хозяйства должно быть максимально ограничено сжигание органического вещества в виде топлива и сельскохозяйственных отходов.

2. Подбор растений и их сортов:

выращиваемые виды и сорта сельскохозяйственных растений должны быть приспособлены к местным почвенно-климатическим условиям, являться устойчивым к болезням и вредителям. Преимущество необходимо отдавать районированным сортам;

семена и рассаду, по возможности, необходимо приобретать в аттестованных экологических хозяйствах;

предпосевная обработка семян проводится только разрешенными препаратами и веществами. На использование других веществ необходимо получить персональное разрешение комиссии по сертификации;

применение генетически измененных семян растений и посадочного материала запрещено.

3. Требования к севооборотам:

севообороты должны составляться с учетом возможностей применения органических удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры, биологических особенностей чередуемых культур в агроценозах, с максимальным насыщением севооборота бобовыми растениями, с использованием «зеленого удобрения», с учетом повышения естественного плодородия почв и возможностей применения современных способов обработки сельскохозяйственных угодий;

в хозяйствах, которые не занимаются животноводством, основной упор необходимо делать на возделывание бобовых культур.

4. Удобрения:

органические удобрения в хозяйствах экологического земледелия необходимо использовать в первую очередь произведенные в собственном хозяйстве;

разрешенные минеральные удобрения применяются как источник дополнительного минерального питания; они не могут заменять органические удобрения;

азот, как элемент минерального питания растений, применяют только в органической форме. Применение синтетических минеральных азотных удобрений запрещено;

фосфорные, калийные удобрения и микроудобрения применяются в экологическом земледелии только в природной форме (зола древесных растений);

минеральные удобрения должны максимально использоваться в природной форме, не разрешается их обработка различными химическими веществами для повышения степени растворимости;

при использовании на удобрение природных фосфатов, осадка сточных вод, сапропеля, илистых отложений и других материалов, содержащих тяжелые металлы, необходимо обеспечить их качественный анализ и получить разрешение на использование от санитарно-эпидемиологических органов;

использовать фекалии в экологическом земледелии разрешено только после компостирования при высокой температуре и для удобрения растений, не предназначенных для получения продуктов питания;

хранение и накопление органических удобрений в хозяйстве должно проводиться так, чтобы до минимума свести потери питательных веществ в окружающую среду;

для нейтрализации почвенной кислотности в экологическом земледелии разрешено использование природных известковых материалов;

5. Защита растений от вредителей и болезней:

в хозяйствах экологического земледелия снижение отрицательного воздействия болезней и вредителей на сельскохозяйственные культуры достигается, прежде всего, созданием условий для эффективного роста и развития растений путем

правильного подбора сорта, внесения сбалансированного удобрения, повышения биологической активности почв, правильного чередования культур, широкого использования растений-азотфиксаторов и других факторов;

разрешается и поощряется использование естественных врагов вредителей сельского хозяйства и организмов, вызывающих различные заболевания растений, создавая для них соответствующие условия;

запрещается использование любых синтетических пестицидов;

для уничтожения вредителей и болезней разрешается использовать термическую стерилизацию почвы после получения разрешения комиссии по сертификации.

Без ограничения можно использовать:

а) Против вредителей растений:

- феромоны;
- механические и цветные ловушки;
- вытяжки и отвары, сделанные из инсекцидальных растений (лук, чеснок, хвощ, хрен и т.п.).

б) Средства для защиты растений от болезней:

- силикаты;
- прополис;
- растительные и животные жиры (в ограниченном количестве);
- жидкое мыло;
- желатин;
- биодинамические препараты;
- несинтетические витамины;
- растительный уголь;
- дубовая кора.

6. Борьба с сорной растительностью:

запрещены для использования все синтетические гербициды;

с сорняками рекомендовано бороться агротехническими методами, тормозя их рост (правильная и глубокая вспашка, боронование, культивация, окучивание, мульчирование).

7. Синтетические регуляторы роста растений:

регуляторы роста растений, полученные в результате химического синтеза, для применения запрещены;

разрешено использование природных физиологически активных веществ и натуральных стимуляторов роста растений.

5.5 Принципы биологического земледелия в животноводстве

1. Общие принципы:

животные являются важной составной частью системы экологического земледелия, позволяющей создать закрытый тип круговорота питательных веществ, проводить накопление органических удобрений, рационально использовать земельные площади, обеспечивать положительный баланс гумуса в почвах;

основу рациона сельскохозяйственных животных должны составлять корма, в основном получаемые в экологическом земледелии;

при развитии животноводства особое внимание необходимо уделять выращиванию резистентных сельскохозяйственных животных, обладающих высокой продуктивностью.

2. Породы и принципы разведения:

выращиваемые породы животных должны соответствовать местным условиям сельскохозяйственного производства;

искусственные методы осеменения животных не рекомендуются, но в отдельных случаях комиссия по сертификации может позволить применения этого метода размножения;

запрещено использование генетически измененных видов животных;

запрещено использование эмбриональной трансплантации

3. Содержание и выпас:

условия содержания животных должны обеспечивать их свободное движение и возможность нахождения в лежачем положении, достаточное количество свежего воздуха и дневного света, защиту от прямых солнечных лучей, высокой и низкой температуры, дождя, ветра и т.п.;

для постройки животноводческих помещений запрещается использование строительных материалов, содержащих токсические соединения;

при содержании животных на подстилке должна использоваться органическая подстилка, полученная в экологическом земледелии;

в животноводческих помещениях при использовании искусственного освещения его общая продолжительность не должна превышать 16 часов в сутки;

4. Уход:

запрещается обрезать хвосты, кастрировать, обрезать зубы, удалять рога и проводить другие мероприятия, связанные с травмированием животных.

5. Кормление животных:

основная часть корма для сельскохозяйственных животных должна быть получена в экологическом земледелии. Максимальное допустимое количество корма из хозяйств интенсивного типа не должно превышать 15% для жвачных и 20% для других видов животных. Полученный корм из таких хозяйств должен проходить анализ на остаточное количество агрохимикатов;

разрешается использование кормов из хозяйств переходного типа в количестве до 40%;

комиссия по сертификации может временно изменить рекомендуемый состав корма в связи с непредвиденными обстоятельствами (засуха, наводнение, пожар и т.п.);

запрещено кормление животных стимуляторами роста, синтетическими веществами, возбуждающими аппетит, карбамидом, кормами животного происхождения - навозом лошадей и птицы, кормами, обработанными консервантами и растворителями. Комиссия по сертификации в отдельных случаях может разрешить использование некоторых вышеотмеченных материалов при нехватке кормов, для отдельных специфических видов животных и при «форс-мажорных» обстоятельствах;

разрешается использование кормов, обогащенных витаминами и минеральными добавками;

при силосовании разрешается использование бактериальных и ферментативных препаратов, отходов пищевой промышленности (меласса);

во время пастбищного периода основную часть корма животные должны получать на пастбищах. При отсутствии условий для выпаса, свежие травянистые корма должны доставляться в животноводческое помещение;

период выпаивания телят, ягнят и козлят материнским молоком должен составлять не менее 2 недель, а в последующем в течение 10 недель проводится выпаивание цельным молоком;

использование заменителей молока для выпаивания запрещено;

использование молока из хозяйств интенсивного типа возможно только после получения соответствующего разрешения комиссии по сертификации и проведения анализа на остаточное количество антибиотиков и синтетических добавок;

при кормлении животных они должны обязательно получать достаточное количество грубых и сочных кормов (зеленые корма, силос, сенаж, сено, свекла, солома).

6. Приобретение животных:

животные для мясного откорма должны быть получены только из экологического хозяйства (кроме однодневных цыплят и семидневных телят);

7. Ветеринарный уход:

в экологических хозяйствах необходимо строгое соблюдение ветеринарно-санитарных требований. При лечении животных предпочтение следует отдавать фитотерапевтическим и гомеопатическим методам. Причины, вызывающие заболевания животных и связанные с недоброкачественными кормами или неблагоприятными условиями содержания, должны быть немедленно устранены;

необходим строгий учет и документальное оформление каждого случая заболевания с указанием вида болезни или травмы, проводимого лечения и его результатов;

проведение прививок животных проводится только при невозможности избежать болезни другими способами и с разрешения комиссии по сертификации;

5.6 Перспективы биологического земледелия

Экологическое земледелие является новым этапом во взаимоотношениях производителя сельскохозяйственной продукции с окружающей средой. В зарубежных странах с каждым годом усиливается популярность этой системы ведения сельскохозяйственного производства, достигая 5-8% от общего валового объема продукции. Ожидается, что в будущем доля «чистых» продуктов в Англии, Дании, Германии, Голландии и других странах составит 10-15 и более процентов. На экологически чистую сельскохозяйственную продукцию в странах Западной и Центральной Европы существует устойчивый и необеспеченный спрос, в том числе и произведенную в странах Восточной Европы.

В условиях Республики Беларусь развитие экологического земледелия должно быть направлено в первую очередь на производство высококачественных продуктов для детского и лечебного питания, а также, прежде всего, широко внедряться в пределах природоохранных и рекреационных зон.

Создавая экологическое земледелие, предстоит одновременно решать вопрос о формировании рынка экологических продуктов. Без создания такого рынка, интегрированного в мировое сообщество, как свидетельствует опыт ряда стран (Германия, Чехия, Словакия, Россия и другие), невозможно развивать данную систему земледелия. Центральным звеном такого рынка является система сертификации, которая связывает между собой производителей, переработчиков и потребителей продукции.

В заключении следует отметить, что биологическое земледелие не является основным путем решения экологических проблем сельского хозяйства в связи с ограниченной распространенностью. Однако идеи экологизации сельского хозяйства продолжают развиваться и реализуются в технологиях «устойчивого» или «адаптивного» земледелия.

6. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

6.1 Техногенез и его масштабы

Техногенное загрязнение среды – один из наиболее значимых факторов, дестабилизирующих естественные и искусственные экологические системы.

По мере роста производительных сил использование природно-ресурсного потенциала неуклонно расширяется, степень «участия» природной среды в системе общественного производства возрастает, что обуславливает в итоге постоянное усиление разностороннего антропогенного воздействия на природные комплексы и их компоненты.

Прямым следствием такого воздействия является, несомненно, формирование и развитие процессов техногенеза.

Техногенез – это процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека. Заключается в преобразовании биосферы, вызываемом совокупностью геохимических процессов, связанных с технической и технологической деятельностью людей по извлечению из окружающей среды, концентрации и перегруппировке целого ряда химических элементов, их минеральных и органических соединений.

В результате промышленной, сельскохозяйственной и иной многоплановой деятельности человека возникает техногенная миграция значительных объемов разнообразнейших веществ, большинство из которых загрязняют окружающую природную среду.

Примерно на трети площади суши явно не проявляется деятельность человека. Ориентировочно такого рода «свободные» территории составляют (%): в Северной Америке – 37,5; странах СНГ – 33,6; Австралии и Океании – 27,8; Африке – 27,5; Южной Америке – 20,8; Азии – 18,6; Европе – 2,8. Лишь Антарктида практически не подвержена антропогенному вмешательству. По мнению В.Л. Лапина и др. (1996), степень экологического неблагополучия, обусловленного хозяйственной деятельностью, носит отчетливо выраженный региональный характер.

6.2 Загрязнение окружающей среды, его источники

Интегральный показатель последствий техногенеза – *загрязнение окружающей природной среды*. Загрязнением в узком смысле считается привнесение в какую-либо среду новых, нехарактерных для нее физических, химических и биологических агентов или превышение естественного средне многолетнего уровня содержания этих агентов в среде.

Основными антропогенными источниками загрязнения природных и аграрных экосистем являются:

1) промышленные – газообразные, твердые и жидкие выбросы и сбросы, поступающие при работе предприятий промышленности и энергетики, а также в результате нарушений технологического режима или аварий;

2) сельскохозяйственные – химические вещества, входящие в состав агро-мелиорантов, средства химической защиты растений от болезней и вредителей, выбросы и сбросы животноводческих комплексов и т.п.;

3) автомобильный транспорт – газообразные, твердые и жидкие выбросы;

4) коммунально-бытовые – продукты жизнедеятельности человека и коммунальные отходы.

Среди сельскохозяйственных источников загрязнения агроландшафтов выделяются вещества и химические соединения, используемые в качестве удобрений (минеральных и органических), агро-мелиорантов (обезвреженные осадки промышленных и бытовых сточных вод, фосфогипс, шлаки, силикагели и др.) и средств защиты растений.

Одним из наиболее значимых источников поступления тяжелых металлов являются фосфорные удобрения, а также удобрения, получаемые с использованием ортофосфорной кислоты – аммофосы, аммофоски, нитрофоски. Навоз и известь также содержат тяжелые металлы. Применяемые в настоящее время в качестве органических удобрений осадки сточных вод, компосты из них и переработанные бытовые отходы содержат в своем составе тяжелые металлы и примесные элементы. Значимость этих источников загрязнения невелика, так как в качестве удобрений в настоящее время используется только 4-6% осадков сточных вод.

6.3 Классификация загрязняющих факторов

Загрязняющие факторы по физико-химическим параметрам подразделяют на: механические, физические (энергетические), химические, биологические.

Механические источники загрязнения представлены инертными пылевыми частицами в атмосфере, твердыми частицами и разнообразными предметами в воде и почве.

К *химическим* источникам загрязнения относятся газообразные, жидкие и твердые химические элементы и соединения, попадающие в атмосферу и взаимодействующие с компонентами окружающей природной среды.

Физическими (энергетическими) источниками загрязнения являются тепло, шум, вибрации, ультразвук, видимые, инфракрасные и ультрафиолетовые части спектра световой энергии, электромагнитные поля, ионизирующие излучения.

Биологические загрязнения связаны с различными видами организмов, появившимися при участии человека и причиняющих вред ему самому или живой природе.

Сравнительно недавно к загрязнениям начали относить нарушение природных ландшафтов и пейзажей, урбанизацию и т.п.

В свете современных представлений наиболее содержательной является *классификация загрязнения экологических систем, основанная на системном подходе*.

Под *ингредиентным* загрязнением понимают совокупность веществ, количественно или качественно чуждых естественным биогеоценозам.

Параметрическое загрязнение заключается в изменении качественных параметров окружающей природной среды.

Биоценотическое загрязнение связано с воздействием на состав и структуру популяций живых организмов.

Стационально-деструкционное загрязнение представляет собой изменение ландшафтов и экологических систем в процессе природопользования и определяется интенсивностью трансформации естественных систем.

6.4 Последствия техногенеза

Устойчивость агроценоза – способность сохранять структуру, функциональные особенности, продуктивность и качество продукции в условиях техногенного воздействия.

Устойчивость агроценозов к техногенному воздействию является комплексным явлением, зависящим от устойчивости основных его компонентов (почва, почвенный микробиоценоз, фитоценоз).

Продукты техногенеза в виде разнообразных загрязняющих веществ проходят многостадийные превращения, что необходимо учитывать при формировании продуктивных агроэкосистем.

Центральное место в агроэкосистемах занимают продуценты (автотрофное звено), представляемые широким набором культивируемых растений. Именно в этом звене в значительной мере непосредственно и опосредованно депонируются продукты техногенеза, прежде всего газопылевые выбросы.

Воздействия загрязнений на растительность делят на 2 группы:

- невидимые повреждения
- видимые повреждения

К основным *невидимым* воздействиям относятся: загрязнение растительного материала газообразными или твердыми компонентами вредных веществ, которые поглощаются частями растений, скапливаясь внутри или прилипая (некоторые компоненты, будучи неопасными для растений или отдельных их органов, при дальнейшем использовании растительного материала могут оказаться токсичными);

реакции в растительном обмене веществ, проходящие в течение короткого времени (например, при высокой концентрации ингредиентов-загрязнителей), они представляют собой скрытое предварительное воздействие, которое в сочетании с другими факторами среды усиливает негативный эффект;

структурные изменения внутри клеток.

К *внешним*, в той или иной степени выраженным изменениям относятся следующие:

загрязнения (например, от сажи, летучей золы, цементной пыли, оксида железа и др.), особенно на шероховатых, покрытых волосками, клейких или влажных частях растений;

прилипающая пассивная пыль (до образования корки при определенных условиях);

прилипающая токсичная пыль, содержащая Pb, As или F;

некроз, проявляющийся в изменении цвета или ожогах на листьях или других частях растений в результате воздействия SO₂, HF, SiF₄, SO₃, HCl.

В сильно загрязненных районах у растений вырабатывается устойчивость к загрязнению O₃, SO₂, NO₂. Характерно, что на таких территориях у коренных популяций луговых трав при воздействии O₃, SO₂, NO₂ не наблюдалось замедления роста и снижения урожая по сравнению с популяциями из «чистых» районов. Обработка проростков сои SO₂ в низких концентрациях заметно повышала их устойчивость к этому загрязнителю. Сорты пшеницы, выведенные в начале XX века, оказались менее устойчивы к SO₂ и NO₂ чем современные.

Характер физиологических и биохимических изменений в растениях в ответ на загрязнение воздуха сходен с характером изменений в ответ на другие стрессы (высокие дозы пестицидов, засоление, засуха). Стресс вызывает у растений изменение активности ферментов; метаболиты начинают накапливаться в молодых листьях и побегах. Техногенное воздействие на растения оксидов азота и серы стимулирует рост содержания в них абсцизовой кислоты – гормона покоя. В полевых условиях под влиянием абсцизовой кислоты повышаются засухоустойчивость, иммунитет к болезням, происходит перераспределение ассимилятов (усиливается отток из стеблей в клубни, корнеплоды и т. д.).

Загрязняющие вещества, с одной стороны, концентрируются непосредственно в тканях растений, а с другой – меняют условия среды их обитания. У многих растений наряду с морфоструктурными механизмами защиты от чужеродных веществ существуют биохимические механизмы детоксикации и окислительной деградации поглощенных токсикантов.

Установлена, например, способность высших растений поглощать и утилизировать наиболее токсичные органические ингредиенты. Изучение и понимание этих механизмов весьма существенно для грамотной борьбы с химическим загрязнением воздуха, водоемов и почвы.

Техногенное загрязнение агроландшафтов обуславливает необходимость разработки приемов и технологий, снижающих негативное действие поллютантов и повышающих устойчивость агроценозов к их воздействию. Для ведения растениеводства должна быть разработана система земледелия, включающая технологические приемы, которые, с одной стороны, обеспечивают сохранение плодородия почв и повышение продуктивности агроценозов как интегрального показателя их устойчивости, а, с другой, – получение продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим нормативам и требованиям к биологическому и технологическому качеству урожая.

7. ПОНЯТИЕ О ПОЛЛЮТАНТАХ. ПУТИ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ ПОЛЛЮТАНТАМИ

7.1 Основные поллютанты продуктов питания и кормов

В последние десятилетия в связи с усилением антропогенного воздействия на биосферу, приведшим к глобальному загрязнению окружающей среды, большую актуальность приобрела проблема качества сельскохозяйственной продукции.

Вещества, загрязняющие окружающую среду, отрицательно воздействующие на живые организмы и снижающие качество сельскохозяйственной продукции, называются *поллютантами* (от английского слова pollution – загрязнение).

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 афло- и другие микотоксины.

К числу основных поллютантов относятся радионуклиды, тяжелые металлы, пестициды, нитраты, некоторые органические и минеральные вещества.

Нитраты. Основными источниками поступления в почву токсичных соединений азота, в первую очередь нитратов, являются азотные удобрения и стоки животноводческих комплексов. В организм человека нитраты попадают с пищей и питьевой водой.

Отрицательное действие нитратов на организм человека и животных обусловлено двумя основными причинами.

1. Попадая в органы пищеварения, нитраты (NO_3^-) под действием микроорганизмов восстанавливаются до нитритов (NO_2^-), которые токсичнее нитратов в 10-20 раз. Нитриты взаимодействуют с железом гемоглобина крови, вызывая его окисление. При этом гемоглобин превращается в метгемоглобин, который не способен переносить кислород. В результате снижается снабжение ткани организма кислородом. Наиболее чувствительны к действию нитратов дети.

2. Нитраты вступают в реакцию с вторичными аминами, образуя нитрозамины. Последние могут вызывать мутации, рак, а также воздействовать на зародышевые ткани.

Главный технологический фактор накопления нитратов – виды, дозы, сроки и способы внесения азотных удобрений.

Содержание нитратов в продуктах питания можно снизить в результате ряда мероприятий:

- оптимизация доз азотных удобрений;
- применение медленнодействующих форм азотных удобрений;
- локальное и дробное внесение удобрений;
- исключение поздних подкормок азотом;
- селекция на снижение накопления нитратов;
- выбор оптимальных сроков уборки (вечерние часы для листовых овощей);
- создание оптимальных условий выращивания в защищенном грунте;
- хранение свежих овощей при пониженной температуре;
- переработка овощей (варка, соление, маринование, квашение).

Тяжелые металлы. К тяжелым металлам относятся химические элементы с атомной массой свыше 40 и плотностью более 6 г/см^3 (ртуть, кадмий, свинец, железо, кобальт, олово, никель, медь, молибден, мышьяк и др.). Некоторые из тяжелых металлов (медь, молибден, железо, марганец и др.) входят в состав ферментов. Эти металлы токсичны только при повышенных концентрациях. Наибольшей токсичностью обладают ртуть, кадмий, свинец, мышьяк.

Основными источниками тяжелых металлов являются предприятия черной и цветной металлургии, тепловые электростанции, нефтеперерабатывающие предприятия, транспорт, минеральные удобрения, осадки сточных вод, пестициды, отходы промышленности.

Тяжелые металлы отрицательно воздействуют на активность ферментов, в результате чего нарушаются биохимические процессы в растениях, животных, микроорганизмах. Наиболее уязвимыми к действию тяжелых металлов являются микроорганизмы. В результате попадания тяжелых металлов в почву происходит перестройка микробиоценоза. Снижается количество полезных микроорганизмов (азотфиксирующие бактерии, актиномицеты). Повышается количество грибов. Нарушается естественный процесс почвообразования. Растения могут накапливать тяжелые металлы из почвы и из воздуха при попадании непосредственно на поверхность растений. В первом случае происходит снижение поступления тяжелых металлов на пути корень–стебель–лист–плод–семена. Второй путь (воздушный) более опасен, поскольку при этом возможностей для детоксикации значительно меньше. Детоксикация (снижение активности) в растительных клетках может происходить в результате образования сложных соединений тяжелых металлов с различными органическими веществами, накопления их в вакуолях и удаления через клеточную стенку. Растения различных видов и сортов растений существенно различаются по накоплению тяжелых металлов.

Тяжелые металлы попадают с пищей и кормом в организм человека и животных. Кроме того, они могут поступать в организм из воды и воздуха. Последний путь наиболее опасен. Так, вдыхаемый свинец в 10-100 раз токсичнее поступившего с пищей.

Для снижения поступления тяжелых металлов в растениях можно порекомендовать следующие мероприятия:

- известкование кислых почв;
- внесение органических удобрений;
- глинование легких почв;
- применение цеолитов (поглотителей металлов);
- подбор видов и сортов растений с невысоким накоплением металлов в продуктивных органах;
- выращивание технических культур (лен, сахарная свекла и др.);
- создание сортов с минимальным накоплением металлов;
- «биологическое разбавление» за счет повышения урожая в результате агротехнических приемов;
- выведение загрязненных участков из сельскохозяйственного оборота;

- удаление загрязненного слоя почвы.

Применяя такие агротехнические приемы, как известкование, внесение минеральных и органических удобрений, можно на разных (особенно начальных) стадиях производства свести к минимуму вероятность накопления тяжелых металлов в вырабатываемой продукции.

Пестициды. Под пестицидами обычно понимают химические средства сдерживания, регуляции, защиты и борьбы с вредными организмами в сельском, лесном хозяйстве и здравоохранении. В настоящее время используют более 1000 веществ в качестве пестицидов. Несмотря на то, что сельскохозяйственное производство нуждается в применении пестицидов, их использование наносит ущерб окружающей среде.

Большая часть пестицидов является *ксенобиотиками*, т.е. веществами, чуждыми природе. Только 1-3% применяемых пестицидов действует на организм-мишень, остальное количество распространяется в окружающей среде и включается в пищевые цепи. При этом может происходить *биоаккумуляция* – многократное увеличение концентрации пестицида при продвижении его по пищевым цепям. Так, например, концентрация ДДТ изменялась следующим образом: вода в озере Мичиган (0,001 мг/л) – жир рыб (3.5 мг/кг) – жир чаек (100мг/кг) – жир человека 3-113 мг/кг. Более половины примененного ранее ДДТ циркулирует в биосфере.

Под действием живых организмов и абиотических факторов среды происходит *биотрансформация* – изменение химических свойств пестицидов. При этом возможны *детоксикация* – потеря токсичности, а также *токсификация* – увеличение токсичности (например, у гербицида атразина).

Помимо биоаккумуляции и токсификации неблагоприятное действие пестицидов проявляется в следующем:

- накопление в объектах окружающей среды;
- появление устойчивых к пестицидам форм вредных организмов;
- гибель некоторых полезных организмов, уменьшение биоразнообразия и устойчивости природных экосистем;
- отдаленные последствия, связанные с патологическим и мутагенным действием на живые организмы.

Особую опасность представляет смыв пестицидов в водоемы (от 30 до 70%). При этом нарушается функция размножения животных, происходит их массовая гибель. Попадая в почву, пестициды воздействуют на почвенную биоту (микрорганзизмы, червей, и др.). Изменение почвенного биоценоза может приводить к подавлению почвообразовательного процесса и деградации почв.

Хлорорганические пестициды в течение нескольких десятилетий занимали одно из первых мест по масштабам использования в сельском хозяйстве. Они устойчивы к высокой температуре, солнечной радиации, действию сильных кислот и щелочей. Характеризуются прочностью образуемых химических связей, слабой растворимостью в воде. Эти свойства определяют длительное сохранение препаратов в окружающей среде (период полураспада в почве 10-15 лет), способность циркулировать в природе и распространяться на большие расстояния, загрязняя природные компоненты.

При распаде пестицидов в растениях могут образовываться различные соединения (метаболиты), вступающие в реакции нитрозирования. Об этом свидетельствует обнаружение в растительных тканях N-нитрозосимазина и N-нитрозоатразина, представляющих канцерогенную опасность. Хлорорганические соединения и препараты диоксинового синтеза, которые сохраняются длительное время в почве, могут попадать в цепи питания человека и животных. В связи с этим необходимо нормирование содержания стойких пестицидов не только в пищевых продуктах, но и в почвах. Если содержание пестицидов в почве выше ПДК, то некоторые культуры (морковь, петрушка, картофель) не рекомендуется выращивать на данном поле, поскольку часть препаратов может накапливаться в товарной части урожая.

Диоксины. Опасность диоксинов как веществ, относящихся к разряду супертоксикантов, в конце 70-х гг. XX в. приобрела общепланетарные масштабы. Угрозу человечеству от этой группы веществ можно сравнить с последствиями применения ядерного оружия. Особо опасны для окружающей среды и человека, главным образом, тетразамещенные диоксины. Они входят в состав пестицидов комплексного действия в качестве микропримеси. Наиболее важные химические характеристики диоксинов – чрезвычайная стабильность в сильноокислых и щелочных растворах, высокая устойчивость к окислителям. Диоксины прочно связываются с частицами почвы, поэтому плохо вымываются дождями. Однако их подвижность резко снижается с увеличением содержания в почве органического вещества. Диоксины концентрируются в основном в верхнем 15-сантиметровом слое почвы, а наибольшее их количество находится на глубине 5-10 см.

Источники образования диоксинов и пути проникновения их в неживую и живую природу весьма разнообразны. Диоксины имеют исключительно техногенное происхождение. Их появление в окружающей среде связано в первую очередь с производством и использованием хлорорганических соединений и утилизацией их отходов. В воздушную среду диоксины попадают с

дымом при сжигании промышленных и бытовых отходов, а также с выхлопными газами автомобилей. С воздушными массами они переносятся на значительные расстояния и могут быть причиной глобального загрязнения.

Диоксины концентрируются наиболее активно в организме рыб и дойных коров. С рыбной продукцией, молоком и мясом они попадают в организм человека.

Регуляторы роста растений – химические соединения с высокой биологической активностью. Их применяют в небольших количествах (от миллиграммов до нескольких граммов на 1 га), чтобы повлиять на рост, развитие и жизнедеятельность растений, облегчить уборку урожая, улучшить его качество и сохранность и т.д.

Регуляторы роста подразделяются на природные и синтетические.

Природные регуляторы – это соединения, присущие растениям и выполняющие роль фитогормонов (абсцизовая кислота, ауксины, гиббереллины, цитокинины, этилен и др.). Названные соединения не опасны для человека, поскольку в процессе эволюции у него выработались механизмы их биотрансформации. К сожалению, возможность получения естественных регуляторов роста растений в требуемых объемах ограничена из-за трудностей в синтезе и высокой стоимости, поэтому наибольшее применение получили синтетические вещества.

Синтетические регуляторы роста производят химическим или микробиологическим путем. В основном они являются малостойкими веществами с периодом полураспада около 1 мес.

Степень опасности большинства искусственных регуляторов роста для растительных и животных организмов практически не изучена. Отсутствует систематизированная информация о механизме действия данных препаратов на растения и животных. Между тем установлена способность накопления некоторых регуляторов в организме.

Регуляторы роста растений представляют опасность для человека, поэтому необходимо создание таких технологий, которые исключали бы попадание этих веществ в продукты питания.

Лекарственные средства. Пищевые продукты могут загрязняться различными лекарственными веществами, применяемыми для лечения и профилактики заболеваний животных, регуляции беременности, улучшения усвояемости кормов, ускорения роста, сохраняемости продуктов и пр. Некоторые из этих веществ могут достаточно долго находиться в продуктах животноводства и попадать в организм человека, представляя угрозу для здоровья.

Особенно опасны антибиотики, нитрофураны, сульфаниламидные, гормональные препараты.

Остатки антибиотиков в пищевых продуктах могут вызвать аллергические реакции, дисбактериоз, подавление ферментов.

Замечено, что чем чаще применяют разнообразные антибиотики, тем менее эффективно они действуют. Увеличение числа устойчивых штаммов микроорганизмов прямо пропорционально повышению числа антимикробных средств. Перспектива – поиск соединений, способствующих образованию антимикробных веществ.

Продукты жизнедеятельности вредителей, афлатоксины и другие микотоксины.

Продукты жизнедеятельности вредителей. Вредители не только снижают продуктивность сельскохозяйственных культур, но и существенно ухудшают качество урожая. При этом изменяются химический состав и вкусовые свойства продуктов питания.

Вредители причиняют прямой и косвенный ущерб.

К *прямому ущербу* относятся потери массы продукции, ухудшение ее качества, снижение посевных качеств семенного материала, загрязнение продуктами жизнедеятельности, в том числе экскрементами.

Косвенные повреждения связаны с тем, что вредители могут вызывать самосогревание зерна и перемещение влаги в зерновой массе. Вредители способствуют распространению микрофлоры, иногда переносят возбудителей болезней человека или сами вызывают болезни человека и животных.

Гусеницы плодовой гнили, поражая плоды яблони, выделяют экскременты, в составе которых содержатся вещества, обладающие канцерогенным действием. Эти вещества называют *инсектотоксинами*. *Инсектотоксиканты* – продукты жизнедеятельности вредителей, выделяемые ими при поражении растений и обладающие токсическим (канцерогенным) действием на человека и животных.

Амбарный долгоносик поражает зерно ржи, пшеницы, ячменя, кукурузы и продукты ее переработки. Поврежденное зерно непригодно для употребления в пищу, так как может вызывать расстройство органов пищеварения, воспаление кишечника.

При поражении зерна малым мучным хрущачом мука становится комковатой, приобретает неприятные вкус и запах. Такая мука вредна для человека и животных и подлежит уничтожению.

Личинки зернового точильщика проникают внутрь зерновки, развиваются там, выделяют экскременты. При сильном заражении в зерновой массе накапливается много фекальной пыли, которая имеет медово-плесенный запах, характерный для заражения зерна точильщиком. Зерновой точильщик повреждает зерно пшеницы, риса, овса, ржи, сорго, кукурузы и гречихи.

Среди известных микотоксинов лучше всего изучены *афлатоксины* – токсины, которые накапливаются в тканях или органах отдельных видов растений, особенно произрастающих в тропическом поясе. Микотоксины представляют собой пятичленное многоядерное гетероциклическое соединение. Грибные токсины в большинстве своем – яды экзогенного действия, т.е. выделяются и находятся в субстрате, на котором растет гриб, а не в структуре гриба. Они обладают очень высокой устойчивостью к нагреванию, длительному ультрафиолетовому облучению; некоторые устойчивы к действию кислот и щелочей.

Микробные токсины вредны для клетки уже в незначительных концентрациях. ПДК их составляет 0,5 мкг/кг. Между тем встречаются штаммы грибов, продуцирующие токсины в концентрации 40 000 мг/кг. Механизм действия микотоксинов заключается в блокировке жизненно важных аминокислот (аланина, тирозина, триптофана) и образовании аминосоединений (аминов). Последние даже в незначительных количествах могут сильно воздействовать на кровеносные сосуды. У растений под влиянием токсичных веществ гриба теряется тургор, обесцвечиваются листья, отмечается побурение сосудов и ухудшаются обменные процессы. Микотоксины – это плазматические яды.

