

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

О. А. Мельник

АГРОЛАНДШАФТНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Краснодар
КубГАУ
2019

УДК 631.95 (075.8)
ББК 20.18
М48

Р е ц е н з е н т ы :

Д. В. Петренко – канд. биол. наук, начальник экологической партии
(Научно-исследовательский проектно-изыскательский
институт «ИнжГео»);

А. Х. Шеуджен – д-р биол. наук, профессор, академик РАН
(Кубанский государственный аграрный университет)

Мельник О. А.

М48 Агроландшафтная экология : учеб. пособие / О. А. Мельник. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 90 с.

ISBN 978-5-907247-77-2

В пособии изложены основные понятия, цели и задачи агроландшафтной экологии. Рассматриваются вопросы интенсификации сельскохозяйственного производства и проблемы их решения. Особое внимание уделено экологизации сельского хозяйства, направленной на рациональное использование природных ресурсов.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование», а также аспирантов и преподавателей экологических и сельскохозяйственных специальностей, работающих над проблемами сохранения устойчивости и продуктивности агроландшафтов.

УДК 631.95 (075.8)
ББК 20.18

ISBN 978-5-907247-77-2

© Мельник О. А., 2019
© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилына», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Человек в сельскохозяйственной деятельности, используя земельные, водные, растительные, животные и энергетические ресурсы, обеспечивает себя в первую очередь пищей, оказывая на природу большее воздействие, чем в любой другой деятельности.

История развития сельского хозяйства характеризуется стремлением получить большие урожаи культивируемых растений и высокую продуктивность сельскохозяйственных животных. Однако наряду с этим возникли такие негативные явления, как деградация почв, эвтрофирование водоемов, появление ряда новых болезней растений, животных и людей, загрязнение окружающей среды в целом. Возникла необходимость экологизации сельского хозяйства.

Агроландшафтная экология – наука о факторах внешней среды, их влиянии на организмы культивируемых растений и выращиваемых животных, о природных комплексах, преобразованных сельскохозяйственной деятельностью человека для производства экологически чистой растениеводческой и животноводческой продукции при рациональном использовании природных ресурсов (плодородия почвы, запасов воды и т. д.).

Данное учебное пособие предназначено для слушателей бакалаврской программы по направлению подготовки «Экология и природопользование». Пособие разработано в соответствии с рабочей программой дисциплины «Агроландшафтная экология», а представленные в нем материалы в полной мере охватывают вопросы, изучаемые в рамках дисциплины. Пособие может быть использовано в качестве дополнительной литературы при изучении дисциплин «Общая экология», «Основы агроэкосистем» и др.

ГЛАВА 1. АГРОЛАНДШАФТНАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1 Понятие и цель агроландшафтной экологии

Агроландшафтная экология представляет собой раздел прикладной экологии, основным предметом которого является комплексность сельскохозяйственного производства: с одной стороны, биология аграрных систем (различные формы культурных ландшафтов – посевы сельскохозяйственных культур, животноводческие фермы, сельские поселки и т. д.), их структура, характер взаимоотношений, динамика, сезонность развития и т. д.; а с другой стороны, техногенное воздействие человека на становление и функционирование отдельных подсистем в рамках сложившейся системы в каждом конкретном случае.

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

Основной целью агроландшафтной экологии является изучение закономерностей многообразных взаимосвязей между населяющими сельскохозяйственные угодья организмами (растениями, животными и человеком) и средой обитания и на этой основе наметить наиболее рациональное использование природных ресурсов (плодородие почвы, запасы воды) и обеспечить нормальную жизнедеятельность человека.

Основным объектом агроландшафтной экологии является сельскохозяйственный ландшафт (агроландшафт) и составляющие его виды и популяции различных организмов. Основу сельскохозяйственных ландшафтов составляют посевы (посадки) сельскохозяйственных культур (агрофитоценозы).

1.2 Роль сельского хозяйства в формировании первичной биологической продукции

В процессе взаимодействия с природой человечество постоянно решало первейшую задачу жизнеобеспечения – производство продуктов питания (единственного источника получения человеком энергии). Рост производства продовольственных ресурсов способствовал увеличению значения аграрного сектора в формировании первичной биологической продукции.

На земном шаре культивируется немногим более 80 видов главных сельскохозяйственных культур. На зерновые приходится около 60 % мирового производства продуктов питания (из них более 40 % – на рис и пшеницу). Злаковые культуры дают почти 50 % белка, потребляемого человеком.

Выделяют следующую первостепенную функциональную задачу агроландшафтной экологии – управление сельскохозяйственными экосистемами для увеличения первичной биологической продуктивности, расширения видового разнообразия возделываемых культур, обеспечения необходимого качественного состава производимых продуктов, наличия в них требующихся человеку белков, витаминов, минеральных веществ и других необходимых ингредиентов, а также отсутствия или минимизации нежелательных компонентов.

XIX в. и первая половина XX в. отмечены активным заселением и освоением плодородных участков планеты. Относительно свободными от антропогенного влияния остаются пока что области, достаточно сложные для освоения, требующие больших затрат, а также выполняющие чрезвычайно важную экологическую функцию поддержания стабильности биосферы, к примеру тропические леса.

Выделяют отдельные этапы развития и освоения аграрных систем. Во второй половине XX в. было представлено особен-

но много предположительных сведений о первичной биологической продуктивности, как естественных природных систем, так и сформированных человеком агроценозов. В это время мировое сельскохозяйственное производство достигло примерно 15 % максимально возможного объема, т. е. имелись значительные резервы наращивания первичной биологической продукции, формируемой в сфере сельского хозяйства. При этом требовалось привнесение дополнительной «антропогенной энергии» (средства химизации, технологии механизации, приемы мелиорации и др.). Здесь возникают и развиваются противоречивые отношения: с одной стороны, использование достижений науки и техники, масштабы производства – необходимое условие удовлетворения потребностей человека; с другой стороны, все это отрицательно влияет на природу, что проявляется в истощении и уничтожении естественных ресурсов, нарушении механизмов саморегуляции и стабильности экосистем, загрязнении среды.

Характерной особенностью второй половины XX в. явилось существенное увеличение первичной биологической продукции в сфере сельскохозяйственного производства за счет повышения урожайности в результате так называемой «зеленой революции» – внедрения новых высокоурожайных сортов зерновых культур, применения в высоких дозах минеральных удобрений, использования экономически эффективных (но экологически небезопасных) средств защиты растений. В результате с 1950 по 1970 г. значительно возрос выход основного продукта питания – зерна.

В последнее время особое значение приобретает качество производимой продукции. По мере насыщения рынка продовольствием на первый план выходят экологические требования и ограничения.

1.3 Понятие агроландшафта. Типы и функции агроландшафтов

В сфере сельского хозяйства первичным структурным звеном, где, собственно, и происходит взаимодействие человека с природой, являются функциональные единицы – агроландшафты (или агробиогеоценозы).

В свете современных представлений агроландшафты (агробиогеоценозы) – вторичные, измененные человеком биогеоценозы, ставшие значительными элементарными единицами биосферы; их основу составляют искусственно созданные и, как правило, обедненные видами живых организмов биотические сообщества. Эти сообщества формируют и регулируют люди для получения сельскохозяйственной продукции. Агроландшафты отличаются высокой биологической продуктивностью и доминированием одного или нескольких избранных видов (сортов, пород) растений или животных. Выращиваемые культуры и разводимые животные подвергаются искусственному, а не естественному отбору. Как экологические ландшафты агроландшафты неустойчивы: у них слабо выражена способность к саморегулированию, без поддержки человеком они быстро распадаются или дичают и трансформируются в естественные биогеоценозы (например, мелиорированные земли – в болота, насаждения лесных культур – в лес).

Так, например, агроландшафты с преобладанием зерновых культур существуют не более одного года, многолетних трав – 3–4 года, плодовых культур – 20–30 лет, а затем они распадаются и отмирают. Полезащитные лесные полосы, являющиеся элементами агроландшафтов, в степной зоне существуют не менее 30 лет. Однако без поддержки человеком (рубки ухода, дополнения) они постепенно «дичают», превращаясь в естественные экосистемы, или погибают.

Преобладающая разновидность агроландшафтов – 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).

Согласно типизации структур земледелия, применяемой ФАО, выделено пять видов землепользования, по каждому из которых классифицированы агроландшафты:

1. Земледельческое, или полевое, землепользование – борные, орошаемые агроландшафты (ротации зерновых, бобовых, кормовых, овощных, бахчевых, технических и лекарственных культур).

2. Плантационно-садовое землепользование – плантационные агроландшафты (чайный куст, дерево какао, кофейное дерево, сахарный тростник), садовые агроландшафты (плодовые сады, ягодники, виноградники).

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

4. Смешанное землепользование – смешанные агроландшафты, 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 ландшафты (территории интенсивного «индустриализованного» производства молока, мяса, яиц и другой продукции).

Почва является базисом для создания любого агроландшафта, поэтому в процессе формирования, развития и эксплуатации агроландшафтных образований принципиально важно учитывать естественное плодородие почв и условия его воспроизводства. Можно выделить три базовых типа агроландшафтов:

- природоёмкие агроландшафты характеризуются неполным воспроизводством естественного плодородия, что приводит к падению его уровня;

- для природоохранного типа агроландшафтов характерны простое воспроизводство естественного плодородия, а, следовательно, и сохранение его уровня;

- природоулучшающий тип направлен на расширенное воспроизводство и повышение уровня естественного плодородия.

Естественные экосистемы выполняют три основные жизнеобеспечивающие функции (место, средство, условия жизни), а агроландшафты в отличие от них формируются для получения максимально возможного количества продукции, служащей первоисточником пищевых, кормовых, лекарственных и сырьевых ресурсов, т. е. функции агроландшафтов в основном ограничиваются предоставлением средств жизни.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение агроландшафтной экологии. Назовите основную цель и объект агроландшафтной экологии.

2. Перечислите первостепенные функциональные задачи человечества при управлении сельскохозяйственными экосистемами.

3. Дайте определение агроландшафта. Перечислите агроландшафты по видам искусственных фитоценозов.

4. Перечислите основные виды землепользования и соответствующие им агроландшафты.

5. Перечислите базовые типы агроландшафтов по воспроизводству почвенного плодородия.

Тестовые задания

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

- а) прикладная;
- б) общая;
- в) агроландшафтная;
- г) производственная.

2. Основным объектом агроландшафтной экологии является ...

- а) сельскохозяйственный ландшафт и составляющие его виды и популяции различных организмов;
- б) человек;
- в) окружающая среда;
- г) живые организмы.

3. В процессе взаимодействия с природой человечество постоянно решало первейшую задачу жизнеобеспечения – ...

- а) промышленное производство;
- б) обеспечение местом жительства;
- в) производство продуктов питания;
- г) обеспечение водными ресурсами.

4. Активным заселением и освоением человеком плодородных участков планеты считается ...

- а) середина XIX века;
- б) конец VIII – начало XIX века;
- в) XX век;
- г) XIX – начало XX века.

5. Предметом изучения агроландшафтной экологии является ...

- а) совокупность или структура связей между организмами и средой;
- б) климатические факторы;
- в) эдафические факторы.

6. Во второй половине XX века появилось понятие «зеленая революция», которое включало ...

а) внедрения новых высокоурожайных сортов зерновых культур;

б) внедрения новых высокоурожайных сортов плодовых культур;

в) внедрения новых высокоурожайных сортов ягодных культур;

г) использования экономически эффективных средств защиты растений;

д) применения в высоких дозах минеральных удобрений;

е) применения в минимальных дозах минеральных удобрений.

7. Основу агроландшафта составляют ...

а) естественные, обедненные животными и растительными видами биотические сообщества;

б) искусственно созданные, как правило, обедненные видами живых организмов биотические сообщества;

в) искусственно созданные, как правило, обогащенные растительными видами биотические сообщества;

г) искусственно созданные, как правило, обогащенные видами живых организмов биотические сообщества.

8. Полезитные лесные полосы являются элементами агроландшафтов.

а) да;

б) нет.

9. Согласно типизации структур земледелия, выделено ... видов землепользования, по каждому из которых классифицированы агроландшафты.

а) 4;

б) 6;

в) 5;

г) 3;

д) 7.

10. Типы агроландшафтов по воспроизводству почвенного плодородия делятся на ...

а) природоохранный;

б) природорегулирующий;

в) природоулучшающий;

г) природоёмкий;

д) экологический.

ГЛАВА 2. ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС КАК ОСНОВА АГРОЛАНДШАФТА

2.1 Значение почвы в агроландшафтах

Почва – главное средство сельскохозяйственного производства и основа агроландшафта. Человечество получает из почвы около 95 % всех продуктов питания. Почва представляет собой жизненное пространство, обеспечивающее обитание живых организмов.

Почва является механической опорой произрастающей на ней растительности. Почва является хранителем семян. Способность почвы хранить семена в течение нескольких лет без потери всхожести объясняется наличием веществ, ингибирующих прорастание семян. Тем самым в природе поддерживаются биоразнообразие и способность к обновлению растительных популяций.

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

Почва – своеобразный склад ферментов. В ней находятся все известные в живых организмах ферменты, в том числе определяющие почвенное плодородие и ее «здоровье» (пероксидаза, нитрогеназа, нитратредуктаза, каталаза и др. Работа этих ферментов определяет азотный режим почвы, доступность элементов питания, а также способность почвы к детоксикации различных поллютантов (загрязнителей).

Почва регулирует гидротермический режим, что позволяет населяющим ее организмам сохранять свою жизнедеятельность при определенных значениях температуры и влажности.

Почва выполняет санитарную функцию. Высокая самоочищающая способность почвы за счет обитающей в ней биоты обеспечивает обезвреживание многих патогенов и токсинов, что положительно влияет на качество сельскохозяй-

ственной продукции, состояние окружающей природной среды. При этом почва выступает в качестве биохимического ба-
рьера. Способность поглощать различные соединения, в том числе токсичные, позволяет выполнять ей роль химического санитаря окружающей среды и тем самым предотвращать поступление загрязнений в сельскохозяйственную продукцию.

Выполняя все вышеперечисленные положительные функции, почва со временем испытывает утомление. Так появилось такое понятие, как почвоутомление. Внешнее проявление почвенного утомления выражается в резком снижении урожайности сельскохозяйственных культур, что наблюдается при бесменном возделывании (или частом возвращении на прежнее поле севооборота) растений одного и того же рода. Наиболее часто это отмечается при повторных посевах льна, подсолнечника, сахарной свеклы, хлопчатника и некоторых других культур.

Основные причины почвоутомления – накопление в почве токсичных веществ, выделяемых корнями растений и микроорганизмами, размножение специфических вредителей, возбудителей болезней и сорняков. Для предотвращения почвенного утомления необходимо соблюдать севообороты, оздоравливать почвы путем внесения органических удобрений, сидератов, выращивать устойчивые сорта и т. д.

2.2 Антропогенное загрязнение почв

Почва постоянно испытывает различные по времени, интенсивности, масштабам и последствиям воздействия, обусловленные многообразной производственной деятельностью человека.

Ухудшение состояния земельных ресурсов и снижение плодородия почв создают угрозу для средств существования миллионов людей и продовольственной безопасности в буду-

шем, что в свою очередь, имеет последствия для водных ресурсов и сохранения биологического разнообразия.

Антропогенным факторам (нерациональное ведение богарного и орошаемого земледелия, чрезмерный выпас, уничтожение почвенно-растительного покрова промышленным и коммунальным строительством, горные разработки, технологические и аварийные промышленные выбросы в атмосферу, сброс сточных и дренажных вод и т. п.) принадлежит ведущая роль в ухудшении почв. Так в России за последние десятилетия XX в. в сфере сельскохозяйственного производства выпало из оборота порядка 20 млн га пашни.

Среди загрязняющих веществ по масштабам загрязнения и воздействию на биологические объекты особое место занимают тяжелые металлы. Многие из них необходимы живым организмам, однако в результате интенсивного атмосферного рассеивания в биосфере и значительной концентрации в почве они становятся токсичными для биоты.

По данным агрохимических обследований, выявлены сотни тысяч гектаров пахотных земель, загрязненных тяжелыми металлами, на которых необходимо проводить специальные профилактические мероприятия, предотвращающие загрязнение растительной продукции токсикантами. В конце XX в. в Российской Федерации более 1 млн га почв сельскохозяйственных угодий было загрязнено особо токсичными (I класс опасности) и около 2,3 млн га – токсичными (II класс опасности) элементами.

Тяжелые металлы играют важную роль в обменных процессах, но в высоких концентрациях вызывают загрязнение почв, вредно воздействуют как на природные экосистемы, так и на агроландшафты. По степени опасности тяжелые металлы делят на три класса (таблица 1). При этом наибольшую опасность представляют подвижные формы тяжелых металлов, то есть наиболее доступные для живых организмов. В свою очередь подвижность существенно зависит от почвенно-экологических факторов, к которым относят, прежде всего,

содержание органического вещества, кислотность почвы, окислительно-восстановительные условия, плотность почвы и др.

Таблица 1 – Распределение тяжелых металлов по классам опасности

I класс особо токсичные	II класс токсичные	III класс слаботоксичные
Кадмий (Cd) Мышьяк (As) Ртуть (Hg) Свинец (Pb) Селен (Se) Цинк (Zn)	Бор (B) Кобальт (Co) Медь (Cu) Молибден (Mo) Никель (Ni) Сурьма (Sb) Хром (Cr)	Барий (Ba) Ванадий (V) Вольфрам (W) Марганец (Mn) Стронций (Sr)

Кроме тяжелых металлов среди токсикантов антропогенного происхождения, загрязняющих агроландшафты (в том числе и почвы), огромную опасность представляют диоксины. При попадании на почву они переходят в ее органическую фазу, мигрируют (главным образом в вертикальном направлении) в виде комплексов с органическим веществом, поступая в водоемы и включаясь в пищевые цепи.

Серьезная угроза для экосистем также и загрязнение почв микотоксинами – ядами, продуцируемыми микроскопическими грибами. Микотоксины могут поражать кормовые растения, корма, а также животных и человека. Из известных многочисленных видов грибов (160–300) способность к продуцированию ядов обнаружена примерно у 50 % (грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Helminthosporium*, *Cladosporium*, *Altemaria* и др.).

Ухудшение состояния почвенного покрова создает условия для продуцирования микроорганизмами микотоксинов, что в перспективе может привести к непредсказуемым экологическим последствиям. Так, в результате антропогенного воздействия в почвах значительно снизилась активность действия естественных природных механизмов, определяющих устойчивость и продуктивность агроландшафтов, а также качество окружающей среды в целом. Основными причинами наруше-

ния этих процессов являются дегумификация, увеличение кислотности, нарушение гидрологического режима, переуплотнение почв, ухудшение структуры почв и др. Следовательно, необходимо решать задачи, направленные на сохранение гумуса в почве, оптимизацию кислотности почвенного раствора, предотвращение переуплотнения, регулирование окислительно-восстановительного потенциала.

2.3 Нормирование содержания химических элементов в почве. Виды нормирования

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 или ниже определенного уровня.

Уровень загрязнения почв контролируется различными нормативами, входящими в систему стандартов и ГОСТов. Постоянно разрабатываются общие принципы нормирования содержания химических загрязняющих веществ в почве. Различают следующие основные виды нормирования: санитарно-гигиеническое и экологическое.

Санитарно-гигиеническое 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. Используют также показатель предельно допустимый выброс (ПДВ).

Санитарно-гигиеническое нормирование учитывает четыре основных показателя: 1) транслокационный (переход загрязняющих веществ из почвы в растение через корневую систему); 2) миграционно-воздушный (переход загрязняющих веществ в воздух); 3) миграционно-водный (переход загряз-

няющих веществ в воду); 4) общесанитарный (влияние загрязняющих веществ на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность).

Поскольку токсиканты поступают в организм человека в основном с продуктами питания, то при санитарно-гигиеническом нормировании важно учитывать пути миграции поллютантов в системе почва – растение и отношение растений к загрязняющим веществам.

Миграция загрязняющих веществ в почве зависит от их вида, особенностей почвенного покрова (гумусированности, от кислотности почв, гранулометрического и минералогического состава почвы и др.), а также от типа водного режима, температурного фактора. В почвах тяжелого гранулометрического состава подвижность токсикантов снижается. Уплотнение почвы вызывает увеличение подвижности загрязняющих веществ. Окислительно-восстановительные условия в почвах также влияют на процессы миграции токсикантов. Миграция тяжелых металлов (в порядке убывания) по органам растений может быть представлена следующим рядом: корни – стебли – листья – семена – плоды – клубни.

С учетом принятых ПДК загрязняющих веществ разработана схема оценки почв сельскохозяйственного назначения, которая предусматривает четыре категории оценки почв. Наименьшее антропогенное воздействие (допустимое загрязнение) относится к I категории, наибольшее – к IV категории. В зависимости от категории оценки следует использовать почвы и осуществлять необходимые мероприятия для их оздоровления.

Экологическое нормирование. В основу экологического нормирования положено изучение действия загрязняющих веществ не на отдельные организмы, а на систему в целом. В качестве критерия воздействия предусматривается использовать показатель предельно-допустимой экологической нагрузки (ПДЭН), т. е. такой уровень нагрузки, при котором сохраняется нормальное функционирование экосистемы.

Нормирование с использованием экологических характеристик более адекватно отражает состояние ландшафтов, чем санитарно-гигиенические нормативы (на основе ПДК). При этом предусматривается повышение плодородия почвы и почвенного биопотенциала, что должно способствовать оздоровлению окружающей природной среды в целом.

2.4 Экологические основы сохранения и воспроизводства плодородия почв. Защита почв от загрязнения тяжелыми металлами

Для поддержания качественного состояния окружающей природной среды, а, следовательно, плодородия почвы и ее «здоровья», целесообразно регулярно использовать органические удобрения. В качестве органических удобрений могут быть эффективны птичий помет, торф, городской мусор (после соответствующей проверки и очистки), навоз КРС и т. д.

Создание повышенного органического фона способствует активизации биологических процессов в почве. Это улучшает обеспеченность растений питательными веществами и биологически активными соединениями, а также фитосанитарное состояние почв. Высокий уровень этих показателей является основой экономии энергетических ресурсов.

Кроме того проводят химическую мелиорацию. Для ликвидации последствий загрязнения почв тяжелыми металлами большое значение имеют предупредительные меры, которые базируются на совершенствовании технологий производства, в том числе и агрохимикатов. Для ликвидации уже существующего загрязнения применяют материалы, связывающие тяжелые металлы в недоступные для растений формы (органические и минеральные удобрения, известь, синтетические смолы и др.); также рекомендуют возделывать культуры, толерантные к загрязнению или используемые на технические цели.

Для сильно загрязненных территорий практикуют удаление загрязненного слоя с последующим извлечением тяжелых металлов путем перевода их соединений в подвижную форму и дальнейшего вымывания раствором FeCl_3 в кислой среде. Внесение в почву солей железа способствует улучшению ее физического состояния, так как происходит агрегирование почв за счет склеивающего эффекта железогуматных комплексов. По завершении очистки проводят известкование, внесение органических и минеральных удобрений, компенсирующих потери биогенных элементов при промывке.

В основе химической мелиорации также лежит перевод тяжелых металлов в недоступное состояние, главным образом путем изменения реакции среды.

Наибольший эффект проявляется от совместного внесения извести и минеральных удобрений, так как последние компенсируют отрицательное воздействие избытка тяжелых металлов, а известкование приводит к образованию менее подвижных соединений металлов (карбонатов, фосфатов, гидроксидов), а следовательно, и к уменьшению содержания этих элементов в растениях.

Для снижения опасности загрязнения почв тяжелыми металлами важно применять агрономические средства защиты (подбор сельскохозяйственных культур, использование различных частей растений с учетом неодинаковой способности их к накоплению металлов и др.). Так, по степени устойчивости к токсичному действию тяжелых металлов растения можно расположить в следующем порядке убывания: травы – злаковые – картофель – сахарная свекла. Особенно нежелательно возделывать на загрязненных территориях овощные листовые культуры – салат, шпинат, лук, щавель и др.; нельзя выращивать корма, так как скоту скармливают те части растений и в той фазе, когда в них накапливается особенно много металлов.

2.5 Почвенно-биотический комплекс – целостная материально-энергетическая подсистема био(агро)ценозов

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

Почвенные частицы, особенно коллоидная и илистая фракции, благодаря большой суммарной поверхности обладают поглотительной способностью, которая имеет большое экологическое значение, так как позволяет почве сорбировать различные соединения, в том числе токсичные, и тем самым препятствовать поступлению токсикантов в пищевые цепи. Таким образом, почва – сложнейшая система, одним из основных функциональных компонентов которой являются населяющие ее живые организмы.

Многие ученые (В. В. Докучаев, П. А. Костычев, В. Р. Вильямс, М. С. Гиляров, Е. Н. Мишустин и др.) обращали внимание на преобладающую роль биохимических процессов в почве, связывали урожайность сельскохозяйственных культур с активным функционированием микроскопических почвенных существ. Почвенная биота выполняет одну из важных функций – функцию детоксикации различных соединений, присутствующих в почве и влияющих на состояние окружающей среды и качество сельскохозяйственной продукции.

Принято считать, что верхний слой почвы в целом состоит из минеральной субстанции (93 %) и органического вещества (7 %). В свою очередь, органическое вещество включает мертвое органическое вещество (94 %), корни растений

(1 %) и эдафон (5 %). В структуру эдафона входят бактерии и актиномицеты (40 %), грибы и водоросли (40 %), дождевые черви (12 %), прочая микрофауна (5 %) и мезофауна (3 %).

В 1 г почвы содержится 3–90 млн бактерий, 0,1–35 млн актиномицетов, 8–1000 тыс. микроскопических грибов, 100 тыс. водорослей, 1,5–6 млн простейших. По структуре микробного ценоза, и особенно по видовому составу микроорганизмов, можно судить о течении почвообразовательного процесса и состоянии, как природных экосистем, так и агроландшафтов.

Населяющие почву живые организмы взаимодействуют между собой и с абиотической средой. Эти взаимодействия основываются либо на трофическом, либо на метаболическом (метаболизм сообщества – процесс обмена веществ и энергии между живыми элементами, а также между последними и окружающей средой) характере связей. Характер этих взаимодействий и взаимоотношений определяет уровень почвенного плодородия и состояние «здоровья» почвы. Пример трофического типа связи – связь в системе хищник – жертва. В почвенной среде эта связь выражается между животными и микроорганизмами, которыми они питаются.

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

Синтрофный тип отношений лежит в основе процесса самоочищения почвы – в основе удаления токсичных продуктов обмена (когда субстрат потребляется смешанными популяциями). Метаболические (аллелохимические) связи проявляются в том, что населяющие почву живые организмы выделяют в окружающую среду различные продукты, выполняющие функции сигнальных метаболитов и влияющие на рост и раз-

витие растений. Например, микроорганизмы выделяют во внешнюю среду физиологически активные вещества разной химической природы, которые действуют на другие организмы уже в малых концентрациях и выполняют функцию сигнала для работы системы. Продукты метаболизма микроорганизмов (витамины, аминокислоты, ауксины, антибиотики, ферменты и др.) поступают в растения, играя важную роль в их росте и развитии. Наиболее активные продуценты витаминов – микроорганизмы родов *Bacillus* и *Pseudomonas*.

В сельскохозяйственном производстве широко используются продукты, образуемые в результате метаболических (аллелохимических) связей, существующих в биоценозах. Например, насекомые выделяют вещества, которые могут отпугивать (репелленты) или привлекать (аттрактанты) других насекомых или особей противоположного пола. Эти вещества используют при биологической защите растений.

Большое значение имеет симбиотический (мутуалистический) тип ассоциации. Пример – клубеньковые бактерии на корнях бобовых растений, связи в лишайнике между грибами и водорослями, микориза (или грибо-корень), играющая большую роль в обеспечении древесных растений элементами питания, особенно фосфором и калием. Связь обычно осуществляется через питание: микроорганизмы снабжают хозяина витаминами, стиролами, а от него получают кров и пищу. Отсутствие спор грибов в почве иногда бывает причиной неудач при закладке питомников и посадке культур, особенно на степных площадях, не бывших под лесом.

Но все вышеперечисленные биологические взаимодействия не постоянны, они могут меняться в процессе развития ценоза и в зависимости от условий окружающей среды, что необходимо учитывать при конструировании агроландшафта и проведении хозяйственных мероприятий.

Вопросы для самоконтроля

1. Что является главным средством сельскохозяйственного производства и основой агроландшафта?
2. Перечислите основные функции почвы.
3. Что представляет собой почвоутомление? Назовите основные причины почвоутомления.
4. Перечислите меры, принимаемые для предотвращения почвоутомления.
5. Перечислите антропогенные факторы, которым принадлежит ведущая роль в ухудшении почв.
6. Перечислите основные загрязняющие вещества почв агроландшафтов.
7. Перечислите виды нормирования содержания химических веществ в почве.
8. Что лежит в основе санитарно-гигиенического нормирования содержания химических веществ в почве? Перечислите основные показатели, учитываемые санитарно-гигиеническим нормированием.
9. Что лежит в основе экологического нормирования?
10. Перечислите типы связей в почвенном биотическом сообществе.

Тестовые задания

1. Базисом для создания любого агроландшафта является ...
 - а) вода;
 - б) флора;
 - в) почва;
 - г) фауна;
 - д) грунт;
 - е) атмосфера.

2. С учетом принятых ПДК загрязняющих веществ разработана схема оценки почв сельскохозяйственного назначения, которая предусматривает ... категории оценки почв.

- а) 3;
- б) 4;
- в) 5.

3. Накопление в почве токсичных веществ, выделяемых корнями растений и микроорганизмами, разложение специфических вредителей, возбудителей болезней и сорняков являются основными причинами ...

- а) почвоутомления;
- б) почвозагрязнения;
- в) почвозаражения;
- г) почвоистощения.