В организм человека микробные токсины могут попадать с продуктами питания растительного и животного происхождения (причем последние менее опасны в связи с распадом и частичной инактивацией ядов в организме животных). Остаточные количества микотоксинов в продуктах вызывают канцерогенный и мутагенный эффекты. И «чистота» этих продуктов определяется свойствами почвы, ее самоочищающей и буферной способностями, которые в значительной степени зависят от содержания гумуса, кислотности почвы, гранулометрического и минералогического составов, окислительно-восстановительных условий, плотности почвы.

7.2 Факторы, определяющие накопление поллютантов в продукции

Оценивая *основные почвенно-экологические факторы*, определяющие безопасность сельскохозяйственной продукции, необходимо принимать во внимание следующее.

Гумус в почве выполняет ряд экологических функций. Обладая высокой сорбционной способностью, гумусовые вещества образуют с токсикантами (например, с тяжелыми металлами) малоподвижные соединения и тем самым предотвращают поступление токсикантов в сельскохозяйственные продукты. Так, гуминовые кислоты почвы, содержащей 4 % гумуса, могут связать (в расчете на 1 га): 17 929 кг железа, 4500 кг свинца, 1517 кг меди, 1015 кг цинка, 913 кг марганца.

Гумус не только сорбирует вещества, но и активизирует почвенную биоту, нормализует структуру микробного ценоза, блокирует таким образом появление микотоксинов и загрязнение ими продуктов питания.

В связи с этим на почвах подзолистого типа, бедных органическим веществом, опасность загрязнения сельскохозяйственной продукции значительно выше, чем на черноземах.

Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции зависит и от *кислотности почвы* (рН), влияющей на растворимость токсикантов и их поступление в растения. В почвах, имеющих реакцию, близкую к нейтральной, опасность загрязнения сельскохозяйственной продукции (например, тяжелыми металлами) снижается. При увеличении же кислотности, как и щелочности, растворимость тяжелых металлов возрастает, и миграция их в растения увеличивается. Как и гумус, рН почвы влияет на структуру микробного ценоза, снижая или повышая опасность микотоксинового загрязнения пищевых продуктов. Учет фактической кислотности почв при размещении сельскохозяйственных культур и ликвидация избыточной кислотности с помощью известкования очень важны для получения безопасной продукции.

Гранулометрический и минералогический составы почвы влияют на емкость катионного обмена, что обуславливает различную подвижность токсикантов, а следовательно, разную степень поступления их в сельскохозяйственную продукцию. Так, на почвах тяжелого гранулометрического состава, имеющих большую площадь поверхности частиц, емкость катионного обмена выше, что уменьшает подвижность токсиканта и поступление его в пищевые продукты.

Сельскохозяйственная продукция, выращенная на почвах, в состав которых входят *минералы с невысокой емкостью катионного обмена* (например, каолиниты), легче загрязняется токсикантами, чем выращенная на почвах, представленных *минералами монтмориллонитовой группы*.

На *переувлажненных почвах* (глееватых, глеевых) увеличивается опасность загрязнения сельскохозяйственной продукции токсикантами (тяжелыми металлами) вследствие увеличения их подвижности. Избыток воды в почве

способствует появлению в ней металлов с низкой валентностью в более растворимой форме. Использовать для выращивания сельскохозяйственных культур почвы с нарушенным гидрологическим режимом следует только после мелиоративных работ.

Уплотнение почвы увеличивает подвижность токсикантов (тяжелых металлов), что делает опасным выращивание сельскохозяйственных культур.

Определенную роль в вопросах «здоровья» почвы, а следовательно, качества выращиваемой сельскохозяйственной продукции, играют населяющие почву живые организмы, особенно микробиота. При попадании токсикантов в почву их дальнейшая судьба зависит от активности и структуры микробных ценозов, которые определяют самоочищающую способность почвы. Эта способность тесно взаимосвязана с рассмотренными ранее почвенно-экологическими факторами.

Таким образом, сохранение и увеличение содержания гумуса в почве, оптимизация почвенной кислотности и разуплотнение почвы – важные условия получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

7.3 Основные пути предотвращения и снижения загрязнения сельскохозяйственной продукции.

Приемы снижения негативного действия токсикантов.

Значительные площади наиболее загрязненных почв на многие годы безвозвратно выпали из сельскохозяйственного оборота. Однако многолетние исследования, отечественный и зарубежный опыт позволяют рекомендовать производству достаточно выверенные приемы, обеспечивающие полную или частичную рекультивацию загрязненных почв. Это химическая, физико-химическая и биологическая мелиорация, а также специальные агротехнические мероприятия.

Использование в качестве мелиорантов известковых материалов, калийных удобрений и других химических средств дает возможность:

- • довести реакцию среды (рН почвы) до уровня, когда подвижные соединения тяжелых металлов, радиоактивных элементов и других токсикантов переходят в недоступную или менее доступную для сельскохозяйственных растений форму;

- создать в почвенном растворе повышенную концентрацию элементов-антагонистов (например, калия, фосфора, кальция и др.) и таким образом сократить поступление токсичных элементов в выращиваемые растения;

- • в результате химической реакции в почвенном растворе перевести токсичные соединения в менее опасные формы.

Физико-химическая мелиорация основана на способности различных мелиорантов адсорбировать токсичные элементы и удерживать их на поверхности или в структуре кристаллической решетки, что в значительной степени блокирует поступление токсикантов в сельскохозяйственные растения. К таким мелиорантам относятся активированный уголь, цеолиты, монтмориллониты, вермикулит и т.д. Примером физико-химической мелиорации может служить использование ионитов, действие которых заключается в обмене ионов нетоксичных элементов (веществ) на токсичные.

Сложилось несколько направлений *биологической рекультивации*. Среди них выращивание растений – концентраторов токсичных веществ (ежа сборная, волоснец песчаный, гречиха сахалинская и т.д.). С помощью этих растений можно извлекать токсиканты из почвы. Повышение биологической активности почвы в результате внесения органических удобрений, известкования, разуплотнения почвы способствует переводу более токсичных соединений в менее токсичные.

Специальные агротехнические мероприятия включают удаление или глубокую заделку загрязненного слоя, землевание и др.

Использование достижений биотехнологии. Среди новых направлений биотехнологии, способствующих получению экологически безопасной продукции, следует отметить применение микробиологических удобрений, промышленную переработку бытовых отходов, индустриальную технологию компостирования отходов животноводства – технологию переработки экскрементов с использованием навозной мухи, переработку отходов для получения биогаза и экологически чистых органических удобрений и др.

Организация производства и рациональное использование биопрепаратов в перспективе дадут возможность повысить продуктивность основных сельскохозяйственных культур в среднем на 20-25 %, обеспечить получение продукции более высокого качества, сократить период вегетации возделываемых растений на 15-25 %, повысить рентабельность производства. Кроме того, как показывают результаты исследований, применение микробных инокулянтов позволит экономить до 50-60 кг азотных удобрений на 1 га, значительно уменьшить применение пестицидов и т.д. Все это в конечном итоге весьма существенно для формирования и развития процессов экологизации сельскохозяйственного производства.

8. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВА

8.1 Понятие об адаптивно-ландшафтной системе земледелия

Адаптивно-ландшафтная система земледелия включает в себя дифференциацию земледелия применительно к различным экологическим условиям, адаптацию к разным уровням интенсификации производства, хозяйственным особенностям и рыночным отношениям.

Термин «*адаптивная*» означает адаптированность системы земледелия ко всему комплексу условий в пределах агроэкологических типов земель (т.е. участков, однородных по условиям возделывания культуры или группы культур с близкими агроэкологическими требованиями), приемы обработки почвы, посева дифференцированы в соответствии с элементами мезорельефа, а организация территории осуществляется с учетом структуры ландшафта.

Переход к ландшафтно-экологическим системам земледелия создает условия для экологически безопасного и экономически целесообразного использования природных и антропогенных ресурсов с целью получения экологически чистой или безопасной продукции.

Для прогнозирования процессов развития и формирования агроландшафтов во времени необходимо иметь дополнительную информацию по растениеводческим и агротехническим показателям: структуре агроландшафта и сельскохозяйственных угодий; противоэрозионной почвозащитной организации территорий; системе севооборотов; видам возделываемых культур; принятой системе основной обработки почвы; технологии возделывания сельскохозяйственных культур, включая систему удобрения и защиты растений; соблюдению принципа экологической безопасности реализуемых приемов; использованию таких совокупностей или комплексов агрономических приемов, которые дают синергический эффект.

Исходя из этого в современных системах земледелия теоретически правильно и практически необходимо рассматривать почву и растение как единое целое, как основной фактор, определяющий эффективность всей системы.

В основе разработки ландшафтно-экологических систем земледелия должны лежать принципы, следование которым обеспечит условия для расширенного воспроизводства плодородия почв и устойчивое ведение отрасли.

Принцип экологичности заключается в умении земледельца управлять поступающей энергией солнца путем различных методов воздействия на почву и растения с целью увеличения использования ее растениями.

Принцип экологичности систем земледелия подразумевает рациональное использование природных ресурсов и их воспроизводство, сохранение среды обитания живых организмов как саморегулирующейся и саморазвивающейся

системы.

Принцип энергопоглощающей способности тесно связан с энергоемкостью. Любая система земледелия способна поглощать и трансформировать прямо или косвенно в органическое вещество лишь ограниченное количество энергии, поступающей в данный агроландшафтный комплекс (энергия солнца, осадков, привносимого органического вещества, механического воздействия на почву, минеральных удобрений, пестицидов и др.). Чрезмерное, свыше экологической способности, насыщение системы энергией приводит не только к непроизводительным тратам ресурсов, но и к существенному сбою в работе самой системы, а следовательно, к снижению прибыли и рентабельности производства. Прежде чем проектировать уровень интенсификации любой рациональной системы земледелия или рекомендовать ее для отдельной культуры, необходимо обладать четкими знаниями об энергопоглощающей способности естественных фитоценозов в целом за вегетацию или в отдельные ее периоды.

Принцип целостности подразумевает наличие в структуре системы земледелия необходимых для эффективного функционирования элементов (звеньев), которые находятся во взаимосвязи друг с другом и представляют собой единое целое.

Принцип дифференциации предусматривает разработку систем земледелия в зависимости от климатических условий ландшафта, материального обеспечения (интенсивности) и специализации хозяйства, спроса и предложения продукции и сырья на рынке.

Принцип адаптивности указывает на то, что все элементы систем земледелия должны соответствовать природным и организационно-экономическим условиям хозяйства (быть приспособлены к конкретным условиям ландшафта, традициям и опыту земледелия). Принцип предполагает необходимость обоснования соотношения сельскохозяйственных угодий (пашня, сенокосы, пастбища, залежь, многолетние насаждения) и способа их использования по элементам ландшафта.

Принцип экономической и экологической эффективности. Эффективность систем земледелия определяется уровнем продуктивности сельскохозяйственных культур, валовым сбором различных видов продукции и ее качеством, ресурсозатратами на производство единицы продукции, а также степени реализации потенциально возможной урожайности культур.

На всей территории землепользования хозяйства проводят землеустроительные работы, проектируют систему севооборотов, являющихся организационно-технологической основой систем земледелия. Воспроизводство плодородия почвы и поддержание экологического равновесия осуществляются в

основном при помощи различных технологий возделывания сельскохозяйственных культур: почвозащитные севообороты, внесение удобрений (органического вещества или NPK) с учетом простого или расширенного воспроизводства, почвозащитная обработка почвы, интегрированная защита растений и др.

Системы земледелия должны строиться таким образом, чтобы производство гумуса в почвах не требовало специальных затрат, а было результатом мероприятий по повышению продуктивности агроценозов и защите почв от различных видов деградации.

8.2 Принципы почвенно-экологического макро-, мезо- и микрорайонирования территории

Сельскохозяйственное производство требует четкого деления земельной территории, где почвы и климат являются важными и незаменимыми факторами формирования урожайности сельскохозяйственных растений и в целом развития отрасли.

Агроэкологическое районирование территории – один из главных принципов экологизации территории.

Он предполагает оптимальное размещение культур и сортов как в масштабе всего региона (макрорайонирование), так и в масштабах области (мезо-) и хозяйства (микрорайонирование).

Основными принципами районирования территории являются:

1. Дифференцированное использование земли и видов растений. Правильный выбор возделываемых видов растений.
2. Комплексный подход к анализу всех факторов возделывания сельскохозяйственных культур в агроценозе.
3. Уменьшение антропогенной нагрузки на окружающую среду.
4. Выделение агроэкологических территорий по степени риска возделывания той или иной культуры.
5. Экологическая оценка возделывания той или иной культуры.
6. Социальный заказ – учет количества продуктов, необходимого для населения.

8.3 Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур

Оценка сельскохозяйственных культур должна учитывать не только экологические требования растений с позиции их метаболизма, но и требования, связанные с технологическими особенностями их возделывания и влиянием на окружающую среду.

Требования растений к теплообеспеченности и температурному режиму. Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур начинается с установления длительности вегетационного периода. Общая оценка потребности растений в тепле дается по сумме активных температур (выше 10 °С) за период вегетации. Эта характеристика может очень сильно различаться не только у культур, но и у разных сортов одной и той же культуры. Потребность в тепле рассчитана практически для всех сельскохозяйственных растений, их сортов и гибридов.

Холодоустойчивость – способность растений длительное время переносить низкие положительные температуры (от 1 до 10 °С) без необратимого повреждения.

Морозоустойчивость – способность растений переносить температуру ниже 0°С. Морозоустойчивость складывается из способности растений замедлять замерзание путем экранирования от охлаждения, понижения точки замерзания и устойчивости протоплазмы к дегидратации при замерзании.

Жароустойчивость растений означает способность переносить жару без необратимого повреждения. Жароустойчивость складывается из способности протоплазмы выдерживать экстремально высокие температуры и способности избегать повреждений экранированием и отражением лучей, теплоизоляцией, охлаждением в результате транспирации.

Отношение растений к свету. Физиологическое воздействие света на растения проявляется прямо (через фотосинтез) и влияет косвенно на рост и развитие. Скорость фотосинтеза определяется интенсивностью падающего света, температурой, которая влияет на ферментативные процессы фиксации CO₂, и концентрацией CO₂ в тканях. Рост и развитие растений, помимо интенсивности и спектрального состава света, зависят от продолжительности светового и темного периодов. Недостаток света может привести к голоданию и гибели растения, а избыточная освещенность нередко оказывается причиной солнечного ожога.

Отношение растений к влагообеспеченности. Растения: извлекают воду из почвы до тех пор, пока сосущая сила корешков; может конкурировать с сосущей силой почвы. Поглощение воды происходит тем интенсивнее, чем больше всасывающая поверхность «присной системы и чем легче корни и почвенная влага приходят в соприкосновение друг с другом.

В условиях недостаточного увлажнения продуктивность сельскохозяйственных растений определяется их *засухоустойчивостью*, т. е. способностью переносить значительное обезвоживание клеток, тканей и органов.

Требования растений к физическим условиям почв, их сложению и структурному состоянию. Проявление этих условий в значительной мере зависит от гумусового состояния почв, гранулометрического и минералогического состава, мощности пахотного слоя, степени окультуренности. Количественно измерить отношение различных культур к этим условиям не всегда возможно.

Традиционно при оценке требований культур к физическим условиям почв основное внимание уделялось отношению их к гранулометрическому составу. Долгое время он использовался в качестве интегральной характеристики физических свойств почв.

Большинство растений отличается экологической приуроченностью к определенным категориям почв, а для некоторых она весьма специфична. Например, наряду растениями, приуроченными к песчаным местообитаниям (житняк сибирский, кумарчик песчаный, саксаул, овес песчаный, сосна и др.) существует группа растений, которые не выносят песчаных почв (кукуруза, слива, вишня, ель, дуб и др.).

Потребность растений в элементах питания и характер их потребления. Интенсивность усвоения минеральных элементов имеет периодичность и может различаться по фазам роста и развития в несколько раз. Например, ячмень потребляет минеральные элементы в основном в период от кущения до выхода в трубку, у пшеницы период потребления несколько более растянут, у свеклы максимальное потребление в середине вегетации, у проса – перед выметыванием, у плодовых деревьев наблюдается два периода интенсивного усвоения элементов питания: рано весной (распускание цветковых почек, цветение, образование листового аппарата) и осенью, после затухания роста и съема плодов, что связано с осенним ростом корней и закладкой плодовых почек.

Возможности потребления минеральных элементов растениями из почвы связаны с особенностями развития корневых систем, способностью извлекать питательные вещества из труднодоступных форм. Последний признак, помимо мощности корневой системы, зависит от специфической ее способности непосредственно воздействовать на почвы корневыми выделениями. Количественные оценки развития корневых систем растений в определенной мере отражают их отношение к плодородию почвы. Например, корневая система у овса сильнее, чем у ячменя, у озимой ржи сильнее, чем у озимой пшеницы. Соответственно пшеница более требовательна к плодородию почвы, чем рожь, а ячмень требовательнее овса. Разумеется, эта связь сильно корректируется рядом других факторов.

Отношение растений к реакции почвы. Различные растения имеют неодинаковый интервал рН, благоприятный для их роста и развития, и обладают

разной чувствительностью к отклонению реакции от оптимальной. В этом отношении они разделяются на несколько групп:

1. Наиболее чувствительны к кислотности: хлопчатник, люцерна, эспарцет, сахарная, столовая и кормовая свекла, конопля, капуста. Они хорошо растут только при нейтральной или слабощелочной реакции (рН 7-8) и очень сильно отзываются на внесение извести даже на слабокислых почвах.

2. Чувствительны к повышенной кислотности: ячмень, яровая и озимая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, кормовые бобы, клевер, подсолнечник, огурцы, лук, салат. Они лучше растут при слабокислой или нейтральной реакции (рН 6-7) и хорошо отзываются на известкование не только сильнокислых, но и средне-кислых почв.

3. Слабочувствительны к повышенной кислотности: рожь, овес, просо, гречиха, тимopheевка, томат, редис, морковь. Эти культуры могут удовлетворительно расти в широком интервале рН, при кислой и слабощелочной реакции (рН 4,5-7,5), но наиболее благоприятна для их роста слабокислая реакция (рН 5,5-6,0).

4. Лен и картофель нуждаются в известковании только на сильнокислых почвах. Картофель малочувствителен к кислой реакции и хорошо растет на кислых почвах. Для льна характерен узкий интервал оптимальной реакции. Он чувствителен и к повышенной кислотности почвы, и к щелочной реакции. Наиболее благоприятны для его роста слабокислые почвы (рН 5,5-6,0).

5. Люпин синий и желтый, сераделла, чайный куст лучше растут на кислых почвах (рН 4,5-5,0) и плохо – при щелочной и даже нейтральной реакции. Эти культуры чувствительны к избытку водорастворимого кальция в почве, особенно в начале роста, поэтому отрицательно реагируют на повышенные нормы извести.

Солеустойчивость растений. Под солеустойчивостью понимают устойчивость растений к избыточной концентрации солей в почвенном растворе, которые повышают его осмотическое давление, затрудняя тем самым поступление воды в растение, и оказывают в той или иной мере токсическое действие на протоплазму. В результате нарушаются процессы ассимиляции, дыхания, минерального питания.

Из однолетних культур горчица более устойчива к сильному засолению. Близкую и довольно высокую устойчивость к солонцеватости и засоленности почв проявляет ячмень. Пшеница, характеризуясь средней устойчивостью к засолению почв, плохо переносит солонцеватость. Суданская трава к солонцеватости почв более устойчива, чем к повышенному засолению и может быть рекомендована для почв с умеренной солонцеватостью. Низкую устойчивость

к засолению и солонцеватости почв проявляет сорго.

Отношение растений к фитосанитарным условиям почвы. Сельскохозяйственные культуры характеризуются различной – устойчивостью к болезням и склонностью к поражению вредными организмами, специфическим отношением к определенным сорнякам, имеют специфических вредителей. До сих пор нет стройной системы оценки культур и сортов в данном отношении, хотя довольно обширная литература, в том числе многочисленные справочники, позволяют это сделать в том или ином приближении.

Влияние рельефа на растения. Влияние на растения относительной высоты, экспозиции и крутизны склонов проявляется не прямо, а косвенно, через перераспределение агроклиматических ресурсов. В связи с изменением условий инсоляции, ветрового режима, перераспределением воды и тепла продуктивность растений на разных элементах рельефа может отличаться в несколько раз. Даже в пределах равнин в условиях холмистого рельефа при разности высот порядка 20-100 м и крутизне склонов 2-7° отмечаются существенные различия в росте и развитии растений.

8.4 Агроэкологическая оценка земель

Агроэкологическая группировка земель – это условное объединение земель в категории, группы, отражающее их свойства и качество, для конкретного совместного пользования с учетом природно-экологических и социально-экономических условий.

Применительно к территории Беларуси все пахотные и пахотно-пригодные земли объединены в 5 групп.

1-я группа – пахотные земли универсального назначения. К ним относятся незероэродированные земли, расположенные на дренированных водоразделах и на склонах крутизной до 3°. Эта группа объединяет супесчаные, легко- и средне-суглинистые почвы на карбонатных и бескарбонатных отложениях. Рельеф и почвенно-агрохимическая характеристика дают возможность возделывать все районированные культуры

2-я группа – пахотные земли, имеющие агрофизические и физико-химические свойства, которые исключают возделывание отдельных районированных культур. Эта группа объединяет тяжелосуглинистые и глинистые почвы, включая слабодренированные, кратковременно переувлажненные, каменистые.

3-я группа – пахотные земли, расположенные на склонах с уклонами 3-5°, преимущественно со слабо- и среднесмытыми почвами. На них исключается возможность выращивания пропашных культур и размещения паров. На таких

землях размещают группы культур, обладающих почвозащитными свойствами (культуры сплошного сева: озимые и яровые зерновые, зернобобовые, однолетние и многолетние травы, смешанные посевы зерновых культур, пожнивные посевы озимых культур и др.).

4-я группа – пахотные земли ограниченного использования. В нее объединяются земли, расположенные на склонах с уклоном 5-8°, преимущественно со средне- и сильносмытыми почвами. На них возделывают группы культур, обладающие средними и высокими почвозащитными свойствами (зерновые, однолетние и многолетние травы), с применением специальных приемов почвозащитной технологии обработки почв.

5-я группа – малопригодные пахотные земли, расположенные на склонах с уклоном более 8°. Это в основном средне- и сильносмытые почвы и комплексы смыто-намытых почв, а также почвы с неудовлетворительными физико-механическими и агрохимическими свойствами для большинства районированных культур, имеющие неблагоприятный водный режим и технологические свойства. Размещаются почвозащитные севообороты с 75 % насыщением многолетних трав.

8.5 Экологическое землеустройство

В комплексе мер по созданию рациональных агроландшафтов важная роль принадлежит землеустройству, в процессе которого проводят организацию территории с учетом региональных природно-экономических особенностей.

Проектирование рабочих участков, полей осуществляют в пределах агроландшафтных контуров, полос и массивов. Важным элементом при устройстве территории пашни является расчет ширины и длины рабочих участков и полей.

Форма организации территории может быть как прямоугольной – в условиях равнинного рельефа, как и непрямоугольной (контурная, контурно-полосная, контурно-мелиоративная) – в условиях сложного рельефа.

Необходимо особо выделить почвозащитно-мелиоративную устроенность агроландшафта, включающую противозерозионную организацию землепользования, специальные приемы механической обработки почвы, гидромелиоративные сооружения, почвозащитные севообороты.

При рациональном использовании земельных угодий следует дополнительно принимать во внимание следующие специфические положения:

- максимальный учет влияния степени смытости почв на урожайность сельскохозяйственных культур;
- наиболее полное использование почвозащитной роли отдельных культур

и их биологических особенностей;

- недопустимость нахождения почвы в течение продолжительного времени на территории, не занятой растениями или растительными остатками;

- запроектированные поля и рабочие участки должны обуславливать движение почвообрабатывающих, посевных и других агрегатов поперек склона или по диагонали местности; дифференцированное использование каждого земельного участка – элемента агроландшафта с учетом степени эродированности почв.

Выбор организации территорий землепользования зависит от конкретных условий ландшафта. В пределах одного крупного хозяйства могут быть использованы различные ее формы.

8.6 Организация эколого-контурных севооборотов

При возделывании сельскохозяйственных культур на одном и том же месте происходит почвоутомление.

Почвоутомление связано в свою очередь с односторонним выносом элементов питания, образованием эпифитотии, корневыми выделениями культурных растений и сорняков. В результате происходит резкое снижение продуктивности культуры в 1,5-2 раза.

Предотвратить почвоутомление помогает севооборот.

При построении схем севооборотов следует учитывать плодосменность, совместимость и самосовместимость, специализацию, уплотненность, противозерозионную устойчивость культур, экономическую и биологическую целесообразность.

Агроландшафты с техногенным загрязнением в севообороты не включают. Система севооборотов должна быть оптимизирована по количеству и размеру полей. Это зависит от свойств агроландшафтов, входящих в землепользование хозяйства, размеров обособленных земельных участков, специализации хозяйства, форм организации труда, наличия сельскохозяйственной техники, оптимального числа лет возврата культуры на прежнее место.

На однородных по технологическим качествам и уровню почвенного плодородия агроландшафтах организуют севообороты со сплошным размещением полей. На ландшафтах со сложным рельефом, различным уровнем плодородия почв и влагообеспеченности севообороты располагают разбросным способом по территории землепользования, формируя рациональные сочетания био- и агроценозов.

Актуальным для борьбы с почвоутомлением является создание контурно-экологического севооборота, который учитывает почвенную пестроту и др.

факторы. Важным моментом при создании таких севооборотов является выделение экологически однородных участков, необязательно имеющих прямоугольную форму.

При создании контурно-экологических севооборотов необходимо учитывать:

1. Экспозицию склона (уклон почвы д.б. близким и разница в высотах на участках не должна превышать 30 метров)
2. Почвы д.б. с близким механическим составом, близким уровнем почвенного плодородия и степени эрозии
3. Одинаковая степень мелиоративной устроенности
4. Единый водный баланс участка.

По мнению академика А.А.Жученко, при укрупненных севооборотах (100-500 га и более) значительно повышается вариабельность величины и качества урожая, переход очаговых поражений растений болезнями и вредителями к сплошному, снижается почвозащитная и фитосанитарная функции севооборота.

В настоящее время в Беларуси разработаны контурно-экологические севообороты, которые позволяют наиболее полно учитывать почвенные условия для возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры. В институте "Белгипрозем" разработаны такие севообороты для 55 районов республики, в первую очередь для хозяйств, в которых почвы представлены мелкими контурами и имеют большие различия по составу почвы и уровню плодородия. Такие севообороты планируется ввести в 1600-1700 хозяйствах республики.

8.7 Расширение набора культур

Из 250тыс. видов покрытосеменных растений человеком используется в настоящее время порядка 5 тысяч видов. Хотя к потенциально пригодным на пищевые цели относится около 70 тысяч видов. Наряду с расширением набора культур, задачей мирового масштаба является сохранение биологического разнообразия.

Одним из главных результатов увеличения биоразнообразия систем является их стабильность. Связь между биоразнообразием и стабильностью биологических экосистем обсуждается в многочисленных исследованиях. Чарльз Элтон в 1958 году одним из первых предположил, что более разнообразные системы являются более устойчивыми, сделав это заключение исходя из следующих наблюдений:

- 1) вспышки вредителей более обычны в сельскохозяйственных монокультурах, чем в различных естественных экосистемах;

2) леса умеренного пояса, для которых характерно невысокое биоразнообразие – менее устойчивы к вспышкам вредителей, чем тропические леса;

3) популяции животных с низким биоразнообразием подчинены циклическим колебаниям численности, не наблюдаемым в биотах с более высоким разнообразием;

4) сообщества с низким биоразнообразием (типа океанических островов) – менее устойчивы к инвазии других видов.

Одним из основных принципов устойчивого развития сельского хозяйства является сохранение и рациональное использование биоразнообразия для построения устойчивых агроэкосистем. Для этого необходимо:

- Сохранение и изучение местной флоры в генетических коллекциях, создание банка генов;

- Интродукция новых растений для испытания их в республике;

- Создание новых культур на основе методов генной инженерии;

- Расширение спектра возделываемых культур;

- Замена монокультур поликультурами (возделывание на одном поле двух или более культур);

- Создание систем сортов, различающихся по скороспелости для повышения устойчивости урожая культуры и лучшей организации уборки;

- Создание многолинейных сортов.

В настоящее время в Беларуси производится инвентаризация генетических коллекций культурных растений для более рационального их применения.

8.8 Поликультура как метод повышения продуктивности и устойчивости агроценоза

Важным направлением использования биоразнообразия являются смешанные посевы (поликультура).

В 1978 году D. Kass первый предложил использовать термин «поликультура» для множества вариантов возделывания смесей, имеющих место в практике сельского хозяйства. В определении он указал, что это совместные одновременные посевы двух или более культур или сортов на одной площади.

Наиболее распространенным примером смешанных посевов может служить культура многолетних и однолетних травосмесей, часто состоящих из двух и более компонентов. Например, посев вики с овсом.

В настоящее время возделыванием поликультур, вероятно, занимаются на более чем 50% площадей всех сельскохозяйственных земель, а их использование дает по различным оценкам около 20% от всей получаемой в мире растительной продукции. Смешанные посевы распространены во всех частях мира,

но наиболее широко в тропических областях: Африка, Азия, тропическая Америка, особенно в тех регионах, где фермеры имеют небольшие участки земли и испытывают недостаток средств для покупки удобрений, пестицидов, сельскохозяйственных орудий и машин.

В Беларуси получили распространение смеси озимых ржи и тритикале с озимой викой мохнатой, ячменя и овса с люпином узколистным или горохом и др.

Смешанные посевы имеют *следующие преимущества* перед монокультурой:

1. Лучшее использование ресурсов среды за счет различий в экологических нишах (разная высота растений, различные расположение листьев, глубина залегания корней, особенности минерального питания и др.).

2. Проявление аллелопатии – взаимного влияния организмов друг на друга посредством выделения продуктов жизнедеятельности.

3. Уменьшение развития сорняков, болезней и вредителей, меньший расход пестицидов.

4. Стабилизация продуктивности.

5. Ослабление эрозионных процессов.

Различают три типа смешанных межвидовых посевов:

- смешанное возделывание – две или более культуры возделываются одновременно без четкого размещения по рядам (клевер-тимофеевка);

- рядовой посев – одновременное выращивание двух или более культур, причем одна или несколько выращиваются рядами (кукуруза-огурец);

- ленточный посев – культуры выращиваются лентами или полосами, причем ширина полос позволяет вести уборку и обработку культур (рожь- гречиха).

Кроме этого применяется сменная смешанная, или *уплотненная культура* – это одновременное выращивание двух или более культур в течение части жизненного цикла каждой культуры. Фактически эта форма выращивания может включать в себя три вышеперечисленные, так как главной переменной величиной является время.

В отечественной агрономической литературе «уплотненные посевы» определяются как выращивание в посевах одной культуры других сельскохозяйственных растений. Чаще всего они распространены в овощеводстве. Например, посадка в междурядьях томата поздних сортов цветной капусты, в междурядьях поздней капусты – огурца, салата, зеленого лука

Наиболее часто смешанные посевы используются в луговодстве и овощеводстве.

9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

9.1 Отрицательные последствия для сельского хозяйства от применения средств механизации

Составляющие производственного цикла (вспашка, обработка почвы, посев, уборка и переработка полученной продукции) требуют оснащения высокопродуктивными, надежными, экономически и экологически оправданными машинами.

С/х техника эксплуатируется в условиях, связанных с рядом особенностей: сезонность работы, непродолжительные сроки работы, агрессия среды, огромные вибрационные и динамические нагрузки, хранение без эффективных средств консервации и защиты от коррозии.

Кроме того, при производстве с/х техники не применяются, как правило, высокопрочные металлы. Вследствие чего многие узлы и агрегаты, отработав вместо положенных 7-10 лет, выходят из строя за 2-3 года, что приводит к увеличению расхода природных ресурсов на их восстановление.

Широкомасштабное использование техники в сельском хозяйстве способствует росту производительности и эффективности труда, однако оно сопряжено с отрицательными последствиями, исключение и минимизация которых является одной из наиболее важных задач.

Ученым Вакулиным в 1996 году предложена схема негативного воздействия мобильной с/х техники на природную среду, которая включает в себя:

1) **механическое воздействие** (давление ходовых систем на почву, буксование, вибрацию почвы, воздействие рабочих органов на почву)

Последствия: переуплотнение почвы, угнетение почвенной фауны, ПБК, ухудшение водно-физических свойств почвы, нарушение корневой системы растений, водная и ветровая эрозия, усиление поверхностного стока почвы, создание плужной подошвы, повреждение растений при обработке, уничтожение жатками выводков птиц и мелких животных.

2) **химическое** (загрязнение атмосферы, почвы и воды отработанными газами, парами ГСМ, антифризом, тормозной жидкостью, сажей; эвтрофирование водоемов при мойке машин)

Последствия: накопление в воздухе почве и водоемах токсичных веществ, загрязнение продуктов питания токсикантами,

3) **акустическое** (инфразвуковое, ультразвуковое и шумовое воздействие)

Последствия: снижение продуктивности с/х животных, нарушение жизнедеятельности насекомых и диких животных (беспокоящий фактор)

4) *электромагнитное излучение* (коротковолновое и длинноволновое)

Последствия: нарушение функций нервной системы животных и человека, физиологических процессов в растениях

9.2 Физическая деградация почв и мероприятия по снижению негативного влияния переуплотнения

В условиях интенсивного ведения сельскохозяйственного производства значительно усиливается воздействие на почву ходовых систем сельскохозяйственных агрегатов. Чрезмерное уплотнение почвы, происходящее под интенсивным воздействием ходовых систем мощных тракторов, тяжелых сельскохозяйственных машин и транспортно-технических средств, стало серьезной угрозой плодородию почвы, приводит к её разрушению и является одной из причин развития эрозионных процессов.

Переуплотнение почв (сельскохозяйственной техникой) – процесс изменения сложения почвы под воздействием высоких механических нагрузок (тяжелой техникой) вследствие разрушения агрегатов и сближения почвенных частиц, приводящих к более плотной их упаковке и уменьшению порового пространства.

Неизменным спутником роста энергетической насыщенности машин является значительное увеличение их массы. Так, эксплуатационная масса трактора К-701 составляет 13,5 т, а посевного агрегата с ним и новой широкозахватной сеялкой СЗС-12, загруженной семенами более 25 т. Масса комбайна «Дон-1500» с заполненными бункерами составляет более 18 т.

Последствия уплотнения почвы:

- при уплотнении увеличивается объемная масса и снижается пористость, что сдерживает развитие корневой системы (уменьшается общая масса и проникновение вглубь не только пахотного, но и подпахотного слоев), уменьшается влагообеспеченность растений;

- происходит ухудшение водно-физических свойств почв, таких как влагоёмкость, пористость, скорость впитывания поливной воды, уменьшение водопроницаемости, снижение нитрификационной способности;

- снижается аэрация и биологические процессы;

- усиливаются поверхностный сток воды и смыв мелкоземы;

- в конечном итоге - снижение плодородия в среднем на 5-20%, а в редких случаях и более.

При разовых проходах тракторов по полю плотность почвы (чернозем типичный глубокий) может превысить $1,3-1,35 \text{ г/см}^3$ (верхняя граница оптимального уплотнения для большинства сельскохозяйственных культур), твердость – достичь допустимого предела (20 кг / см^2), содержание воздуха в пахотном слое – снизиться ниже критического уровня (15%), а водопроницаемость почвы – уменьшиться до $40-30 \text{ мм / ч}$ и ниже.

За период подготовки почвы до уборки урожая разнообразные машины проходят по полю 5-15 раз. Суммарная площадь следов ходовых систем нередко вдвое превышает площадь поля, а на поворотных полосах – в 6-20 раз. Вследствие этого резко ухудшаются такие важные для роста и развития растений свойства почвы, как плотность, твердость, воздухо- и водопроницаемость.

При взаимодействии грунтов с ходовыми системами мобильной техники (тракторов как базовых машин для бульдозеров, скреперов, грейдеров) почва деформируется. Степень этой деформации зависит от исходного ее состояния: плотности и влажности во время прохода техники, величины контактного давления на почву и кратности воздействия.

Степень деформации также зависит от времени года: установлено, что в зимнее время плотность почвы под колесами трактора увеличивается незначительно, а значит использование тяжелой техники относительно безопасно в этот период. Рассматривая почву как трехфазную систему, этот факт можно объяснить тем, что жидкая фаза – вода, которая, будучи в жидком состоянии, обволакивает поверхность твердых частиц грунта наподобие смазки, снижает трение частиц грунта между собой, при приложении нагрузки способствует уплотнению. Превратившись в лёд, вода уже не снижает силу трения, а оказывает дополнительное сопротивление. Переуплотнение почвы наиболее опасно осенью и весной, когда почва бывает сильно насыщена водой. Летом степень переуплотнения зависит от выпавшего количества осадков (засушливое или дождливое лето).

Влажность почвы в момент воздействия на нее техники является важнейшим фактором, определяющим степень уплотнения при одной и той же нагрузке. Глубина деформации, определяемая выше названными факторами, а также единичной массой техники, давлением на ось и напряжением на глубине 50 см, варьирует от 20-30 до 50-60 см. Следствием этого является снижение урожайности зерновых и пропашных культур на 15-30% (контроль – участки с оптимальным уплотнением).

Плотность почвы повышается под воздействием техники от 0,05 до 0,4 г/см^3 , то есть величина прироста плотности изменяется от 3-4% до 35-40%,

составляя в среднем 15-20%. Плотность почвы по следам движения сельскохозяйственной техники в пахотном слое составляет от 1,2-1,3 г/см³ до 1,4-1,5 и 1,5-1,6 г/см³. Нормальная (или слабая) степень уплотнённости до 1,0-1,1 г/см³, такая плотность присуща окультуренным почвам. К переуплотненным относятся почвы с плотностью: 1,3-1,5 г/см³ (средняя степень уплотнения) и 1,5-1,6 г/см³ и выше (сильная степень уплотнения).

При средней степени уплотнения снижение урожая при прочих равных условиях достигает 20-30% на всех типах пахотных почв. При сильной степени уплотнения потери урожая могут достигать 50-60%. Последствия разового интенсивного уплотнения сохраняются в течение 2-5 лет. Многократное из года в год воздействие техники на почву ведет к "накоплению" уплотнения. Отметим, что уплотнение почв идет не только в вертикальном, но и в горизонтальном от центра следа направлении - на 35-70 см.

Однако переуплотнению почвы нельзя считать неизбежным. Борьбу с переуплотнением почвы возможно проводить при помощи *следующих методов*:

- при ранневесеннем бороновании применять только гусеничные тракторы, имеют небольшое давление на грунт;
- применять минимизацию обработки, сочетание операций, уменьшение глубины разрыхления, увеличение ширины захвата агрегатов;
- все работы по возделыванию сельскохозяйственных культур проводить при физической спелости почвы и его влажности 20-22%;
- предпочтительно использовать гусеничные тракторы, ограничивать применение колесных тракторов типа К-700;
- исключать проходы сельскохозяйственных агрегатов и других машин по полю без надобности;
- направлять агрегаты семенами, удобрениями, топливом только на краю поля без заезда на него транспортных средств;
- широко применять маршрутизацию движения машинно-тракторных агрегатов при выращивании сельскохозяйственных культур, то есть большинство технологических операций выполнять при движении агрегатов по одним и тем же путям;
- разрыхлять и заравнивать следы от колес тракторов и сельскохозяйственных машин;
- для повышения устойчивости почв против уплотнения шире применять обычные приемы окультуривания (внесение органических удобрений, кальцийсодержащих мелиорантов и др.), мульчирование поверхности почвы.

9.3 Влияния средств механизации на видовое разнообразие животных

С трудом поддаются учёту масштабы гибели животных при сельскохозяйственном производстве. Установлено, что гибель животных при механическом сенокосении и уборке урожая в 10 раз превышает сезонную добычу охотников.

Поля, луга, пастбища являются естественным местом обитания для животных. Сроки проведения ряда полевых работ совпадают с периодами повышенной активности диких животных. Например, весенний сев сельскохозяйственных культур совпадает со строительством гнёзд и началом кладки яиц; уборка - с массовым появлением молодняка у многих видов животных. Работа машин и техники вызывает гибель детёнышей. По этой причине сокращаются популяция зайца, косуль, перепёлки, фазана, дрофы и др. Во время сенокосения в нашей республике погибает 33 % тетеревов, 25% коростелей, 73% перепелов. Ежегодно при заготовке сена и уборке зерновых культур гибнет до 120 тыс. особей зайца-русака.

Гибель животных под сельскохозяйственными машинами происходит при всех механизированных видах работ. Основная причина – приемы проведения работ. Самый губительный для животных метод – круговое "загонное" движение машин от периферии к центру. Особенно это касается уборки и сенокосения. Дичь, отступая от работающих машин и боясь выйти на открытое пространство, концентрируется в центре поля и попадает под ходовые системы и рабочие органы машин на последних заездах.

Поэтому движение машин и агрегатов допускается только от центра к периферии, то есть «вразгон».

Уборка "расширяющимся прокосом", то есть от центра к краям, наиболее безопасна для дичи. При таком методе животные используют свои постоянные ходы и укрываются на лесных опушках, в лесополосах, в заросших оврагах, в водоемах.

Кроме того, гибель животных может быть результатом неграмотного выбора места начала работ: от оврага, от лесополосы, когда отрезается путь отхода животных в безопасные места.

Выбор места начала работ должен быть от дороги или со стороны поля, наиболее удаленной от естественных укрытий животных.

9.4 Влияние средств механизации на здоровье человека

Широкомасштабное использование мобильной сельскохозяйственной техники в сельском хозяйстве способствует росту производительности и эффек-

тивности труда. Однако оно сопряжено с негативным воздействием на окружающую среду и состояние условий труда механизатора в процессе производства сельскохозяйственной продукции, выражающемся в механическом, химическом, акустическом и электромагнитном воздействии.

При этом механическое воздействие происходит за счет давления и буксования ходовых систем, вибрации, воздействия рабочих органов, что приводит к выделению пыли, уплотнению почвы, разрушению ее структуры, уничтожению почвенных организмов, созданию плужной подошвы, повреждению растений при обработке, уничтожению жатками птиц и мелких животных.

Пыль от мобильной сельскохозяйственной техники имеет мелкодисперсный характер с преобладанием частиц размером до 5 мкм, она обладает высокой проникающей способностью и выраженным повреждающим действием на технику, механизатора и окружающую среду. Предельно допустимая концентрация (ПДК) пыли в рабочей зоне - 4 мг/м³, в санитарной (или атмосферном воздухе) - 0,5 мг/м³. При работе тракторов содержание пыли превышает ПДК в среднем до 6 раз, при работе комбайнов на косовице до 6 раз, при уборке зерновых до 2-12 раз, при сборе валков в 11-64 раза [4,5,6].

При весенней обработке почвы и посеве зерновых в пыли обнаруживаются частицы минеральных удобрений, ядохимикаты, бактерии, грибы. Содержание органических примесей в пыли достигает 6-7 %.

Постоянно действующим неблагоприятным фактором при работе мобильной сельскохозяйственной техники является вибрация.

Наиболее неблагоприятными в отношении вибрационных характеристик являются трактор МТЗ - 80 «Беларусь» (превышение вибрации на 2-6 дБ), комбайны СК - 5 «Нива», Д - 81, Д - 84, (превышение вибрации на 2-4 дБ). Вибрация ухудшает условия труда механизатора, поражая центральную нервную и сердечно-сосудистую систему, изменяет обменные процессы, нарушает работу вестибулярного, нервно-мышечного аппаратов и ведет к быстрому утомлению во время работы.

Химическое воздействие мобильной сельскохозяйственной техники заключается в загрязнении атмосферы, гидросферы и литосферы газами, парами, антифризом, тормозной жидкостью и сажой. При этом происходит накопление токсичных веществ и канцерогенов в продуктах питания, воде, воздухе и почве, угнетение (гибель) животных, микроорганизмов, растений и отрицательное воздействие на человека-механизатора.

Содержание окиси углерода при работе тракторов колеблется от 7 до 50 мг/м³, на комбайнах от 7 до 33 мг/м³ при ПДК - 20 мг/м³. Содержание углеродов от 4,0 до 9 мг/м при ПДК - 300 мг/м³. Азота диоксид в среднем

0,15 мг/ м³ при ПДК 0,085 мг/ м³ . Диоксид серы в среднем составляет 0,04 мг/ м³ при ПДК - 0,5 мг/ м³ , свинец в среднем 0,0003 мг/м при ПДК - 0,001 мг/ м³ . Все газы снижают работоспособность механизатора за счет интоксикации организма, поражения нервной и сердечно-сосудистой системы.

Акустическое загрязнение складывается из инфразвукового, ультразвукового и звукового (шумового), что нарушает жизнедеятельность насекомых, животных и человека. Общий уровень шума в кабинах тракторов колеблется в пределах 84-115 дБ, что выше ПДУ 80 дБ. Превышение ПДУ шума на гусеничных тракторах ДТ - 75, ДТ - 175С отмечается на всех частотах, на колесных же преобладающими являются низкие и средние частоты. На тракторе МТЗ-3-80 «Беларусь» превышение ПДУ шума на 5-10 дБ, у комбайнов на 7-9 дБ. При эксплуатации сельскохозяйственной техники в течение 3-х лет уровень шума повышается в среднем на 2-4 дБ, при несоблюдении сроков капремонтов на 5-7 дБ. Уровень шума свыше 130 дБ вызывает у механизаторов акустические травмы, что приводит к специфическому поражению слуха, нарушению нервной и сердечно-сосудистой систем, нарушению координации и повышению утомляемости.

Электромагнитное излучение складывается из коротковолнового и длинноволнового излучения. Источником излучения являются: электрооборудование, зажигание, управление и сигнализация. Электромагнитное поле (ЭМП) распространяется в окружающей среде со скоростью почти равной скорости света, вызывая при этом нарушения жизненного цикла насекомых и животных, и нарушение функций нервной системы животных и человека, и физиологических процессов у растений. Импульсы электромагнитного поля вызывают мутагенный эффект и нарушение терморегуляции. Поражающее значение интенсивности электромагнитного поля (ЭМП) в диапазоне частот от 30 кГц - 300 МГц.

Таким образом, мобильная сельскохозяйственная техника воздействуя комплексом неблагоприятных факторов на окружающую среду и человека-механизатора приводит к деградации этой среды и вызывает профессиональные заболевания у механизаторов. По данным Государственного санитарно-эпидемиологического надзора за истекший год зарегистрировано 69,8 % профзаболеваний у механизаторов, в том числе, вследствие воздействия пыли 41,8 % и шума и вибрации 28 %.

10. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕЛИОРАЦИИ

10.1 Мелиорация с/х земель в Республике Беларусь

Территория Беларуси характеризуется широким распространением болот и заболоченных земель. Торфяные почвы различных типов и с разной мощностью торфа до начала их интенсивного хозяйственного использования занимали свыше 14,0 % от общей площади республики. Наибольшее количество торфяных почв (свыше 66,5 %) приурочено к региону Белорусского Полесья.

В Беларуси преобладают торфяные болота низинного типа, что составляет около 82 % общей площади торфяного фонда республики.

Высокая заболоченность территории Полесья была большим тормозом в экономическом и социальном развитии региона, где из-за переувлажнения недобираются до 40% урожаев сельскохозяйственных культур.

Рост населения и все возрастающее потребление продуктов питания приводит к постоянному вовлечению в сельское и лесное хозяйство новых земель – как засушливых, так и сильно увлажненных. Мелиорация земель является объективной необходимостью преобразования естественных природных комплексов.

Мелиорация земель представляет собой комплекс научно-обоснованных организационно-хозяйственных, технических, биологических мероприятий, направленных на улучшение природных условий используемых территорий. При этом регулированию могут подвергаться различные факторы: вода, тепло, воздушный, солевой режим, рельеф и др.

В различных природных зонах Беларуси принципы, методы и объекты мелиорации существенно различаются. Это связано с особенностями почвенно-климатических условий регионов и со сложившейся в течение многих лет системой ведения сельскохозяйственного производства.

В настоящее время площадь осушенных земель Беларуси составляет 3373, 4 тыс. га или 16,1% ее территории. Иными словами, из общей площади переувлажненных земель республики (7619, 9 тыс.га) мелиорировано 43,9 %.

В составе этих земель пашня составляет 45 %, а сенокосы и пастбища 55%.

На одно хозяйство в РБ приходится около 1000 га осушенных угодий.

Рациональное использование мелиорированных земель основывается на соблюдении следующих приоритетов:

- Эффективное производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции;
- Создание благоприятных условий жизни и труда сельского населения;
- Сохранение почв и почвенного покрова от деградации, а водных источников – от истощения и загрязнения.

-

10.2 Влияние мелиорации на продуктивность и устойчивость природных экосистем

Осушение и освоение болотных массивов оказывает влияние на все природные компоненты: почву, атмосферу, гидросферу, растительный и животный мир. Наряду с положительными моментами мелиорация имеет и негативные последствия широкомасштабного воздействия на окружающую среду.

Изменение гидрологического режима переувлажненных земель в сочетании с последующей интенсивной сельскохозяйственной деятельностью на больших площадях нарушает сложившееся природное равновесие.

В результате мелиорации изменяется водный режим как на осушаемых объектах, так и на прилегающих территориях, меняется качественный состав природных вод. Качество воды формируется под влиянием атмосферных осадков, выщелачивания почвенных элементов, объемов и технологий применения химических средств на полях, распаханности и лесистости водосборов и т. д.

Осушение торфяников коренным образом изменяет направление почвообразовательных процессов. Под влиянием окисления и микробиологической деятельности взамен накопления и консервации пожизненных остатков растений наступает период разложения и минерализации органического вещества, так называемая «*сработка*» торфа. Это приводит к потерям плодородия торфяников и их деградации. Так, по данным Полесской мелиоративной станции осушение торфяников усилило минерализацию почвы на 30 – 40%, а на минеральных землях – соответственно на 10 – 20%.

Использование минеральных удобрений, известкового материала, регуляторов роста и пестицидов на водосборах увеличило дополнительно поток минеральных веществ в реки и озера Полесья. Общее солесодержание возросло в 2 – 5,5 раз. Особенно увеличилась концентрация солей кальция, калия, сульфатов, хлоридов.

Осушение вызвало снижение уровня грунтовых вод, существенно изменились режим водотоков и водоемов, движение подземных вод. Исчезают малые реки и озера, ручьи. Такие реки, как Усяж, Лошица, Тростянка, Слепня, Уша, Волма в летнее время полностью пересыхают или превращаются во временные водотоки. Большинство озер Полесья превратились в водохранилища, стали приемниками болотных вод. В результате мелиорации уменьшился водосбор озер Ореховское, Белое, Червоное и др. По данным Б.Ф. Фалиевского, за последние 10 лет уровень воды в озере Червоном упал на 4 – 11 см. Осуше-

ние изменило и водный режим почв, примыкающих к мелиоративным территориям. Зона влияния распространяется в пределах 1 – 2 км, реже – до 4 км, уровень грунтовых вод на таких участках может снизиться до 1,5 м.

Интенсивная обработка торфяников увеличила приток взвешенных частиц в природные воды, вследствие чего дно рек и озер подвергается заилению и зарастанию растительностью.

Под влиянием мелиорации в природных фитоценозах исчезают влаголюбивые виды растений. На смену осоковым, хвощовым и тростниковым сообществам приходят менее требовательные к увлажнению виды растений: вейничники, мятлики, красноовсянничники и др.

Изменяются и местные сообщества. Сосновые и берёзово-сосновые леса сменяются главным образом берёзовыми и осиновыми, редко еловыми и сосновыми.

Сельскохозяйственное освоение осушенных земель способствует прямому уничтожению естественных растительных сообществ и их полной замене агроценозами, характеризующимися определённым набором сельскохозяйственных культур и соответствующей сорной растительности.

Мелиорация изменила структуру и численность фауны Полесья. Спряmlение рек, сопровождающееся уничтожением кустарниковой растительности по берегам, ухудшило условия обитания для бобров и водно-болотных птиц. В зооценозе исчезли такие виды как чёрный турпан, розовый пеликан, большой баклан, колпица. Уменьшилась численность чёрного аиста, скопы, орлана-бвееда. Сокращается число речных и норковых уток, боровой дичи (тетерева и глухаря).

Тенденции в изменении зооценозов мелиорируемых земель свидетельствуют о необходимости поиска оптимальных приемов хозяйствования в этом регионе. Высокая эффективность сельскохозяйственного производства должна сочетаться с сохранением всего генофонда животного мира Полесья.

10.3 Экологические последствия мелиорации

Современное мелиоративное земледелие – это прежде всего вторжение в природные комплексы и их изменение. Здесь сталкиваются инженерные, агрономические, экологические и многие другие задачи, успешное решение которых требует всестороннего анализа и совместных усилий различных специалистов.

Мелиоративное освоение болот породило множество экологических проблем, которые можно свести к четырем уровням значимости: глобальному, европейскому, региональному и локальному (ландшафтному).

Глобальный уровень связан с планетарной ролью болот как регулятора состава атмосферы.

В природе торфяные комплексы выполняют разнообразные *функции*:

- ландшафтную,
- аккумулятивную,
- биологическую,
- газорегулирующую,
- геохимическую,
- гидрологическую
- климатическую.

Все вышеназванные функции являются биосферными, так как болота, будучи продуктом эволюции биосферы, оказывают большое влияние на экологические процессы. К сожалению, незаменимость и масштабность биосферных функций болот практически не учитываются при выборе объектов мелиорации и добычи торфа, что следует признать ошибкой с крупными негативными последствиями.

Европейский уровень экологических проблем связан с очевидными трансформациями климата (нарастание его континентальности и уменьшения количества осадков в центральной части материка).

Региональный уровень экологических проблем связан с коренным преобразованием природного облика Полесья, хотя представление об его исключительной заболоченности преувеличено. Более половины территории региона занимают лесные массивы. Снижение уровня грунтовых вод породило ряд проблем ведения лесного хозяйства.

Локальный уровень связан с изменением ландшафтов под воздействием факторов мелиорации (сработка торфа, дегумификация песчаных почв, дефляция и др).

Мелиоративное земледелие – это всегда упрощение экологической системы, замена сложных биологических сообществ сравнительно простыми и менее устойчивыми по сравнению с природными аналогами. Консервация природы сейчас практически невозможна, и человек неизбежно становится создательно-разрушительной биологической силой.

10.4 Деграция торфяных почв

В настоящее время в пределах территории Беларуси осушено около **1,45 млн га** торфяных почв, из них для сельскохозяйственных целей - **1,1 млн га**. В пользовании сельскохозяйственных предприятий находится свыше 0,97 млн

га угодий на торфяных почвах различной мощности, ботанического состава и уровней окультуренности.

Большая часть (свыше 65 %) таких почв имеет мощность торфа до 1 м, а 90% торфяных почв Белорусского Полесья подстилается рыхлыми песчаными отложениями.

Процессы деградации торфяных почв при осушении и последующем их сельскохозяйственном использовании определяются разложением и сработкой органического вещества торфяных почв.

Под *сработкой* понимается общая убыль торфа в результате минерализации, ветровой, водной, технической эрозий и вымывания. Сработка торфяных почв может выражаться потерей торфа в тоннах на гектар в год или линейной величиной уменьшения мощности торфа в сантиметрах в год. Если сработка измеряется в линейных величинах (см/г.), то в нее, кроме указанных выше составляющих, входит процесс физического уплотнения торфа при его обезвоживании под действием собственной массы и проходов сельскохозяйственной техники.

Сработка торфа на осушенных торфяных почвах в Беларуси колеблется в пределах 0,5-12 см/г., или 3-20 т/га и более. На основании обобщения многочисленных данных по сработке торфяных почв установлено, что наиболее характерными ее величинами для условий республики являются 1-4 см/г.

Сработка торфа по мере длительности сельскохозяйственного использования уменьшается, но не прекращается. Степень ее проявления во времени разная: в первые годы она протекает более интенсивно, а в последующие годы снижается.

На основании данных многолетних наблюдений сработки торфа осушенных торфяных почв, используемых под возделывание различных сельскохозяйственных культур, подсчитано, что торфяные почвы мощностью до 1 м на стационарных площадках могут полностью лишиться торфа за 18-40 лет.

При сложившейся системе земледелия на осушенных торфяниках, при которой на них размещаются пропашные культуры, выращивается значительная доля зерновых, ежегодные потери органического вещества в перерасчете на торф 40 %-ной условной влажности составляет **9,43 млн т**. В результате отчуждения такого количества вещества происходит быстрое уменьшение мощности торфяной залежи с выходом на поверхность подстилающих песков.

К настоящему времени в Республике Беларусь деградировано более 200 тыс. га торфяных почв, на которых слой торфа разрушен полностью.

Согласно прогнозным расчетным данным, к 2020 г. ожидается увеличение площади деградированных торфяных почв более чем на 10%. Осуществление

широкомасштабной мелиорации привело к резкому изменению соотношения осушенных болот и болот, находящихся в естественном состоянии (табл.).

Так, из 2,3 млн га болот, находящихся в 1960 г. в естественном состоянии, в настоящее время осушено более 1,4 млн га. Чрезмерное осушение, неудовлетворительное состояние водорегулирующих систем в сочетании с пренебрежением противопожарной безопасностью часто приводят к возникновению пожаров на торфяниках. В последнее десятилетие на фоне более частого и длительного по времени проявления засух и засушливых явлений торфяные пожары становятся заметным фактором деградации торфяных почв.

В большинстве случаев основными причинами возникновения пожаров на торфяных болотах являются:

- самовозгорание торфа (54 %);
- искры от транспорта и другой техники (30 %);
- неосторожное обращение с огнем (16 %).

В засушливые периоды 2-й половины лета на болотах с нарушенным гидрологическим режимом верхний слой торфа может высыхать до относительной влажности 25-100 %. При такой влажности он может загораться и поддерживать горение в нижних, менее сухих слоях.

Серьезной и не до конца решенной проблемой Беларуси является использование выработанных торфяных месторождений. Общая площадь месторождений, в пределах которых находятся нарушенные торфяные почвы, составляет свыше **330 тыс. га**. Восстановление природоохранных и средоформирующих функций на основе разработок научно обоснованных направлений их использования является одной из приоритетных задач борьбы с деградацией земель.

10.5 Мероприятия по защите торфяных почв

Все мероприятия по сельскохозяйственному использованию агроландшафтов с мелиорированными землями должны носить комплексный почвозащитный характер и обеспечивать минимизацию минерализации органического вещества, критических проявлений ветровой и водной эрозии, выноса растворенного органического вещества, удобрений и пестицидов в почвенно-грунтовые воды.

Защита почв от ветровой эрозии заключается в предупреждении катастрофических проявлений (пыльные бури), ограничении и прекращении развития дефляции. В систему мероприятий по защите почв от ветровой эрозии входят противоэрозионная организация территории, ведение севооборотов с почвоза-

щитными функциями, агротехнические и лесомелиоративные противодефляционные мероприятия, направленные на уменьшение скорости ветра в приземном слое и увеличение дефляционной устойчивости поверхности почвы. Противоэрозионная организация территории состоит в таком пространственном размещении сельскохозяйственных полей, которое препятствует или уменьшает масштабы развития эрозии.

Относительно севооборотов, хорошо известно, что гарантией защиты почвы от эрозии является наличие на ней многолетней растительности. Агротехнические мероприятия по предотвращению ветровой эрозии почв включают: безотвальную обработку почв, сев яровых зерновых в ранние и сжатые сроки, прикапывание почвы кольчато-шпоровыми катками и др.

На почвах, подверженных ветровой эрозии, эффективно применение щадящих способов обработки почвы, проведение вспашки и сева, сельскохозяйственных культур поперек господствующих ветров, сев яровых культур в сжатые сроки, послепосевное прикапывание почвы кольчато-шпоровыми катками, мульчирование поверхности.

Для улучшения баланса органического вещества, агрохимических и водно-физических свойств, особенно на последних стадиях трансформации торфяных почв, эффективно применение органических удобрений. Если в среднем по республике с учетом существующей структуры посевных площадей для обеспечения бездефицитного баланса органического вещества (гумуса) необходимо вносить на пахотных землях 9,4 т/га органических удобрений, то на постторфяных песчаных почвах Полесья потребность в них возрастает до 12–16 т/га.

За счет растительных остатков, прежде всего корневых, необходимо компенсировать не менее 1,5–2,0 т/га минерализующегося органического вещества. Предлагаемая структура использования антропогенно-преобразованных торфяных почв решает эту задачу.

Одним из способов накопления органического вещества в почвах является возделывание промежуточных культур. Для этих целей пригодны редька масличная, озимая сурепица, горчица белая, рапс, сераделла, люпин узколистный. Зеленую массу этих культур убирают на корм, а растительные остатки запахивают. В этом случае промежуточные культуры, посеянные в оптимальные сроки, обеспечивают поступление в почву органического вещества, эквивалентного применению порядка 4 т/га навоза. Поэтому в структуре посевных площадей на данных почвах промежуточные культуры должны занимать не менее 10–15 %.

В качестве дополнительного источника почвенного органического вещества следует применять такой прием, как измельчение и заделка на глубину пахотного слоя соломы зерновых культур и рапса. Этот прием осуществляют в комплексе с внесением азотных удобрений из расчета 10 кг/т соломы. Вместо минеральных удобрений можно использовать жидкий навоз в эквивалентном количестве. Этот прием равноценен внесению 3,5–4,0 т/га соломистого навоза.

Предлагается следующий **перечень мер по торможению скорости трансформации осушенных торфяно-болотных комплексов** и потери ими органического вещества.

- ✓ Внедрение интенсивного травосеяния. Это направление должно рассматриваться как главное направление в их использовании, в наибольшей мере отвечающее природным особенностям торфяных почв и экологическим требованиям. Наряду с травосеянием рациональное использование потенциала торфяных почв с глубокой и средней залежью может осуществляться в системе специализированных севооборотов по увеличению производства травяных кормов и фуражного зерна. Основу таких севооборотов должны составлять многолетние и однолетние травы (не менее 50 %) и зерновые, в том числе кукуруза на зерно, с насыщением промежуточными культурами. Реконструкция мелиоративных объектов должна проводиться для использования торфяно-болотных комплексов в луговодстве.
- ✓ Окультуривание торфяных почв, оптимизация водно-физических и биологических свойств, гидротермического и питательного режимов путем целенаправленного изменения твердой фазы, создания благоприятной структуры, обогащением пахотного слоя добавками минерального грунта (суглинка, супеси).
- ✓ Коренное преобразование (мелиоративная вспашка) торфяных почв с мощностью торфа 0,4–0,6м, равномерно распределенной по площади, которая позволяет законсервировать остаточные запасы органического вещества.
- ✓ Необходимо использовать осушенные торфяные почвы с учетом их удельного веса в составе сельскохозяйственных земель; при удельном весе в хозяйствах таких земель до 20 % они должны использоваться под луговыми угодьями; при 20–40 %— допускать их использование в зернотравяных севооборотах; если осушенные земли в хозяйствах составляют более 40 %— допускается возделывание на торфяных почвах

с мощностью торфа более 1 м пропашных в севообороте с травами и зерновыми культурами.

- ✓ Дифференцированное использование осушенных торфяно-болотных комплексов и реконструкция мелиоративных объектов на ландшафтной основе требуют картографирования не реже, чем картографирование почв в хозяйствах.

Охрана мелиорированных торфяно-болотных почв достигается регламентацией их использования. Почвы, имеющие мощность торфа менее 1 м, используются только под сенокосы и пастбища, реже под зерновые культуры. Почвы с глубиной торфа более 1 м - под луговые угодья, а также под зерно-травяные севообороты, в структуре которых многолетние травы составляют не менее 50%.

Важными мероприятиями защиты торфа являются строгое соблюдение норм осушения при возделывании разных сельскохозяйственных культур, а также применение промежуточных поукосных и пожнивных культур.

Для защиты торфа от разрушения разработан метод оптимизации мелиорированных органогенных почв. Суть его заключается в покрытии торфяных почв слоем минерального грунта с тем, чтобы пахотный горизонт формировался преимущественно из минеральной породы. Этот прием вызывает не только сокращение минерализации торфа, но и улучшает неблагоприятные физические, водные, тепловые, биологические и другие свойства, которые ограничивают интенсивное использование этих почв.

Мелиорированные торфяно-болотные почвы подвергаются разрушительному действию ветровой эрозии. Поэтому противозерозийные мероприятия, играют важную почвозащитную и в целом природоохранную роль, так как они не только предохраняют почву от разрушения, но и препятствуют загрязнению воздуха, рек, озер, каналов и т.д.

Значительные площади в стране заняты выработанными торфяниками, где практически весь торф исчерпан для различных хозяйственных нужд. Основным мероприятием по вовлечению этих площадей в хозяйственный оборот является рекультивация. Рекультивационные мероприятия в настоящее время являются составной частью комплекса мероприятий по охране окружающей среды. Большое охранное значение имеют также мероприятия противопожарной безопасности.

11. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

11.1 Экологические проблемы промышленного животноводства

Промышленное животноводство получило распространение во многих странах, включая нашу республику. На его долю приходится около 40 процентов глобального сельскохозяйственного производства.

По мере роста благосостояния, люди из года в год склонны потреблять все больше мяса и молочных продуктов. Согласно прогнозам ФАО, объем производства мяса в мире в ближайшем будущем более чем удвоится с 229 миллионов тонн в 1999/2001 годах до 465 миллионов тонн в 2050 году, а производство молока, вероятно, увеличится с 580 до 1 043 миллионов тонн.