4. Среди загрязняющих веществ по масштабам загрязнения и воздействию на биологические объекты особое место занимают ...

- а) загрязнение микотоксинами;
- б) диоксины;
- в) тяжелые металлы;
- г) все вышеперечисленные.

5. К принципам нормирования содержания химических загрязняющих веществ в почве не относятся ...

- а) санитарно-гигиеническое нормирование;
- б) экологическое нормирование;
- в) социально-экологическое нормирование;
- г) социально-экономическое нормирование;
- д) законорегулирующее нормирование.

ГЛАВА 3. БИОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1 Приток питательных веществ как факторов изменения экологического равновесия в водоемах. Понятие эвтрофирования вод

Интенсификация сельскохозяйственного производства существенно меняет хозяйственно-биологический круговорот веществ, что нередко приводит к обострению экологических проблем, связанных с функционированием агроландшафтов, в том числе обусловленных состоянием поверхностных и подземных вод, которые не только загрязняются токсичными веществами, но и находятся под воздействием процессов усиленного эвтрофирования (от греч. *eutrophe* – тучность, жирность, усиленное питание). Под эвтрофированием нередко понимают обогащение вод питательными веществами, вызывающее массовое развитие водорослей. Однако это всего лишь видимая часть сложного естественно-антропогенного процесса, в котором превалируют природные процессы, а воздействие человека играет роль мощного катализатора. Таким образом, эвтрофирование (эвтрофикация, эвтрофия) вод – это повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под воздействием антропогенных или естественных (природных) факторов.

Начальным этапом процесса эвтрофирования признано избыточное поступление биогенных элементов в водотоки и водоемы. В геологических масштабах времени водоемы постепенно обогащаются биогенами и заполняются поступающими с суши наносами, т. е. эвтрофирование – составная часть природного процесса.

Наиболее быстро процесс антропогенного эвтрофирования развивается в водоемах, площади водосборов которых

осваиваются сельскохозяйственным производством. Факторы интенсификации растениеводства и животноводства (механизация, мелиорация и особенно химизация и промышленное производство) стали мощным ускорителем процесса эвтрофирования вод.

Антропогенное поступление биогенов – это этап в развитии эвтрофирования водоемов, к которому в дальнейшем подключаются внутренние биологические процессы, ведущие к интенсивному накоплению органических веществ в воде, т. е. к самозагрязнению.

Признаком эвтрофирования как процесса нарушения экологического равновесия водоема является изменение соотношения между двумя жизненными формами водных растений: бентосной и фитопланктонной.

Бентосные (от греч. *benthos* – глубина) растения развиваются, прикрепившись или укоренившись на дне; это погруженная водная растительность, которая получает необходимые элементы из донных отложений и из воды, что способствует самоочищению водоема.

Основное условие устойчивого фотосинтеза бентосных растений – проникновение сквозь толщу воды достаточного количества света, что находится в прямой зависимости от второй жизненной формы растений водоема – фитопланктона (от греч. *phyto* – растение и *planktos* – блуждающий), который представлен множеством видов водорослей (отдельные клетки, их скопления, или «нити», находящиеся на поверхности воды или вблизи от нее). При высокой численности фитопланктона вода становится мутной, а ее цвет темно-зеленым (цветение воды), в результате поглощается практически весь солнечный свет и бентосные растения могут развиваться только на мелководье, когда часть их выступает над поверхностью воды. При этом глубоководные части водоемов лишаются поступления растворенного кислорода.

Ослабление процесса нарастающего эвтрофирования происходит при резком сокращении поступления биогенов извне

и снижении температуры до уровня, не достигающего оптимального для преобладающих видов водорослей.

При расчете поступления биогенных веществ от рассредоточенных источников рассматривают три основных комплекса: гидрологический, почвенно-эрозионный и почвенно-химический.

Гидрологический комплекс включает характеристики, отражающие зависимость выноса биогенов от поверхностного и почвенного стоков, инфильтрации, испарения, густоты гидрографической сети, особенностей гидрологического режима, интенсивности осадков, уклонов рельефа, водно-физических свойств почв, степени покрытия водосборов растительностью и множества других факторов.

Почвенно-эрозионный комплекс включает систему характеристик, отражающих изменчивость гранулометрического состава почв, их физических свойств и различных зон накопления биогенных веществ (поверхностной, верхней, нижней и зоны грунтовых вод).

Почвенно-химический комплекс включает характеристики, учитывающие трансформацию загрязняющих и биогенных веществ в ходе их миграции.

Для ориентировочной оценки поверхностного сноса и выноса биогенных веществ из почвы рекомендуется агрохимический подход, основанный на зависимости их потерь от процессов вымывания и выщелачивания, а также от выноса с урожаем.

3.2 Экологические и санитарно-гигиенические последствия эвтрофирования вод

Для всестороннего изучения процесса биогенного насыщения вод, выявления особенностей его развития в континентальных (поверхностных и подземных), морских и океанических водах по программам Международной комиссии по эвтрофированию ведутся систематические наблюдения, прово-

дятся регулярные обследования рек, озер, водохранилищ, морских акваторий.

По трофности различают 5 типов водоемов, которые располагаются по возрастанию этого показателя в следующем порядке:

1) дистрофные (*dys* – нарушение) – с плохо развитой растительностью и высоким содержанием гумусовых кислот;

2) олиготрофные (*oligos* – мало) – с низкой продуктивностью (глубокие озера);

3) мезотрофные (*mesos* – средний) – с оптимальным состоянием в теплый период года;

4) эвтрофные (*ev* – хорошо, усиленно) – с высоким поступлением биогенов;

5) гипертрофные (*hyper* – чрезмерное превышение нормы) – с катастрофически высоким поступлением биогенов.

Наиболее распространенным проявлением эвтрофирования водоемов является цветение воды (таблица 2).

Таблица 2 – Стадии цветения воды

Стадия цветения воды	Количество биомассы фитопланктона, г/м ³ воды
1. Отсутствие цветения	Менее 2,5
2. Начальное цветение	От 2,5 до 10
3. Умеренное цветение	От 10 до 100
4. Интенсивное цветение	От 100 до 500

Первая и вторая стадии благоприятны для экосистем водоема; третья допустима; четвертая опасна, так как цветение вызывает изменение свойств воды. На четвертой стадии происходит изменение микробных ценозов водоема; при этом меняются биологические, физико-химические и органолептические показатели воды, что приводит к возрастанию риска заболеваемости людей.

Токсичное действие вод эвтрофированного водоема может быть обусловлено накоплением нитратов и нитритов. В период активной жизнедеятельности и после отмирания водоросли пополняют водоем значительным количеством азот-

содержащих веществ, в том числе и биологически активных аминов, которые, взаимодействуя с нитратами и нитритами, могут образовывать высококанцерогенные нитрозоамины.

Согласно единым критериям качества воды, в странах Восточной Европы для поверхностных вод первого класса, используемых для водоснабжения пищевой промышленности, коммунального хозяйства, разведения ценных пород рыб, предельно допустимое содержание аммонийного азота составляет 0,1, нитратного – 1, общих фосфатов – 0,005 мг/л.

Общеизвестно, что вода может являться фактором передачи возбудителей многих бактериальных и вирусных болезней. Среди различных заболеваний, передающихся водным путем, особое значение имеет группа кишечных инфекций бактериальной и вирусной этиологии. Для этой группы инфекций отмечено опасное увеличение фактора риска заболеваемости при эвтрофировании поверхностных вод.

Установлено, что фитопланктон эвтрофированных водоемов опасен не только в период развития и активной жизнедеятельности, но также при старении и после гибели. Наличие в питьевой воде даже небольшого количества токсинов эвтрофических водорослей приводит к возникновению патологических изменений в организме человека и животных. Альготоксины оказывают влияние на многие органы и системы; степень его проявления зависит от индивидуальной чувствительности; обычно наиболее выражены изменения, происходящие в нервной системе.

3.3 Снижение биогенной нагрузки с помощью противоэрозионных инженерно-биологических систем

Биогенная нагрузка на различные водные объекты возрастает в результате эрозионно-аккумулятивных процессов на водосборах и последующего выноса биогенов из площадных и точечных источников водами местного стока. Для предупреждения эрозии почв, а также снижения и предотвращения пе-

редвижения потоков биогенов на площадях водосборов создают противозерозионные системы.

Противозерозионная система представляет собой целостный комплекс составляющих элементов в пределах данного водосбора и включает специальные приемы возделывания сельскохозяйственных культур и ресурсосберегающие технологии, естественные и культурные ценозы травянистой и древесной растительности, лесомелиоративные мероприятия и противозерозионные гидротехнические сооружения. Благодаря взаимосвязи и взаимодействию указанных элементов друг с другом и с окружающей средой система приобретает свойства, способствующие достижению устойчивости и продуктивности агроландшафта, а также охране природы. Такие системы называют противозерозионными инженерно-биологическими системами водосборов (ПИБС).

По категориям сложности структуры ПИБС бывают простыми и сложными. Простые системы включают только отдельные элементы – лесные полосы, гидротехнические сооружения, приемы агротехники, фитоформы трав. Сложные ПИБС подразделяются на определенное число подсистем (подсистемы на пахотных приводораздельных землях, в звеньях гидрографической сети, в водоохраных зонах рек и др.), которые, в свою очередь, могут быть разделены на подсистемы более низких уровней или на отдельные элементы.

Основную нагрузку по регулированию поверхностного стока и поглощению биогенов, поступающих с площадных источников (пашня и другие сельскохозяйственные угодья), несут стокорегулирующие лесные полосы, усиленные гидротехническими сооружениями и размещенные с учетом горизонталей местности. При этом соседние по склону (расположенные ниже и выше) лесные полосы должны быть параллельны друг другу.

Лесные полосы, усиленные простейшими гидротехническими сооружениями, разделяют склон на изолированные друг от друга участки и таким образом предупреждают пере-

движение с поверхностным стоком и наносами биогенов, которые аккумулируются под пологом насаждений и утилизируются ими.

Для улучшения санитарно-гигиенического состояния берегов, утилизации биогенов, повышения качества воды, предотвращения размыва берегов и абразии в пределах прибрежной полосы (ширина ее варьирует от 15 до 100 м в зависимости от вида угодий, прилегающих к руслу, и крутизны склонов) по обе стороны от русла создают прирусловые лесные насаждения.

Регулирование рассеянных потоков биогенных элементов от площадных источников и утилизацию этих биогенов можно приводить путем создания ПИБС водосборов. Такие системы включают следующие виды лесных насаждений: стокорегулирующие, приовражно-прибалочные и приречные лесные полосы; балочные (донные) насаждения; насаждения на коренных берегах речных долин и надпойменных террасах; пойменные лесные полосы; леса и прирусловые насаждения. При необходимости их сочетают с простейшими гидротехническими сооружениями.

Кроме того на сельскохозяйственных угодьях необходимо предусматривать полосное размещение многолетних трав, пара, пропашных культур и культур сплошного посева, применять ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур; необходимо строго соблюдать дозы, сроки и технологии внесения минеральных и органических удобрений, исключая, как отмечалось выше, внесение удобрений по снежному покрову и промерзшей почве.

В пределах водоохранных зон запрещается:

- 1) опыливание ядохимикатами и авиавношение любых удобрений;
- 2) размещение складов для хранения пестицидов и минеральных удобрений, животноводческих ферм и комплексов, оросительных систем, в которых используются навозосодержащие сточные воды, мест захоронения и складирования

навоза, свалок и отходов, взлетно-посадочных полос для ведения авиационно-химических работ;

3) строительство новых и расширение старых предприятий;

4) стоянка, заправка, мойка и ремонт автотранспортного парка.

В пределах прибрежных полос дополнительно запрещаются распашка земель, выпас и организация летних лагерей для скота, применение ядохимикатов и удобрений, строительство баз отдыха и палаточных городков и т. п.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте понятие эвтрофированию вод.

2. Что является начальным этапом процесса эвтрофирования вод?

3. Назовите основной признак эвтрофирования как процесса нарушения экологического равновесия водоема.

4. Какие растения называются бентосными?

5. Что представляет собой фитопланктон?

6. Перечислите типы водоемов по трофности.

7. Назовите стадии цветения воды и их отличия по количеству биомассы фитопланктона.

8. Дайте расшифровку и определение ПИБС.

9. Перечислите основные запрещаемые действия в пределах водоохранных зон.

Тестовые задания

1. Обогащение вод питательными веществами, вызывающее массовое развитие водорослей, называется ...

а) экотоксификация;

б) эвтрофикация;

в) минерализация.

2. Начальным этапом процесса эвтрофирования признано избыточное поступление в водотоки и водоемы ...

- а) биогенных элементов;
- б) загрязняющих веществ;
- в) щелочи;
- г) минеральных элементов.

3. Факторы интенсификации растениеводства и животноводства стали ... процесса эвтрофирования вод

- а) ускорителем;
- б) замедлителем.

4. Этап в развитии эвтрофирования водоемов, к которому в дальнейшем подключаются внутренние биологические процессы, ведущие к интенсивному самозагрязнению - это антропогенное поступление ...

- а) пестицидов;
- б) химикатов;
- в) биогенов;
- г) пищевых отходов.

5. Бентосные растения развиваются ...

- а) прикрепившись или укоренившись на дне;
- б) прикрепившись или укоренившись на других растениях;
- в) на поверхности воды.

6. Фитопланктоны представлены множеством видов ...

- а) микроорганизмов;
- б) растений;
- в) водорослей;
- г) рыб.

7. По трофности различают 5 типов водоемов, которые можно расположить по возрастанию этого показателя в следующем порядке ...

- а) дистрофные, олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные, гипертрофные;

б) олиготрофные, мезотрофные, дистрофные, гипертрофные, эвтрофные;

в) дистрофные, олиготрофные, гипертрофные, мезотрофные, эвтрофные;

г) гипертрофные, эвтрофные, мезотрофные, олиготрофные, дистрофные.

8. Наиболее распространенным проявлением эвтрофирования водоемов является ...

а) увеличение минерализации воды;

б) цветение воды;

в) выщелачивание;

г) размножение микроорганизмов.

9. Цветение воды состоит из ... стадий

а) 3;

б) 2;

в) 4;

г) 5.

10. Токсичное действие вод эвтрофированного водоема может быть обусловлено прежде всего накоплением ...

а) железа;

б) фосфора;

в) нитратов и нитритов;

г) тяжелых металлов.

11. Для предупреждения эрозии почв, а также снижения и предотвращения передвижения потоков биогенов на площадях водосборов создают ...

а) противоэрозионные связи;

б) противоэрозионные системы;

в) противобактериальные системы.

12. ПИБС – это ...

а) противоэрозионная инженерно-биологическая система;

б) противобактериальная инфекционно-биологическая система;

в) противовирусная инженерно-биологическая система.

13. По категориям сложности структуры ПИБС бывают ...

- а) простыми;
- б) средними;
- в) сложными;
- г) усложненными.

14. В пределах водоохранных зон запрещается ...