Темпы роста сектора животноводства в мире выше, чем в любой другой отрасли сельского хозяйства. Но за столь стремительные темпы роста приходится платить очень дорого в экологическом плане. “Экологические издержки на производство одной единицы продукции животноводства должны быть уменьшены наполовину, чтобы, по меньшей мере, избежать дальнейшего ухудшения сложившейся на сегодня ситуации в плане загрязнения окружающей среды”, -- отмечают авторы доклада ФАО «Длинная тень животноводческого сектора».

Большое влияние на окружающую среду оказывают **крупные животноводческие комплексы**. Предприятия по выращиванию крупного рогатого скота с численностью 10 тыс. голов поставляют количество загрязнений, которое равно отходам города с населением 100—150 тыс. человек. Выращивание только семи цыплят по объему отходов приравнивают к одному человеку. Свиноводческая ферма на 100 тыс. голов выбрасывает в атмосферу каждый час примерно 1,5 млрд микроорганизмов, 160 кг аммиака, около 14 кг сероводорода и 25 кг пыли.

Крупные животноводческие комплексы – это один из главных примеров, когда экономические интересы ставят выше экологических интересов. Здесь часто заметно снижают себестоимость получаемой продукции, механизмируют и автоматизируют производственные процессы, переводят животноводство на промышленную основу. Но экологические издержки учитывают далеко не всегда. Это связано не с отходами животноводства, а прежде всего с их количеством. В частности, навоз всегда являлся благом и условием благополучия крестьянских хозяйств. Вывозимый на поля навоз включался в процессы круговорота, не загрязняя среду, обеспечивал увеличение урожайности. При выпасе скота также не было больших проблем с загрязнением среды, это объяснялось тем, что экскременты распределялись по пастбищам равномерно и тем самым включались в естественные циклы. Но на крупных

предприятиях при концентрированном содержании животных положительные явления стали превращаться в негативные. В таком случае происходило накопление вредных отходов, оказывающих разрушительное влияние на экосистемы.

К экологическим проблемам промышленного животноводства относятся:

- Загрязнение атмосферы

На долю сектора животноводства (включая землепользование и преобразование земель) приходится 9 процентов всего объема выбросов CO_2 , связанного с антропогенной деятельностью, однако животноводство производит гораздо большие объемы куда более опасных парниковых газов. На долю животноводства приходится 65 процентов произведенных в результате антропогенной деятельности выбросов закиси азота, потенциал в области глобального потепления (GWP) которой в 296 раз превосходит аналогичные показатели CO_2 . Этот газ выделяется, прежде всего, из навоза. Объем выбросов парниковых газов (при измерении в эквиваленте CO_2) в секторе животноводства на 18 процентов превышает соответствующие показатели сектора транспорта.

Кроме этого, на долю животноводства приходится соответственно 37 процентов всего объема выбросов метана, который вырабатывается, главным образом, пищеварительной системой жвачных животных; и 64 процента выбросов аммония, который является причиной выпадения кислотных дождей.

- Отчуждение земель под сенокосы и пастбища.

Для ведения животноводства в настоящее время используется 30 процентов всей поверхности суши планеты, главным образом, это постоянные пастбища, но сюда входят также и те 33 процента площади пахотных земель мира, которые используются для производства корма для скота, подчеркивают авторы доклада. Для создания новых пастбищ вырубаются леса, и это является серьезным фактором обезлесения, прежде всего в странах Латинской Америки, где, например, около 70 процентов площади, ранее занятой амазонскими лесами, были преобразованы в целях использования этих земель для выпаса скота.

- Деградация и опустынивание земель.

Стада скота способны вызвать крупномасштабную деградацию почвы, и, по оценкам специалистов, в результате чрезмерного выпаса, вытаптывания и эрозии деградация подверглась уже около 20 % всей площади пастбищ. Эта цифра еще выше в засушливых регионах.

- Загрязнение и истощение водных ресурсов.

С точки зрения воздействия на состояние водных ресурсов планеты, животноводческое производство является одним из самых вредных секторов экономики, поскольку оно способствует загрязнению водных ресурсов, процессу эвтрофикации и дегенерации коралловых рифов.

Основными загрязняющими веществами являются отходы жизнедеятельности животных, антибиотики и гормоны, химикалии, используемые в кожевенном производстве, удобрения и пестициды, используемые для опрыскивания сельскохозяйственных культур. Широко распространенная практика чрезмерного выпаса скота нарушает водные циклы, ограничивая возможности для возобновления наземных и подземных водных ресурсов. Значительные объемы воды забираются для производства корма для скота.

- Потеря биоразнообразия.

Мясные и молочные породы скота сегодня составляют около 20 процентов всей биомассы сухопутных животных. Присутствие сельскохозяйственного скота на огромных площадях земли и его потребность в кормовых сортах сельскохозяйственных культур также способствуют утрате биоразнообразия.

11.2 Животноводческие объекты как источник загрязнения атмосферы

Животноводческие предприятия являются источниками зловонных газов и пылемикробных аэрозолей. Основные загрязнители воздушной среды образуются при разложении кала, мочи и остатков корма. При этом из свиноводческих помещений выбрасывается в атмосферу 136 газов.

В процессе распада белковых веществ в воздухе накапливаются аммиак и такие азотсодержащие газы, как алкил- и ариламины, алкилдиамины. Одновременно в атмосферу попадают слабокислые или нейтральные серосодержащие вещества: сероводород, алкилсульфиды (меркаптаны), дисульфиды, соединения карболовой кислоты (карболовые кислоты, альдегиды, кетоны), алканы (метан, этан) и др. Однако основными составляющими специфического запаха являются сероводород, аммиак, дикетоны, меркаптаны, сульфиды, органические кислоты, индол и скатол. Эти органические соединения, образующиеся при разрушении углеводов и аминокислот, даже после перегонки свежей жидкой фракции стоков свиноводческого комплекса придают дистилляту зловонный запах.

Вблизи свиноводческих предприятий в результате реакции аммиака и диоксида серы в атмосфере образуется сульфат аммония, который выпадает с осадками в почву, где разлагается на серную и азотные кислоты, повышая ее кислотность.

За рубежом еще в 80-е гг. XX в. изучали объем выбросов загрязняющих веществ животноводческими предприятиями. Например, Институтом ветеринарии в Ганновере (Германия) были проведены ориентировочные расчеты выбросов газов из свиноводческих помещений. Полученные данные свидетельствовали о том, что общее поступление загрязнителей атмосферного воздуха составляло 64 031 т в год. Институтом лугопастбищных угодий и животноводства в Беркшире (Англия) определен общий выброс аммиака из животноводческих помещений, который составлял 302 539 м³/год, в том числе 6,4 % из свиноводческих. В Нидерландах только при транспортировке навоза от животноводческих предприятий выброс аммиака в атмосферу достигал 6000 т/год.

Установлено, что глобальный выброс аммиака антропогенными источниками в начале 80-х гг. XX в, составлял 6,4 млн т в год, в том числе 95 % сельскохозяйственными.

В Беларуси в 90-е гг. XX в. появились сообщения о загрязненности атмосферного воздуха в районах размещения крупных животноводческих предприятий по производству свинины и говядины. От свиноводческого комплекса на 108 тыс. гол. свиней в год с вентиляционным выбросом поступало в атмосферу ежесуточно 1,3 т аммиака, 0,5 т пыли и 7,7-10¹⁰ микробных клеток. Высокая концентрация этих загрязнений сохранялась в воздухе на расстоянии до 150 м от свиноводческих помещений. При удалении на 2000 м от них бактериальная обсемененность воздушных масс достигала 4,1 тыс./м³. Характерную для животноводческих помещений микрофлору обнаруживали в воздухе на расстоянии до 3 км от предприятия, а специфический запах — до 5 км, при сильном ветре — до 10 км.

От комплекса на 216 тыс. голов свиней поступало летом за 1 ч в атмосферу 80 кг аммиака, 35 кг сероводорода, 28 кг пыли, 3 млрд микробных клеток. С вентиляционными выбросами комплекса по выращиванию 3 тыс. нетелей в год в атмосферу выбрасывалось более 15 кг пыли и около 135 млрд микроорганизмов в сутки.

Через систему вентиляции комплекса на 10 тыс. голов молодняка крупного рогатого скота поступало в атмосферу ежесуточно 57 кг аммиака, 2,1 т органических веществ и 1,3 трлн клеток микробов.

Приведенные данные характеризуют только организованные выбросы загрязнений.

Наиболее высокая концентрация загрязнителей в воздушной среде установлена при поступлении стоков на очистные сооружения, разделении их на

фракции и над накопителями осадков (т. е. на первых этапах подготовки стоков).

Для снижения загрязнения воздушной среды в зоне очистных сооружений свиноводческих предприятий разработаны объемно-планировочные, технологические и технические воздухоохраные мероприятия.

Для дезодорации навозных стоков и продуктов их очистки используют ряд добавок.

Наиболее выраженный дезодорирующий эффект оказывают древесные опилки и суперфосфат совместно с железным купоросом, а также персульфат натрия. При использовании для дезодорации таких добавок интенсивность запаха, характерного для навоза, снижается на 83-100 %.

Интенсивными источниками загрязнения атмосферы являются также **птицеводческие предприятия**.

В районах размещения крупных птицеводческих фабрик атмосферный воздух на расстоянии до 2000 м имеет повышенную окисляемость, на расстоянии до 2500 м — повышенную концентрацию аммиака, на расстоянии 3000 м от этих предприятий — увеличенное содержание микроорганизмов. В выбросах присутствуют жирные кислоты, диацетил, ацетон, меркаптаны, сульфиды, индол, скатол, аммиак, сероводород, но основным компонентом специфического запаха являются бутиловая кислота и ряд летучих жирных кислот, содержание которых достигает 0,1 % (данные Саратовского научно-исследовательского института сельской гигиены).

Таким образом, животноводческие и птицеводческие предприятия выбрасывают в воздушный бассейн большое количество загрязнений и создают интенсивную экологическую нагрузку на агросферу.

Для устранения специфического запаха помета рекомендуется добавлять к нему 10 % суперфосфата, который задерживает развитие в таких отходах личинок мух и снижает обсемененность бактериями в 100-1000 раз, или вносить в жидкий помет сульфат аммония из расчета 14 кг/м³.

В США, Канаде, Германии и других странах с целью устранения неприятного запаха, поступающего из животноводческих и птицеводческих предприятий, а также возникающего при термической обработке органических удобрений, компостировании и очистке сточных вод применяют **биологические фильтры**. В Японии в качестве фильтрующей массы используют вулканические породы, в США — землю, золу и песок в соотношении 1:1:1. Кроме того, можно использовать компосты, смешанные с древесной стружкой. Такие фильтры поглощают аммиак, амины, меркаптаны и др. вещ.

11.3 Загрязнение объектов ОС отходами животноводства

В республике работает более 2500 хозяйств, 261 типовой животноводческий комплекс. Несмотря на то, что все животноводческие комплексы являются типовыми, на них существует ряд экологических проблем.

На животноводческих комплексах республики образуется до 35-40 млн. куб. м стоков в год, основной формой утилизации которых является их использование на полив.

Значительный ущерб окружающей среде наносит бессистемное использование бесподстилочного навоза, навозных стоков и других отходов животноводства. Наиболее существенными нарушениями технологии использования органических удобрений являются:

1) недостаточное использование подстилочных материалов и несовершенство систем навозоудаления, что в 1,5-2 раза уменьшает выход высококачественных органических удобрений, приводит к ежегодным потерям миллионов тонн жидких органических фракций;

2) неравномерное внесение навоза и компостов из-за недостаточного количества навозоразбрасывателей и применения бульдозеров и других примитивных средств, значительно снижающих эффективность органических удобрений;

3) нарушение соотношения численности животных и удобряемой площади, что ведет к избыточному удобрению полей, загрязнению окружающей среды;

4) недостаток при животноводческих комплексах ирригационно подготовленных площадей для использования животноводческих стоков (при гидросмыве) и жидкой фракции бесподстилочного навоза на орошение, а также слабое развитие трубопроводного транспорта и полевых навозохранилищ, что значительно повышает эксплуатационные затраты по сравнению с использованием мобильных средств, возрастают и потери навоза;

5) недооценка использования бесподстилочного навоза в сочетании с измельченной и рассеянной по полю во время уборки зерновых соломой и сидерацией полей.

Превышение норм, полива несоблюдение сроков и способов внесения навоза в почву обусловило загрязнение почв нитратами, хлоридами, калием и фосфором.

Стоки животноводческих комплексов загрязняют почвы водорастворимыми и обменными формами этих элементов, а так же большим количеством патогенных микроорганизмов, вирусов, яиц, личинок гельминтов, семян сорных растений, длительное время сохраняющих жизнеспособность в стоках,

почве и водоемах. Почвенно-геохимические аномалии простираются на 3-5 км от животноводческих комплексов. Корма, полученные на таких почвах, отличаются высоким содержанием нитратов и часто непригодны для скормливания скоту по санитарным нормам.

Таким образом, промышленное животноводство осложнило экологическую обстановку.

Обобщение отечественного и зарубежного опыта использования органических удобрений позволяет заключить, что **для предотвращения потерь биогенных элементов необходимо руководствоваться следующими общими положениями:**

1) на 1 га севооборотной (полевой) площади должно вноситься ежегодно не более 200 кг азота;

2) в хозяйствах, имеющих животноводческие комплексы, в севооборотах необходимо вводить промежуточные культуры на корм скоту или в качестве зеленого удобрения (уплотненный посев сельскохозяйственных культур в севообороте практически предотвращает потери нитратов за счет вымывания, вследствие интенсивного их использования растениями);

3) осенью бесподстилочный навоз можно комбинировать с запахиваемой соломой или зеленым удобрением (в этом случае азот биологически иммобилизуется [синтезируется в органические формы] осенью и в весенне-летний период, что значительно сокращает потери).

4) расширение площадей утилизации стоков, особенно под многолетними злаковыми травами,

5) выравнивание поверхности орошаемых земель,

6) сокращение объема жидких органических удобрений путем перехода на водосберегающие технологии навозоудаления,

7) исключение из практики вневегетационных поливов.

8) обеззараживание жив. стоков перед внесением в почву.

Для обеззараживания животноводческих стоков аграрной наукой предложено несколько способов:

- механический,
- биологический – аэробный и анаэробный,
- способ длительного выдерживания в емкостях,
- термический,
- химический,
- физический

Однако для сельского хозяйства приемлемы только такие способы обеззараживания животноводческих стоков, которые гарантируют необходимый

санитарный эффект при максимальной сохранности питательных веществ и минимальных затратах труда и средств.

11.4 Методы утилизации животноводческих стоков

В качестве основного направления, которое в наибольшей степени предотвратило бы загрязнение окружающей среды при стойловом содержании скота на животноводческих фермах и комплексах является очистка и утилизация навозных стоков.

При этом используются следующие технологические схемы утилизации навоза:

- очистка с разделением на твердую и жидкую фракции;
- использование стоков для производства торфокомпостных смесей, которые вывозят на поля биотермического обеззараживания; *(Компостирование навоза применяют для получения компостогумифицированного продукта биологического окисления, который содержит органические соединения, продукты распада, биомассу мертвых микроорганизмов и т.д. Внесение этого продукта в почву не вызывает нарушения стабильности агроэкосистем. В процессе компостирования удовлетворяется потребность в кислороде, выделяются диоксид углерода и вода, возрастает температура и органические вещества переходят в стабильную форму. При сборе навоза в бурты сохраняется часть тепла, выделяющегося при ферментации, что ускоряет процессы компостирования).*
- очистка стоков с помощью прудов-накопителей и навозохранилищ;
- самоочищение и утилизация отходов в естественных водоемах;
- анаэробная переработка или сбраживание жидкого навоза, благодаря которому в нем гибнут патогенные микроорганизмы, навоз теряет неприятный запах, а семена сорных растений – всхожесть.
- Наиболее эффективное направление хозяйственного использования жидкого навоза на животноводческих фермах и комплексах мясного и молочного направления – утилизация его на полях орошения. Таким образом, правильная утилизация отходов животноводства не только общеэкологическая задача, но и неотъемлемая часть самого производства, позволяющая существенно повысить производительность.

Основными методами утилизации навозных стоков являются:

1. Создание замкнутых систем.

Для очистки животноводческих стоков в условиях гидросмыва используют биологические пруды. Жидкий навоз из свинарников по коллектору поступает в приемный резервуар насосной станции, откуда его перекачивают

на разделительную установку. Твердую фракцию складывают на площадке, биотермически обеззараживают и используют в качестве органических удобрений. Жидкую фракцию направляют в вертикальный отстойник для отстаивания и осветления. Осадок из отстойников обеззараживают с помощью центрифуг, биотермически обеззараживают и используют в качестве удобрения. Осветленные стоки из отстойника направляют в карантинные емкости для шестисуточного выдерживания.

В пруде-накопителе осветленные стоки выдерживают перед спуском в последующие пруды. Пруд-накопитель служит также для анаэробного сбраживания органического вещества стоков бактериями и потребления его микроорганизмами. Из пруда-накопителя частично минерализованные стоки поступают в водорослевый пруд, главное значение которого состоит в утилизации фитопланктоном биогенных элементов органического вещества. За счет фотосинтетической реакции происходит обогащение стоков кислородом, что приводит к распаду органического вещества, освобождению биогенных и накоплению планктонных водорослей (фитопланктон — совокупность организмов, обитающих в воде и пассивно переносимых водным течением). Из водорослевого пруда стоки поступают в рачковый пруд. При наличии богатого питательного субстрата происходит массовое развитие рачков, а также червей и личинок насекомых.

Далее стоки, содержащие зообиомассу и биомассу фитопланктона, поступают в рыбоводный пруд. Энергетические потребности и рост рыбы обеспечиваются за счет использования его биомассы. Такая технология обработки стоков обеспечивает дегельминтизацию жидкой фракции до поступления ее в рыбоводный пруд. Очищенные в рыбоводно-биологических прудах стоки могут использоваться на полях орошения или в оборотной системе водоснабжения комплекса (для гидроудаления навоза).

Несмотря на достаточно хорошую очистку, эта технология имеет ряд **недостатков**. Биологические пруды в зимний период замерзают и добиться очистки стоков невозможно. Не решены также вопросы очистки биологических прудов в процессе их эксплуатации, требуются отчуждение больших площадей (до 70 га) и большие капитальные вложения.

2. Фундаментальной основой решения экологической проблемы на свиноводческих комплексах может быть **технология переработки жидкого навоза в концентрированные твердые органические удобрения и оборотную воду**.

Предлагаемая технологическая линия предназначена для переработки свиноводческих стоков любой влажности. Основными сооружениями являются:

осветлитель со взвешенным слоем осадка; зернистые фильтры; электродиализная установка; центрифуга для обезвоживания твердой фракции и хранилища для твердой фракции и жидких отходов, используемых в качестве удобрения.

Такие очистные сооружения являются экологически безопасными, используются в течение всего года, не требуют больших площадей, обеспечивают более эффективную очистку по сравнению с биопрудами, отпадает необходимость в полях орошения для утилизации жидкой фракции стоков, расход энергии не превышает 1 кВт/т экскрементов.

Таким образом, в сутки на свинокомплексе на 54 тыс. голов в результате переработки навоза получают 40-50 т высококачественных твердых органических удобрений с концентрацией питательных веществ, превышающих их концентрацию в экскрементах более чем в 4 раза, и 188 т воды, пригодной для повторного использования на технологические нужды.

3. *Технология с использованием биогазовой установки* заключается в следующем: жидкий навоз влажностью 91—93 %, предварительно подогретый, подается в биоэнергетическую установку (БЭУ), где осуществляется его анаэробное сбраживание в термофильном режиме при +53...+55 °С, в результате которого из 1 т сухого органического вещества может быть получено 400-600 м³ биогаза теплотворной способностью 20-26 МДж/м³. (лучшие образцы биоэнергетических установок потребляют 10 % энергии вырабатываемого биогаза).

Часть тепловой энергии может быть использована на другие энергетические нужды свинокомплекса (отопление, выработка электроэнергии, подогрев технологической воды).

4. *Вермиккультура или производство биогумуса.*

Биогумус является продуктом жизнедеятельности дождевых червей (вермиккультура). Черви красного калифорнийского гибрида - это искусственно выведенная популяция червя, которая отличается повышенной продолжительностью жизни, плодовитостью, способностью перерабатывать большие объемы органики в короткие сроки. Полученный биогумус оказывает многостороннее положительное действие на агрохимические, физико-химические и биологические характеристики почв.

В биогумусе аккумулировано большое количество макро- и микроэлементов, непосредственно усваиваемых растениями, имеются ростовые вещества, витамины, антибиотики, 18 аминокислот и полезная микрофлора. Биогумус можно использовать для всех сельскохозяйственных культур. Кроме того, черви пригодны в живом и вареном виде для скармливания свиньям, птице,

прудовой рыбе, КРС, для приготовления кормовой муки. Широкое развитие вермикюльтуры позволит без существенных затрат перерабатывать все органические отходы села, поселков и городов в биогумус, очистить окружающую среду путем замены биогумусом химических удобрений, производить чистую, не содержащую нитратов сельскохозяйственную продукцию, оживить заболелвшие почвы, восстановить их плодородие, очистить от вредных веществ, а также производить высокоценный кормовой белок.

11.5 Обеспечение экологической безопасности животноводческих объектов

- Снизить загрязняющее влияние животноводческих комплексов на прилегающую территорию можно в результате правильного проектирования технологии производства и застройки ферм.

- Для этого необходимо:

- отказаться от строительства комплексов по откорму крупного рогатого скота свыше 3—5 тыс. голов, свиноводческих — свыше 24-27 тыс. голов, а также комплексов с системами навозоудаления на гидросмыве;

- сократить число животных на ферме, в отдельных помещениях, секциях;

- включить в технологию содержания животных принцип «все пусто — все занято» и предусматривать профилактические перерывы с целью постоянного поддержания высокой санитарной культуры;

- практиковать проведение общих ветеринарно-санитарных мероприятий, способствующих снижению количества микрофлоры в помещениях и предупреждению разноса их;

- вокруг комплексов и на их территории создавать санитарно-защитные зеленые зоны;

- максимально снизить расход воды на удаление навоза, шире использовать механические способы его удаления;

- использовать в качестве подстилочного материала соломенную резку, позволяющую создавать теплое ложе и значительно повысить качество навоза. Обеззараживание навоза производить естественным, экологически безопасным биотермическим способом, для чего организовывать на каждой ферме цеха для его утилизации;

- совершенствовать систему обеспечения микроклимата помещений, не допускать внутренней и внешней рециркуляции отработанного воздуха;

- усилить гигиенический контроль за качеством проектирования, обязательно проводить комиссионную экологическую экспертизу проектов ферм и комплексов.

Проектирование, строительство и эксплуатация животноводческих ферм и комплексов должны осуществляться в комплексе с агротехническими, мелиоративными, санитарно-гигиеническими и ветеринарными мероприятиями.

Строительство и ввод в эксплуатацию очистных сооружений, оросительных систем с использованием навозных стоков, навозохранилищ и цехов по утилизации навоза должны предшествовать вводу в эксплуатацию ферм и комплексов.

В проектах обязательно следует предусматривать защиту водоемов от загрязнения сточными водами путем перехвата поверхностных и дренажных стоков и аккумуляцией их в прудах-накопителях с целью создания водооборотных систем. Сдавать в эксплуатацию земельные поля орошения необходимо не позже, чем сам комплекс. Обязательным мероприятием является планировка поверхности орошаемых земель.

Участки, на которых предусматривается дождевание животноводческими стоками, располагаются с учетом направления преобладающих ветров и размещения территории застройки. Защитная полоса между удобряемыми участками и населенным пунктом не менее 300 м.

По санитарно-гигиеническим требованиям необходимо, чтобы при использовании животноводческих стоков уровень грунтовых вод залегал на глубине ниже 1—1,2 м от поверхности, что исключает использование низинных почв, заливаемых поверхностными водами.

Животноводческие стоки подаются прежде всего под однолетние растения в срок, когда возможно немедленное их перемешивание с почвой, а также под многолетние кормовые растения, главным образом во вневегетативный период.

При использовании животноводческих стоков в период вегетации растений необходимо учитывать следующие сроки, когда внесение **запрещается**:

- для сахарной и кормовой свеклы и других кормовых растений – за три недели до уборки;
- для картофеля на пищу — после цветения;
- для овощей - в течение всего периода вегетации.

Удобряемые животноводческими стоками площади должны соответствовать поголовью комплекса. При этом количество азотных удобрений, приходящихся на единицу площади, не должно превышать предельно допустимых норм с учетом типа почв, вида выращиваемых культур, их продуктивности и нормы полива.

Для эффективного использования бесподстилочного навоза из комплексов без загрязнения почвы и грунтовых вод следует строго придерживаться предельно допустимых норм вносимого азота - не более **200 кг/га** на пашне и **300 кг/га** при орошении. Годовую дозу внесения жидкого навоза определяют для каждой культуры севооборота с учетом выноса питательных веществ урожаем, содержания их в навозе и коэффициента использования культурами. Расчет производится по азоту, фосфору и калию, за окончательную дозу принимают минимальную из них. Недостаток других элементов восполняется за счет минеральных удобрений.

Отделение санитарно-защитными зонами животноводческих ферм и комплексов от жилых застроек сельскохозяйственных населенных пунктов также является направлением, которое предотвращает загрязнение окружающей среды. Такую зону устанавливают от границы территории, на которой размещаются здания и сооружения для содержания животных, а также от площадей навозохранилищ или открытых складов кормов. Со стороны жилой зоны в санитарно-защитных зонах предусматривают лесные полосы шириной не менее 48 м при ширине санитарно-защитных зон свыше 100 м. Со стороны животноводческого комплекса или фермы для защиты их от снежных заносов, песка и пыли в санитарно-защитных зонах создаются лесные насаждения. Кроме того, они создаются и на территории фермы и комплексов для отделения живой защитой навозохранилищ, очистных сооружений, площадок компостирования, буртов навоза и т.п. от животноводческих и служебных помещений, пунктов осеменений, складов кормов. Эти насаждения размещают таким образом, чтобы не затруднять циркуляцию воздуха на территории ферм и комплексов.

Для контроля за состоянием экологической обстановки на комплексе и вокруг него необходимо организовать постоянное наблюдение за использованием бесподстилочного навоза, не реже двух-трех раз в квартал проводить агрохимические анализы органических удобрений, почвы, грунтовых вод и растительной продукции.

12. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЛЕКЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

12.1 Понятие об экологической селекции. Ее основные направления

В основе производства любой продукции растениеводства лежит сорт. От сорта зависят особенности технологии возделывания: дозы, сроки и виды удобрений и пестицидов, способы и кратность обработки почвы, степень ее уплотнения и развития эрозионных процессов, масса пожнивных остатков для восстановления почвенного плодородия, необходимость применения орошения. Именно сорт определяет основные требования к технологии возделывания: продуктивность, энергоэкономичность, природоохранность, экологически безопасное качество. Большая часть этих требований возникла сравнительно недавно, в связи с чем сформировалось новое направление исследований – *экологическая селекция*.

Под *экологической селекцией* понимается совокупность приемов и методов, обеспечивающих получение сортов и гибридов с максимальной и устойчивой продуктивностью в условиях предполагаемого региона возделывания при соблюдении природоохранной технологии культивирования, высоком качестве и минимальном накоплении поллютантов в продукции (Кильчевский, Хотылева, 1997).

Экологическая селекция включает три взаимосвязанных направления:

- адаптивную селекцию
- селекцию энергетически эффективных сортов
- селекцию на высокое и экологически безопасное качество продукции.

Адаптивная селекция направлена на повышение устойчивости генотипов к биотическим и абиотическим факторам среды.

Погодные условия Республики Беларусь обеспечивают выращивание гарантированного урожая в открытом грунте один раз в 4-5 лет. Среди абиотических факторов, действующих на культуры, особое место в нашей зоне занимает температура. Весенние заморозки, приходящиеся на период выращивания рассады, также приводят к повреждениям растений, а иногда и к полной их гибели. Создание холодостойких сортов, способных развиваться при пониженных температурах и даже переносить кратковременные заморозки, позволило бы проводить более раннюю высадку рассады в открытый грунт, способствовало бы сокращению затрат на ее выращивание [2, 11, 12]. В настоящее

время разработаны методики отбора холодостойких форм как на более поздних этапах онтогенеза, так и на ранних, в культуре *in vitro* [13, 14], а также методами гаметной и зиготной селекции [15].

Увеличение скороспелости – одна из первостепенных задач селекции томата открытого грунта. На сегодняшний день в республике районированы три раннеспелых сорта: Доходный, Белый налив, Ляна. В производстве используются различные методы ускорения созревания плодов томата: воздействие низкими и высокими температурами, стимуляция светом и лазерным облучением, воздействие регуляторами роста [16]. Сложность селекции на скороспелость заключается в преодолении отрицательных корреляций между скороспелостью и продуктивностью, скороспелостью и устойчивостью к заболеваниям (макроспориоз, фитофтороз) [17]. Для решения существующей проблемы необходим непрерывный поиск источников скороспелости, знание характера изменчивости и наследования компонентов скороспелости.

Одной из важных задач селекционного процесса в нашей республике является создание сортов, устойчивых к болезням (фитофтороз, макроспориоз и др.). Лучше, если новый сорт будет обладать комплексной устойчивостью, которую надо проверять на инфекционных фонах и при искусственном заражении растений [17]. Учеными всего мира ведется интенсивный поиск химических, биологических, а также интегрированных методов борьбы с болезнями и вредителями. При этом выведение и внедрение в широкую практику болезнеустойчивых сортов является самым эффективным, наиболее дешевым и централизованным способом. Создание болезнеустойчивых сортов предотвращает необходимость использования пестицидов, что имеет большое значение с точки зрения охраны окружающей среды [2].

Адаптивная селекция в первую очередь предполагает экологическую организацию всего селекционного процесса. Основными ее особенностями являются:

1. Региональный характер селекции и ее экологическая целенаправленность;
2. Ориентация не на потенциальную, а на реальную продуктивность;
3. Выбор типичных условий для оценки селекционного материала;
4. Оценка стабильности урожая;
5. Использование традиционных и разработка новых методов селекции (гетерозисная селекция, многолинейные смеси, гаметная и зиготная селекция, перемещение селекционного материала в пределах региона и др.).
6. Кооперация селекционных учреждений в регионе при выполнении поставленной задачи.

Вторым важным направлением экологической селекции является **селекция энергетически эффективных сортов**. Показано, что сорта растений различаются по эффективности использования удобрений в 3-4 раза. Сорта растений должны соответствовать определенному уровню затрат антропогенной энергии. По уровню энергозатрат можно выделить три технологии и три модели сортов, им соответствующие:

1. **Биологическое или альтернативное земледелие**, характеризующееся минимальным уровнем энергозатрат на единицу продукции. Этой технологии соответствуют сорта низкого вклада энергии.

2. **Полуинтенсивные технологии**, отличающиеся средним уровнем энергозатрат. Для этих технологий необходимы экологически стабильные или полуинтенсивные сорта, сорта широкого ареала.

3. **Интенсивные технологии**, орошаемое земледелие, защищенный грунт, являющиеся наиболее энергоемкими по вкладу антропогенной энергии. Повышенному уровню энергозатрат должны соответствовать сорта интенсивного типа.

По мнению ряда ученых, энергоэффективные сорта должны соответствовать следующим требованиям:

- Высокий уровень использования местных условий роста (солнечная энергия, питательные вещества);
- Сохранение почвы и ее естественного плодородия от эрозии и засоления;
- Низкое потребление энергетических затрат.

Культивирование энергетически рациональных сортов сократит употребление удобрений при возрастании продукционной способности агроценозов и уменьшении загрязнения окружающей среды.

Данное направление лишь начинает оформляться как самостоятельное, так как еще недостаточно изучен вопрос генетической природы энергоэффективности. Однако в настоящее время ведутся активные исследования.

Третье направление экологической селекции – **создание сортов с высоким качеством и минимальным накоплением поллютантов** – является самым новым направлением и возникло в связи с увеличением накопления поллютантов в агроценозах и ужесточением требований к качеству продукции. Это наиболее радикальный путь получения экологически безопасной продукции растениеводства.

Рядом исследователей (Минеев, Тиво, Климашевский) доказано, что у растений имеется генетически обусловленная изменчивость как на видовом, так и на сортовом уровнях по накоплению тяжелых металлов и нитратов. По мне-

нию ученых, создание устойчивых сортов для химически аномальных природных и загрязненных территорий – это единственное на сегодняшний день решение экологических проблем. А также более выгодно с экономической точки зрения, чем проведение защитных мероприятий на больших территориях.

Внутривидовое генетическое разнообразие растений по содержанию поллютантов позволяет путем отбора генотипов с минимальным выносом поллютантов уменьшить их накопление в продукции в 2-5 раз.