- а) размещение складов для хранения пестицидов и минеральных удобрений;
- б) размещение новых и расширение старых предприятий;
- в) высадка лесополос;
- г) размещение заповедников;
- д) выпас скота.

15. Основные источники биогенной нагрузки подразделяются на ...

- а) точечные;
- б) ярусные;
- в) рассеянные;
- г) региональные;
- д) территориальные.

ГЛАВА 4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЗАЦИИ

4.1 Применение минеральных и органических удобрений

Применение органических и минеральных удобрений – одно из основных условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также важное звено технологий их выращивания. С другой же стороны, удобрения могут оказывать и неблагоприятное влияние на компоненты агроценозов (загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод, усиление эвтрофирования водоемов, уплотнение почв; нарушение круговорота и баланса питательных веществ, ухудшение агрохимических свойств почвы, снижение ее плодородия; ухудшение фитосанитарного состояния посевов и развитие болезней растений, снижение продуктивности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции и т. д.).

Отрицательное воздействие минеральных удобрений связано с тем, что большинство из них характеризуется физиологической кислотностью, поэтому применение их в избыточных количествах обуславливает развитие процессов подкисления почв; приводит к снижению суммы поглощенных оснований, усилению минерализационных процессов, нарушению соотношения подвижных форм макро- и микроэлементов в почве и элементного состава растений.

Избыток минеральных удобрений вызывает нарушения в биологической составляющей почвы, вследствие чего нарушаются процессы трансформации органического вещества. Кроме того, в структуре микробного ценоза увеличивается доля микроскопических грибов (среди которых много патогенов). Это грозит опасностью образования микотоксинов в почве, продуктах питания и т. д.

Азот – основной элемент питания растений. Однако при несбалансированности элементов питания, нарушении водно-

го режима, недостаточной освещенности и других неблагоприятных условиях высокие дозы азотных удобрений могут привести к снижению почвенного плодородия и загрязнению продуктов питания нитратами.

Причиной нарушения процессов ассимиляции нитратов в растениях могут служить до 20 факторов, среди них такие, как сроки, формы и дозы внесения удобрений, метеорологические условия, сортовые различия, сроки посадки и густота стояния растений, качество известкования, наличие и соотношение различных питательных веществ и т. д.

Увеличение доз азотных удобрений приводит не только к повышению содержания нитратов в произведенной продукции, но и к снижению в ней содержания витамина С, сахаров и других веществ, а следовательно, и ее биологической ценности. Содержание нитратов различается и в зависимости от органа растений. Их больше там, где преобладают ксилема и ткани, в клетках которых хорошо развиты вакуоли, т. е. в частях, по которым осуществляется транспорт питательных веществ в растениях. Так, в корне, стебле и черешках листьев нитратов значительно больше, чем в листовой пластинке. В генеративных органах нитраты отсутствуют или содержатся в гораздо меньших количествах, чем в вегетативных.

Азотные удобрения также загрязняют природные воды. Вынос азота в водные объекты определяется как природными факторами (климат и погода, гидрология и рельеф), так и антропогенными (степень сельскохозяйственного использования территории, применяемые системы земледелия, дозы удобрений и т. д.).

Для сведения к минимуму потерь азота, предотвращения и снижения загрязнения нитратами растениеводческой продукции, водоемов и т. д. необходимо четко соблюдать существующие регламенты по транспортировке, хранению и применению минеральных и органических удобрений.

Важным приемом снижения (предотвращения) нитратного загрязнения сельскохозяйственной продукции является

внесение достаточного количества полноценного органического удобрения (навоз, компосты, сидераты). Как свидетельствует опыт ряда стран, органические удобрения целесообразно вносить в сочетании с минеральными в соотношении 4:1.

Фосфор и калий также относятся к важнейшим питательным элементам. Однако при несбалансированном (по макроэлементам) питании наблюдаются накопление отдельных элементов в растениях и сдвиг минерального состава в нежелательную сторону.

На величину потерь калия и фосфора, как и других питательных элементов, влияют также наличие растительного покрова, соблюдение агротехнических правил, нормы полива, кислотность почвы и рельеф местности. Для предотвращения больших потерь калия и загрязнения поверхностных и грунтовых вод калийные удобрения следует вносить под основную обработку почвы.

Кроме минеральных в системе удобрений большое значение имеют и органические удобрения. При этом действие органических и минеральных удобрений на растения и почву различно. Питательные вещества из минеральных удобрений (особенно азотных и частично калийных) максимально используются растениями почти сразу же после их внесения, а из органических – постепенно, по мере минерализации органического вещества. Поэтому при необходимости быстрого воздействия на питание растений следует вносить минеральные удобрения. А органические удобрения наряду с этим обогащают ее гумусом, улучшают физико-химические свойства, увеличивают активность почвенной микрофлоры. Таким образом, только использование органо-минеральной системы удобрений в сочетании с другими агротехническими и биологическими приемами создает надежную основу для повышения плодородия почв, роста урожайности сельскохозяйственных культур, регулирования качества продукции и минимизации отрицательного воздействия на окружающую природную среду.

4.2 Экологические аспекты известкования почв

На кислых почвах, примерно на 30–40 % уменьшается эффективность минеральных удобрений, увеличиваются непроизводительные потери азота, нарушается поступление элементов питания в культурные растения, в продукции интенсивно накапливаются тяжелые металлы и радионуклиды, ухудшается ее качество, снижается устойчивость агроценозов к неблагоприятным погодным условиям. Основным способом коренного улучшения кислых почв является известкование.

Большинство сельскохозяйственных культур лучше развивается при pH почвы порядка 6,0–6,5. По отношению к кислотности почв и отзывчивости на известкование их можно разделить на пять групп.

– I группа – наиболее чувствительные к кислотности: хлопчатник, люцерна, эспарцет, сахарная, столовая и кормовая свекла, конопля, капуста. Они хорошо растут только при нейтральной или слабощелочной реакции почвы (pH 7–8) и очень сильно отзываются на внесение извести даже на слабокислых почвах.

– II группа – чувствительные к повышенной кислотности: ячмень, яровая и озимая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, кормовые бобы, клевер, подсолнечник, огурец, лук, салат. Эти растения лучше растут при слабокислой или нейтральной реакции почвы (pH 6–7) и хорошо отзываются на известкование не только сильнокислых, но и среднекислых почв. На известкованных почвах урожайность этих культур значительно повышается, резко уменьшается выпадение озимой пшеницы и клевера при перезимовке.

– III группа – слабочувствительные к повышенной кислотности: рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, томат, редис, морковь. Эти культуры могут удовлетворительно расти в широком интервале pH (pH 4,5–7,5), но наиболее благоприятны для их возделывания слабокислые почвы (pH 5,5–6,0). На сильно- и среднекислых почвах они положительно реагируют

на известкование полными нормами, что объясняется не только снижением кислотности, но и усилением мобилизации питательных веществ и улучшением питания растений азотом и зольными элементами.

– IV группа – лен и картофель. Эти культуры нуждаются в известковании только на сильнокислых почвах. Картофель малочувствителен к высокой кислотности 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).

– V группа – люпин синий и желтый, сераделла, чайный куст. Эти культуры хорошо растут на кислых почвах (рН 4,5–5,0) и плохо – на щелочных и даже нейтральных. Они чувствительны к избытку водорастворимого кальция в почве, особенно в начале вегетации, поэтому отрицательно реагируют на повышенные дозы извести. Однако при внесении пониженных доз известковых удобрений, содержащих магний, снижения урожайности этих культур не наблюдается.

При известковании активизируется жизнедеятельность полезной микрофлоры и улучшается минеральное питание растений в результате более активной трансформации органических соединений, меняются к лучшему физические свойства почвы, возрастает эффективность использования минеральных и органических удобрений, снижается подвижность ионов токсичных тяжелых металлов.

В качестве мелиоративных материалов в настоящее время наряду с известью широко используют отходы промышленности: металлургические шлаки, угольную золу, отходный (химический) мел, фосфатшлаки, феррохромовые шлаки, сланцевую золу, дефека́т (отход сахарного производства). Однако при использовании этих материалов необходимо учитывать экологические ограничения, установленные государственными стандартами, санитарными нормами и правилами, иными регламентирующими документами.

При известковании почв обязательному учету подлежит ПДК тяжелых металлов и других токсичных элементов (соединений) в почве, фоновое содержание этих элементов, класс их опасности согласно ГОСТу, ориентировочное содержание нежелательных примесей в известковых материалах (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в почве и известковых материалах

Элемент	Класс опасности	ПДК в почве, мг/кг	Фоновое содержание в почве, мг/кг (валовые формы)	Ориентировочное содержание в материале, мг/кг
Кадмий	1	3,0	0,05–0,24	1–5
Мышьяк	1	2,0	–	–
Ртуть	1	2,1	0,0–1,0	–
Свинец	1	30,0	10–16	3–150
Фтор	1	2,8 п. ф.	20–300	–
Цинк	1	100,0	40–80	30–300
Кобальт	2	5,0 п. ф.	–	–
Медь	2	3,0 п. ф.	15–25	5–100
Никель	2	4,0 п. ф.	20–60	3–300
Хром	2	2,0 п. ф.	80–140	100–10000
Ванадий	3	150,0	60–100	1–1000
Марганец	3	1500,0	–	200–10000
Марганец + ванадий	3	1000,0 + 100,0	–	–
Стронций	3	–	120–170	100–1000

По содержанию тяжелых металлов и других токсикантов используемые в качестве мелиорантов материалы подразделяют на 4 группы, отличающиеся по дозам, срокам и кратности использования:

– I группа материалов – известковые материалы, применение которых разрешено без ограничений (известковая мука, мел, дефека́т),

– II группа материалов – известковые материалы, применение которых разрешено в дозах не более 7 т/га раз в 5 лет (феррохромовые шлаки, отходный мел, угольная зола),

– III группа материалов – известковые материалы, применение которых разрешено раз в 10 лет в дозах не более 7 т/га с обязательным контролем изменения фоновое содержания потенциально опасных элементов в почве,

– IV группа материалов – запрещено применение при известковании кормовых угодий.

4.3 Экологические проблемы орошения

Мелиорация – система научно обоснованных организационно-хозяйственных, технических, биологических и других мероприятий, направленных на улучшение природных условий используемых территорий.

Чаще мелиорации направлены на изменение какого-либо одного компонента экосистемы. Одна из основных среди них – мелиорация почв, осуществляемая путем искусственного регулирования их водного, воздушного, солевого, теплового, биохимического и физико-химического режимов. Как свидетельствует многолетняя практика, для регулирования и изменения перечисленных свойств почвы применяется порядка 30 видов мелиорации почв (орошение и осушение, агролесомелиорация и фитомелиорация, пескование глинистых почв и глинование легких и торфяных, гипсование и известкование, внесение поверхностно-активных соединений и т. д.).

Мероприятия по созданию новых и улучшению существующих источников получения воды или, наоборот, устранение избыточной увлажненности, регенерации нарушенных процессов самовосстановления природного качества поверхностных и подземных вод. Такого рода работы называют гидромелиорацией.

Орошение (один из видов гидромелиорации) – древнейший способ повышения продуктивности почв, а в настоящее время – одно из важнейших направлений интенсификации сельскохозяйственного производства в регионах с недостаточным и неустойчивым естественным увлажнением.

Одно из наиболее опасных последствий орошения – засоление земель. Засоление почв представляет собой повышение содержания в них легкорастворимых солей (карбоната натрия, хлоридов, сульфатов). Если процесс засоления обусловлен засоленностью почвообразующих пород, привнесом солей грунтовыми и поверхностными водами, то засоление называют первичным или остаточным. На орошаемых массивах существенным источником солей в почвах могут быть оросительные воды.

Неблагоприятное влияние засоления почвы на развитие сельскохозяйственных культур связано не только с повышенным осмотическим давлением почвенного раствора, ухудшением водно-физических свойств почв, особенно в провинциях содового засоления, и неблагоприятным солевым составом, но и с повышенной концентрацией соединений бора, которая может достигать токсичного для растений уровня – 0,3–1,0 мг/л. Наиболее чувствительны к бору почти все плодовые культуры.

Присутствие в почвах легкорастворимых солей неблагоприятно влияет на рост и развитие растений. Поэтому на засоленных почвах растения часто страдают от засухи даже при высокой влажности почвы.

Еще один фактор, препятствующий нормальному росту растений, – специфическое воздействие ионов Cl , SO_4 , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Так, например, когда в листьях накапливается более 0,5 % Cl или более 0,2 % Na (в расчете на сухую массу), происходит обгорание листьев, они приобретают бронзовую окраску, возникают некрозы; предполагается, что при высокой концентрации в растворе ионов Na^+ и Cl в растениях нарушается процесс транспирации.

И наконец, третий фактор, обуславливающий неблагоприятное воздействие легкорастворимых солей на растения, – резкое ухудшение физических свойств почв в присутствии катионов натрия. При этом происходит обезструктурирование почвы, ухудшаются ее водный и воздушный режимы.

Основной мелиоративный прием, направленный на повышение продуктивности засоленных почв, – промывки водой, благодаря которым при наличии дренажа до почвенного профиля удаляются легкорастворимые соли, т. е. соли, растворимость которых более 2 г/л; для повышения урожайности сельскохозяйственных культур целесообразен подбор солеустойчивых видов растений.

Часто засоление происходит при нерациональном орошении. Этот процесс называют вторичным засолением. Процессу вторичного засоления могут подвергаться естественно засоляющиеся, остаточнo-засоленные; исходно незасоленные или глубококорассоленные почвы. Основным механизмом этого процесса – привнос солей с оросительными водами в растворимом или взвешенном состоянии и выпадение солей в почвенной толще из минерализованных грунтовых вод, уровень которых при орошении часто поднимается. Это явление особенно распространено на равнинных, плохо дренированных территориях. При недостаточном дренаже вторичное засоление может привести к катастрофическим последствиям. Из-за большого накопления солей в почвах обширные массивы орошаемых земель становятся непригодными для земледелия и их приходится выводить из сельскохозяйственного использования.

Вторичное засоление почв на орошаемых участках часто сопровождается загрязнением почв тяжелыми металлами, пестицидами, гербицидами, нитратами, соединениями бора. Все эти вещества в районах интенсивного сельскохозяйственного использования попадают в почву как из оросительных, так и из грунтовых вод. При вторичном засолении происходят существенные изменения многих химических свойств почв: од-

новременно с накоплением легкорастворимых солей аккумулируются гипс и карбонаты, оказывающие благоприятное воздействие на физические свойства почв; в неблагоприятную сторону изменяется состав почвенного поглощающего комплекса, в котором ионы Ca^{2+} замещаются ионами Mg^{2+} и Na^+ , возрастает подвижность соединений калия, кремния, железа.

Рассматривая все возможные негативные последствия, возникающие при орошении, необходимо обращать внимание и на качество поливной воды. К настоящему времени разработана, например, система параметров допустимости к использованию воды для орошения, которая учитывает степень опасности вод различного состава. Кроме того необходимо учитывать агротехнические приемы (правильное чередование культур в севообороте, рациональную обработку почвы, грамотное применение различных видов удобрений).