Все направления экологической селекции взаимосвязаны между собой. Так, адаптивная селекция обеспечивает приспособительные особенности самого сорта и косвенно влияет на загрязнение ОС. Селекция энергоэффективных сортов позволяет уменьшить давление антропогенных факторов на агроценозы, более рационально использовать свет, тепло, удобрения, топливо в защищенном грунте. Селекция сортов с минимальным накоплением поллютантов в продукции имеет прямое отношение к сохранению здоровья человека.

12.2 Методы экологической селекции

К основным методам, применяемым в экологической селекции относятся:

- Полиплоидия и гаплоидия

Метод полиплоидии широко применяется селекционерами для создания новых сортов растений. Суть данного процесса заключается в увеличении числа наборов хромосом в клетках тканей организма, кратное одинарному (гаплоидному) набору хромосом. В результате происходит увеличение размеров самих клеток и всего организма в целом. Это фенотипическое проявление полиплоидии.

Те организмы, в клетках которых имеется более двух наборов хромосом, носят название полиплоидов. Так, триплоиды содержат три набора, тетраплоиды – четыре, пентаплоиды – пять и т.д. Полиплоиды, которые имеют нечетный набор хромосом, являются стерильными из-за того, что их половые клетки с неполным набором хромосом, не кратным гаплоидному, не делятся. Потомства они не дают.

Доказано, что увеличение количества хромосом повышает стойкость растений к патогенным микроорганизмам и некоторым другим неблагоприятным факторам внешней среды, в частности, к радиации. Это объясняется тем, что при повреждении одной или двух гомологичных хромосом остальные такие же остаются нетронутыми. Таким образом, полиплоидные организмы жизнеспособнее диплоидных.

В дикой природе полиплоидия широко распространена, однако представлена неравномерно среди различных сообществ растительных и животных организмов. Данная разновидность мутаций играет важную роль в эволюционных преобразованиях диких и культурных покрытосеменных растений, среди которых около 50% видов являются полиплоидами.

Так как полиплоидные растения характеризуются ценными хозяйственными свойствами, то искусственную полиплоидизацию используют в растениеводстве с целью получения селекционного материала. Для этого в селекции применяются особые мутагены, к примеру, колхицин, который нарушает расхождение хромосом в мейозе и митозе.

Примерно 80% существующих ныне сортов разных видов культурных растений являются полиплоидами. К ним относятся овощные и плодово-ягодные культуры, злаковые, цитрусовые, технические, декоративные и лекарственные растения.

Гаплоиды — это особи обычно диплоидных или аллополиплоидных видов, в соматических клетках которых содержится в 2 раза меньше хромосом, чем у исходных форм. При этом из каждой пары гомологичных хромосом представлена только одна хромосома. Явление гаплоидии (моноплоидии) привлекает все большее внимание селекционеров. Использование гаплоидных растений позволяет решать целый ряд как теоретических, так и практических вопросов.

Поскольку в любой популяции желательное сочетание генов в гаметах бывает значительно чаще, чем в зиготах, то теоретически гораздо проще и быстрее получить гомозиготную форму с нужным сочетанием признаков путем прямого удвоения числа хромосом у гаплоидов.

- Отдаленная гибридизация

Скрещивание организмов, относящихся к разным видам и родам, называется отдаленной гибридизацией. Отдаленная гибридизация делится на: межвидовую, межродовую. Примеры межвидовой гибридизации — скрещивания мягкой пшеницы с твердой, подсолнечника с топинамбуром, овса посевного с овсом византийским и т. д. Скрещивания пшеницы с рожью, пшеницы с пыреем, ячменя с элимусом и другие относятся к межродовой гибридизации.

Цель отдаленной гибридизации — создание растительных форм и сортов, сочетающих признаки и свойства разных видов и родов. В практическом и теоретическом отношении она представляет исключительный интерес, поскольку отдаленные гибриды очень часто отличаются: повышенной мощностью роста и развития, крупностью плодов и семян, зимостойкостью, засухоустойчивостью. Велико значение отдаленной гибридизации в создании сортов, обладающих устойчивостью к болезням и вредителям.

Отдаленная гибридизация имеет более чем двухвековую историю. Первый отдаленный гибрид между двумя видами табака был получен в 1760 г. И. Кельрейтером. С тех пор проблема отдаленной гибридизации неизменно привлекала к себе внимание многих выдающихся ботаников, генетиков и селекционеров во всем мире.

Большой вклад в развитие теории и практики отдаленной гибридизации внес И. В. Мичурин, который на основе этого метода создал большое число новых сортов и форм плодовых растений. Советские селекционеры первыми в мире стали широко использовать отдаленную гибридизацию растений, и наша страна по праву считается ее родиной.

При отдаленной гибридизации встречаются большие трудности. Они связаны с плохой скрещиваемостью или нескрещиваемостью разных видов и родов и стерильностью получаемых гибридов первого поколения. Ряд способов преодоления нескрещиваемости растений при отдаленной гибридизации предложен И. В. Мичуриным. При получении гибридов между яблоней и грушей, вишней и черемухой, айвой и грушей, абрикосом и сливой он пользовался смесью пыльцы. По-видимому, выделения разнообразной пыльцы, наносимой на рыльца цветков материнского растения, способствуют прорастанию пыльцы вида-опылителя. В некоторых случаях прорастание пыльцы отцовского растения стимулировалось добавлением пыльцы материнского растения. Так, при скрещивании розы с шиповником И. В. Мичурин не мог получить семян. При добавлении же к пыльце шиповника пыльцы розы семена образовывались, и из них выросли гибридные растения.

- Мутагенез

Мутагенез - процесс возникновения наследственных изменений (мутаций) под влиянием внутренних или внешних естественных (спонтанных) или искусственных (индуцированных) факторов.

В зависимости от характера изменений мутации подразделяются на: генные, геномные и хромосомные. А в зависимости от места возникновения их подразделяют на генеративные и соматические. В зависимости от механизма воздействия на организм мутации бывают спонтанными и индуцированными.

Основные свойства мутаций: мутации могут происходить у любого организма, на любой стадии его развития, в различных тканях и клетках. Они возникают внезапно, без всяких переходов и являются устойчивыми в ряду поколений. Мутации всегда случайны, разнонаправлены и не соответствуют факторам, их вызывающим.

Мутации, возникшие в половых клетках, называются генеративными. Генеративные мутации передаются последующим поколениям в процессе полового размножения.

Мутации, возникшие в клетках других тканей, называются соматическими. Соматические мутации по своей природе ничем не отличаются от генеративных. Возникшая соматическая мутация образует свою ткань, которая может быть обнаружена на отдельной ветке или другой части растения. Особи, несущие отдельные участки мутантной ткани, называются мозаиками или химерами. Если мутация произошла в точке роста зародыша на стадии семени, то мутантная клетка может дать начало всему растению. Соматические мутации передаются следующему поколению при размножении растения вегетативным путем из мутированной части. У организмов, размножающихся исключительно половым путем, соматические мутации не играют какой либо роли в эволюции и не имеют значения в селекции.

Большинство мутаций приводят к понижению жизнеспособности или вообще летальны. Чаще всего мутации нарушают равновесие внутри комплекса генетической системы, сложившейся в процессе эволюции. Каждый вид на протяжении длительной эволюции приспособился к определенному образу жизни, в определенных условиях среды. Поэтому вновь возникшие мутации будут, как правило, или вредны, или, по меньшей мере, менее ценными. Например, окраска бабочек соснового шелкопряда или сосновой пяденицы таковы, что их нельзя отличить от коры дерева. Эта защитная окраска образовалась в процессе длительной эволюции и любая мутация в сторону изменения окраски будет нежелательной, так как ведет к обнаружению их врагами.

Однако бываю случаи, когда мутации бывают полезными. Так, у некоторых злаковых и люпина найдены мутанты, которые отличались повышенной жизнеспособностью. Мутации у некоторых бабочек, приведшие к изменению их окраски в серый цвет, оказались благоприятными для районов с сильно развитой промышленностью, где наблюдается повышенное загрязнение воздуха.

Возникновение мутаций всегда означает изменение нормы реакции. Поэтому новые мутации могут оказаться полезными в новых условиях среды. Мутации, возникшие на границах ареала данного вида, могут дать удачные изменения нормы реакции, которые позволят ему расширить ареал за счет освоения новых районов.

Все изложенное показывает, что все мутации, в том числе и вредные в данных условиях, представляют ценность в эволюционном отношении. Мутации создают резерв наследственной изменчивости данного вида, который позволяет виду приспосабливаться к меняющимся условиям среды и завоевывать новые жизненные пространства.

Для селекционера мутации являются “сырым” материалом, который может быть успешно использован в селекции растений с нужными для человека качествами. Однако частота спонтанных мутаций очень низка для того, чтобы ее можно было использовать в селекции. Поэтому селекционеры применяют различные факторы, чтобы усилить мутационный процесс у организмов, т.е. индуцировать мутации.

Индуцированные мутации- это мутации вызванные воздействием на организм с участием человека.

Выделяют две большие группы мутагенов: физические и химические. Физические мутагены в свою очередь подразделяются на электромагнитные (рентгеновские лучи, гамма-лучи) и корпускулярные излучения (электроны, протоны, нейтроны и альфа-частицы). Кроме указанных в качестве мутагенных факторов могут служить также ультрафиолетовые лучи и резкие понижения или повышения температуры окружающей среды.

Химические мутагены стали использоваться в селекции совсем недавно, хотя возможность получения мутаций под влиянием химических веществ была установлена еще в 1930 г.

Характерным отличием химических мутагенов от ионизирующих излучений является то, что последние дают всегда высокий процент хромосомных нарушений, в то время как химические вещества ведут в основном к изменениям отдельных генов и образованию мелких нехваток хромосом, что является более ценным для селекции. Наиболее известными химическими мутагенами являются: этилметансульфонат - 0,15-0,2 %, этиленамин -0,001-0,005 %, диэтилсульфат - 0,05-0,1 %, нитрозометилмочевина - 0,01-0,015 %, нитрозоэтилмочевина - 0,012 % Выдерживание семян в растворе мутагена не должно быть слишком коротким и слишком продолжительным. В среднем рекомендуется замачивать семена на 3-12 часов

Большинство мутаций приводят к понижению жизнеспособности или все летальны. Чаще всего мутации нарушают равновесие внутри комплекса генетической системы, сложившейся в процессе эволюции. Каждый вид на протяжении длительной эволюции приспособился к определенному образу жизни, в определенных условиях среды. Поэтому вновь возникшие мутации будут, как правило, или вредны, или, по меньшей мере, менее ценными.

Например, окраска бабочек соснового шелкопряда или сосновой пяденицы таковы, что их нельзя отличить от коры дерева. Эта защитная окраска образовалась в процессе длительной эволюции и любая мутация в сторону изменения окраски будет нежелательной, так как ведет к обнаружению их врагами.

В настоящее время метод мутационной селекции используется во всех странах мира.

Как от химического, так и от физического воздействия с большей частотой возникают различные изменения окраски и форм цветков, листьев, формы соцветий, сроков зацветания, высоты растения, появляются формы устойчивые к различным заболеваниям, зимостойкие с измененным запахом.

Мутантное воздействие способствует получению линии с мужской стерильностью, необходимых для создания гетерозисных гибридов. Мутанты с мужской стерильностью получены у бархатцев, петунии

- Гетерозис

Одним из важнейших путей повышения продуктивности является использование гетерозисных гибридов, позволяющее увеличить продуктивность на 25-50 % [4]. В ряде стран (Япония, США, Нидерланды) 90-100 % площадей занято гибридами F_1

- Гаметная и зиготная селекция

В настоящее время для решения проблем, связанных с сельскохозяйственным производством, а так же для ускорения селекционного процесса все чаще применяются методы гаметной и зиготной селекции. Это связано с возможностью эффективного отбора устойчивых к различным стрессам генотипов на гаплоидных и самых ранних этапах развития диплоидных организмов.

В эволюционном плане гаплоидное поколение всегда было подвержено более жесткому отбору, чем диплоидное. Как отмечает И.И. Шмальгаузен [117п], половой процесс за счет возможности возникновения новых комбинаций генов повысил эволюционную пластичность и устойчивость диплоидного поколения, сохранив у растений жесткость отбора особей гаплоидного поколения.

Элиминация рекомбинантов на гаметном и зиготном уровнях приводит к отбору генотипов, малоуклоняющихся от нормы в данных условиях среды. Хотя при таком отборе могут фиксироваться приобретаемые новые адаптации (стабилизирующий отбор по И. И. Шмальгаузену), все же многие рекомбинации в результате разрушения коадаптивных блоков генов, функционирующих

на ранних этапах развития, особенно в период их связи с материнским организмом, могут быть потеряны из селекционного материала. Естественный отбор оказывает элиминирующее действие как на постмейотических этапах, так и на ранних стадиях развития растений. Согласно оценкам А. А. Жученко, А. Н. Кравченко [47], у томата на стадиях гаметогенеза, сингамии, эмбриогенеза, формирования и прорастания семян гибнет свыше 90 % рекомбинантных гамет и зигот. Это приводит к значительному сужению спектра доступной селекционеру генотипической изменчивости, в том числе потере большого количества хозяйственно-ценных признаков [67].

В работах Л. Г. Тодераш [21], И. В. Зибаровой [48, 49] показана возможность отбора устойчивых к пониженным и повышенным температурам генотипов на этапах формирования макрогаметофита, что в свою очередь приводит к повышению адаптации спорофитного поколения.

Большая часть исследований связана с селекцией мужского гаметофита.

Растения, как правило, образуют большое количество пыльцевых зерен. Например, в одной метелке кукурузы развивается 25-50 млн. пыльцевых зерен [51,119], в одной цветке томата – 160000 [203], гороха – 30000, яровой пшеницы – 6000 штук [100]. Пыльца имеет две характерные особенности, которые позволяют с успехом использовать ее в селекционных программах: а) микроскопические размеры; б) гаплоидный генотип. Первое означает, что может быть проанализировано большое число генотипов. Гаплоидное состояние генотипа по мнению D. L. Mulcahy [168], позволяет обнаружить как редкие рецессивные аллели, так и адаптивные признаки, контролируемые большим числом локусов, что является препятствием для проведения отбора на спорофитном уровне. При этом мужской гаметофит в силу меньшей защищенности по сравнению с женским гаметофитом непосредственно подвергается действию факторов окружающей среды [4].

- Создание многолинейных смесей.

Одно из важных направлений селекции на высокую экологическую пластичность — создание многолинейных сортов. Многолинейный сорт выводят путем объединения при отборе из F₂ или других гибридных поколений нескольких морфологически однородных, но биологически различающихся линий. Обладая более широкой нормой реакции на разные условия произрастания, такой сорт может занимать большие ареалы и обеспечивать получение стабильной урожайности при меняющихся погодных условиях. Это подтверждается быстрым распространением и возделыванием на больших площадях многолинейных сортов озимой пшеницы Одесская 51, яровой пшеницы Мос-

ковская 35, ярового ячменя Донецкий 4. Получают распространение многолинейные сорта перекрестноопыляющихся культур: гибридная популяция кукурузы Надднепрянская 50, сорт зернового сорго Сатурн.

Создание многолинейных сортов имеет не менее важное значение в селекции на иммунитет. Вследствие больших трудностей выведения сортов, обладающих комплексным иммунитетом, селекционеры стремятся создавать сорта, устойчивые к наиболее распространенным в данное время в определенной зоне расам возбудителя.

Многолинейный сорт — это популяция разных по устойчивости генотипов, т. е. линий, сходных по всем другим признакам и свойствам.

12.3 Генная инженерия как метод экологической селекции

Генетическая инженерия изучает проблемы направленного конструирования живых существ с заданными наследственными признаками свойствами. Одной из главных задач генетической инженерии растений является создание трансгенных растений, представляющих ценность для селекционной работы, растений - источников биомассы и источников важнейших фармацевтических веществ и ферментов, растений, способных очищать почву от техногенных загрязнений, и многих других типов трансгенных растений, представляющих практическое значение.

Первые трансгенные коммерческие сорта картофеля, кукурузы, сои были созданы в начале 90-х годов фирмой Монсанто.

Площади под трансгенными культурами наиболее быстро увеличиваются в таких странах, как США, Канада, Китай.

Создание новых сортов в рамках традиционной селекции осуществляется путем генетической рекомбинации в процессе полового скрещивания и последующей длительной стабилизации генома. При этом желательные комбинации генов возникают с очень низкой частотой, от нежелательных генов освободиться очень трудно, особенно при отдаленной гибридизации. Биотехнология создания сортов с использованием методов генетической инженерии в этом отношении имеет ряд преимуществ. Прежде всего при генетической трансформации целевой ген из одного источника может быть перенесен практически в любое растение, что открывает неограниченные возможности по созданию новых форм растений.

Одной из основных задач при селекции сортов растений является повышение качества выращиваемой продукции: белков, жиров, полисахаридов и других веществ, определяющих питательную и техническую ценность. Семена

бобовых и злаковых культур обеспечивают до 70% белков, используемых человеком для питания. Количество белков различно в зависимости от генотипа, значительно различается также их аминокислотный состав. Однако ни один из используемых в пищу белков этих семян не имеет сбалансированного набора аминокислот. В них не хватает так называемых незаменимых для человека аминокислот. В белках злаковых содержится мало лизина и триптофана, а в белках бобовых-метионина и цистеина. Улучшить аминокислотный состав белков стандартными методами селекции не удастся, поскольку гены, связанные с этими признаками, как правило, сцеплены и наследуются вместе с нежелательными признаками. В то же время методами генетической инженерии возможно повышение содержания незаменимых аминокислот в белках.

Наряду с улучшением аминокислотного состава белков проводится работа по созданию трансгенных растений с измененным содержанием углеводов. Например, созданы трансгенные растения картофеля, в клубнях которого наблюдается повышенное содержание крахмала.

12.4 Биотехнология как метод решения экологических проблем в сельском хозяйстве

Сельскохозяйственная биотехнология призвана обслуживать отрасли сельского хозяйства. Она разрабатывает методы и методологии создания и использования генетически модифицированных биологических объектов для интенсификации сельскохозяйственного производства, получения новых видов продуктов различного назначения, охраны окружающей среды и др.

В ее задачу входит создание принципиально новых и улучшенных генотипов растений и животных, обладающих устойчивостью к опасным патогенам и вредителям, к абиотическим стрессам, неблагоприятным факторам среды, способных продуцировать новые продукты и препараты для сельского хозяйства, промышленности и медицины.

Сельское хозяйство – довольно широкая отрасль. Ее можно подразделить на две основных подотрасли – растениеводство и животноводство. Биотехнология имеет достижения, помогающие обеим этим отраслям.

Биотехнологические методы широко используются в семеноводстве. В настоящее время для ряда культур разработаны технологии клонального микроразмножения, т.е. вегетативного размножения растений на основе культуры *in vitro*. Такие технологии особенно актуальны для культур, размножаемых в производстве преимущественно вегетативно (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, лесные растения). При длительном вегетативном размножении

традиционными способами (черенками, луковичками, усами и т.д.) дочерние растения накапливают вирусную, бактериальную и грибную инфекцию, что снижает качество посадочного материала.

В современном сельскохозяйственном производстве практически невозможно обойтись без гербицидов. И хотя гербициды нового поколения высокоэффективны в низких концентрациях и быстро разрушаются в почве, они не являются селективными и ингибируют рост, как сорняков, так и культурных растений. Большинство гербицидов действуют на растения путем инактивации жизненно важных ферментов, связанных с фотосинтезом или другими биосинтетическими путями. Исходя из механизмов действия гербицидов на растения разработано три основных генно-инженерных подхода к созданию гербицидоустойчивых растений:

- модификация растительного фермента мишени, в результате которой он теряет чувствительность к гербициду;
- индуцирование повышенного синтеза фермента без нарушения его нормального метаболизма;
- введение в геном растения фермента, способного деградировать и детоксицировать гербицид в растении.

При возделывании устойчивой к Раундапу сои большинство фермеров ограничивается лишь одной обработкой посевов этим гербицидом, традиционные же сорта требуют многократной обработки несколькими видами гербицидов. При этом затраты на химические средства защиты значительно сокращаются.

Многие насекомые, а также болезни, вызываемые грибной, бактериальной и вирусной инфекцией, наносят большой ущерб сельскохозяйственному производству. Хозяйства вынуждены тратить огромные средства на закупку различных химических средств для борьбы с вредителями и патогенами. При этом вносимые химикаты загрязняют окружающую среду, оказывают вредное влияние на млекопитающих и полезных насекомых. Поэтому поиск и создание с помощью генно-инженерных методов устойчивых к вредителям и болезням форм растений сейчас одна из актуальнейших задач.

Известно, что бактерия *Bacillus thuringiensis* синтезирует белковые кристаллические структуры, обладающие сильным инсектицидным действием. Попадая в кишечник насекомых, белок расщепляется под действием протеаз насекомого до активного токсина, который и вызывает гибель насекомого. Известно и уже изолировано много различных Vt генов (*cry* гены), кодирующих

инсектицидные белки, которые очень специфичны для различных видов насекомых. Важно подчеркнуть, что эти белки совершенно не токсичны для млекопитающих, рыб, беспозвоночных и полезных насекомых.

Созданные трансгенные растения баклажана полностью устойчивы к колорадскому жуку.

Первый коммерческий сорт картофеля, устойчивого к колорадскому жуку, создан фирмой Монсанто путем введения в геном картофеля модифицированного *Bt* гена *cry* III.

Активно ведутся работы по клонированию генов и созданию трансгенных растений, устойчивых против грибных, бактериальных и вирусных инфекций.

Повышению плодородия почв и продуктивности растений

В последние годы большое значение приобретают работы по созданию растений, устойчивых к таким факторам среды, как холод, засуха, засоление почвы, повышенное содержание озона, тяжелые металлы и др.

Перспективным в плане улучшения фотосинтетических способностей может быть обмен различными компонентами фотосистем между различными растениями. Возможен обмен или модификация генов, кодирующих карбоксилазу, с целью более интенсивной фиксации CO_2 из воздуха. Идея создания трансгенных растений, способных фиксировать азот из воздуха, очень широко обсуждалась в первые годы после появления работ по успешной генетической трансформации растений. Однако механизм фиксации растениями молекулярного азота из воздуха оказался очень сложным и далеко не изученным, что не позволило пока создать трансгенные растения, способные самостоятельно, без помощи бактерий (фиксировать азот из воздуха. Тем не менее этот путь повышения продуктивности растений имеет перспективу в будущем. Уже делаются попытки ввести гены бобовых растений в зерновые культуры.

Быстрый рост народонаселения в мире, сокращение пахотных земель делают все более острой проблему производства продуктов питания. Генно-инженерные биотехнологии в сочетании с другими агроприемами способны помочь решить проблему обеспечения людей продуктами питания в 21 веке.

Назовем основные виды продуктов, получаемых в процессах биотехнологий для нужд растениеводства.

Антибиотики для растений. Выпускают специальные антибиотики, позволяющие «лечить» различные виды заболеваний растений (таких, как головня, спорынья и т. д.).

Ростовые вещества для растений. Подобно ростовым гормонам для животных, биотехнологические методы позволяют получать аналогичные по действию вещества и для растений (гибберелины).

Энтомопатогенные препараты. Вакцин для растений не существует. Зато есть оригинальные способы борьбы с насекомыми — вредителями растений. Для этой цели биотехнологическим путем выращивают специальные микроорганизмы, которые заражают и убивают насекомых, но не вредят человеку, животным и самому растению. Это гораздо полезнее, чем химические инсектициды, которые загрязняют окружающую среду и часто остаются на сельскохозяйственных продуктах, воздействуя, таким образом, на человека.

Феромоны. Еще один способ борьбы с насекомыми — обработка участков поля феромонами (половыми аттрактантами насекомых). Такие феромоны получают микробиологическим путем с использованием также химических стадий. Привлеченных феромонами насекомых собирают на обработанных участках и уничтожают.

Бактериальные удобрения. Имеются некоторые виды микроорганизмов, способных потреблять азот из воздуха и переводить его в аммонийную и органическую форму. Особенно эффективно обрабатывать этими микроорганизмами семена, которые при прорастании в симбиозе обеспечивают накопление азотного питания.

12.5 Биотехнология и защита окружающей среды от загрязнения

Использование микроорганизмов как биологических агентов для получения биомассы, органических кислот, спиртов, аминокислот, ферментов, гормонов и других соединений, трансформации органических веществ (получение биогаза, очистка сточных вод и др.) является важной составной частью биотехнологии.

Как показано выше, генно-инженерные подходы позволяют создавать формы сельскохозяйственных растений, более приспособленные к условиям внешней среды - засухе, засолению почвы, заморозкам и другим неблагоприятным факторам. Тем самым более эффективно используются экстремальные условия и территории для получения высоких урожаев, а сам факт выращивания растений на таких территориях способствует улучшению экологической обстановки. Создание и выращивание сортов, устойчивых к гербицидам, насекомым, грибным болезням, значительно снижают объемы внесения гербицидов, пестицидов и фунгицидов на поля, благодаря чему резко снижается загрязненность посевных площадей химическими веществами.

Некоторые методы генетической инженерии растений способствуют очистке территорий от загрязняющих веществ. Например, встраивание в генном растении гена белка животного происхождения аллотионеина, способного связывать многие тяжелые металлы, позволяет создать трансгенные растения, устойчивые к кадмию, цинку и другим металлам.

Для очистки сточных вод широко используются биофильтры – сооружения, заполненные крупнозернистым наполнителем, на поверхности которого развиваются микроорганизмы. В сельском хозяйстве при компостировании навоза применяется аэробное разложение твёрдых отходов. Широко используется биodeградация – процесс разрушения отходов (ксенобиотиков), с помощью микроорганизмов

Биоразлагаемые полимеры. Мы уже говорили об использовании биоразлагаемых полимеров применительно к медицине. Однако эта проблема гораздо более остро стоит в экологии. Без большого преувеличения можно сказать, что XX век — это век пластмасс. Вещи из полиэтилена, полипропилена и других пластмасс в буквальном смысле слова окружают нас повсюду. Особенно много пластиковой упаковки, которую после использования чаще всего просто выбрасывают. И здесь ее, в принципе ценное, свойство — устойчивость к разложению влагой, светом, холодом и теплом, почвенными микроорганизмами — играет отрицательную роль. Земной шар буквально переполнен использованной пластмассовой упаковкой! Поэтому в некоторых странах, заботящихся об экологии (США, Германии, Англии), уже действуют ограничения на использование пластмассовой упаковки. Взамен предлагается упаковка на основе полигидроксibuтирата или полилактата или специальным образом обработанного крахмала в смеси с целлюлозой. Биотехнология может помочь в создании таких материалов, хотя они и будут дороже. Выброшенные пакеты или флаконы из таких материалов при взаимодействии с почвенными микроорганизмами будут превращаться в воду, диоксид углерода и биомассу этих самых микроорганизмов, предохраняя планету от отходов.

Стиральные порошки с ферментами. Сейчас уже не новость это достижение биотехнологии, хотя появилось оно чуть больше 30 лет назад. Ферменты для таких порошков (протеазы) производятся биотехнологическими методами.

Вермикультивирование и копрокультивирование. Многие отходы сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности могут перерабатываться не только с помощью микроорганизмов (биокомпостирование или метановое брожение), но и с помощью низших организмов — червей. Среди них есть очень эффективные виды — калифорнийские красные черви, которые «перемалывают» землю с разными органическими отходами в прекрасное

удобрение. Нормальное состояние кладбищ также невозможно без червей. Это направление переработки отходов называют вермикюльтивированием. Кстати, если при этом поблизости иметь подсобное хозяйство для разведения птиц, то избыток червей вполне может служить пищей курам, гусям и прочей птице. Вермикюльтивирование чем-то напоминает разведение личинок мух (нельзя давать им превращаться в летающих мух). Известно, что мухи откладывают огромное количество яиц, которые весьма быстро растут, превращаясь в личинки мух и при этом перерабатывая всевозможные гнилые отходы. Показано, что личинки являются превосходным кормом для птиц, а при определенной обработке – также для свиней и пушных зверей (норок, например). Это направление называют копрокультивированием. Хотя эти два направления, строго говоря, не подпадают под наше определение биотехнологии, все же о них стоит вспомнить, потому что они могут применяться в сочетании с биокомпостированием.

13. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АГРОХИМИИ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ

13.1 Эффективность использования удобрений в агроценозах

Мировая и отечественная практика интенсивного земледелия убедительно показывает, что удобрения – это материальная основа получения растениеводческой продукции, источник биогенных элементов для растений.

Биогенные элементы – это химические элементы, входящие в состав организмов и выполняющие определенные биологические функции.

Азот оказывает влияние на фотосинтез растений, которое состоит в его использовании на синтез аминокислот. Азот также необходим для образования зеленых пигментов в растениях (хлорофилла) и для синтеза белков — элементов структуры хлоропластов, ферментов, ответственных за различные реакции фотосинтеза. Стимулирует рост вегетативной массы растений, определяет уровень урожайности и качества продукции.

Действие *фосфора* (фосфорные удобрения) на фотосинтез растений заключается в том, что остатки фосфорной кислоты входят в состав акцептора – соединения, связывающего CO_2 и промежуточных продуктов фотосинтеза. С помощью световой энергии из неорганического фосфата и аденозиндифосфорной кислоты (АДФ) синтезируется аденозинтрифосфорная кислота (АТФ), участвующая в реакциях восстановления CO_2 . Фосфаты также входят в состав

фосфатидов и фосфопротеидов, нуклеиновых кислот. Фосфор оказывает стимулирующее влияние на развитие корневой системы, формирование репродуктивных органов, ускоряет созревание. У озимых культур фосфорные удобрения повышают зимостойкость, на 15—20% снижают расход воды на единицу урожая.

Калий способствует накоплению растениями сахаров, что предохраняет озимые культуры от вымерзания, повышает прочность соломины и устойчивость к поражению корневыми гнилями и ржавчиной, ускоряет передвижение углеводов из стеблей и листьев в колос, увеличивая натуральную массу зерна.

Значение химизации сельского хозяйства в связи с этим трудно переоценить: оно позволяет повышать плодородие почв, улучшать кислые и засоленные земли, лучше сохранять и повышать питательную ценность кормов и т. д.

Научно обоснованная система применения агрохимических средств позволяет решить задачи:

- расширенного воспроизводства плодородия почв;
- бездефицитного или положительного баланса биогенных элементов и гумуса в системе «почва – растение – удобрение»;
- получения растениеводческой продукции, сбалансированной по химическому составу и питательной ценности;
- повышения рентабельности аграрного производства.

В то же время применение удобрений и других средств химизации – это весьма активное влияние на природную среду.

С каждым годом возрастает агрохимическая нагрузка на агроландшафты, что приводит к процессу антропогенной полихимизации окружающей среды. Средняя нагрузка агрохимикатов составляет около **30-40 кг/га**, причем в развитых странах – в 5-10 раз больше.

Однако оказалось, что с увеличением доз удобрений уменьшается отдача в виде урожая (сначала урожайность быстро растет, но затем прирост становится все меньше и наступает момент, когда дальнейшее увеличение дозы удобрений не дает никакого прироста урожайности, а в избыточной дозе минеральные вещества могут оказаться для растений токсичными). Эта зависимость была названа **закон предельной урожайности**.

Так, по данным В.Г.Минеева (1990) при среднем урожае зерновых 21,5 ц/га вносят 80 кг/га минеральных удобрений, при 40 ц/га – в 2 раза больше, при 50 ц/га – в 8-10 раз больше. Культурные растения усваивают только часть вносимых доз (40-70 % в зависимости от вида и дозы удобрений), а остальная часть попадает в окружающую среду.

13.2 Причины загрязнения природной среды удобрениями

Основные причины загрязнения природной среды удобрениями, пути их потерь следующие:

1. Несовершенство технологии транспортировки, хранения, тукосмешения и внесения удобрений.
2. Нарушение технологии применения удобрений в севообороте и под отдельные культуры.
3. Водная и ветровая (дефляция) эрозия почвы.
4. Несоответствие качества и свойств минеральных удобрений.
5. Интенсивное использование различных промышленных, городских и бытовых отходов на удобрения без систематического и тщательного контроля их химического состава.

1. В несовершенстве технологии транспортировки и внесения удобрений необходимо выделить ряд моментов. Так, недостаток в транспортировке удобрений заключается в перевалочной системе от завода до поля и в дефиците специализированных автотранспортных средств. Значительная часть агрохимических средств перевозится автосамосвалами общего назначения, что приводит к существенным их потерям.

Увеличение объема складских емкостей, а также совершенствование механизированной технологии работы на складах, т.е. погрузочно-разгрузочных работ и тукосмешения с заданным соотношением питательных элементов в тукосмеси, существенно снижают потери минеральных удобрений, повышают их эффективность, сохраняют природную среду от загрязнения.

Существенным источником непроизводительного расходования минеральных удобрений, снижения их положительного действия являются неравномерное распределение по поверхности поля и их расслоение при транспортировке и внесении. *Например*, потери урожая картофеля при внесении нитрофоски в дозах 60-90 кг/га с неравномерностью 60% достигают **20 ц/га**. Недобор урожая от неравномерности внесения удобрений возрастает при использовании высококонцентрированных удобрений, при повышении доз, при высокой отзывчивости культуры на удобрения.