Для оценки потенциальной опасности вторичного засоления введено понятие о критическом уровне грунтовых вод, при котором начинается засоление корнеобитаемого слоя почвы, приводящее к угнетению и гибели сельскохозяйственных культур.

Для предупреждения вторичного засоления требуется устройство дренажа, проведение полива в строгом соответствии с оросительными нормами, отведение минерализованных грунтовых вод в дренажную сеть, применение полива дождеванием, создание лесных насаждений вдоль каналов. Преимущества, несомненно, имеет капельное внутрпочвенное орошение.

Для удаления солей из почвы проводят многократную промывку пресной водой. На солонцах и солонцеватых почвах (с содержанием более 5–10 % обменного натрия) рекомендуется применять гипсование или отходы от производства удобрений (фосфогипс), а также трехъярусную вспашку для перемешивания солонцового горизонта с карбонатным.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные экологические проблемы, связанные с применением минеральных удобрений.
2. Чем отличается действие минеральных удобрений на растения и почву от органических удобрений?
3. На каких почвах применяют известкование?
4. На какие группы делят сельскохозяйственные культуры по отношению их к кислотности почв и отзывчивости на известкование?
5. Назовите основные проблемы орошения почв.

Тестовые задания

1. Нарушения в биологическом компоненте почвы проявляется из-за ...
 - а) избытка минеральных удобрений;
 - б) соблюдения норм и сроков внесения удобрений.
2. ... оказывает влияние на фотосинтез растений, которое состоит в его использовании на синтез аминокислот
 - а) Марганец;
 - б) Нитраты;
 - в) Азот;
 - г) Фосфор.
3. Увеличение доз азотных удобрений приводит ...
 - а) к повышению содержания нитратов в продукции;
 - б) к повышению содержания фосфатов в продукции;
 - в) к повышению содержания кальция в продукции;
 - г) к снижению в продукции содержания витамина С;
 - д) к повышению в продукции содержания витамина С.
4. Важным приемом предупреждения нитратного загрязнения сельскохозяйственной продукции является ...
 - а) удаление верхнего почвенного слоя;
 - б) использование азотных минеральных удобрений;
 - в) использование органических удобрений.
5. К важнейшим питательным элементам сельскохозяйственных культур также относятся ...
 - а) железо;

- б) фосфор;
- в) калий;
- г) марганец;
- д) свинец.

6. Основным способом коренного улучшения кислых почв является ...

- а) выщелачивание;
- б) известкование;
- в) гипсование.

7. Большинство сельскохозяйственных культур лучше развивается при рН почвы ...

- а) 4,5–5,5;
- б) 5,0–6,0;
- в) 6,0–6,5;
- г) 6,5–7,5.

8. Одно из важнейших направлений интенсификации сельскохозяйственного производства в регионах с недостаточным и неустойчивым естественным увлажнением ...

- а) осушение;
- б) орошение;
- в) подтопление.

9. Оросительная вода часто вымывает мелкие частицы почвы, вызывая ...

- а) эрозию;
- б) коррозию;
- в) загрязнение;
- г) истощение.

10. Большой вклад в разработку теоретических основ осушения почв внес академик ...

- а) С. Ф. Аверьянов;
- б) В. Р. Вильямс;
- в) В. П. Маслов.

11. Широкий термин для обозначения веществ и препаратов, применяемых для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями, предуборочного удаления листьев и предуборочного подсушивания растений ...

- а) аттрактанты;
- б) пестициды;
- в) репелленты;

- г) хемотрериланты.
12. Гербициды используют для борьбы с ...
- а) сорными растениями;
 - б) с вредными насекомыми;
 - в) с грибковыми болезнями растений и различными грибами;
 - г) с грызунами.
13. Фунгициды используют для борьбы с ...
- а) сорными растениями;
 - б) с вредными насекомыми;
 - в) с грызунами;
 - г) грибковыми болезнями растения.
14. Инсектициды используют для борьбы с ...
- а) сорными растениями;
 - б) с вредными насекомыми;
 - в) с грызунами;
 - г) грибковыми болезнями растения.
15. По устойчивости к разложению в почве пестициды делят на ...
- а) очень стойкие (свыше 3 лет); стойкие (от 1 до 2,5 лет); умеренно стойкие (до 1 года); малостойкие (6 мес);
 - б) очень стойкие (свыше 2 лет); стойкие (от 1,5 до 2 лет); умеренно стойкие (до 1 года); малостойкие (3 мес);
 - в) очень стойкие (свыше 2 лет); стойкие (от полугода до 2 лет); умеренно стойкие (до 6 мес); малостойкие (1 мес).
16. Токсичность пестицидов обычно сравнивают сопоставлением минимальных доз, вызывающих смертность 50 % подопытной группы организмов, и обозначают как ...
- а) ЛД₅₀;
 - б) ЛД;
 - в) ЛД₁₀₀;
 - г) ЛД₃₀.
17. По степени комплексного воздействия на организм пестициды подразделяют на ... класса.
- а) 4;
 - б) 5;
 - в) 3.

ГЛАВА 5. ЖИВОТНОВОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

5.1 Отрицательное влияние животноводческих комплексов на окружающую природную среду

Первостепенным при переводе животноводства на промышленную основу является проблема утилизации навозных стоков и бесподстилочного навоза. Вблизи животноводческих комплексов и ферм промышленного типа особую угрозу окружающей среде представляют скопления навоза, которые сопровождаются нитратным и микробным загрязнением почв, фитоценозов, поверхностных и грунтовых вод. Загрязнение почв, снежного покрова и вод местного стока биогенными элементами влечет за собой соответствующие изменения показателей качества фитомассы культур на сельскохозяйственных угодьях, примыкающих к животноводческим комплексам.

Поэтому при выборе места для размещения животноводческих комплексов должны быть обоснованы возможности утилизации навоза и производственных стоков с учетом природоохранных требований. При этом учитывают орографические (геоморфологические), эдафические, метеорологические, гидрологические и гидрогеологические факторы, наличие и состояние лесной растительности, сельскохозяйственных угодий (для утилизации навоза в виде удобрений) и селитебных территорий.

5.2 Использование биотехнологии для переработки отходов животноводства

Экологическая биотехнология решает вопросы охраны окружающей среды (переработка отходов, защита компонентов среды от загрязнения, рациональное использование

природных ресурсов и т. п.) с помощью соответствующих технологических процессов.

Интенсивное разведение скота приводит к локальному накоплению навоза, количество которого часто значительно превышает естественный потенциал биодеградации.

Компостирование навоза применяют для получения компостогумифицированного продукта биологического окисления, который содержит органические соединения, продукты распада, биомассу мертвых микроорганизмов и др. Внесение этого продукта в почву не вызывает нарушения стабильности агроэкосистем. Компостирование – это экзотермический процесс биологического окисления, в котором органический субстрат подвергается аэробной биодеградации смешанной популяцией микроорганизмов в условиях повышенной температуры и влажности и превращается в безопасный и ценный продукт для агрохимических мелиорации почв.

В процессе компостирования удовлетворяется потребность в кислороде, выделяются диоксид углерода и вода, возрастает температура, органические вещества переходят в стабильную форму. Для улучшения аэрации навоза, а также для снижения влажности и повышения отношения углерода к азоту навоз смешивают с наполнителями (солома злаков, листья, мусор, щепа и др.).

В процессе компостирования выделяют четыре стадии: мезофильную, термофильную, остывание и созревание. Первые три протекают быстро (дни или недели). Стадия же созревания длится несколько месяцев. В это время происходят сложные реакции между белками погибших бактерий и остатками лигнина, приводящие к образованию гуминовых кислот. В этот период рекомендуется поддерживать в буртах температуру около 55 °С, для чего иногда применяют принудительную вентиляцию. Рекомендуемая оптимальная влажность находится в пределах 50–60 %, а концентрация кислорода в газовой фазе – 10–18 %. Размеры бурта (кучи) должны быть

следующими: длина – любая; высота – 1,5 м; ширина – 2,5 м (при естественной аэрации).

Бурты (компостные ряды) размещают на бетонированных площадках. Навоз с наполнителем загружают в разбрасыватель, где эта масса перемешивается, а затем сбрасывается (укладывается) при постоянном медленном движении машины. Затем с помощью шеста диаметром 75 мм в бурте делают вертикальные отверстия до основания через 1 м друг от друга. Через месяц бурт переворачивают (с помощью погрузчика), и через два-три месяца компост окончательно дозревает.

Переработку навоза на кормовые добавки ведут несколькими путями:

- извлечение из навоза или помета кормовой (питательной) части;
- применение навоза в качестве питательной среды для производства кормовых дрожжей и водорослей;
- культивирование червей для получения кормового белка.

5.3 Методы очистки и утилизации навозных стоков

При стойловом содержании скота используют следующие технологические схемы утилизации навоза:

- многоступенчатая очистка (с применением гидросмыва) с разделением навоза на твердую и жидкую фракции (первую помещают в штабеля, а вторую – в установки для обеззараживания и очистки, из которых она поступает в пруды-накопители осветленных стоков и на земельные поля орошения);
- использование стоков для производства торфокомпостных смесей, которые вывозят на поля биотермического обеззараживания (этот способ рекомендуется для небольших ферм);
- очистка стоков с помощью прудов-накопителей и навозохранилищ (отходы при гидросмыве направляют в при-

емники и хранилища, где жидкость расслаивается на фракции, обеззараживается и идет на поля фильтрации и в водоем; твердая фаза направляется на сельскохозяйственные угодья);

– самоочищение и утилизация отходов в естественных водоемах, когда осветленная жидкость из очистных сооружений стекает в пруд-накопитель и далее в водоемы, а осадок используют для изготовления удобрений;

– анаэробная переработка (метаногенез), или сброживание жидкого навоза, благодаря которому в нем гибнут патогенные микроорганизмы, навоз теряет неприятный запах, а семена сорных растений – всхожесть (одновременно получают топливо – метан).

Разделение навоза на жидкую и твердую фазы проводят с помощью виброфильтров, центрифуги или установки с вибростенками (грохоты) и шнековыми прессами. При этом влажность навоза снижается с 90–95 до 60–65 %. Твердую фазу навоза в штабелях (буртах) обеззараживают за счет биотермического самосогревания до 60...70 °С. Плотный навоз или навоз-сыпец применяют при выращивании различных сельскохозяйственных культур, в том числе овощных, в открытом и защищенном грунте. Обеззараживание жидкого навоза проводят также путем аэрации – продувания воздуха через емкости с навозом (шведская система «Ликом»), пастеризации (нагревание до 70...80 °С), стерилизации острым паром, нагревания до 120...130 °С. При термическом контактно-газовом обеззараживании струя газа горит внутри жидкого навоза. Этим способом можно обеззараживать и иловый осадок прудов-накопителей осветленных навозных стоков. Кроме того, навоз обеззараживают аммиаком, электрическим током и т. д.

Земледельческие поля орошения (ЗПО) предназначены для приема и окончательного обеззараживания (обезвреживания) сточных вод, в том числе и навозных стоков, с обязательным их использованием для удобрения и увлажнения выращиваемых на полях сельскохозяйственных или лесных культур.

Таким образом, общая технологическая схема многоступенчатой очистки и утилизации навозных стоков предусматривает использование как установок по обезвреживанию навоза в искусственных условиях, так и естественных прудов-накопителей, лесных насаждений на путях передвижения сточных вод (ниже прудов – накопителей осветленных стоков), земледельческих (иногда коммунальных) полей орошения, биологических прудов и т. д.

В лесных насаждениях сточные воды освобождаются от взвешенных наносов, которые, участвуя вместе с опадом (подстилкой) в образовании аллювия, включаются в процессы почвообразования; в биологических и буферных прудах осветленные навозные стоки перемешиваются с водами водохранилищ, рек и других водных объектов и самоочищаются в результате воздействия солнечной радиации, аэрации, жизнедеятельности гиро- и гидрофитов, микроорганизмов и т. п.

В прудах-накопителях преобразуются органолептические свойства сточных вод (навозный и фекальный запахи сменяются затхлым, желтоватый цвет – серо-желтоватым). При отстаивании и аэрации в сточных водах значительно снижается содержание нитратов и калия, в меньшей степени – аммиака и фосфора. В буферных прудах у воды исчезают запах и цвет, кроме того, в ней резко падает содержание фосфора и калия.

Жидкий навоз используют для приготовления торфокомпостных смесей или торфонавозных компостов. При этом смесь жидкого навоза с торфом выдерживают в буртах в течение 3–4 мес, за это время патогенные микроорганизмы гибнут в результате биотермических процессов. Этот способ применяется в тех районах, где имеются местные запасы торфа. На юге России жидкий навоз можно смешивать с минеральными туками и после высушивания использовать для производства гранулированных удобрений.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем проявляется отрицательное влияние животноводческих комплексов на окружающую природную среду?
2. Какие факторы необходимо учитывать при выборе места для размещения животноводческих комплексов?
3. Дайте определение компостированию навоза. Какие стадии компостирования выделяют?
4. Для чего используют компостирование навоза?

Тестовые задания

1. Вблизи животноводческих комплексов и ферм промышленного типа особую угрозу окружающей среде представляют ...
 - а) скопление фосфатов;
 - б) скопления навоза;
 - в) нитратное и микробное загрязнение почв;
 - г) загрязнение ядохимикатами.
2. При выборе места для размещения животноводческих комплексов должны быть обоснованы ...
 - а) места выпаса на близрасполагающихся полях или береговой зоне;
 - б) возможности утилизации навоза и производственных стоков;
 - в) близость к водным ресурсам.
3. Органическое удобрение, состоящее из экскрементов сельскохозяйственных животных, называется ...
 - а) помет;
 - б) гумус;
 - в) навоз;

г) пестициды.

4. Экологическая ... решает вопросы охраны окружающей среды с помощью соответствующих технологических процессов

а) технология;

б) наука;

в) биотехнология;

г) система.

5. Интенсивное разведение скота приводит к ...

а) глобальному накоплению навоза;

б) локальному накоплению навоза;

в) уменьшению накопления навоза;

г) увеличению органического вещества в почве.

6. Экзотермический процесс биологического окисления, в котором органический субстрат подвергается аэробной биодegradации смешанной популяцией микроорганизмов в условиях повышенной температуры и влажности и превращается в безопасный и ценный продукт для агрохимической мелиорации почв – это ...

а) окисление;

б) известкование;

в) компостирование.

7. В процессе компостирования выделяют четыре стадии, которые указаны в верном хронологическом порядке:

а) мезофильную, термофильную, остывание и созревание;

б) термофильную, мезофильную, остывание и созревание;

в) термофильную, мезофильную, созревание и остывание;

г) мезофильную, термофильную, созревание и остывание.

8. Для приема и окончательного обеззараживания (обезвреживания) сточных вод, в том числе и навозных стоков, с обязательным их использованием для удобрения и увлажне-

ния выращиваемых на полях сельскохозяйственных или лесных культур предназначены ...

- а) земельные поля орошения;
- б) очистные сооружения;
- в) выгребные ямы.

9. Бурты (компостные ряды) размещают на ...

- а) тепличных комплексах;
- б) бетонированных площадках;
- в) лабораториях;
- г) открытых грунтовых площадках.

10. Для приготовления торфокомпостных смесей или торфонавозных компостов используют ...

- а) твердый навоз;
- б) жидкий навоз;
- в) перегной.

11. При стойловом содержании скота используют ли такие технологические схемы утилизации навоза, как использование животноводческих стоков для производства торфокомпостных смесей ...

- а) да;
- б) нет.

12. Животноводческие фермы и комплексы отделяют от жилой застройки сельских населенных пунктов ...

- а) заборами;
- б) санитарно-защитными зонами;
- в) изгородями;
- г) канавами;
- д) дорогами.

13. Со стороны животноводческого комплекса или фермы для защиты их от снежных наносов, песка и пыли в СЗЗ создают ...

- а) лесные насаждения;

- б) заборы;
- в) дороги.

14. Ширина санитарно-защитных зон до границы жилой зоны для коневодческих и кролиководческих ферм составляет ...

- а) 50 м;
- б) 100 м;
- в) 300 м;
- г) 500 м;
- д) 1000 м.

15. Ширина санитарно-защитных зон до границы жилой зоны для птицеводческих ферм при поголовье от 100 до 400 тыс. кур-несушек и 1–3 млн. бройлеров составляет ...

- а) 50 м;
- б) 100 м;
- в) 300 м;
- г) 500 м;
- д) 1000 м.

16. Ширина санитарно-защитных зон до границы жилой зоны для обработки жидкого свиного навоза (от 12 до 54 тыс. голов в год) составляет ...

- а) 500–1000;
- б) 500–1500;
- в) 1000–2000;
- г) 1500–2500.

ГЛАВА 6. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

6.1 Понятие и развитие альтернативного земледелия

Вовлекая в интенсивную эксплуатацию около 10 % суши, сельскохозяйственное производство существенно влияет на развитие деградационных процессов в окружающей природной среде. При определенных условиях факторы интенсификации, например внесение минеральных удобрений в дозах, превышающих нормативные потребности, избыточное использование химических средств защиты растений и регуляторов роста, внедрение одновидовых посевов на больших площадях и т. д., приводят к нарушению экологического равновесия, «блокируют» функциональные возможности природного биоэнергетического потенциала агроэкосистем.

Основа альтернативного (биологического) земледелия – сокращение до разумного минимума внешнего антропогенного воздействия на агроэкосистему, создание максимума благоприятных предпосылок для полноценного использования ее собственного биопотенциала.

В ряде западных стран альтернативное земледелие получило название «сельское хозяйство выживания». В 1972 г. в Версале (Франция) была создана Международная организация органического земледелия (IFOAM). Первоначально в нее входили только ученые аграрники, считавшие, что традиционное земледелие развивается в неверном направлении.

Большой интерес к альтернативному ведению сельского хозяйства в конце 80-х гг. был обусловлен и тем, что значительно возрос спрос на биологически чистые продукты питания. Международная организация органического земледелия IFOAM включает около 300 экологических союзов из десятков стран. При этом во многих западных странах союзам альтернативного земледелия предоставляют кредиты.

В августе 1990 г. в Будапеште состоялось Генеральное собрание Международной организации органического земледелия ИФОАМ, на котором было принято решение довести мировое производство экологически безопасных продуктов до 10–20 % общего объема рыночного потенциала.

Все больше внимания альтернативному земледелию уделяют и в России. Основным пропагандистом альтернативного сельского хозяйства призвана стать ассоциация фермеров России АЛЪТАГРО при поддержке Международной организации органического земледелия ИФОАМ.

В России также есть примеры успешного длительного использования принципов альтернативного земледелия. В Белореченском районе Краснодарского края многие хозяйства работают по беспестицидной технологии выращивания риса и гречихи. Кубанским сельскохозяйственным институтом (КубГАУ) разработаны и внедрены в практику технологические приемы возделывания риса с малым расходом воды и без гербицидов.

В целом доля экологически чистых хозяйств пока не превышает и 2 % общего их числа, а вклад в общую продукцию сельского хозяйства весьма и весьма незначителен.

6.2 Цели и основные направления альтернативного земледелия

Четко разграничить альтернативное (биологическое) земледелие и традиционное достаточно сложно. Между ними существуют плавные переходы.

Тем не менее, цели альтернативного (биологического) земледелия можно свести к следующим:

- сохранение и повышение плодородия почвы;
- защита окружающей природной среды;
- активизация круговоротов веществ и переноса энергии в агроэкосистемах;

- снижение материало- и энергоемкости получаемой продукции;
- экономия ресурсов невозполнимой энергии;
- улучшение качества производимой продукции;
- производство гарантированного количества продукции;
- обеспечение устойчивости агроэкосистем.

Альтернативное земледелие развивается в следующих направлениях: органическое, биодинамическое, органобиологическое и др.

Органическое земледелие. При его ведении исключается или существенно сокращается применение минеральных удобрений и пестицидов. Широко распространено в США. Приемы органического земледелия обеспечивают рациональное использование природных ресурсов, минимальное снижение (а в отдельных случаях и повышение) урожайности кукурузы и сои при неблагоприятных почвенно-климатических условиях, эффективное использование природной энергии при выращивании пшеницы, кукурузы, картофеля и яблок. Однако при этом увеличиваются трудовые затраты (на 12–20 %), снижается производительность труда (на 22–95 %), возможно уменьшение урожайности (например, пшеницы – до 43 %).

В органическом земледелии США обычным для севооборотов является чередование бобовых культур с культурами, характеризующимися высокой потребностью в азоте. Почву обрабатывают без оборота пласта (дискование, щелевание и т. п.). Борьбу с сорняками ведут как с помощью культур, представленных в севообороте, так и промежуточных культур, уплотненных посевов, покровных культур в междурядьях.

От насекомых растения защищают энтомофаги: златоглазка, трихограмма, хищные клещи (фитосейулюс), а также биопрепараты. Так против колорадского жука эффективен грибной препарат боверин, в состав которого входит гриб *Beauveria bassiana*. При попадании в организм насекомого гриб выделяет токсины – боверин и цикло-депепсипептид. Хорошо зарекомендовали себя инсектициды растительного про-

исхождения, а также специальные ловушки с аттрактантами для чешуекрылых, а против болезней – растительные составы и слаботоксичные препараты.

Также в органическом земледелии минеральные азотные удобрения заменяют высококачественными органическими (навозом, компостом, зелеными удобрениями). Считают, что полную отдачу от органического удобрения можно получить, если его применять в биологически благоприятное время, а форма удобрения максимально способствует наилучшему усвоению питательных веществ агроэкосистемой.

В первую очередь это относится к компосту. Приготовление компостов имеет огромное гигиеническое значение. При компостировании происходит инактивация многих возбудителей болезней. При высокой температуре внутри компостной кучи гибнут бактерии, вызывающие поражение культурных растений. Исследования показали, что яйца фитогельминтов погибают через 5–6 суток после начала процесса активного компостирования, а семена многих сорняков теряют всхожесть; это позволяет предельно минимизировать использование гербицидов, используя агротехнические приемы.

Биодинамическое земледелие – наиболее давнее организованное движение в сельском хозяйстве. С начала своего становления это направление объединяло биологический, технический, экономический и социальный аспекты сельского хозяйства. Начиная с 1928 г. биодинамическое движение впервые организовало продажу сертифицированных продуктов питания.

В этом случае проблему земледелия рассматривают комплексно, т. е. сельское хозяйство, человек, окружающая среда, космос, а также их взаимовлияние. Минеральные удобрения и пестициды не применяют вообще. Для борьбы с болезнями растений широко используют препараты растительного происхождения: настои тысячелистника, крапивы, ромашки, валерианы и т. д.

Биодинамические фермы стремятся обеспечить себя удобрениями и кормами. В качестве удобрений здесь используют различные компосты и специальные минеральные добавки (кремний, роговая мука, костяная мука, известняки и др.). В защите растений применяют препараты на основе кремния, а также биодинамические препараты на растительной основе.

Органобиологическое земледелие. Это направление равнозначно экологическому, альтернативному и биологическому. В основе его лежит идея о том, что минеральные вещества из почвы поглощаются не только в форме ионов, но и макромолекул (микросом) и служат питательным веществом для почвенных микроорганизмов, которые перерабатывают трудноусвояемые соединения в легкодоступные для растений формы. Таким образом, главное в органобиологическом земледелии – повышение плодородия почвы за счет управления питанием путем активизации почвенной микрофлоры. Для этого компосты вносят поверхностно, а при обработке верхних слоев стремятся сохранить структуру почвы. Защита растений от вредителей и болезней осуществляется так же, как и в органическом земледелии. Свойства почвы улучшают, прежде всего, путем возделывания травяных смесей в севооборотах. Смесей должны содержать семена холодостойких растений. Состав смесей, например, может быть следующим:

- чина (20 кг семян /га),
- гречиха (15 кг/га),
- вика мохнатая (10 кг/га),
- горчица белая (10 кг/га),
- клевер пунцовый (6 кг/га),
- донник (6 кг/га),
- горох (5 кг/га).

Зеленая масса травяной смеси является, кроме того, хорошим кормом. При отсутствии в хозяйствах скота скошенную зеленую массу вывозят и компостируют. Непосредственное внесение зеленой массы в почву нерационально. После

таких смесей на рекультивированном поле получают высокие урожаи картофеля и свеклы.

Следует отметить, что при использовании данных систем земледелия не исключена возможность применения удобрений (известняк, бентониты, фосфаты, костная мука и др.), содержащих в своем составе минеральные элементы в трудно-растворимой форме.

Необходим взвешенный подход к внедрению рассмотренных систем или отдельных их элементов для того, чтобы заимствовать все лучшее, что есть в них, и использовать с учетом накопленного научного и практического потенциала ведения сельскохозяйственного производства.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое земледелие называют альтернативным?
2. Приведите примеры альтернативного земледелия.
3. Перечислите цели альтернативного земледелия.
4. Основные направления альтернативного земледелия.
5. Особенности органического земледелия.
6. Особенности биодинамического земледелия.
7. Особенности органикобиологического земледелия.

Тестовые задания

1. Сокращение до разумного минимума внешнего антропогенного воздействия на агроэкосистему, создание благоприятных предпосылок для полноценного использования ее собственного биопотенциала – основа ... земледелия
 - а) альтернативного;
 - б) сельскохозяйственного;
 - в) промышленного;

- г) традиционного.
2. Основным пропагандистом альтернативного сельского хозяйства призвана стать ассоциация фермеров России ...
- а) АЛЬТАГРО;
 - б) АДЪТАГРО;
 - в) АЛЬДАГРА;
 - г) ТАГРО;
3. Доля экологически чистых хозяйств на данный момент не превышает ... общего их числа
- а) 1–2 %;
 - б) 20–30 %;
 - в) 10–20 %;
 - г) 40–50 %;
4. Альтернативное земледелие развивается в следующих направлениях ...
- а) биосферное;
 - б) органическое;
 - в) биодинамическое;
 - г) спектрометрическое;
 - д) органобиологическое.
5. Исключается или существенно сокращается применение минеральных удобрений и пестицидов при ...
- а) органическом земледелии;
 - б) неорганическом земледелии;
 - в) традиционном земледелии.
6. Основоположником биодинамического земледелия является ...
- а) К. Гален;
 - б) Р. Штейнер;
 - в) А. Кашкаров.

ГЛАВА 7. ВЕРМИКУЛЬТУРА И БИОГУМУС. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ

7.1 Характеристика вермикультуры

Одно из новых направлений биотехнологии – вермикультивирование, заключающееся в промышленном разведении некоторых форм дождевых червей (от *Vermes* – червь). Формирование и развитие данного направления обусловлено возможностью решения на биологической основе ряда актуальных экологических задач, а именно утилизация органических отходов, повышение плодородия почвы, получение высококачественного чистого органического удобрения, выращивание безопасной сельскохозяйственной продукции и др.).

Метод вермикультуры существенно ограничивает либо исключает опасность загрязнения среды различными поллютантами. Особый интерес к вермикультивированию проявляют сторонники альтернативного земледелия, в основе которого отказ от применения минеральных удобрений и пестицидов и призывающие к широкому использованию компостов, способных поддерживать на высоком уровне биологическую активность почвы.

Первые хозяйства по искусственному разведению червей на отходах были созданы более 60 лет тому назад в США, когда червей разводили с целью получения наживки для рыбной ловли.

В настоящее же время практика применения заметно расширилась, распространившись как в сельском хозяйстве, так и в других отраслях производства.

Вермикультура – это компостные черви в органическом субстрате. Вермикультуру можно представить как сложное биоценотическое сообщество, ограниченное определенным биотопом в составе культурного ландшафта. Черви объединяют несколько типов групп беспозвоночных, среди которых

коловратки, нематоды, энхитреиды, кольчатые и дождевые черви. Именно последние имеют большое значение в почвообразовательном процессе, в формировании и поддержании плодородия почв.

Главный источник питания дождевого (земляного) червя – растительные остатки. Присутствие его можно рассматривать как тест на обогащенность почвы органическим веществом. Дождевые черви, роаясь в почве, значительно влияют на ее свойства. Они способствуют перемешиванию и разрыхлению земли, накоплению органических веществ, образующих гумус. Для гумификации особо важны два фактора – воздух и влажность. Дождевые черви улучшают аэрацию почвы, облегчают доступ влаги, усиливают процессы гумусообразования, нитрификации и аммонификации.

В зависимости от места обитания червей делят на 3 группы: поверхностно-живущие (подстилочные); почвенно-подстилочные; третья – норники, которые прокладывают глубинные ходы в почве.

В природной обстановке в размножении люмбрицид отмечается сезонность. Максимум в интенсивности этого процесса наблюдается весной и осенью. Они влаголюбивы, умеренно теплолюбивы. Оптимальная температура для питания 20...25 °С, для размножения 12...17 °С. Нуждаются в аэрации. Непригодны для культивирования червей песчаные и глинистые, кислые и засоленные почвы. Оптимальной реакцией среды является нейтральная или слабокислая. Черви очень боятся ветра.

7.2 Значение дождевых червей в агросистемах

Дождевые черви благоприятно влияют на почву. В основном в результате их деятельности образовались знаменитые черноземы – национальное богатство России.

Заглатывая кусочки органического вещества, черви трансформируют его в кишечной полости и выделяют в виде копролитов – «каменных» экскрементов, которые улучшают почвенную структуру в результате обволакивания стенок почвы слизью, что предохраняет ее от размывания водой. Под действием копролитов меняется также биохимический состав почвы. Копролиты содержат в 5 раз больше биологического азота; они в 7 раз богаче фосфором и в 11 раз калием по сравнению с поверхностным слоем плодородной огородной почвы. В копролитах сосредоточивается значительное количество кальция, что обеспечивает хорошую водопрочную структуру и высокую водоудерживающую способность. Наряду с этим кальций снижает кислотность среды и создает условия, затрудняющие развитие болезней растений, например фузариоза, ржавчины, бактериоза и др. Возле копролитов энергично развивается полезная микрофлора. Все это в итоге улучшает условия жизни растений. Дождевые черви, как и другие живые организмы, обогащают почву макро- и микроэлементами, ростовыми веществами, антибиотиками. Фермент протеаза, входящий в состав биомассы червя, обладает биостимулирующим действием, улучшает усвояемость пищи животным, способствует ускорению их роста, активизирует физиолого-биохимические процессы в организме.