Для применения твердых минеральных удобрений разработаны специальные комплексы машин (погрузчики, измельчители, разбрасыватели и др.), а для применения жидких удобрений комплексы насосных установок, цистерн и разбрызгивателей.

2. Нарушение научно обоснованной агротехнологии применения удобрений является одним из основных источников потерь удобрений и загрязнения окружающей среды.

Потери азота из удобрений бывают довольно значительными. Он усваивается в полевых условиях примерно на 40%, в отдельных случаях – на 50-70, иммобилизуется в почве на 20-30%. Большая его доля включается в состав гумусовых веществ, устойчивых к гидролизу. Потери азота за счет улетучивания различных газообразных соединений составляют в среднем 15-25% от внесенного, а потери от вымывания зависят от свойств почвы, климата, водного режима, формы и дозы удобрения, вида культуры и т.д. Например, в Земледелии Европы 2/3 потерь азота приходится на зимний период и 1/3 – на летний. В Нечерноземной зоне в среднем вымывается 10-15 кг/га нитратного азота, на супесчаных почвах – 20-25 кг/га, а на суглинистых – до 10 кг/га. В годы с нормальным увлажнением эти показатели снижаются примерно вдвое. В целом же способность почвы удерживать питательные элементы определяется ее разновидностью (песок □ суглинок □ глина), но всегда она ограничена. Поэтому избыток элементов питания, внесенных в почву с удобрениями, является потенциальным источником их вымывания. На дерново-подзолистых легких почвах при внесении за 6 лет 345 кг азота потери его на рыхлопесчаной почве составил 161, а на связнопесчаной – 83 кг/га. Аналогичные примеры имеются во многих странах мира.

Фосфор как биогенный элемент меньше теряется в окружающую среду вследствие малой его подвижности в почве и не представляет такой экологической опасности, как азот. Потери фосфатов чаще всего происходят в результате эрозии почвы. В результате поверхностного смыва почвы с каждого гектара уносится до 10 кг фосфора. Потери же водорастворимых фосфатов с поверхностным стоком небольшие. При вымывании из почвы потери фосфора составляют не более 1 кг/га. Высокая способность глинистых и суглинистых почв связывать фосфаты в водонерастворимые комплексы удерживает его от миграции по профилю почвы, тем более до грунтовых вод.

Потери калия более значительны, чем фосфора. В Нечерноземной зоне вымывание калия составляет 5-10 кг/га пашни и более в зависимости от вида культуры, гранулометрического состава почвы, количества атмосферных осадков и т.д.

3. Большой ущерб в условиях интенсивного земледелия наносит **эрозия почвы**. Она приобретает глобальный характер и требует коллективных усилий всех стран, как и при решении других проблем охраны окружающей среды. Только овраги ежегодно «съедают» 100-200 га земли, а площадь, выводимая из аграрного использования, в 3-4 раза превышает площадь оврага. В результате эрозии почвы теряется 20% продукции растениеводства, а общая сумма

ущерба составляет примерно 10-11 млрд. рублей в год. Степень развития эрозии почвы и размера ущерба от нее зависят от многих факторов: рельефа местности, вида культуры, гранулометрического состава почвы, интенсивности орошения или выпадающих атмосферных осадков, уровня удобренности полей, системы обработки почвы и др.. Потери массы почвы и органического вещества за счет водной эрозии в зависимости от степени эродированности почв могут достигать десятков тонн массы плодородного горизонта почвы и тонн гумуса с гектара в год.

По обобщенным данным научных учреждений Беларуси, недобор урожая на слабосмытых почвах составляет 10-12%, на среднесмытых – 30-50, а на сильносмытых- 60-80%.

4. Значительное количество биогенных элементов теряется в окружающую среду вследствие несовершенства свойств и химического состава удобрений. Наиболее активный химический путь потерь азота удобрений из почвы – выделение свободного аммиака (NH_3). Например, Потери азота мочевины, аммиачных форм удобрений в виде газообразного аммиака (NH_3) происходит под влиянием химических и микробиологических процессов, особенно при поверхностном их внесении. Эти потери возрастают на легких по гранулометрическому составу и высококарбонатных почвах. Заделка мочевины в почву значительно снижает потери азота. При благоприятных условиях на богатых гумусом почвах процесс превращения мочевины в углекислый аммоний происходит в течение 2-3 дней. На нейтральных и щелочных почвах, без осадков, потери азота в виде аммиака возрастают. Внесение же мочевины с заделкой ее в почву (под вспашку, предпосевную культивацию, в рядки при севе и т.д.) весьма эффективно.

Второй биологический путь потери азота из удобрений – процесс денитрификации в почве. Газообразные потери азота вследствие этого процесса достигают 15-25% и более от внесенной дозы этого элемента. Выделенные из почвы газообразные продукты азота представлены большей частью N_2 и N_2O .

Для торможения процесса нитрификации и уменьшения, таким образом, потерь азота в ряде стран выпускаются специальные ингибирующие препараты (Extend в США, AM в Японии).

Существенным недостатком многих минеральных удобрений, особенно азотных, является их физиологическая кислотность, а также наличие остаточной кислоты вследствие технологии их производства. Интенсивное применение таких удобрений в севообороте приводит к заметному подкислению почв, созданию неблагоприятных условий для роста растений. В этом случае

возрастает потребность в известковании почв и нейтрализации кислотности самих удобрений.

Сейчас уделяется внимание капсулированию удобрений, покрытию гранул различными пленками, элементарной серой. Важно получать удобрения с контролируемым освобождением питательных элементов, особенно азота, в процессе вегетации культур.

Существенным недостатком многих минеральных удобрений является наличие в них сопутствующих балластных элементов (фтора, хлора, натрия), а также токсичных тяжелых металлов (кадмия, свинца, мышьяка). Содержание небольших доз микроэлементов (Cu, Mo, Mn, B, Zn) полезно, если не превышает токсической нормы. Систематическое внесение с минеральными удобрениями незначительных примесей тяжелых металлов и других токсичных веществ, ведущее к накоплению их в почве, представляет очень серьезную экологическую опасность.

Токсические элементы попадают в минеральные удобрения главным образом с сырьем для их производства, частично загрязняют их в технологическом процессе. Например, 50-80% фтора, поступающего с фосфатным сырьем, остается в удобрениях, поэтому с 1 т необходимого растениям фосфора на поля поступает около 160 кг фтора – это приводит к ухудшению свойств и плодородия почвы, к ингибированию в ней биологических процессов, нарушению биохимических процессов в растениях. Фтор отрицательно влияет на фотосинтез и биосинтез белка, нарушает деятельность таких ферментов как эндолаза, фосфоглюкомутаза, фосфатаза. Он может накапливаться в продуктах питания, в пшенице, картофеле, рисе, отрицательно влияя на здоровье животных и человека.

Большую опасность представляет кадмий фосфатов. Он близок по свойствам кальцию и трудно (и дорого) выделяется из фосфатных руд.

5. Потенциальным источником загрязнения почв культурных угодий являются применяемые на удобрение отходы промышленности, осадки сточных вод (ОСВ), фосфогипс, а также сапропель и др. Обычно их применяют в больших дозах, так как полезного компонента в них мало. Систематическое их использование чревато насыщением почвы тяжелыми металлами и другими вредными веществами до токсического уровня. Так, пиритные огарки (применяются как медное и комплексное микроудобрение) содержат 40-63% железа, 1-2 серы, 0,33-0,47 меди, 0,42-1,35 цинка, 0,32-0,58 свинца и другие металлы. В свежих отвалах пиритных огарков содержится до 0,15% мышьяка. Под воздействием атмосферных осадков из них выщелачиваются многие ток-

сические вещества, которые загрязняют почву и водоемы. Использование высоких доз (5-6 ц/га) пиритных огарков в качестве, например, медного удобрения приводит к загрязнению почвы свинцом, мышьяком, и другими тяжелыми металлами, а следовательно, и к повышению их содержания в продукции земледелия.

Значительное загрязнение почв токсическими элементами возможно при использовании на удобрение осадков сточных вод (ОСВ). По данным ученых, удобрение осадком, содержащим 5 мг/кг подвижного кадмия, даже в дозе 25 т/га может повысить уровень доступного кадмия в почве на 50%, а превышение 5 мг/кг доступного растениям кадмия в почве опасно с точки зрения экологии.

В США при условии непрерывного использования сточных вод для орошения на почвах всех типов концентрация кадмия не должна превышать 0,01 мг/л, Cr – 0,10; Cu – 0,20; Pb – 5,0; Ni – 0,2; Zn – 2 мг/л.

За последние годы довольно активно ставится вопрос о широком использовании сапропеля в качестве органического удобрения. С ним также возможно попадание в почву тяжелых металлов и токсических соединений. По Минееву В.Г. (1990) содержание кадмия в сапропеле составляет 50-180 мг/кг сухой массы. При внесении его в почву содержание кадмия в растительной массе повышалось на 0,02-1,1 мг/кг сухой массы, а в почве на 6-73 мг/кг.

14.3 Удобрения как источник загрязнения ОС (почвы, атмосферы, водоемов, сельскохозяйственной продукции)

Влияние агрохимических средств на свойства и плодородие почвы

Почва – важное звено биосферы, и она прежде всего подвергается сложному комплексному воздействию удобрений и других агрохимических средств, которые могут оказывать на нее следующее влияние:

- подкислять или подщелачивать среду; (Систематическое применение физиологически кислых минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах повышает их кислотность, ускоряет вымывание из технологического горизонта кальция и магния, увеличивает ненасыщенность почв основаниями, в целом снижает плодородие почвы. В этом случае применение минеральных удобрений необходимо сочетать с известкованием как приемом химической мелиорации почвы, тогда в комплексе создаются оптимальные условия питания растений и улучшения свойств почвы.)

- ухудшать свойства почвы, ее биологическую и ферментативную активность; (Основными показателями физических свойств почвы являются агрегатный состав и водопрочность почвенных частиц. Исследования показали,

что даже небольшие дозы минеральных удобрений (30-45 кг/га) оказывают отрицательное влияние на микроструктуру почвы, сохраняющуюся на протяжении 1-2 лет после их внесения. Возрастает плотность упаковки микроагрегатов, снижается видимая порозность, уменьшается доля зернистых агрегатов)

- способствовать вытеснению ионов в почвенный раствор вследствие физико-химического их поглощения;(К негативным последствиям применения удобрений следует отнести и увеличение подвижности некоторых микроэлементов, содержащихся в почве. Они более активно вовлекаются в геохимическую миграцию. Это ведет к возникновению в пахотном слое дефицита В, Zn, Cu, Mn [29]. Ограниченное поступление микроэлементов в растения неблагоприятно влияет на процессы фотосинтеза и передвижение ассимилятов, снижает их устойчивость к заболеваниям, недостаточному и избыточному увлажнению, высоким и низким температурам [30, 31, 32]. Основной причиной нарушений в обмене веществ растений при недостатке микроэлементов является снижение активности ферментных систем. Недостаток микроэлементов в почве вынуждает применять микроудобрения.)

- способствовать или препятствовать химическому поглощению биогенных и токсичных элементов;

- усиливать минерализацию гумуса или способствовать его синтезу;

- ослаблять или активизировать биологическую фиксацию N₂ из атмосферы;

- усиливать или ослаблять действие других питательных элементов почвы или удобрений;

- мобилизовывать или иммобилизовывать макро- и микроэлементы почвы;

- вызывать антагонизм или синергизм питательных элементов и, следовательно, существенно влиять на их поглощение и метаболизм в растениях.

По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, в Беларуси более 150 тысяч гектаров почв переизвестковано. На песках от интенсивного внесения удобрений доля зафосфаченных почв –25%, на суглинках – 4%. На 24% песчаных почв избыточно содержание калия. В целом по Беларуси избыточное накопление биогенных элементов составляет 6% пашни, однако эта цифра за последние годы уменьшается.

Загрязнение почвы тяжелыми и токсичными металлами, содержащимися в удобрениях, ведет к накоплению их в растениях. Так, в Швеции концентрация кадмия в пшенице за текущее столетие увеличилась вдвое. Там же при применении суперфосфата в суммарной дозе 1680 кг/га, внесенной частями за 5 лет, наблюдали повышение содержания кадмия в зерне пшеницы в 3,5 раза. По

данном некоторых авторов, при загрязнении почвы стронцием происходило трехкратное увеличение его содержания в клубнях картофеля.

Использование загрязненных растений в качестве продуктов питания или кормов является причиной возникновения у человека и сельскохозяйственных животных различных заболеваний. К наиболее опасным тяжелым металлам относят ртуть, свинец и кадмий. Попадание в организм человека свинца ведет к нарушениям сна, общей слабости, ухудшению настроения, нарушению памяти и снижению устойчивости к бактериальным инфекциям. Накопление в продуктах питания кадмия, токсичность которого в 10 раз выше свинца, вызывает разрушение эритроцитов крови, нарушение работы почек, кишечника, размягчение костной ткани. Парные и тройные сочетания тяжелых металлов усиливают их токсический эффект.

Экспертным комитетом ВОЗ разработаны нормативы поступления в человеческий организм тяжелых металлов. Предусматривается, что каждую неделю здоровый человек массой 70 кг может получать с пищевыми продуктами, без вреда для своего здоровья, не более 3,5 мг свинца, 0,625 мг кадмия и 0,35 мг ртути.

В связи с возрастанием загрязнения продуктов питания были приняты нормативы содержания ТМ и ряда химических элементов в продукции растениеводства (табл. 3).

Загрязнение растениеводческой продукции ТМ и химическими элементами опасно для человека не только при непосредственном ее употреблении, но и при использовании на кормовые цели. Например, скармливание коровам растений, выращенных на загрязненных почвах, привело к увеличению концентрации кадмия в молоке до 17-30 мг/л [57], в то время как допустимый уровень составляет 0,01 мг/л.

Для предотвращения накопления химических элементов в молоке, мясе, исключения возможности отрицательного их влияния на состояние сельскохозяйственных животных во многих странах принимаются предельно допустимые концентрации (ПДК) для химических элементов, содержащихся в кормовых растениях.

14.4 Проблема нитратов и пути ее решения

Кроме ТМ существует проблема загрязнения продукции нитратами. Основными причинами которого являются нарушение оптимальных доз, соотношения питательных элементов в удобрениях без учета их содержания в почве, форм и сроков их внесения, что отрицательно влияет на метаболизм органических соединений, особенно на синтез аминокислот и белков в растениях.

Одновременно в растениях накапливаются в избыточном количестве нитраты, нитриты, которые в кислой среде реагируют с вторичными аминами, образуя нитрозоамины, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами. В здоровых растениях при нормальном азотном питании нитраты и нитриты в свободном состоянии не накапливаются. Поступив в растения, они подвергаются процессам восстановления под действием нитратредуктазы и нитритредуктазы. Полученное промежуточное соединение – гидроксилламин либо аммиак – связывается с органическими кислотами, которые превращаются в аминокислоты. Следовательно, нитраты могут накапливаться при избыточном их количестве в почве и при нарушенных биологических процессах в растении. Удобрение навозом или компостами как медленнодействующей формой азота приводит к меньшему содержанию нитратов в овощах по сравнению с эквивалентным количеством азота, внесенного с минеральными удобрениями.

Неблагоприятное воздействие удобрений можно свести в основном к следующему:

- Ухудшение круговорота и баланса питательных веществ, агрохимических свойств и плодородия почвы;
- Снижение урожая сельскохозяйственных культур и качества продукции;
- Развитие болезней, ухудшение фитосанитарного состояния посевов;
- Эвтрофирование природных вод;
- Возможное разрушение озонового экрана под действием окислов азота.

14.5 Пути рационального и экологически безопасного применения удобрений

Основными путями повышения эффективности использования удобрений и уменьшения их отрицательного воздействия на окружающую среду можно считать следующее:

- Соблюдение правил транспортировки, хранения и применения удобрений;
- Выполнение комплекса агротехнических мероприятий по уходу за культурами, правильный выбор предшественника, сорта;
- Контроль за содержанием удобрений в почве и в растениях;
- Оптимизация почвенной кислотности путем известкования;
- Качественное внесение удобрений, обеспечивающее их равномерность;
- Использование медленнодействующих капсулированных азотных удобрений для сокращения непроизводительных расходов;
- Применение жидких азотных удобрений в сочетании с ингибиторами нитрификации;

- Соблюдение оптимальных сроков внесения удобрений, дробные подкормки в течение вегетации;
- Использование посевов зернобобовых культур для накопления азота.

15. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

15.1 Тенденции использования пестицидов в с/х производстве

Слово «пестицид» происходит от лат. «pestis» - зараза и «caedo» - убиваю. Под пестицидами обычно понимают химические средства сдерживания, регуляции, защиты и борьбы с вредными организмами в сельском, лесном хозяйстве и здравоохранении. К пестицидам справедливо применение любого из терминов: поллютант, токсикант, ксенобиотик.

Пестициды начали использовать еще в войсках Александра Македонского для борьбы с паразитами человека (порошок долматской ромашки). В здравоохранении пестициды применяют для борьбы с членистоногими – переносчиками таких опасных заболеваний, как малярия, чума, туляремия, энцефалит, сонная и слоновая болезнь, многие кишечные заболевания. В здравоохранении и ветеринарии, кроме того, пестициды используют в качестве дезинфицирующих средств, в промышленности – для предохранения неметаллических материалов (полимеров, древесины, текстильных изделий), борьбы с обрастанием морских судов, особенно в южных морях, для борьбы с сероводородобразующими бактериями, для предохранения труб от коррозии.

В настоящее время используется более 1 тыс. веществ, применяемых в качестве пестицидов. В наибольших масштабах пестициды используют в сельском хозяйстве.

Обычно пестициды классифицируются по их целевому назначению:

для борьбы с членистоногими (инсектициды и акарициды),

нематодами (нематоциды),

грибными заболеваниями растений и животных (фунгициды)

бактериальными (бактерициды) заболеваниями растений и животных,

для борьбы с сорняками (гербициды).

К пестицидам относят также регуляторы роста растений (ретарданты), используемые для борьбы с полеганием различных культур, для дефолиации (удаления листьев) и десикации (подсушивания растений на корню), чтобы облегчить уборку урожая, а также для предохранения от заморозков и засухи.

По химическому составу выделяются 3 основные группы пестицидов:

1. **Неорганические соединения** (соединения ртути, фтора, бария, серы, меди, а также хлораты и бораты).

2. **Пестициды растительного, бактериального и грибного происхождения** (пиретрины, бактериальные и грибные препараты, антибиотики и фитонциды).

3. **Органические соединения**, к которым относятся пестициды высокой физиологической активности: хлорорганические соединения (гексахлорциклогексан, гептахлор и др.); фосфорорганические соединения (хлорофос, метилнитрофос, карбофос и др.); производные карбаминовой, тио- и дитиокарбаминовой кислот (пиримор, карбин, тиллом); нитропроизводные фенолов (нитрафен, каратан); фталимиды (каптан, фталан); минеральные масла; органические соединения ртути (гранозан, меркуран и др.); хиноны (дихлон); производные мочевины и др.

В зависимости от способности сопротивляться процессам разложения пестициды подразделяются на:

- слабостойкие (сохраняются в окружающей среде 1–12 недель),
- среднестойкие (сохраняются 1–18 месяцев)
- очень стойкие (сохраняются два года и более). Н-р: хлорорганический инсектицид гептахлор (спустя 14 лет в почве обнаруживается 16 % от изнач. колич.

Очевидно, что слабостойкие пестициды в окружающей среде практически не накапливаются. В идеальном виде пестицид, оказав требуемое воздействие на вредителя, должен был бы сразу разрушиться, образовав безвредные продукты разложения.

Особую опасность представляют стойкие и кумулятивные пестициды: триазин, симтриазин, хлордан, гептахлор – они обнаруживаются в почве спустя десять и более лет после применения.

Пестициды являются относительно новыми препаратами, химическими и синтетическими соединениями, что во многом усложняет процесс их детоксикации в почве.

Подавляющее число пестицидов являются кумулятивными ядами, и их токсическое действие зависит не только от концентрации препарата, но и от длительности его воздействия на тот или иной объект.

Ежегодно в мире вносится около 300-400 гр. пестицидов на га.

Широкое применение пестицидов связано с их высокой экономической эффективностью. Отказ от применения пестицидов приводит к снижению урожайности на 50-70 %.

Основными современными тенденциями при производстве пестицидов являются:

1. создание быстроразлагающихся препаратов;
2. снижение токсичности и нормы расхода препарата;
3. повышение избирательности пестицида;
4. повышение безопасности пестицида.

15.2 Особенности миграции, превращения, детоксикации пестицидов в агроландшафтах

Большая часть пестицидов является **ксенобиотиками**, т.е. веществами, чуждыми природе. Только 1-3% применяемых пестицидов действует на организм-мишень, остальное количество распространяется в окружающей среде и включается в пищевые цепи.

Пестициды распространяются далеко за пределами тех агроэкосистем, где они применяются. Даже в случае использования наименее летучих компонентов более 50% активных веществ в момент воздействия переходит прямо в атмосферу.

Большую опасность как источник загрязнения продуктов питания пестицидами представляет почва. В почву пестициды поступают различными путями:

- при непосредственном внесении их в почву для уничтожения почвообитающих вредителей, сорняков,
- с протравленными семенами,
- снос препаратов при обработке посевов во время вегетации полевых культур,
- неосторожном выполнении различных операций с химическими препаратами (расфасовке, приготовлении рабочих растворов, транспортировке и т. д.),
- при поверхностном стоке с вышерасположенных участков,
- с осадками, оросительными, коллекторно-дренажными и сточными водами,
- с частицами почвы при ветровой эрозии.

Пестициды после целенаправленного внесения или случайного попадания в почву могут вызывать в окружающей среде следующие изменения:

- вызвать нежелательные эффекты (фитотоксическое действие, например гербицидов, на последующие культуры, изменение химического состава культурных растений в отрицательную сторону и т. п.);

— оказывают негативное воздействие на почвенную биоту (микрорганизмы, червей, и др.) Изменение почвенного биоценоза может приводить к подавлению почвообразовательного процесса и деградации почв.

— пестициды прямо или косвенно влияют на доступность питательных элементов в почве. Т.е. могут привести к нарушению биологических циклов круговорота веществ. Установлено, что пестициды больше накапливаются на тяжелых почвах с повышенной кислотностью.

После применения пестицидов в сельском хозяйстве значительная часть их вымывается из почвы и попадает в *водоемы*. Они могут ухудшать вкус, запах и цвет пресной воды. Многие пестициды устойчивы в водной среде и могут накапливаться в отдельных органах животных, вызывая нарушение репродуктивной функции или массовую гибель. Установлено, что от 30% до 70% применяемых пестицидов попадает в водные экосистемы. Водный дренаж с полей, обработанных пестицидами, загрязняет не только небольшие водоемы, реки, но и эстуарии (широкое устье реки, впадающее в море или океан). При этом в водоемах пестициды концентрируются на поверхности воды в виде тонкой пленки.

Особая опасность пестицидов заключается в том, что многие из них обладают способностью к **биоаккумуляции** – многократному увеличению концентрации пестицида при продвижении его по пищевым цепям. Так, например, концентрация ДДТ(4,4'-дихлордифенилтрихлорметилметан) или дуста изменялась следующим образом: вода в озере Мичиган (0.001 мг/л)- жир рыб (3.5 мг/кг)- жир чаек (100мг/кг) - жир человека 3-113 мг/кг. Более половины примененного ранее ДДТ циркулирует в биосфере.

Под действием живых организмов и абиотических факторов среды происходит **биотрансформация** – изменение химических свойств пестицидов. При этом возможны **детоксикация** _ потеря токсичности, а также **токсификация** – увеличение токсичности (например, у гербицида атразина).

15.3 Последствия применения пестицидов для живых организмов и окружающей среды

Вследствие высокой биологической активности пестициды могут оказывать негативного влияния и на полезные организмы, в том числе и на людей. Механизм действия пестицидов является сложным и разносторонним. При попадании яда в организм, как правило, проходит сорбция вещества, его растворение в жирах и биологических жидкостях и, как следствие, распространение яда в организме. После этого проходит блокирование ферментов, гормонов и

т.д., которое сопровождается нарушением процессов окисления и восстановления, осмотических процессов.

Растения. При неправильном использовании пестицидов могут поражаться растения, при этом изменяется цвет листьев, на них появляются пятна бурого или коричневого цвета, листья становятся курчавыми и жестким. При поражении растений проходят глубокие физиологические изменения в транспирации, фотосинтезе, водном обмене, ферментативных реакциях. При сильных отравлениях возможна гибель растений. Известно, что пестициды усиливают неблагоприятные эффекты, вызываемые нитратами и нитритами, увеличивая экзогенный синтез нитрозаминов.

Человек. Влияние пестицидов на человека зависит от химической природы яда, токсичности, пути попадания в организм. Значительным фактором чувствительности к действию пестицидов является возраст людей. Попадая тем или иным путем в организм людей, пестициды могут вызвать отравление.

Отравления бывают:

- острые,
- неострые
- хронические

Острые отравления пестицидами наблюдаются при попадании в организм больших количеств пестицидов, которые обладают высокой токсичностью, и такие отравления сопровождаются бурным развитием (чаще всего при обработке посевного материала). Симптомы отравления зависят от химической природы пестицида и особенностей индивидуальных реакций организма человека. Так, при остром отравлении хлорорганическими пестицидами поражаются печень, почки и нервная система, а симптомы отравления напоминают пищевое: общая слабость, головокружение, тошнота. Иногда наблюдается раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей. При остром отравлении фосфорорганическими пестицидами наблюдается нарушение нервных реакций: сужение зрачков, судороги, дрожание рук, потеря сознания и т.п.

Неострые отравления людей пестицидами наблюдаются при попадании в организм относительно небольших доз высокотоксичных препаратов или больших доз малотоксичным. При этом отравление протекает в более легкой форме, чем острое отравление. Для предупреждения острых и неострых отравлений пестицидами следует соблюдать правила техники безопасности при работе с ними.

Особыми случаями являются **хронические отравления**. Они связаны с длительным попаданием в организм пестицидов в небольшом их количестве,

как правило, значительно ниже ПДК, если пестициды обладают способностью к биокумуляции и являются устойчивыми к действию факторов окружающей среды. Последствия хронических отравлений, как и острых, могут быть значительными вплоть до летальных случаев. Предотвратить хронические отравления можно только использованием новых препаратов, которые быстро минерализуются в окружающую среду и которые не обладают способностью к биокумуляции. Кроме того, термическая обработка пищевых продуктов позволяет частично удалить из них пестициды результате, как правило, высокой летучести последних.

Большинство пестицидов обладают мутагенным действием. По данным Национальной Академии Наук, 90% всех фунгицидов, 60% гербицидов и 30% инсектицидов, применявшихся в США в 1986 году, вызывают рак. Академик А.В.Яблоков сообщает, что ежегодно в мире пестицидами отравляются 1-2 млн человек, из них 20-50 тысяч – смертельно. Средняя продолжительность жизни механизаторов-химизаторов на 10 лет короче. Особенно подвержены воздействию пестицидов беременные женщины и дети.

Экосистемы. Использование пестицидов может иметь и пагубные для экосистем последствия:

1. гибель полезных организмов, прежде всего, насекомых опылителей и энтомофагов, а также уничтожение ряда других чувствительных видов.
2. размножение нехарактерных представителей флоры и фауны, что является причиной нарушения стабилизации и даже перерождения экосистем.
3. появление устойчивых рас вредных организмов

Например: В одной из тропических стран мира для борьбы с москитами, с целью предупреждения распространения малярии, использовали ДДТ (инсектицид нервно-паралитического действия), которой устойчивой к действию факторов окружающей среды и имеет высокую способность к биокумуляции. В то же время, против тараканов ДДТ оказался недостаточно эффективным, но у ящериц наблюдалось угнетение подвижных функций. Это, в свою очередь, привело к тому, что на них начали интенсивно охотиться местные кошки, для которых ДДТ оказался смертельным ядом. Массовая гибель кошек и снижение численности ящериц, вследствие чрезмерного охоты на них, вызвали процессы бурного развития насекомых, гусениц и крыс.

Классификация пестицидов. В настоящее время в зависимости от назначения, химической природы и патогенных свойств для теплокровных и человека принято несколько классификаций пестицидов: гигиеническая, химическая, производственная.

Гигиеническая классификация пестицидов построена по степени их ядовитости (токсичности) для биологических объектов, кумулятивными свойствами и стойкости с учетом возможности циркуляции во внешней среде. Степень опасности пестицидов оценивается по их токсичности, летучести, кумулятивным свойствам и стойкости.

Сила токсического действия измеряется дозой вещества, выражаемой в мг/кг массы животного или концентрацией вещества в воздухе — мг/л или мг/м³ воздуха. Для оценки токсичности пестицидов принято пользоваться **средней смертельной дозой (ЛД₅₀)**, вызывающей гибель 50% подопытных животных при однократном поступлении препаратов в желудочно-кишечный тракт.

В зависимости от величины ЛД₅₀ пестициды делятся на:

- сильнодействующие ядовитые вещества, средне смертельная доза которых менее 50 мг на 1 кг массы животного,
- высокоядовитые (ЛД₅₀ от 50 до 200 мг/кг),
- средне ядовитые (ЛД₅₀ от 200 до 1000 мг/кг),
- мало ядовитые (ЛД₅₀— 1 г/кг и более).

Если пестициды поступают через кожу (кожно-резорбтивная токсичность), для оценки их действия используют кожно-оральный коэффициент (отношение средне смертельной дозы пестицида, действующего через кожу, к средне смертельной его дозе, вводимой в желудок). При резко выраженной токсичности (ЛД₅₀ меньше 300 мг/кг) кожно-оральный коэффициент меньше 1; при выраженной токсичности (ЛД₅₀ 300—1000 мг/кг) кожно-оральный коэффициент от 1 до 3; при слабовыраженной токсичности (ЛД₅₀ более 1000 мг/кг) кожно-оральный коэффициент больше 3.

По степени летучести пестициды делятся на очень опасные вещества (насыщающая концентрация больше или равна токсичной), опасные (насыщающая концентрация больше пороговой) и малоопасные (насыщающая концентрация не оказывает порогового действия).

Кумуляция пестицидов определяется по коэффициенту кумуляции (отношение суммарной дозы препарата, вызывающей гибель 50% подопытных животных при многократном введении, к дозе, вызывающей гибель 50% животных при однократном введении). Если коэффициент кумуляции меньше 1, вещество обладает сверхкумуляцией; при коэффициенте кумуляции 1–3 у вещества выраженная кумуляция; при коэффициенте 3–5 — умеренная и при коэффициенте более 5 — слабовыраженная кумуляция.

Последствия применения пестицидов.

Многолетнее использование пестицидов на огромных сельскохозяйственных и лесных территориях, часто с применением авиации, привело к масштабному загрязнению окружающей среды. Более того, молекулы ядохимикатов (особенно это относится к стойким соединениям) включаются в природные процессы миграции и круговорота веществ и разносятся вместе с атмосферными потоками на большие расстояния. Например, в Антарктиде, за десятки тысяч километров от зон применения, ледниковый панцирь накопил более 2000 т ДДТ. Химические вещества вместе с водным стоком с полей попадают в реки и озера, накапливаются в донных отложениях, поступают в Мировой океан. Но самое главное — они включаются в экологические пищевые цепочки: из почвы попадают в воды и растения, затем — в организмы животных и птиц, а в конечном счете — с пищей и водой — в организм человека. И на каждом этапе миграции они наносят вред и ущерб. Однако, так как вредные насекомые со временем приспосабливаются к ядовитым свойствам этих веществ и эффективность пестицидов падает, их количество на единицу сельскохозяйственной продукции приходится постоянно увеличивать.

Многим, вероятно, известна история ДДТ — пестицида, в свое время получившего чрезвычайно широкое распространение. Его создатель П. Мюллер был удостоен Нобелевской премии. Казалось, что ДДТ принес человечеству долгожданное освобождение от малярии, желтой лихорадки, эпидемий тифа. Однако более поздние исследования показали: последствия применения этого препарата весьма плачевны.

Чем устойчивее и токсичнее пестициды, тем серьезнее их негативное воздействие на живую природу и человека. При этом устойчивость к факторам окружающей среды (солнечный свет, кислород, микробиологическое разложение и т.д., способность ядохимикатов сохраняться длительное время) в большей мере определяет их опасность. Пестициды на основе хлорорганических, фосфорорганических и карбаматных соединений значительно отличаются по своей стойкости. ДДТ — типичное хлорорганическое соединение — способно более 50 лет циркулировать в биосфере. Более того, продукты его разложения (например, ДДЕ) — опасные и стойкие вещества, порой они более токсичны, чем исходное вещество.