7.3 Биогумус и его агроэкологическая оценка

На основе культуры червей изготавливают ценное органическое удобрение, получившее в обиходе название «биогумус». Биогумус представляет собой комковатое микрогранулярное вещество коричнево-сероватого цвета с запахом почвы.

Биогумус содержит в хорошо сбалансированной и легкоусвояемой форме все необходимые для питания растений вещества. Среднее содержание сухой органической массы в

биогумусе составляет 50 %, а гумуса – 18 %; реакция среды, благоприятная для растений и микроорганизмов, – рН 6,8–7,4; среднее значение общего азота достигает 2,2 %; фосфора – 2,6; калия – 2,7 % и т. д. Кроме того, в биогумусе представлены практически все необходимые микроэлементы и биологически активные вещества, среди которых ферменты, витамины, гормоны, ауксины, гетероауксины и др.

В лучших образцах биогумуса в 1 г насчитывается до нескольких миллиардов клеток микроорганизмов, что значительно превышает численность микробов в навозе (примерно 150–350 млн клеток).

Элементы питания, находящиеся в биогумусе, взаимодействуя с минеральными компонентами почвы, образуют сложные комплексные соединения. Поэтому они надежно сохраняются от вымывания, медленно растворяются в воде, обеспечивая питание растений в течение длительного времени (не менее 2–3 лет).

В зависимости от размера гранул биогумус подразделяют на следующие виды:

- модер (гранулы размером 0,3–0,7 мм) – мягкая фракция биогумуса, которую используют для подкормки огородных, парниковых, тепличных и оранжерейных культур;

- мор (гранулы размером 0,7–1 мм) – самая крупная фракция биогумуса, предназначена для применения в растениеводстве, огородничестве и садоводстве; вносят при посеве в рядки, лунки, гнезда.

- муль (гранулы размером до 0,3 мм) – мельчайшая фракция биогумуса (или гумусовая мука), при внесении в почву сразу же растворяется и усваивается растениями; используется для некорневых подкормок, «лечения» растений, перенесших стрессовое состояние при пересадках, а также для получения быстрого эффекта при выращивании растений.

Качество биогумуса принято оценивать в соответствии с международным стандартом, которым предусмотрены следующие требования:

- влажность – 30–40 %,
- содержание органического вещества – 20–30 %,
- водорастворимые соли – 0,5 %,
- рН – 6,5–7,5,
- общий азот – не менее 1,5 %,
- P₂O₅ – 1,2–1,5 %,
- K₂O – 1,1–1,2 %,
- С:N – 15,
- Mg – 1 %,
- Са – 4 %.

Кроме того, 1) биогумус не должен содержать вещества, биологически не перерабатываемые (полимеры, камень, стекло), и растения, способные размножаться; 2) предельные параметры возбудителей патогенных заболеваний человека в биогумусе допускаются, экз. на 1 г: фекальный стрептококк – 10; колиформ – 10; сальмонелла не обнаруживается в 20 г.

Ценные свойства биогумуса при применении его благоприятно сказываются на формировании урожайности сельскохозяйственных культур, стимулируют улучшение качества получаемой продукции. Установлено, например, что благодаря биогумусу прибавка урожая зерновых составляет 30–40 %, овощных – 35–70 %. Примером повышения качества продукции под влиянием биогумуса может служить увеличение содержания витамина С (мг/100г) в фруктах и овощах (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние биогумуса на содержание витамина С (мг / 100 г) в различной сельскохозяйственной продукции по сравнению с применением навоза и минеральных удобрений

Сельскохозяйственная продукция	Биогумус	Навоз + минеральные удобрения
Картофель	48	15
Клубника	90	52
Перец	320	150
Фасоль	43	10
Яблоки	32	5

По «отзывчивости» на биогумус растения подразделяют на:
– высоко отзывчивые, богатые углеводами; сюда относятся картофель, морковь, свекла (кормовая, сахарная и столовая), фрукты; применение биогумуса под эти культуры обеспечивает прибавку урожая до 35 % и более;

– хорошо отзывчивые; в эту группу отнесены все зерновые культуры (озимая и яровая пшеница, рожь, ячмень, овес, рис, просо, гречиха, кукуруза на зерно, сорго); на биогумус они реагируют достаточно хорошо, и прибавка урожая составляет до 25 % и более;

– средне отзывчивые – бобовые культуры (горох, кормовые бобы, нут, соя, чечевица), а также донник, люцерна, тригонелла, эспарцет и др.; реакция на биогумус удовлетворительная, прирост урожая до 15 %;

– слабо отзывчивые – масличные и эфиромасличные культуры (подсолнечник, рапс, горчица, кориандр и др.); реагируют на биогумус слабо. По этой группе требуются дополнительные исследования условий, доз, сроков и способов применения биогумуса, при которых его использование будет эффективным.

В результате обобщения и анализа накопленных материалов были сформулированы основные агроэкологические свойства биогумуса:

– биогумус превосходит традиционные органические удобрения по действию на рост, развитие и урожайность различных сельскохозяйственных культур;

– элементы питания в биогумусе находятся в органической форме, что надежно предотвращает их вымывание;

– доступность элементов питания в биогумусе значительно больше, что обусловлено содержанием большинства необходимых для растений элементов в хорошо усвояемой форме;

– оптимальная реакция среды, формируемая наличием биогумуса, создает, в свою очередь, более благоприятную среду для развития растений;

- биогумус характеризуется высокой буферностью, поэтому не создается избыточная концентрация солей в почвенном растворе, что обычно происходит при внесении высоких доз минеральных удобрений;
- богатство полезной микрофлоры в биогумусе существенно увеличивает его питательное и фитосанитарное значение для высших растений;
- отсутствие семян сорной растительности минимизирует в последующем необходимость механической или химической борьбы с сорняками;
- содержание в биогумусе биологически активных веществ (ауксинов, гетеро-ауксинов и др.) уменьшает стрессовое состояние растений, увеличивает приживаемость рассады, ускоряет прорастание семян, повышает устойчивость растений к заболеваниям и т. д.

7.4 Перспективы применения биогумуса для производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Возможности использования вермикультуры в животноводстве и медицине

Способность дождевых червей изменять поведение токсикантов в системе «почва – растения» или снижать вовлечение в биологический круговорот веществ в концентрациях, представляющих опасность для живых организмов, позволяет получать с помощью биогумуса экологически безопасную сельскохозяйственную продукцию. Так, даже при наличии тяжелых металлов в биогумусе они содержатся в виде комплексных соединений хелатного типа, что делает их малодоступными растениям.

Установлена возможность червей и биогумуса связывать радионуклиды, находящиеся в почве и органических удобрениях.

ниях, резко уменьшать поступление тяжелых металлов в растения.

Выявлено положительное влияние биогумуса на уменьшение содержания нитратов в сельскохозяйственной продукции и улучшение ее пищевой ценности при одновременном увеличении урожайности.

Добавление биомассы червей в рацион сельскохозяйственных животных и птицы способствует увеличению выхода продукции и улучшению ее качества.

Так, яйценоскость кур увеличивалась примерно на 20 % при добавлении 1 % биомассы червей в рацион в течение 3–4 мес. Одновременно повышалось содержание протеина. Удои молока возрастали на 22 % при использовании в пищевом рационе коров 0,5 кг свежей биомассы червей.

Особенно необходимо обратить внимание на высокое содержание в биомассе червей протеина, которое колеблется от 68 до 82 %. Некоторые исследователи считают, что в природе нет равноценного аналога для интенсивного воспроизводства промышленным способом полноценного белка.

Известны возможности применения вермикультуры в медицине, фармакологии, косметической промышленности. Различные типы экстрактов червей используют как медицинские препараты, в качестве защитной косметики для кожи и др. Так, на основе экстракта из вермикультуры разработана мазь, которая эффективна при лечении лишая, экземы, варикозной язвы нижних конечностей. Получены препараты, применяемые при глазных заболеваниях и т. д.

Считается, что по содержанию белка вермикультура значительно превосходит мясо животных и рыб, соевые бобы, зерно, сухое молоко и сравнима лишь с таковым у синезеленой водоросли спирулины, эффективно используемой в качестве пищевой добавки.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение вермикультуре.
2. На какие группы делят дождевых червей в зависимости от места их обитания?
3. Какое влияние оказывают дождевые черви на почву?
4. Что называют биогумусом?
5. На какие виды подразделяют биогумус в зависимости от размера гранул?
6. Перечислите основные качественные характеристики биогумуса.
7. На какие группы подразделяют сельскохозяйственные растения по «отзывчивости» на биогумус?
8. Основные агроэкологические свойства биогумуса.

Тестовые задания

1. Промышленное разведение некоторых форм дождевых червей называется ...
 - а) эвтрофирование;
 - б) вермикультивирование;
 - в) биокультивирование.
2. Самые крупные обитатели почв среди беспозвоночных, входящие в состав почвенной макрофауны, на их долю приходится не менее половины всей биомассы почвы – это ...
 - а) клещи;
 - б) проволочники;
 - в) равноногие рачки;
 - г) дождевые черви.
3. Главный источник питания червя – ...
 - а) навоз;
 - б) растительные остатки;
 - в) компост;
 - г) птичий помет.

4. Для гумификации особо важны такие факторы, как ...
- а) воздух и влажность;
 - б) пористость и водопроницаемость;
 - в) наличие червей и микроорганизмов;
 - г) воздух и почва.
5. В зависимости от места обитания дождевых червей делят на ... группы.
- а) 2;
 - б) 3;
 - в) 4.
6. На основе культуры червей изготавливают ценнейшее органическое удобрение, которое называется ...
- а) мочевины;
 - б) биогумус;
 - в) карбамид;
 - г) навоз.
7. Различные типы экстрактов червей используют в ...
- а) медицине;
 - б) пищевой промышленности;
 - в) косметологии.
8. Основным технологическим средством при выращивании червей является ...
- а) выгребная яма;
 - б) ложе.

ГЛАВА 8. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РАДИОЭКОЛОГИЯ

8.1 Понятие сельскохозяйственной радиэкологии. Источники радионуклидов в агрофере

Сельскохозяйственная радиэкология – раздел агроэкологии, изучающий миграцию радионуклидов в сфере агропромышленного производства и действие ионизирующих излучений на растения и животных, а также на агроэкосистемы в целом. В прикладном плане сельскохозяйственная радиэкология разрабатывает принципы ведения сельского хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, и комплекс защитных мероприятий, обеспечивающих производство агропромышленной продукции, отвечающей радиологическим стандартам.

Попадая в окружающую человека среду, радиоактивные вещества становятся источником его внешнего облучения, а потребление радионуклидсодержащих сельскохозяйственных продуктов приводит к формированию источника внутреннего облучения человека из-за накопления радиоактивных веществ в его организме.

О количестве радионуклидов в источнике судят по их активности, единицей которой является беккерель (Бк). В сельскохозяйственной радиэкологии широко используют также другую единицу этой величины – кюри ($1 \text{ Ки} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Бк}$). Присутствующие в сельскохозяйственной сфере радионуклиды разделяют на две категории – естественные и искусственные.

К группе естественных относят составляющие компоненты природного радиационного фона радионуклиды с очень длительным периодом полураспада, содержащиеся в составе Земли как планеты с момента ее образования (наиболее важные среди них ^{40}K , тяжелые естественные радионуклиды ^{238}U

и ^{232}Th , а также продукты их распада и некоторые другие). Кроме того, биогенно значимые естественные радионуклиды поступают на Землю из воздуха (^3H , ^{11}C и др.). Некоторые естественные радионуклиды (^{40}K , ^{226}Ra и др.) играют важную роль при миграции по сельскохозяйственным цепочкам.

Вторую группу радионуклидов составляют искусственные радионуклиды, т. е. радионуклиды техногенного происхождения. К числу наиболее важных в сельскохозяйственном отношении радионуклидов этой группы относят продукты деления урана и плутония – ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs и некоторые другие, а также нуклиды с наведенной активностью (^{54}Mn , $^{55-59}\text{Fe}$, ^{60}Co , ^{65}Zn и др.) и трансурановые радионуклиды (^{239}Pu , ^{241}Am и др.).

Основными источниками техногенных радионуклидов в агрофере являются остаточные количества долгоживущих радионуклидов, поступивших в нее в результате испытаний ядерного оружия, а также выбросов и сбросов радионуклидов при работе атомных электростанций и других предприятий полного ядерного топливного цикла (предприятия по добыче уранового сырья, заводы по переработке отработавшего ядерного топлива и др.). Особую проблему представляет безответственное отношение к радиоактивным отходам на этих предприятиях, в результате которого радионуклиды поступают в окружающую среду и включаются в миграцию по сельскохозяйственным цепочкам.

8.2 Действие ионизирующих излучений на растения, животных и агроценозы

Действие ионизирующих излучений на растения. В большинстве радиологических ситуаций растения в среде их обитания подвергаются одновременно внешнему (от находящихся вне растений источников излучений) и внутреннему (от инкорпорированных в тканях радионуклидов) облучению. В об-

лучаемом фитоценозе внешними по отношению к рассматриваемому растению источниками излучения могут стать инкорпорированные (накопленные) радионуклиды, содержащиеся в соседних растениях. Для отдельных органов растений внешними являются также источники, находящиеся в других частях этого растения.

Изменения под влиянием облучения, происходящие на клеточном уровне, в дальнейшем проявляются на уровне целостного организма и фитоценоза. В облучаемом фитоценозе отмечаются выпадение наиболее радиочувствительных видов растений, изменение числа растений и запасов фитомассы на единице площади, нарушение течения нормальных сукцессионных процессов и т. п.

Ответные реакции растений на воздействие ионизирующих излучений зависят от дозы облучения. Поглощенные дозы облучения в радиобиологии принято измерять в греях ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$). Биологические эффекты облучения зависят от интенсивности воздействия ионизирующих излучений – мощности дозы (измеренной, например, в Гр/мин). При воздействии ионизирующих излучений в интервале сравнительно невысоких доз (5–10 Гр для семян и 1–5 Гр для вегетирующих растений) темпы роста и развития растений ускоряются. Это явление называется радиостимуляцией.

Биологическое действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения принято оценивать по величинам летальных и полублетальных доз – LD_{100} и LD_{50} , рассчитываемым по выживаемости растений к концу вегетационного периода. У большинства сельскохозяйственных культур дозы облучения, вызывающие гибель 50–70 % растений, приводят к полной потере продуктивности, поэтому для характеристики устойчивости растений к потере продуктивности при облучении применяют параметр UD_{50} , который соответствует дозе, вызывающей снижение урожайности на 50 %.