Один из механизмов отрицательных последствий — передача и концентрирование стабильных пестицидов по трофическим цепям. Устойчивые к определенным пестицидам, флора и фауна могут накапливать их без разложения. В результате концентрация токсиканта в организме может многократно превысить исходную концентрацию его в окружающей среде. Этот процесс биологического концентрирования имеет особенно серьезное экологическое

значение в пищевых цепях, связанных с водной средой. Классический пример биологического концентрирования — накопление ДДТ и препаратов ртути в организме морских птиц. Эти птицы — конечное звено трофической цепи: морская вода — планктон — рыба, потребляющая планктон, — хищная рыба — птица, питающаяся рыбой. При этом концентрация токсиканта от исходного звена (морская вода) к конечному (птица) возрастает во много тысяч раз.

В 1988 г. Национальная Академия наук США опубликовала доклад, в котором говорится, что в предстоящие 70 лет более одного миллиона американцев рискуют заболеть раком, вызванным наличием 28 канцерогенных пестицидов в пище.

По данным индийских ученых, злоупотребление пестицидами уже в следующем десятилетии способно спровоцировать взрыв раковых заболеваний и мутаций в развивающихся странах. Эти генетические изменения необратимы.

По данным индийских ученых, злоупотребление пестицидами уже в следующем десятилетии способно спровоцировать взрыв раковых заболеваний и мутаций в развивающихся странах. Эти генетические изменения необратимы.

Из всех химических веществ, которые поступают в организм человека с воздухом, водой, пищей, наиболее опасными считаются пестициды. Стойкие пестициды способны накапливаться в жировой ткани людей и животных, отрицательно воздействуя на нервную и сердечно-сосудистую системы.

Особенно опасны пестициды для детей. В России, в районах массированного применения пестицидов, общая заболеваемость детей до шести лет (болезни кожи, пищеварительного тракта, органов дыхания, нарушение обмена веществ, отставание в физическом развитии) в 4,6 раза выше, чем в районах с наименьшей химизацией. За 25 лет в 300 раз увеличилось случаи аллергических заболеваний.

По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно пестицидами отравляются 500 тыс. человек, более 5 тыс. — со смертельным исходом.

Исследования показали, что стойкие хлорорганические пестициды обнаруживаются почти во всех организмах, обитающих на суше и в воде. Распространение ДДТ имеет глобальный характер. Повсюду ДДТ, алдрин, дилдрин, гексахлорциклогексан и другие стойкие пестициды содержатся в тканях птиц, млекопитающих, земноводных, пресмыкающихся, рыб, моллюсков и других обитателей суши, морских и пресных вод.

Содержание пестицидов в тканях и органах живых организмов, точно так же как и любых других загрязняющих веществ, намного больше, чем в среде обитания. Это явление характеризуется коэффициентом накопления (отноше-

ние концентрации в организме к концентрации в среде). Очень велики коэффициенты накопления у животных, обитающих в воде: у рыб — 10-15, у моллюсков — 25 тыс. Содержание ДДТ в различных тканях и органах одного вида значительно колеблется. Так, например, в мышцах североатлантической трески концентрация его — 1-10 мг/кг, а в печени — 180— 1800 мг/кг.

Нерациональное применение пестицидов в сельском хозяйстве приводит к их накоплению в почве, пищевых продуктах. Однако не вызывает сомнения, что повышение культуры земледелия, улучшение технологии внесения пестицидов, ограничение их применения в районах, близко прилегающих к водоемам, строгая дозировка при внесении в почву могут в значительной степени снизить их негативное воздействие.

Загрязнение пестицидами продуктов питания. Чаще всего пищевые продукты загрязнены хлор-, фосфор- и ртутьорганическими соединениями, производными карбаминной, тио- и дитиокарбаминной кислот, бромиды. Из группы хлорорганических пестицидов в продуктах обнаружены ДДТ, ДДЕ, аддрин, дилдрин и некоторые другие, из фосфорорганических — тиофос, карбофос и др., из карбаматов — севин, цинеб и др. Хлорорганические пестициды находят в продуктах животного и растительного происхождения, а фосфорорганические и карбаматы — преимущественно в растениях.

Накопление стойких химических веществ в продуктах питания чаще всего связано с нарушением правил и регламента их применения, с завышением рекомендуемых доз препарата, несоблюдением сроков последней обработки растений перед сбором урожая (время ожидания) и др.

Во многих случаях причиной загрязнения пестицидами фуражных культур является выращивание их в междурядьях обработанных садов.

Содержание хлорорганических пестицидов в продуктах животного происхождения может быть связано и с обработкой ими убойного и молочного скота в целях борьбы с эктопаразитами.

Влияние пестицидов на биогеоценозы. Экологическая активность пестицидов зависит от характера экосистемы (целой или ее части), а также от физико-химических свойств используемых препаратов. Пестицидами могут обрабатывать внутренний водоем, используемый для разведения рыбы, земельный участок, на котором выращивают урожай, лесные насаждения, луга, животную или растительную популяцию.

Неблагоприятное воздействие пестицидов на отдельные популяции выражается в уничтожении полезных организмов (главным образом насекомых-опылителей и энтомофагов) и, следовательно, в нарушении стабильности экосистемы с последующим размножением нежелательных для человека видов.

Например, отмеченное в ряде стран массовое размножение красного плодового клеща при обработке ДДТ плодовых связывают с гибелью хищных клещей тифлодромид, а кровяной тли — с уничтожением паразита тлиафелинуса. Прекращение применения тех или иных пестицидов может вызвать вспышку размножения вредителей, длительное время угнетаемых пестицидами.

Как уже отмечалось, неблагоприятное воздействие пестицидов в решающей степени зависит от их физико-химических свойств. Длительное время в сельском хозяйстве в качестве химических средств защиты растений применялись главным образом неорганические пестициды, содержащие мышьяк, фтор, ртуть, обладающие чрезвычайно высокой токсичностью. Применяли их с большими предосторожностями и в ограниченном количестве. Вместе с тем пестициды этого класса не обладают способностью накапливаться в организме и довольно быстро разлагаются в условиях внешней среды.

15.4. Перспективы использования экологически безопасных методов защиты растений

Говоря о перспективах использования экологически безопасных методов защиты растений, выделяют следующие их направления:

- 1) использование биоагентов
- 2) биорациональных пестицидов-антибиотиков,
- 3) половых феромонов, ферментных препаратов

1. Биоагенты – это естественные враги вредных организмов. В качестве биоагентов могут быть использованы *энтомофаги*, питающиеся вредными насекомыми, а также *грибы и вирусы*, вызывающие болезни вредителей с/х культур.

На Земле *несколько десятков тысяч* видов естественных врагов вредителей. Очевидно, что надо искать способы использования энтомофагов — полезных насекомых, уничтожающих вредителей. Наиболее широко используемые энтомофаги: божьи коровки, жужелицы, муравьи.

Без некоторых видов *муравьев* (в том числе и без рыжих лесных) болеют деревья, гибнут куропатки, тетерева, глухари. Муравьи, откармливающие свои личинки белковой пищей, поедают насекомых, вредных для лесного хозяйства. Вокруг муравейников нет деревьев с нездоровой листвой или хвоей. Подсчитано, что обитатели пяти крупных муравейников за день уничтожают до 1 кг насекомых-вредителей. Обитатели одного муравейника способны очистить от вредителей около 1,5 га леса. В ряде районов страны в настоящее время создаются муравьиные заказники.

Применение биологических методов борьбы с вредителями предотвращает загрязнение природной среды пестицидами, способствует сохранению полезной фауны.

Например, для борьбы с 16 видами вредителей используется *трихограмма* (три отечественных и один интродуцированный вид). Трихограмма уничтожает капустную, озимую, восклицательную, хлопковую и других совок, кукурузного мотылька и гороховую плодоядку. Трихограмма заражает яйца вредителей сельского хозяйства, и вместо гусеницы вредителя развивается личинка трихограммы. Найденный способ борьбы с насекомыми-вредителями оказался очень результативным, экологически чистым и экономически выгодным. В настоящее время трихограмму размножают искусственно во многих странах.

Разработаны методы массового разведения в защищенном грунте паразитов и хищников тлей (златоглазки, афидиды, сирфиды и другие афидофаги) и технические приемы выпуска златоглазки обыкновенной для борьбы с хлопковой совкой и карадриной, а также с колорадским жуком на картофеле и баклажанах. В производственных условиях в борьбе с кровяной тлей яблони широко используется афелинус, против citrusового червеца — криптолемус и коккофагус гурней. В борьбе с опасным карантинным вредителем — калифорнийской щитовкой — рекомендуются паразитические насекомые проспальтелла иафитис.

2. В состав биологических препаратов, применяемых против вредителей и болезней, входят средства на основе бактерий, вирусов, грибов и антибиотики. В нашей республике на их основе применяется 15 биопрепаратов или 4,3 % от общей численности пестицидов, которые разрешены к применению в стране. Мировое производство их составило в начале 90-х годов прошлого века от 4000 до 5000 т в год. Только в Германии в 1996-1997 гг. препараты на основе *B. thuringiensis* применяли на площади 21,5 тыс. га. Из обработанной площади 40-60 % занимала борьба с гроздевой и двухлетней виноградной листовёртками, 5-15 % — с зимней пяденицей, 5-20 % — с личинками чешуекрылых на капусте и 1-5 % — с колорадским жуком.

Биопрепараты на основе бактерий. Практически все биопрепараты на основе бактерий содержат в себе *Bacillus thuringiensis* (Тюрингская бацилла). Это бактерия, которая обычно живет в почве и является ее естественным обитателем. Она распространена по всему земному шару. Ее инсектицидные свойства были открыты еще в 1911 г., но до 1950 г. не было разработано достаточно препаратов на ее основе для сельского хозяйства. Данная бактерия производит

специфический белок (дельта-эндотоксин), который парализует пищеварительную систему насекомых. Причем действует он избирательно, поражая только вредные объекты.

В настоящее время известно около 250 видов бактерий, в той или иной степени связанных с насекомыми. Считают, что из огромного количества бактерий, обитающих в теле насекомых, особенно в их кишечнике, большинство является сапрофитами или симбионтами, которые при нарушении нормальных условий жизни насекомого (неблагоприятные погодные условия, недостаток пищи, высокая влажность) приводят к физиологическому ослаблению организма (например, вследствие недостатка пищи, неблагоприятной температуры). Внутри тела насекомых, часто приводя к гибели, могут размножаться также бактерии, попавшие в гемолимфу через повреждения покровов. Наиболее распространенными природными бактериальными заболеваниями насекомых являются *красный и черный бактериозы*, молочная болезнь — это инфекционное заболевание жуков, вызванное споровыми бактериями и др.

В нашей республике согласно «Каталогу пестицидов и удобрений, разрешенных для применения в Республике Беларусь» допущены к применению следующие биопрепараты на основе бактерий: бактоген, бацитурин, битокси-бациллин, колептерин, лепидоцид, новодор FC, форей 48B, миколин, пентафаг.

Биопрепараты на основе энтомопатогенных грибов.

Грибные заболевания насекомых называют микозами. К настоящему времени описано более 530 видов энтомопатогенных грибов из 4-х классов (аскомицеты, зигомицеты, хитридиомицеты и несовершенные грибы). Первые признаки заболевания у насекомого проявляются через 3-5 суток. На теле насекомых появляются разные пятна, насекомое становится вялым и неподвижным, затем наступает гибель. Главным образом микозы поражают

сетчатокрылых, жесткокрылых и полужесткокрылых. Грибные заболевания не являются остро заразными и поражают, как правило, ослабленных насекомых.

Из данной группы препаратов в нашей стране для производственного применения допущен боверин, разработанный на основе гриба боверии (белая мушкардина). Разрешено применение препарата на картофеле против колорадского жука, на огурцах защищенного грунта против тепличной белокрылки, трипса, на яблоне против яблонной плодовой гнили.

Биопрепараты на основе энтомопатогенных вирусов.

Вирусы были открыты русским ученым Д. И. Ивановским в 1892 г. при изучении мозаичной болезни табака. Первые описания вирусных болезней насекомых (гусениц тутового шелкопряда) появились в литературе в середине прошлого столетия. Для насекомых наибольшее число вирусных болезней известно у чешуекрылых; обнаружены также у перепончатокрылых, двукрылых, жесткокрылых и паутиных клещей (красного цитрусового и плодового).

По мнению американских ученых около 300 видов вирусов могут быть использованы для борьбы с вредными насекомыми. На основе вирусов гранулеза и ядерного полиэдроза выпускались препараты вирин КШ, вирин ОС, вирин ЭКС, вирин ЭНШ и др. Каждый из препаратов был предназначен для борьбы с определенным вредным объектом.

4. Феромоны. Вещества, вырабатываемые и выделяемые в окружающую среду живыми организмами, или их синтетические аналоги, вызывающие специфическую реакцию у воспринимающих их особей того же биологического вида, называют феромонами. Феромоны насекомых относятся к разным классам органических химических соединений. В своем большинстве они являются биогенетическими производными жирных кислот. В настоящее время различают:

- 1) половые феромоны или половые аттрактанты, привлекающие полового партнера и играющие в природе роль при поиске партнера. У чешуекрылых (Lepidoptera), например, их выделяют только самки, у жуков (Coleoptera) — и самки, и самцы;
- 2) феромоны скучивания или агрегации, регулирующие концентрацию популяций, например стай или групп у прямокрылых (Orthoptera) и клопов (Hemiptera);
- 3) предупреждающие феромоны, вызывающие реакции тревоги и обороны, например, у тлей (Aphidina) при нападении хищников и у жалящих насекомых типа ос (Vespa spp.);
- 4) феромоны маркировки, служащие, например, у вишневой мухи (Rhagoletis cerasi) для маркировки плодов, в которые уже отложены яйца;
- 5) социальные феромоны, регулирующие специализацию и разделение труда у насекомых, образующих сообщества.

Феромоны выделяются в ничтожных количествах (железа одной самки выделяет несколько нг (10~9г). Благодаря своей высокой летучести они действуют на расстоянии нескольких сотен метров.

В последнее время наиболее изучены и широко применяются синтетические аналоги половых феромонов — *половые аттрактанты*. Наибольшие успехи достигнуты в изучении половых аттрактантов чешуекрылых. Создано

уже более 600 биологически активных соединений — примерно для 300 видов насекомых. Данный метод разработан А. С. Серебровским и опубликован в 1940г. в «Зоологическом журнале».

5. Генетический метод. Сущность его заключается в насыщении природной популяции вредителя особями генетически неполноценной (нежизнеспособной или бесплодной) расы того же вида, полученной путем отбора, лучевой или химической стерилизации. Нежизнеспособность насекомых может быть обусловлена наследственно закрепленным недоразвитием жизненно важных органов, резким преобладанием в потомстве самцов, губительным для популяции изменением жизненного цикла и поведения насекомых, повреждениями хромосомного аппарата, также приводящими к бесплодию популяции.

Это достигается следующими способами:

- 1) обработка гамма- и рентгеновскими лучами;
- 2) обработка хемостерильянтами;
- 3) использование цитоплазматической несовместимости.

Практически генетический метод борьбы с вредителями можно осуществлять двумя способами:

- 1) массовым выпуском заранее обработанных гамма- и рентгеновскими лучами особей вредителя;
- 2) автостерилизацией в природных условиях, как правило, используя хемостерильянты.

Основным приемом генетического метода является лучевая и химическая стерилизация.

Данный метод впервые был применен в США в борьбе с мясной мухой. Объект был полностью уничтожен на острове Санмбел в 1954 г., а затем и на острове Кюрасао (Япония) в 1955 г.

Сочетание разнообразных нехимических способов защиты растений с минимальным использованием пестицидов получило название **интегрированного метода**. Метод основан на биогеоценотическом подходе и рассчитан на максимальное использование природных механизмов регуляции численности вредящих организмов.

При этом нельзя упускать из виду ассортимент пестицидов, внедряя препараты избирательного действия (направленного на определенный вид вредителей), быстро разлагающиеся в природной среде и имеющие минимальный отрицательный побочный эффект. Необходимо совершенствовать способы внесения препаратов, по возможности отказываясь от распыления их с самолетов, связанного с большой опасностью сноса на соседние территории и ак-

ватории. Надо максимально использовать в сельском и лесном хозяйствах высококачественный посадочный материал растений, устойчивых к вредителям и болезням. Кроме того, в каждом конкретном случае следует учитывать местные особенности живой природы.

Такие прогрессивные методы применения пестицидов, как малообъемное и ультра малообъемное опрыскивание сельскохозяйственных культур, позволяют многократно снизить и количество применяемых препаратов, и отрицательное воздействие их на природу.

15.5. Повышение устойчивости сортов к возбудителям болезней и вредителям

Наиболее распространенным способом повышения устойчивости сортов является селекционный метод. Устойчивые сорта создаются двумя методами:

1) *традиционный* – с использованием гибридизации, мутагенеза и др. традиционных методов селекции.

Создание сортов с/х культур, устойчивых к наиболее опасным патогенам и вредителям, соблюдение правил семеноводства приводит не только к сохранению первоначальных качеств семенного материала, но и к оздоровлению семенного материала.

Зарубежные сорта, широко применяемые в настоящее время в РБ, приносят на территорию те патогены, которые ранее не развивались на нашей территории. Поэтому одним из главных направлений повышения устойчивости сортов является соблюдение всех карантинных мероприятий, при введении того или иного западного сорта.

2) *генная инженерия*

Первые трансгенные растения (растения табака со встроенными генами из микроорганизмов) были получены в 1983 г. Первые успешные полевые испытания трансгенных растений (устойчивые к вирусной инфекции растения табака) были проведены в США уже в 1986 г.

После прохождения всех необходимых тестов на токсичность, аллергенность, мутагенность и т.д. первые трансгенные продукты появились в продаже в США в 1994 г. Это были томаты Flavr Savr с замедленным созреванием, созданные фирмой "Calgen", а также гербицид-устойчивая соя компании "Monsanto". Уже через 1-2 года биотехнологические фирмы поставили на рынок целый ряд генетически измененных растений: томатов, кукурузы, картофеля, табака, сои, рапса, кабачков, редиса, хлопчатника.

В настоящее время получением и испытанием генетически модифицированных растений занимаются сотни коммерческих фирм во всем мире с совокупным капиталом более ста миллиардов долларов. В 1999 г. трансгенные

растения были высажены на общей площади порядка 40 млн. га, что превышает размеры такой страны, как Великобритания. В США генетически модифицированные растения (GM Crops) составляют сейчас около 50% посевов кукурузы и сои и более 30-40% посевов хлопчатника.

Первая волна трансгенных растений, допущенных для практического применения, содержала дополнительные гены устойчивости (к болезням, гербицидам, вредителям, порче при хранении, стрессам).

Уже довольно давно известна бактерия *Bacillus thuringiensis*, продуцирующая белок, являющийся очень токсичным для многих видов насекомых, в то же время безопасный для млекопитающих. Белок (дельта-эндотоксин, CRY-белок) продуцируется различными штаммами *B. thuringiensis*. Взаимодействие токсина с рецепторами строго специфично, что усложняет подбор комбинации токсин—насекомое. В природе найдено большое количество штаммов *B. thuringiensis*, чьи токсины действуют только на определенные виды насекомых. Препараты *B. thuringiensis* в течение десятилетий использовали для контроля насекомых на полях. Безопасность токсина и его составных белков для человека и других млекопитающих полностью доказана. Встраивание гена этого белка в геном растений дает возможность получить трансгенные растения, не поедаемые насекомыми.

Кроме видоспецифичности по действию на насекомых встраивание прокариотических генов дельта-токсинов в геном растений даже под контролем сильных эукариотических промоторов не привело к высокому уровню экспрессии. Предположительно такое явление возникло в связи с тем, что эти бактериальные гены содержат значительно больше адениновых и тиминового нуклеотидных оснований, чем растительная ДНК. Эта проблема была решена путем создания модифицированных генов, где из природного гена вырезали и добавляли те или иные фрагменты с сохранением доменов, кодирующих активные части дельта-токсина. Так, например, с помощью таких подходов был получен картофель, устойчивый к колорадскому жуку. Получены трансгенные растения табака, способные синтезировать токсин. Такие растения были нечувствительны к гусеницам *Manduca sexta*. Последние погибали в течение 3 суток контакта с токсинпродуцирующими растениями. Токсинообразование и обусловленная им устойчивость к насекомым передавалась по наследству как доминантный признак.

В настоящее время так называемые Bt-растения (от *B. thuringiensis*) хлопка и кукурузы занимают основную долю в общем объеме генетически модифицированных растений этих культур, которые выращивают на полях США.

В связи с возможностями генной инженерии конструировать энтомопатогенные растения на основе токсина микробного происхождения еще больший интерес к себе вызывают токсины растительного происхождения. Фитотоксины являются ингибиторами белкового синтеза и осуществляют защитную функцию, направленную против насекомых-вредителей микроорганизмов и вирусов. Лучшее среди них изучен рицин, синтезируемый в клещевине: его ген клонирован и установлена нуклеотидная последовательность. Однако высокая токсичность рицина для млекопитающих ограничивает генноинженерные работы с ним только техническими культурами, не используемыми в пищу человека и на корм животным. Токсин, вырабатываемый фитолаккой американской, эффективен против вирусов и безвреден для животных.

Важную роль в повышении устойчивости сортов играют также:

- способы обработки почвы,
- сроки и способы посева,
- уход за растениями, соблюдение севооборота, правильное чередование культур
- применение пестицидов избирательного действия, в том числе и биологический метод.

15.6. Повышение супрессивности почвы

Супрессивность почвы - это ее способность к восстановлению и сохранению плодородия, а также способность противостоять размножению патогенной микрофлоры.

В зависимости от динамики плотности популяции вредителей почвы делятся на 3 группы:

- 1) индуктивная (плотность популяции вредителя увеличивается)
- 2) толерантная (плотность популяции не изменяется)
- 3) супрессивная (плотность популяции уменьшается)

Следует отметить, что почвы естественных биоценозов обладают достаточной устойчивостью ко многим патогенам.

Супрессивность почвы зависит, прежде всего, от наличия в ней грибов-сапрофитов, которые, кроме способности разлагать в почве растительные остатки, обладают еще и антагонистическим действием на паразитические грибы. Они обладают способностью использовать грибы-патогены в качестве питательной среды, продуцируют вещества, токсичные для фитопатогенов, разрушающие их клеточные структуры.

При избыточном применении химических фунгицидов и протравителей семян, внесении несбалансированных доз минеральных удобрений супрессивность почвы снижается.

Повышение супрессивности почвы возможно за счет след. приемов:

1) соблюдение севооборота (один из основных методов, широко применяемых в наст. время в с/х). Низкую супрессивность имеют почвы в севооборотах с короткой ротацией.

2) внесение органич. удобрений (м.б. различной формы: навоз, птичий помет, сапропели, торф и т.д.)

3) применение сидератных удобрений (пожнивные, поукосные культуры, солома злаков)

4) применение минеральных удобрений, учитывая физиологические потребности растений. Н-р, внесение К и Р-х удобрений повышает иммунитет растений.

5) внесение микробиологических препаратов (эпин, эпин +, экосил)

6) применение биогумуса

7) совершенствование ассортимента и препаративных форм пестицидов.

8) организация сплошного многоступенчатого скрининга синтезированных соединений, применяемых в качестве пестицидов.

15.7 Ослабление и нейтрализация действия пестицидов при аварийных ситуациях.

1) Прежде всего основным направлением при аварийных ситуациях является локализация места аварии.

2) Применение мер, которые снижают и ослабляют действие пестицида

- известкование почвы

- применение сидеральных удобрений, микробиологических препаратов,

- применение нейтрализаторов почвы (фитопротекторов: редька масличная, рапс, люпин). Использование фитопротекторов снижает остаточное содержание пестицида атразина в почве на 40-95%.

- использовать препаративные формы пестицидов с высокой скоростью разложения в почве. Следует учитывать, что наиболее устойчивой к разложению формой является гранулированная форма, менее устойчивая – жидкая, наименее устойчивая – смачивающиеся порошки.

- при возделывании культур на тех участках, где произошла утечка пестицидов при аварийных ситуациях, эффективным методом является покрытие семян чувствительных к пестицидам культур защитными пленками (н-р, парафинирование);

- дражирование и инкрустация семян и посадочного материала различными сорбентами.

Чтобы снизить накопление пестицидов в продукции, необходимо промывать продукцию большим количеством воды, удаление кожуры с плодов, варка, бланширование.

Пестициды накапливаются главным образом в жировой ткани, поэтому в мясных продуктах удаляют жир, применяют низкотемпературную обработку путем замораживания и т.д.

16. ДЕГРАДАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

16.1 Причины деградации земель

Согласно Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием земель, *«деградация земель»* означает постепенное ухудшение физических, химических и биологических свойств почвы, снижение ее плодородия, потерю биологической продуктивности, экономической ценности сельскохозяйственной угодий, вызванную изменением условий почвообразования в результате естественных причин или нерационального землепользования.

По данным организации продовольствия и сельского хозяйства (ФАО) ООН, около 40 % пахотных земель мира в разной степени деградировано, и ежегодно площадь таких земель увеличивается на 15 млн га.

Факторами, вызывающими деградацию земель являются:

- эрозия;
- истощением почв (потеря плодородия);
- опустынивание;
- переуплотнение;
- вторичное засоление и подкисление;
- прогрессирование урбанизации;
- перевыпас скота,
- загрязнение почв токсикантами;
- добыча ископаемых открытым способом (В настоящее время на территории республики эксплуатируется открытым способом около 300 месторождений полезных ископаемых: глинистого сырья, песков, песчано-гравийных смесей, карбонатных материалов (мел, мергель, доломит), строительного камня);

- изменение климата.

Применительно к природно – территориальным условиям и особенностям хозяйственного использования территории Беларуси деградация земель/почв проявляется в следующих основных формах:

- водная, ветровая эрозия почв;
- химическое, в том числе радионуклидное загрязнение земель/почв;
- деградация и ухудшение свойств почв, особенно торфяных, при сельскохозяйственном их использовании;
- деградация земель в результате добычи торфа, строительных материалов, проведение работ, дорожного и других видов строительства, а также их затопление и подтопление;
- деградация торфяных почв на осушенных болотных массивах в результате торфяных пожаров;
- деградация земель лесного фонда в результате нерационального лесопользования и лесных пожаров;
- деградация земель при чрезвычайных рекреационных, технических и других антропогенных нагрузках на земли/почвы.

16.2 Характеристика основных форм и факторов деградации

По данным Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии НАН Беларуси общая площадь эродированных и эрозионноопасных почв на сельскохозяйственных землях составляет более 4,0 млн. га, в том числе на пахотных – около 2,6 млн. га, из них водной и ветровой эрозии подвергнуто 556,5 тыс. га земель, из них 479,5 тыс. га на пашне. Доля водной эрозии на этих землях составляет 84 процента, а ветровой – 16 процентов.

Проявление эрозионных процессов в республике имеет региональные особенности. В северной и центральной почвенно–географических провинциях наиболее активно протекают водно–эрозионные процессы. В южной (Полеской) провинции, где осуществлена осушительная мелиорация и преобладают осушенные торфяные почвы, заметное развитие получили процессы ветровой эрозии. Водная и ветровая эрозия почв наносит существенный экономический и экологический ущерб. Потери урожая основных сельскохозяйственных культур на эродированных землях составляют в зависимости от степени эродированности для зерновых культур – 12–40, льна – 15–40, многолетних трав – 5–30, пропашных – 20–60 процентов. Продукты эрозии почв приводят к загрязнению водных объектов, ухудшению качества поверхностных и грунтовых вод, негативно влияют на биологическое разнообразие водных и околоводных экосистем.

Территория Беларуси характеризуется широким распространением болот и заболоченных земель. Торфяные почвы различных типов и с различной мощностью торфа до начала их интенсивного хозяйственного использования занимали свыше 14,0 процентов от общей площади республики. Наибольшее количество торфяных почв (свыше 66,5 процентов) расположено в регионе Белорусского Полесья.

В республике преобладают торфяные болота низинного типа, на которые приходится около 82 процентов общей площади торфяного фонда Беларуси.

Наибольшей трансформации подвержены торфяные болота в результате гидротехнической мелиорации и добычи торфа в качестве топлива и органического удобрения. В настоящее время в пределах территории Беларуси осушено около 1,45 млн. га торфяных почв, из них для сельскохозяйственных целей – 1,1 млн. га.

К настоящему времени в Республике Беларусь полностью деградировано около 190 тыс. га торфяных почв, на которых слой торфа разрушен полностью, а на поверхность площадью 18,2 тыс. га вышли малоплодородные пески.

Наиболее опасным видом химического загрязнения почв Беларуси является их радионуклидное загрязнение, вызванное аварией на Чернобыльской АЭС. Масштабы распространения радионуклидного загрязнения почв на территории Беларуси не имеет аналогов в мире. В настоящее время его зона охватывает 21 процент территории страны, в том числе 1,3 млн. га сельскохозяйственных и 1,6 млн. га лесных земель.

На нераспаханных землях радионуклиды сконцентрированы преимущественно в верхнем (5–10 см) слое почв, а на пахотных и пойменных землях проникли на глубину 20 см и больше. В настоящее время отмечается горизонтальная миграция радионуклидов, что вызывает вторичное загрязнение почв и формирование выраженных геохимических аномалий.

Химическое загрязнение земель/почв отмечается в районах влияния крупных городов и промышленных центров республики, придорожных полос основных транспортных автомобильных и железнодорожных магистралей. Положительной тенденцией является то, что практически не наблюдается расширения химического загрязнения земель тяжелыми металлами, стойкими органическими соединениями.

Ярким примером полного техногенного преобразования земной поверхности является район добычи калийных солей, где шахтным способом извлекается порядка 30 млн. тон породы в год. За время функционирования ПО «Беларуськалий» с начала 60-х годов XX столетия на ранее плодородных землях скопилось свыше 730 млн. т твердых глинисто–солевых шламов на площади

около 2 тыс. га. В результате ведения подземных горных работ происходят процессы деформации и сдвиги горных пород, что привело к просадкам поверхности земли на территории 120–130 км². В пределах просадок, достигающих нередко 3,5–4м, происходит деградация почв, развиваются процессы заболачивания и подтопления.

К другим факторам, вызывающим значительную трансформацию земель/почв, относятся жилищное, дорожное, мелиоративное и гидротехническое строительство. Они привели к преобразованию земной поверхности на территории свыше 10 тыс. км².

Техногенное преобразование земель/почв не только непосредственно воздействует на земную поверхность, но и активизирует многие процессы, которые могут привести к деградации земель (развитие отвалов, осыпей, размывов, оползней, оврагов, разрушение берегов водных объектов, проявление дефляции почв и др.).

Значительная трансформация земель почв связана с военными сооружениями и полигонами, площадь которых в республике составляет около 2 процентов. Интенсивное воздействие на природные экосистемы, и особенно почвы, связанное с применением тяжелой военной техники, проведением военных учений, приводит к деградации земель и формированию пустошей. Этому способствует также строительство различных наземных и подземных объектов, проведение боевых стрельб, взрывных работ, пиротехнических и других мероприятий.

Процессы деградации земель характерны и для территории Беларуси, занятой естественной, в том числе лесной растительностью. В лесном фонде расположена значительная доля эродированных и эрозионноопасных земель. Их площадь заметно увеличилась в последние годы за счет передачи на баланс лесного хозяйства низкопродуктивных не покрытых лесом земель, нередко подвергнутых разрушению. Активизация водной, а на песчаных почвах — ветровой эрозии, способствуют сплошные рубки леса, которые остаются доминирующими в современном лесопользовании республики. Нередки случаи переосушения лесных земель под влиянием прилегающих к ним гидромелиоративных объектов, используемых в сельскохозяйственных целях.

Большую угрозу почвенному покрову республики представляют пожары в лесах и на торфяниках, что обусловлено как природными (длительные засухи и засушливые явления), так и антропогенными факторами. В большинстве случаев основными причинами возникновения пожаров на торфяных болотах являются:

- самовозгорание торфа (54 процента),

- искры от транспорта и другой техники (30 процентов),
- неосторожное обращение с огнем (16 процентов).

В результате таких пожаров происходит невосполнимая потеря запасов торфа, резко изменяются экологические условия, восстановление которых происходит в течение сотен лет.

16.3 Водная и ветровая эрозия (дефляция) почвы

Из всех видов деградации земель наиболее выражена водная и ветровая эрозия (дефляция). Процессы водной эрозии характерны для Белорусского Поозерья и Центральной Беларуси в районах, где преобладают холмистый расчлененный рельеф и тяжелые почвы. Проявление ветровой эрозии наиболее типично для Полесья, где широко распространены мелиорированные земли и преобладают почвы легкого состава с хорошей водопроницаемостью, а также осушенные торфяные почвы.

Площадь эродированных земель на территории Беларуси составляет более 556 тыс. га, или 2,7 % площади страны, земель с потенциально возможным смывом почвы – около 1443 тыс. га, или 7,0%, дефляционно опасных – около 1010,2 тыс. га, или 4,9%.

Эрозия (*eroderenaT.* – разъедать, разрушать) – разрушение горных пород и почв ветрами, льдами и водными потоками. В зависимости от фактора, вызывающего разрушение почвы, различают два типа эрозии – водную и ветровую.

Водная эрозия. Она возникает в результате стока ливневых и талых вод и тесно связана с рельефом местности, обычно разрушение почвы начинается при наличии уклона более 1-2° и даже при уклоне 0,3—0,5°. По форме проявления различают поверхностную (плоскостную) эрозию, или смыв почвы, и овражную, или размыв почвы.

Поверхностная эрозия мало заметна и очень опасна. Проявляется она в постепенном, более или менее равномерном удалении с поверхности склона почвенных частиц при стоке талых или дождевых вод. Этот вид эрозии наблюдается главным образом на почвах без сплошного растительного покрова. Хотя смыв происходит медленно, вред от него значителен. Подсчитано, что с холмов ежегодно смывается слой почвы толщиной 2 мм, примерно 50 т/га.

Овражная эрозия проявляется в концентрации потоков талых и ливневых вод в узком протоке, создающих густую сеть оврагов и вызывающих массовый вынос почвы и грунта. Продолжительность ее воздействия на почву измеряется часами и минутами. В большинстве случаев овражная эрозия следует за плоскостной, но иногда может развиваться самостоятельно.

К числу факторов, влияющих на степень развития водной эрозии, относятся климат, рельеф, растительный покров, гранулометрический состав почвы.

Климат — для проявления эрозии большое значение имеют осадки и характер их выпадения. При интенсивном выпадении осадков почва не успевает впитать такое количество воды, избыток ее начинает стекать по поверхности склона. Сильно на эрозионные процессы влияет размер дождевых капель, который зависит от интенсивности дождя. При ливневых осадках размер капель в 2 раза и более крупнее, чем при затяжных осадках. Масса таких капель также выше в 5-15 раз. Капли дождя при ливневых осадках падают на поверхность почвы с большей силой и разрушают почвенные агрегаты на мелкие частицы и разбрасывают их в стороны, а стекающая по поверхности вода подхватывает их.

Рельеф местности - важнейшими характеристиками рельефа, от которых зависит эрозия почвы, являются крутизна, длина, форма и экспозиция склонов. С увеличением крутизны возрастает смыв почвы. Чем длиннее склон, тем больше объем поверхностного стока и скорость движения воды. На склонах южных экспозиций из-за более интенсивного таяния снега, эрозия нередко проявляется больше.

Растительный покров является мощным противозерозионным фактором. Степень влияния растительного покрова зависит от вида и состояния растительности: чем лучше она развита и больше ее густота, тем значительнее почвозащитная роль растительности.

Противозерозионная роль растительности проявляется в уменьшении ударной силы капель дождя. Следовательно, она предохраняет от разрушения агрегаты почвы, так как большая часть осадков сначала попадает на растения, а затем стекает на почву. Растительность хорошо скрепляет своими корнями почву и создает на ней микрорельеф (шероховатость), что препятствует стеканию поверхностных вод и создает условия для поглощения их почвой. Степень сопротивления почв смыву зависит от вида растительности, плотности, мощности и разветвленности корневой системы. Наименьшую почвозащитную функцию выполняют пропашные культуры. Пшеница и рожь из-за длительного нахождения на полях лучше защищают почву от эрозии, чем ячмень и овес. Значительно более мощным почвозащитным воздействием, чем зерновые, характеризуются посевы многолетних трав. На многолетних травах эрозия проявляется незначительно, как и на целинных участках.

Гранулометрический состав - почвы легкого гранулометрического состава, рыхлые структурные лучше впитывают влагу, поэтому больше проти-

востоят эрозии, чем почвы бесструктурные, уплотненные, тяжелые. Противоэрозионная стойкость почв повышается с увеличением содержания гумуса, поскольку от него зависит степень оструктуренности почв. В большой степени поддаются смыву суглинистые и глинистые бесструктурные почвы. Они плохо пропускают воду, легко заплывают, образуя корку. С увеличением влажности почвы смыв возрастает.

Ветровая эрозия (дефляция). Она представляет собой выдувание почвы, снос и отложение продуктов ее разрушения. Возникновение ветровой эрозии связано с действием воздушных потоков на частицы почвы, которые приходят в движение.

В зависимости от интенсивности и формы проявления ветровая эрозия подразделяется на местную или повседневную, пыльные бури и выдувание почвы зимой вместе со снегом.

Местная (повседневная) эрозия проявляется в виде верховой, ветровой эрозии и поземки при сильных ветрах, когда на пашне образуются отдельные смерчи или столбы пыли в результате подъема ветром почвенных частиц и поземки. Обычно ветер далеко не уносит эти частицы. Такая эрозия, как правило, распространение имеет на рыхлопесчаных почвах.

Пыльные бури — наиболее активный и вредоносный вид ветровой эрозии, при которой почва разрушается очень сильно. Вместе с почвой ветер может уносить с полей семена и всходы культур.

Выдувание почвы зимой выражается в сдувании с полей сильным ветром снега и верхних сухих слоев почвы, а иногда и выдувание озимых посевов. Данный вид эрозии в Беларуси сильно проявляется на почвах легкого гранулометрического состава, особенно на торфяных.

К факторам ветровой эрозии относятся климат, рельеф местности, растительность, свойства почвы.

Климатические условия — количество осадков и температура. С ростом засушливости климата и уменьшением влажности ветровая эрозия возрастает.

Рельеф - ветровая эрозия возникает на склонах и на совершенно выровненных полях. Ветер разносит продукты эрозии в различном направлении, даже вверх по склону. В большей степени подвергаются поля, прикатанные гладкими катками.

Растительность — самый мощный фактор, противодействующий ветровой эрозии. Древесистая растительность исключает дефляцию полностью, а травянистая резко ее снижает. В сильной степени подвергаются эрозии поля пропашных культур, в меньшей степени яровые и еще меньше озимые, а многолетние травы полностью защищают почву от эрозии.

Свойства почвы — сильно страдают от ветровой эрозии почвы легкого гранулометрического состава и торфяные почвы. Тяжелые почвы выдуваются только после разрыхления распашкой. Структурные почвы меньше страдают от ветровой эрозии по сравнению с бесструктурными.

Почвы с почвенным поглощающим комплексом, насыщенным катионами Ca^{2+} , характеризуются микроагрегатностью и более устойчивы к ветровой эрозии. С увеличением влажности почвы разрушение ее ветром уменьшается, а при влажности, равной полной полевой влагоемкости, полностью прекращается.

Вред от эрозии почв. *Водная эрозия* - стекающая по поверхности вода уносит самые плодородные частицы почвы и вымывается в реки и моря огромное количество элементов питания растений. В результате этого ухудшаются водно-физические свойства почвы, что значительно сокращает их способность поглощать и удерживать воду осадков. Вместе с потерей питательных веществ и мельчайших фракций почвы с полей уходит продуктивная влага. На почвах, подверженных водной эрозии, сильно снижаются урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции. На эродированных почвах создаются благоприятные условия для сорных растений. Огромный вред наносит овраги, разрушающие пахотные земли, пастбища, сенокосы.

Ветровая эрозия. В результате ее проявления почва теряет плодородие вследствие выдувания из верхнего, наиболее плодородного гумусового слоя мелкозема, содержащего наибольшее количество питательных веществ. Вследствие этого урожайность сельскохозяйственных культур снижается в 2—4 раза. Сильный ветер может снести с полей весь пахотный слой вместе с семенами и молодыми растениями. Пыльные бури приводят к потере плодородных почв в результате песчаных наносов.

Действуя совместно, водная и ветровая эрозия ведут к сильному разрушению почвенного покрова: уменьшению мощности гумусового горизонта, снижению содержания в почве гумуса и питательных веществ, ухудшению структуры и связанных с нею агрономически наиболее важных свойств почвы — водопроницаемости, водного и питательного режимов.

В Беларуси около 8% пахотных земель подвержено водной эрозии и более 1% — ветровой. Кроме того, 34% сельхозугодий относится к эрозионно-опасным, которые при неправильном использовании могут быть подвержены эрозионным процессам. В большей степени водной эрозии подвержены пахотные земли Витебской (11,4%), несколько в меньшей в Гродненской (9,8%), Могилевской (8,5%) и Минской (7,8%) областях. В Гомельской и Брестской областях наиболее распространена ветровая эрозия.

16.4 Мероприятия по снижению последствий деградации земель

В целях борьбы с эрозией почв необходимо осуществлять систему организационно-хозяйственных, технологических, агротехнических, лесо- и гидромелиоративных противоэрозионных мероприятий, выполнение которых будет способствовать сохранению и восстановлению эродированных почв.

Организационные мероприятия. При проведении таких мероприятий в первую очередь ставят перед собой задачу правильно организовать территорию. Необходимо изучить рельеф почвы, растительность, характер сельскохозяйственных угодий. При организации территории важно правильно разместить различные угодья, лесные насаждения, организовать правильный севооборот, чтобы предотвратить дальнейшее развитие эрозии.

Агротехнические мероприятия. На пахотных землях главная задача по борьбе с эрозией — это водозадержание и регулирование поверхностного стока. Агротехническими правилами обработки запрещается вспашка вдоль склона, если он составляет с линией горизонта угол свыше 6-10 градусов. На таких склонах пахать можно только в горизонтальном направлении. Благодаря этому каждая борозда поглощает дождевые и снеговые воды и тем самым препятствует смыву мелких и наиболее плодородных частиц почвы.

На склонах, подверженных водной эрозии, необходимо практиковать полосное земледелие, при котором полосы, отведенные под сельскохозяйственные культуры, чередуются с полосами, засаженными кустарниками, древесными породами, травами. Эти зеленые полосы поглощают воды, стекающие со склонов.

Большую роль в борьбе с эрозией почв играет снегозадержание, регулирующее накопление и таяние снега. Почва под обильным снеговым покровом меньше промерзает и ранней весной лучше поглощает и удерживает обильные талые воды. Тем самым уменьшается разрушительное действие этих вод.

Агробиологические мероприятия. Самыми лучшими защитниками почвы являются растения. Травы скрепляют почву корнями и препятствуют ее размыванию, деревья прикрывают почву от ветра и защищают ее от размыва водой, так как под деревьями почва впитывает воду лучше, чем на полях. Деревья помогают останавливать рост оврагов. Вода, проникающая в глубину почвы, питает потом реки, ручьи, озера, ключи.

Агрохимические мероприятия. Внесение удобрений — мощный фактор повышения плодородия смытых почв. Особенно отзывчивы эродируемые почвы

на внесение органических удобрений: навоза, торфа, компоста, птичьего помета. Удобрения улучшают свойства почвы, а это способствует устойчивости почв против эрозии. Зеленые удобрения — хорошее средство обогащения почв органическим веществом и улучшения ее свойств. Для этой цели используют люпин, вику, бобы. Это самая дешевая и доступная форма быстрого обогащения почв азотом. После такого агрохимического приема можно переходить к выращиванию более требовательных культур. Минеральные удобрения способствуют лучшему развитию надземной массы и мощной корневой системы, которые задерживают выпадающие осадки и прекращают поверхностный сток. В борьбе с эрозией большую роль играет и севооборот.

Лесомелиоративные мероприятия. Лес — мощное средство борьбы с эрозией. Лесные полосы регулируют водный режим почвы, защищают растущие на полях культуры от ветров. Лесная подстилка уменьшает глубину промерзания почвы и увеличивает водопоглощение. Сплошное лесоразведение требуется на бедных, малопродуктивных песках. На более плодородных песчаных почвах целесообразно практиковать полосное лесоразведение. Для борьбы с оврагами создаются специальные овражнобалочные лесные насаждения.

Гидротехнические мероприятия. Предназначены для защиты склонов от смыва и размыва. Наиболее доступные простейшие гидротехнические сооружения из местных материалов (хвороста, древесины, камня) — это запруды, плетни, перемычки, перепады.

17. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕСПУБЛИКИ

17.1 Экологические проблемы Республики Беларусь

Наиболее актуальной экологической проблемой Беларуси является проблема радиоактивного загрязнения окружающей среды. Значительная часть территории республики (23% ее общей площади) с 3668 населенными пунктами загрязнена радионуклидами.

Одной из острых экологических проблем республики является также проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах. Наиболее неблагоприятная ситуация отмечается в Могилеве, Новополоцке, Гомеле, Гродно, Витебске, Солигорске, Мозыре, Светлогорске, Бобруйске и Орше. Основными загрязнителями воздуха являются оксиды углерода, диоксиды серы, углеводороды, оксиды азота, а также высокотоксичные соединения свинца и бенз(а)пирена.

Не менее острой остается проблема загрязнения поверхностных и подземных вод. Наиболее загрязнены следующие реки: Свислочь (Минск), Западная Двина (Новополоцк, Верхнедвинск), Березина (Борисов, Бобруйск), Плисса (Жодино), Уза (Гомель), Припять (Мозырь).

Особую тревогу вызывает судьба малых рек республики. Проявляется тенденция роста концентраций минерального азота, фосфора, калия, хлора, сульфатов и других элементов, поступающих в речные воды с сельскохозяйственных угодий. Значительный ущерб санитарному состоянию малых рек и их рыбным запасам наносят сбросы загрязненных сточных вод промышленных предприятий и животноводческих комплексов, а также коммунальных сточных вод.

Ряд природоохранных проблем вызван крупномасштабной мелиорацией и освоением новых земель. Побочные следствия этих процессов - снижение уровня грунтовых вод в регионах, подвергшихся мелиорации, активизация процессов ветровой и водной эрозии, "сработка" торфяных почв в результате минерализации и эрозии на значительных территориях, качественное изменение растительного и животного мира. Актуальной для земледелия республики является проблема сохранения гумуса.

Одной из серьезных экологических проблем Беларуси является проблема утилизации, обезвреживания и захоронения промышленных и бытовых отходов, осадка сточных вод. Наиболее острая экологическая ситуация сложилась в зоне воздействия калийных производств в районе г.Солигорска, где ежегодно образуется более 10 млн.т твердых галитовых отходов и около 1 млн.м³ глинисто-солевых шламов. В этом районе актуальны задачи предотвращения просадочных явлений, заболачивания территорий, уменьшения интенсивности загрязнения поверхностных и подземных вод, воздушной среды и почв.

Сложившаяся экологическая ситуация в республике снижает качественный уровень жизни населения и ограничивает возможности развития экономики. Экологическая обстановка требует разработки средств контроля за состоянием окружающей среды и технологий, обеспечивающих снижение техногенных нагрузок.

17.2 Изменение климата

Спецификой развития сельскохозяйственного производства является тесная связь с погодой и климатом. В связи с наблюдающимися изменениями климата оценка воздействия климата на сельское хозяйство весьма актуальна и служит основой для принятия мер по продовольственной безопасности страны.

Наибольшие потери от неблагоприятных погодных и климатических условий несет сельское хозяйство - около 70 % от общих потерь.

В Беларуси на конец XX и начало XXI века пришелся самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений за температурой воздуха на протяжении последних почти 130 лет. Особенность нынешнего потепления не только в небывалой его продолжительности, но и в более высокой температуре воздуха, которая в среднем за 20 лет (1989—2010 гг.) превысила климатическую норму на 1,1° С. Из 20-ти самых теплых лет, начиная с послевоенного периода (1945 г.), 17 лет приходится на период 1989-2011 годы.

В целом второе десятилетие периода потепления (1999—2010 гг.) оказалось теплее первого (1989—1998 гг.) на 0,5° С; при этом наблюдается смещение потепления на летние и осенние месяцы, а также декабрь. Повышение температурного режима произошло практически в каждом месяце. Рост температуры воздуха наиболее значителен в зимние и первые весенние месяцы.

Оценки изменения температуры воздуха и осадков по месяцам очень важно учитывать в таких отраслях, как сельское хозяйство, топливно-энергетический комплекс, лесное хозяйство и другие.

На территории Беларуси намечается тенденция увеличения продолжительности беззаморозкового периода. Майские заморозки различной интенсивности наблюдаются по-прежнему ежегодно и они наиболее опасны, особенно для теплолюбивых культур.

Опасность осенних заморозков не столь значительна, так как увеличение температуры воздуха в весенние и летние месяцы определяет ускоренное созревание сельскохозяйственных культур.

Повышенные температуры первых весенних месяцев приводят к более раннему сходу снежного покрова и переходу температуры воздуха через 0° С в сторону повышения. В среднем за рассматриваемый период этот переход происходит на 10—15 дней раньше средних многолетних значений. Продолжительность периода со снежным покровом в Республике Беларусь сократилась на 10—15 дней, а глубина промерзания уменьшилась на 6—10 см. На декаду раньше начинается вегетационный период.

В последние десятилетия в большинстве регионов Беларуси обнаружено уменьшение (на 2—6%) атмосферных осадков. В северной части отмечен незначительный рост осадков. В теплое время недобор осадков отмечается в апреле, июне, и особенно в августе. Несколько больше нормы осадков наблюдается в феврале, марте и октябре. Теплообеспеченность сельскохозяйственных

культур улучшилась. Произошло изменение границ агроклиматических областей: Северная агроклиматическая область распалась, а на юге Полесья образовалась новая, более теплая агроклиматическая область.

В последние десятилетия установлено увеличение числа экстремальных климатических явлений (засух, заморозков, наводнений, теплых зим). Зависимость сельского хозяйства от климата, если судить по абсолютным потерям, за это время возросла. Повторяемость засух увеличивается с севера на юг. В Гомельской области повторяемость засух с площадью охвата территории не менее 30 % составляет 44 %, т.е. 1 раз в 2 года, в Брестской - 1 раз в 2-3 года. С повышением культуры земледелия, внедрением сортов интенсивного типа, урожайность сельскохозяйственных культур в целом повышается, но и колебания ее по годам увеличиваются.

Примерно с 1987 г. наблюдается более ранний переход температуры воздуха через 0 °С весной. В тоже самое время исследования динамики сроков начала вегетации (переход температуры воздуха через 5 °С) не показывают явной тенденции к изменению, т.е. речь идет о тенденции к удлинению периода перехода температуры воздуха через 0 °С до 5 °С. Поэтому в ряде южных районов страны посев яровых зерновых в очень ранние сроки (после перехода через 0 °С) часто приводит к затягиванию периода всходов, а в некоторых случаях всходы при таких ранних сроках посевов сильно повреждаются заморозками.

Рассчитанные статистические характеристики общей климатической и технологической изменчивости урожайности зерновых культур показывают, что в целом для территории Беларуси вклад климата в общую дисперсию урожайности составляет для озимых 22-38 %, для яровых - 35-81 %. За последние два десятилетия отмечается увеличение климатической изменчивости урожайности озимой ржи по всем областям.

Изменения основных агроклиматических характеристик требуют разработки планомерных мер адаптации сельскохозяйственного производства. Эти меры должны основываться на проведении соответствующих научных исследований. Необходима разработка стратегии сельскохозяйственного производства, учитывающая новые агроклиматические условия.

В XXI веке средняя температура приземного воздуха в целом по территории Беларуси будет продолжать повышаться. Перечисленные тенденции, как и многие другие особенности изменяющегося климата, оказывают существенные воздействия на условия жизни граждан и экономическую деятельность.

Позитивные последствия потепления климата:

- повышение эффективности растениеводства и животноводства за счет увеличения продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода;

- увеличение продолжительности беззаморозкового периода;

- улучшение условий перезимовки озимых культур, снижение затрат на стойловое содержание скота, вызванных повышенным температурным режимом в зимние и первые месяцы весеннего периода (I—IV), сокращением на 10—15 дней зимнего периода;

- более раннее начало весенних процессов и наступление сроков сева яровых культур;

- ускорение созревания зерновых культур и сроков их уборки;

- увеличение продолжительности и теплообеспеченности пожнивного периода.

Негативные последствия потепления климата:

- общий рост пожарной опасности в лесах и на торфяных болотах; ослабление закалки растений, возможном увеличении вероятности их повреждения от вымокания, перепадов температур (возврата холодов), различных грибных заболеваний, вызванных теплыми зимами;

- новые инфекционные и паразитарные болезни, несвойственные определенным регионам:

- рост повторяемости засух в южных районах, экстремальных осадков;

- ухудшение условий произрастания и формирования урожая средних и поздних сортов картофеля, льна, овощных культур (капуста), второго укоса трав в результате увеличения сочетания числа сухих дней и температур воздуха $> 25^{\circ}\text{C}$ во второй половине лета.

Предлагаемые меры

Использование благоприятных последствий потепления климата возможно только в сочетании с проведением адаптационных мер, направленных на предотвращение (снижение) потерь от негативных последствий.

Одной из важнейших задач является совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур, увеличение средств защиты растениеводства от прогнозируемой более высокой уязвимости к воздействию вредителей и болезней. Оптимальные сроки сева и проведения агротехнических мероприятий по уходу за посевами, качественная и влагосберегающая обработка почвы позволят повысить устойчивость сельскохозяйственных культур к изменяющимся погодно-климатическим условиям. В связи с улучшением теплообеспеченности и с целью уменьшения негативного влияния засушли-

вых явлений целесообразно в структуре посевных площадей увеличение объемного веса более теплолюбивых и засухоустойчивых культур (кукуруза, просо, сорго и др.). В группе зерновых культур следует отдать предпочтение озимым, способным в максимальной степени использовать весенние запасы почвенной влаги и меньше страдающих от летней засухи, чем яровые.

Принимаемые меры

По информации Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, осуществляются конкретные мероприятия по адаптации сельского хозяйства к изменению климата:

За последние годы в республике значительно увеличились посевные площади кукурузы под зерно. Рост урожайности зерна и зеленой массы кукурузы непосредственно зависит от суммы эффективных температур в период ее вегетации и созревания.

В хозяйствах Брестской и Гомельской областей за последние годы внедряется в производство озимый ячмень, который по урожайности не уступает другим культурам, его преимущество заключается в том, что уборка начинается на 2-3 недели раньше, чем у других культур. Это также вызвано увеличением суммы эффективных температур в июне-июле.

Возросли посевные площади рапса на семена. В южных областях ежегодно проводится посев сои (до 5 тыс. га); расширились посевы подсолнечника, овощного горошка, сахарной кукурузы, спаржевой фасоли.

За последние семь лет освоено промышленное выращивание лука в однолетней культуре.

Освоено выращивание ранних теплолюбивых сортов картофеля.

Продолжаются работы по созданию промышленных плантаций винограда.

17.3 Основные принципы государственного управления в области охраны окружающей среды и сохранение биоразнообразия

Главный принцип административного управления в области природопользования и охраны окружающей среды – разрешительно–запретительный. Минприроды и его органы устанавливают лимиты на пользование определенными видами природных ресурсов, выбросы загрязняющих веществ, размещение отходов в окружающей среде и выдают соответствующие лицензии. Должностные лица Минприроды и его органов в соответствии с законодательством Республики Беларусь имеют право приостанавливать деятельность предприятий и производств, в случае их несоответствия нормам экологической безопасности. На этом же принципе основано проведение государственной экологической экспертизы.

Основными экономическими рычагами в области природопользования и охраны окружающей среды являются:

1. Планирование и финансирование природоохранных мероприятий.
2. Льготное кредитование природоохранной деятельности.
3. Определение лимитов на пользование природными ресурсами, выбросами, загрязняющими окружающую среду и т.д.
4. Возмещение в установленном порядке вреда, причиненного окружающей среде.

Все мероприятия по охране окружающей среды, как правило, финансируются за счет природопользователя или из местных бюджетов и целевых бюджетных фондов охраны природы. Бюджетные фонды охраны природы образуются за счет платежей за выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов, штрафов за нарушение природоохранного законодательства, а также средств, полученных в возмещение вреда, причиненного природной среде, добровольных взносов юридических лиц и других поступлений. Эти средства используются на природоохранные мероприятия согласно Закону РБ «Об охране окружающей среды» и соответствующих постановлений Совета Министров РБ.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) определены законодательством Республики Беларусь как участки земли с уникальными, эталонными или иными ценными природными комплексами и объектами, имеющими особое экологическое, научное, историко–культурное, эстетическое и иное значение, изъятые полностью или частично из хозяйственного оборота, в отношении которых установлен особый режим охраны и использования. Основной целью объявления территорий особо охраняемыми является сохранение биологического и ландшафтного разнообразия.

17.4 Концепция устойчивого развития сельского хозяйства Беларуси

Устойчивое развитие сельского хозяйства и развитие сельских регионов (в английском сокращении) – это концепция, учитывающая необходимость включения экономических, экологических и социально-культурных вопросов в аграрную политику. В плане действий по осуществлению устойчивого развития, получившем название «Повестка 21» и принятом на Саммите Земли (Конференции ООН по окружающей среде и развитию) в Рио-де-Жанейро в 1992 году, указывается:

«Основной целью устойчивого развития сельского хозяйства и сельской местности является увеличение производства продовольствия на

устойчивой основе, а также повышение безопасности продуктов питания. Это будет включать инициативы в области образования, использование экономических стимулов и разработку необходимых новых технологий, гарантируя таким образом стабильное обеспечение продовольствием, обладающим достаточными питательными свойствами, доступ к этому продовольствию уязвимых групп населения, а также производство для сбыта на рынках; занятость и генерирование доходов для борьбы с бедностью; использование природных ресурсов и защита окружающей среды» («Повестка 21», 1992 г.)

Устойчивое сельское хозяйство преследует триединую цель: экологическое благополучие, экономическая рентабельность, равные социально-экономические условия. Устойчивость основывается на принципе, согласно которому мы должны обеспечивать потребности сегодняшнего дня, не подрывая способности будущих поколений обеспечить их собственные потребности. Стратегии SARD разрабатываются вокруг трех основных целей:

1) *продовольственная безопасность* – посредством поддержания необходимого устойчивого баланса между самообеспечением и самодостаточностью;

2) *ликвидация бедности* – посредством обеспечения занятости и получения доходов в сельских районах;

3) *защита окружающей среды* и сохранение природных ресурсов. Все эти цели требуют эффективного использования технологий.

За последние пятьдесят лет сельское хозяйство претерпело кардинальные изменения. Производство продовольствия и технических культур резко выросло благодаря применению новых технологий, механизации, более широкому использованию химических средств, специализации, а также государственной политике, поощряющей максимальный рост производства. Хотя эти изменения принесли немало положительных результатов и привели к снижению многих факторов риска в сельском хозяйстве, расплачиваться пришлось серьезными последствиями для окружающей среды и сельского хозяйства планеты. Наиболее значимые среди этих последствий – истощение почвы, загрязнение грунтовых вод, упадок семейных ферм, рост себестоимости производства, дезинтеграция социально-экономических условий в аграрных экономиках. Кроме этого устойчивому сельскому хозяйству, а, следовательно, и продовольственной безопасности угрожают повсеместные последствия человеческой деятельности для окружающей среды; глобальное потепление, уничтожение лесов, эрозия почвы под воздействием воды и ветра, вызванная применением несовершенных методов обработки земли, а также чрезмерное использование ограниченных ресурсов, особенно водных.

В то же время переход сельскохозяйственного сектора к более интенсивным методам заключается в себе опасность резкого роста безработицы в сельской местности. Сфера сервиса и перерабатывающий сектор вряд ли смогут оперативно предоставить альтернативные рабочие места для рабочей силы, высвобождающейся в сельском хозяйстве. На селе имеются ограниченные ресурсы для удержания населения, в результате чего там наблюдается депопуляция, поскольку люди переезжают в города. Последствия депопуляции проявляются в понижении уровня услуг в социальной сфере, а также в сферах здравоохранения, образования, организации досуга, в ухудшении инфраструктуры. Поэтому данное направление должно распространяться не только исключительно на устойчивое развитие в сфере экологии, но также и на социальную, институциональную и экономическую устойчивость.

Устойчивое сельское хозяйство означает успешное управление ресурсами для удовлетворения изменяющихся потребностей человека в продуктах питания сегодня без ухудшения природной среды для будущих поколений. Эта система производства, которая направлена на долгосрочное получение устойчивого урожая путем сохранения биоразнообразия, поддержания плодородия почвы и биологического контроля за вредными организмами. Существует ряд аспектов этой комплексной проблемы (экологический, экономический, социальный, политический, этический и др, табл.).

Цели устойчивого развития сельского хозяйства (Mansvelt, Munder, 1994).

Общие цели 1	Специфические цели 2
<u>Экономические:</u> Продовольственная безопасность страны	Создание самодостаточного национального и регионального запаса пищи высокого качества
<u>Социальные:</u> Обеспечение занятости и дохода населения в сельской местности	Создание социально-экономических условий для занятости населения и рентабельности производства сельскохозяйственной продукции
<u>Экологические:</u> Сохранение природных ресурсов и защита окружающей среды	Поддержание биоразнообразия, способности природной среды к саморегуляции, стабильности природных и агроэкосистем, эффективное использование местных природных ресурсов (свет, вода, почва и др.), энергосбережение, сохранение ландшафтов.
<u>Этические:</u> Создание условий для развития личности	Повышение профессиональных и культурных навыков работника сельского хозяйства

В конечном итоге главными целями устойчивого сельского хозяйства является достаточно высокая и стабильная продуктивность агроэкосистем, энергосбережение, природоохранность, получение экологически безопасной продукции. Достижение этих целей невозможно без экологизации всех элементов технологии сельскохозяйственного производства.

17.5 Сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия

Биологическое разнообразие в Беларуси имеет большую национальную и международную значимость, так как леса и связанные с ними заболоченные земли являются естественной средой обитания разных видов флоры и фауны. В Беларуси, благодаря ее географическому расположению на стыке западноевропейской и восточноевропейской экологических зон, имеются также различные уникальные экосистемы, что способствует сохранению ценнейшего генетического фонда. На западе республики сохранились смешанные и лиственные леса, произраставшие в доисторический период на низменностях Европейского континента.

Многие виды в составе местной флоры перспективны в хозяйственном использовании и составляют важную часть природных ресурсов. Наибольшее значение имеют лекарственные и эфиромасличные, пищевые (ягодные, плодовые, орехоплодные, медоносные, прочие съедобные), технические (дубильные, красительные, гуттаперче- и смолоносные, волокнистые) и декоративные, а также кормовые растения.

Основные угрозы биологическому разнообразию: глобальные изменения состояния окружающей среды; межвидовая конкуренция и хищничество; интродукция, инвазия, гибридизация; градостроительство; транспорт и дорожно-транспортное строительство; сельскохозяйственная деятельность; лесозаготовка, охота и рыболовство, водная мелиорация; топливно-энергетический комплекс и промышленность; туризм и рекреационная деятельность; радиоактивное загрязнение в результате чернобыльской катастрофы.

Наиболее катастрофически на сохранении разнообразия сказались осушение открытых болот, покрывавших около 10% территории Беларуси, которые оказались почти на 2/3 осушенными и трансформированными в сельскохозяйственные угодья. В результате около половины видов птиц, предпочитающих околотоводно-болотные места обитания, стали редкими и занесены в национальную Красную книгу. Полное исчезновение на территории Беларуси грозит и реликтовым видам степного комплекса.

В настоящее время уникальность территории Беларуси и ее значение для сохранения биоразнообразия Европы состоит в наличии здесь, главным образом в Полесье, пока еще достаточной площади сильно обводненных пойм рек и низинных болот.

В сохранении биологического разнообразия главенствующая роль принадлежит особо охраняемым природным территориям. В целом эти объекты занимают площадь более 1,2 млн. га (5,8% общей площади).

Для сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия в Республике Беларусь в приоритетном порядке необходимо:

- учитывать, что биологическое разнообразие обеспечивает стабильность экологических систем и прямо влияет на их функционирование: сокращение биоразнообразия нарушает структуру и функциональные связи в экосистемах, приводит к изменениям и в крайних случаях к разрушениям сообществ, что в свою очередь вызывает изменение ландшафтов, и в итоге - изменение климата;
- осуществлять на общенациональном уровне оценки состояния биологического разнообразия;
- проводить долгосрочные исследования значения биологического разнообразия для экосистем;
- поощрять такие традиционные методы ведения сельского хозяйства, агролесоводства, лесного и охотничьего хозяйства, заповедников, которые используют, сохраняют и приумножают биологическое разнообразие;
- охранять природные среды обитания, в том числе путем экологически безопасного развития примыкающих зон;
- способствовать восстановлению экосистем и биологических видов, которые находятся под угрозой исчезновения;
- разрабатывать рациональные методы использования биотехнологии и ее безопасности;
- правительству, деловым кругам, неправительственным структурам следует приобрести дополнительные знания об оценках воздействия проектов развития на состояние биоразнообразия и о стоимости утраты биологического разнообразия;
- ввести сохранение и рациональное использование биологического разнообразия в качестве элемента экологической политики и планирования;
- использовать средства массовой информации и образовательные программы, чтобы помочь общественности, специалистам всех профилей и уровней понять важность биологического разнообразия и необходимость принятия мер по его сохранению;

- принять законы для защиты видов, которым грозит вымирание, расширить систему охраняемых территорий с целью сохранения биологического разнообразия и способствовать экологически безопасному развитию окружающих территорий;
- внедрить средства контроля за риском, связанным с появлением новых организмов в результате применения биотехнологий, предотвращать появление чуждых видов, которые угрожают биологическому разнообразию, с тем, чтобы избежать или свести к минимуму наносимый ущерб;
- ускорить утверждение разработанных проектов Национальной стратегии и Плана действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь и обеспечить их реализацию в полном объеме, включая мероприятия и проекты в рамках приоритетных мер.