Действие ионизирующих излучений на животных. Источниками внешнего облучения животных являются радионуклиды, распределенные в различных компонентах окружающей среды, а источниками внутреннего облучения – инкорпорированные радионуклиды, поступившие в организм животных с кормом и водой (пероральный путь), с воздухом (ингаляционный источник) и через кожные покровы (перкутанный путь).

Одним из основных критериев оценки биологического действия ионизирующих излучений считается гибель животных, в связи с чем применяют понятия летальной и полулетальной доз однократного облучения. Полулетальная доза $ЛД_{50/30}$ – это минимальная доза, приводящая к гибели 50 % животных в течение первых 30 дней после облучения, а $ЛД_{100/30}$ – летальная доза, вызывающая 100 % гибель всех животных за этот же срок.

По радиочувствительности сельскохозяйственные животные располагаются в следующий убывающий ряд: крупный рогатый скот, овцы, козы, свиньи, ослы, лошади, куры. Разовое острое внешнее облучение продуктивных животных в дозе до 3–3,5 Гр не вызывает их гибели, а при дозе 7–8 Гр все животные погибают.

С радиоэкологической точки зрения наибольший интерес представляет радиационное поражение сельскохозяйственных животных при нахождении их в среде, содержащей радионуклиды (например, при радиоактивном загрязнении территории). Различные радионуклиды могут накапливаться в отдельных органах и тканях, что приводит к повышенному облучению этих частей тела животных. Так, ^{131}I аккумулируется в щитовидной железе, что обуславливает ее радиационное поражение, если в составе загрязняющей смеси радиоактивных веществ присутствует этот радионуклид.

8.3 Радиационный мониторинг сферы сельскохозяйственного производства

Радиационный мониторинг сферы сельскохозяйственного производства – это система непрерывных наблюдений (измерений), оценки и прогноза радиоактивного загрязнения компонентов природы и элементов биоты, являющихся объектами или продуктами сельскохозяйственной деятельности человека, и реакций биотической составляющей на действие ионизирующих излучений.

При нормальной радиационной обстановке решающее значение имеют гигиенические аспекты радиационного мониторинга АПК – наблюдения за уровнем радиоактивного загрязнения основных звеньев пищевых цепей, определяющих накопление радионуклидов в продуктах растениеводства и животноводства, используемых в рационе человека. Реальные дозовые нагрузки на человека, с одной стороны, и другие живые объекты – с другой, при поступлении радионуклидов в природную среду могут существенно отличаться, причем поглощенные дозы у растений и животных часто больше, чем у человека. Это объясняется наличием принципиальных отличий в процессе формирования у них поглощенной дозы, а для человека и животных также и различными поведенческими реакциями.

Для обеспечения радиационной безопасности человека разработан комплекс активных методов защиты (переселение, регулирование нахождения в загрязненном районе, постоянное или временное запрещение потребления загрязненных пищевых продуктов, использование защитных сооружений, дезактивация одежды и тела и др.).

Ведение агропромышленного производства на угодьях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, предполагает наличие картографической основы, где представлены, как правило, мощности доз облучения и содержание радионуклидов в почвенно-растительном покрове (плотность

загрязнения). Составление таких карт – одна из важнейших задач радиационного мониторинга окружающей среды.

Следующий этап радиационного мониторинга – отбор проб сельскохозяйственных объектов (растения, продукция животноводства и т. п.) и определение содержания в них радионуклидов.

При радиационном мониторинге сельскохозяйственных угодий особое внимание обращают на обследование личных подсобных хозяйств, так как во многих случаях содержание радионуклидов в сельскохозяйственных продуктах здесь выше, чем в хозяйствах с коллективной формой собственности.

При выполнении комплекса защитных мероприятий в АПК на загрязненных территориях для специалистов сельского хозяйства, естественно, предусматривается обеспечение условий работы, отвечающих нормам радиационной безопасности.

В основу организации агропромышленного производства на загрязненных угодьях положен зональный принцип, согласно которому особенности ведения сельского хозяйства, а также интенсивность защитных мероприятий, направленных на получение продукции, отвечающей радиологическим стандартам, определяются плотностью радиоактивного загрязнения, исходя из которой территорию разделяют на зоны с определенным содержанием радионуклидов. Разделение на зоны по плотности радиоактивного загрязнения предопределяется неодинаковым накоплением биологически значимых радионуклидов в основных сельскохозяйственных продуктах (молоко, мясо, продукция растениеводства и др.).

При ведении агропромышленного производства на землях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, вводится комплекс защитных мероприятий, цель которых – получение продукции, отвечающей радиологическим стандартам, и минимизация доз облучения населения, потребляющего радионуклидсодержащие пищевые продукты. Эффективность контрмер в агропромышленном комплексе оценивается по ра-

диоэкологическим показателям (по снижению концентрации радионуклида в сельскохозяйственном продукте), радиологическим критериям (по уменьшению дозы облучения человека при потреблении им радионуклидсодержащей сельскохозяйственной продукции) и радиологоэкономическим показателям (экономические затраты на единицу снижения дозы облучения).

Защитные мероприятия в АПК на загрязненных радиоактивными веществами территориях можно разделить на две группы: традиционные (обычные) и специальные. При применении первых из них одновременно достигаются две цели: увеличение плодородия почвы, рост урожайности, улучшение качества продукции растениеводства и возрастание продуктивности животных, с одной стороны, и снижение концентрации радионуклидов в агропромышленной продукции – с другой. При внедрении второй из указанных групп контрмер – специальных – ставится лишь одна задача – снизить концентрацию радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте понятие сельскохозяйственной радиоэкологии.
2. Какие радионуклиды называют естественными? Приведите примеры.
3. Какие радионуклиды называют искусственными? Приведите примеры.
4. Назовите основные источники техногенных радионуклидов в агросфере.
5. Какое действие оказывают ионизирующие излучения на растения?
6. Какое действие оказывают ионизирующие излучения на животных?
7. Что понимают под радиационным мониторингом сферы сельскохозяйственного производства?

8. Какие защитные мероприятия применяют в АПК на загрязненных радиоактивными веществами территориях?

Тестовые задания

1. Раздел агроэкологии, изучающий миграцию радионуклидов в сфере агропромышленного производства и действие ионизирующих излучений на растения и животных, а также на агроэкосистемы в целом ...

- а) сельскохозяйственная радиоэкология;
- б) сельскохозяйственная радиология;
- в) промышленная радиоэкология;
- г) промышленная радиология;
- д) радиационная экология.

2. О количестве радионуклидов в источнике судят по их активности, единицей которой является ...

- а) вольт;
- б) беккерель;
- в) ватт;
- г) кюри.

3. Присутствующие в сельскохозяйственной сфере радионуклиды разделяются на ... категории

- а) 2;
- б) 3;
- в) 4.

4. К группе естественных радионуклидов относят составляющие компоненты природного радиационного фона ...

- а) Mg;
- б) U;
- в) Th;
- г) Cl.

5. К числу искусственных радионуклидов относят ...

- а) Mg;
- б) I;

- в) Cs;
- г) Th;
- д) Cl;
- е) Sr.

6. Очень серьезным источником техногенных радионуклидов для окружающей среды явились ...

- а) крупные радиационные аварии;
- б) крупные промышленные аварии;
- в) альфа излучения;
- г) бета излучения.

7. В большинстве радиологических ситуаций растения в среде их обитания подвергаются такому облучению, как ...

- а) внешнему;
- б) внутреннему;
- в) оба варианта верны;
- г) оба варианта не верны.

8. Изменения под влиянием облучения, происходят на ... уровне

- а) организменном;
- б) клеточном;
- в) видовом.

9. Биологическое действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения принято оценивать по величинам летальных и полuletальных доз ...

- а) ЛД₄₀;
- б) ЛД₅₀;
- в) ЛД₈₀;
- г) ЛД₁₀₀;
- д) ЛД₃₀.

10. Источниками внешнего облучения животных являются ...

- а) радионуклиды;
- б) электролиты;
- в) ультрафиолет;
- г) радиация.

11. Минимальная доза, приводящая к гибели 50 % животных в течение первых 30 дней после облучения – ...

- а) летальная доза;
- б) полумлетальная доза.

12. Необходимо указать в верной последовательности по убыванию расположение сельскохозяйственных животных по степени радиочувствительности ...

- а) овцы, крупный рогатый скот, козы, свинья, лошади, ослы, куры;
- б) крупный рогатый скот, овцы, козы, свинья, ослы, лошади, куры;
- в) крупный рогатый скот, овцы, лошади, куры, козы, свинья, ослы.

13. Радиологические стандарты выражают в виде допустимых концентраций радионуклидов в пищевых продуктах, которые измеряются в ...

- а) Бк/г;
- б) Уд/кг;
- в) Бк/кг;
- г) Уд/г;

14. В основу организации агропромышленного производства на загрязненных радиоактивными веществами угодьях положен ... принцип.

- а) зональный;
- б) территориальный;
- в) локальный;
- г) глобальный;

15. В земледелии одна из обычных защитных мер на загрязненных радиоактивными веществами территориях ...

- а) внесение минеральных и органических удобрений;
- б) механическая обработка почв;
- в) оптимизировать применение химических средств защиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Влияние человека на природу во много раз больше по сравнению с природными явлениями, вызывающими пожары, наводнения и др. При этом взаимоотношения человека с природой постоянно обостряются, что связано с нарастанием численности населения. Производство достаточного количества продовольствия для обеспечения населения Земли в продуктах питания является одной из сложных проблем, наряду с которой возникает проблема качества пищи, наличия в ней необходимых организму белков, витаминов, микроэлементов, сохранения природных ресурсов и их запасов, охрана окружающей среды в целом. Кроме того важно и управление мировыми сельскохозяйственными системами, которое должно осуществляться таким образом, чтобы свести к минимуму вредное воздействие на окружающую среду производства и распределения продовольствия.

В учебном пособии «Агроландшафтная экология» рассматриваются основные понятия, цели и задачи дисциплины, направленные на изучение аграрных ландшафтов, их развития в условиях интенсификации, а также при переходе на экологическую систему земледелия.

Пособие в доступной форме знакомит обучающихся по направлению подготовки «Экология и природопользование» с основными вопросами: состояние почв агроландшафтов, загрязнение вод в условиях интенсификации аграрного производства, экологические проблемы химизации, влияние животноводческих комплексов на окружающую природную среду, развитие альтернативного земледелия, понятие сельскохозяйственной радиозекологии и радиационного мониторинга сферы сельскохозяйственного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрэкология : учеб. пособие / В. А. Черников [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 536 с.
2. Белюченко И. С. Аграрные ландшафты Кубани и экологическая геохимия : понятия, законы : монография / В. А. Алексеенко, И. С. Белюченко, А. В. Алексеенко. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 380 с.
3. Белюченко И. С. Особенности развития совмещенных посевов в системе агроландшафта : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 349 с.
4. Белюченко И. С. Отходы быта и производства как сырье для подготовки сложных компостов : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар. – Изд-во КубГАУ. – 2015. – 418 с.
5. Белюченко И. С. Почвы агроландшафтов Кубани и перспективы их формирования : монография / И. С. Белюченко, О. А. Мельник. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 167 с.
6. Белюченко И. С. Развитие и устойчивость аграрных ландшафтов в степной зоне Краснодарского края / И. С. Белюченко // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности : сб. материалов Междунар. науч. экол. конф.– Краснодар : КубГАУ. – 2018. – С. 248–261.
7. Белюченко И. С. Роль регионального мониторинга в управлении природно-хозяйственными системами края / И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 4. – С. 3–16.
8. Белюченко И. С. Сельскохозяйственная экология : учеб. пособие / И. С. Белюченко, О. А. Мельник. – Краснодар : КубГАУ, 2010. – 297 с.
9. Белюченко И. С. Сложный компост и рекультивация отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 311 с.

10. Белюченко И. С. Совмещенные посевы в севообороте агроландшафта : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 262 с.
11. Белюченко И. С. Экологические основы аграрных ландшафтов, их устойчивость и стратегия развития : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 404 с.
12. Биомониторинг состояния окружающей среды : учеб. пособие / под. ред. проф. И. С. Белюченко, проф. Е. В. Федоненко, проф. А. В. Смагина. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – 153 с.
13. Биоразнообразиие и способы его оценки : учеб. пособие / В. В. Корунчикова [и др.]. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 85 с.
14. Герасименко В. П. Практикум по агроэкологии : учеб. пособие / В. П. Герасименко. – СПб. : Лань, 2009. – 428 с.
15. Куликов Я. К. Агроэкология : учеб. пособие / Я. К. Куликов. – Минск : Вышэйшая школа, 2012. – 319 с.
16. Мешалкин А. В. Экологическое состояние гидросферы : учеб. пособие / А. В. Мешалкин, Т. В. Дмитриева, И. Г. Шемель. – Саратов: Ай Пи Ар Букс, 2015. – 276 с.
17. Мешалкин А. В. Экологическое состояние литосферы и почвы : учеб. пособие / А. В. Мешалкин, Т. В. Дмитриева, Н. В. Коротких. – Саратов: Ай Пи Ар Букс, 2015. – 220 с.
18. Сельскохозяйственная экология : учеб. пособие / Уразаев Н. А. [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 304 с.
19. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур : монография / Д. А. Антоненко [и др.]. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 180 с.
20. Экологические аспекты совершенствования агроландшафтных систем Краснодарского края / И. С. Белюченко, А. В. Смагин, В. Н. Гукалов [и др.] // Труды Кубанского ГАУ. – 2010. – № 5 (26) – С. 33–38.
21. Экологическое состояние атмосферы : учеб. пособие / А. В. Мешалкин [и др.]. – Саратов: Ай Пи Ар Букс, 2015. – 273 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. АГРОЛАНДШАФТНАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	4
1.1 Понятие и цель агроландшафтной экологии	4
1.2 Роль сельского хозяйства в формировании первичной биологической продукции.....	5
1.3 Понятие агроландшафта. Типы и функции агроландшафтов	7
ГЛАВА 2. ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС КАК ОСНОВА АГРОЛАНДШАФТА.....	12
2.1 Значение почвы в агроландшафтах	12
2.2 Антропогенное загрязнение почв	13
2.3 Нормирование содержания химических элементов в почве. Виды нормирования.....	16
2.4 Экологические основы сохранения и воспроизводства плодородия почв. Защита почв от загрязнения тяжелыми металлами.....	18
2.5 Почвенно-биотический комплекс – целостная материально-энергетическая подсистема био(агро)ценозов.....	20
ГЛАВА 3. БИОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	25
3.1 Приток питательных веществ как факторов изменения экологического равновесия в водоемах. Понятие эвтрофирования вод.....	25
3.2 Экологические и санитарно-гигиенические последствия эвтрофирования вод.....	27
3.3 Снижение биогенной нагрузки с помощью противоэрозионных инженерно-биологических систем.....	29
ГЛАВА 4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЗАЦИИ.....	36
4.1 Применение минеральных и органических удобрений.....	36

4.2 Экологические аспекты известкования почв.....	39
4.3 Экологические проблемы орошения.....	42
ГЛАВА 5. ЖИВОТНОВОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И ОХРАНА ПРИРОДЫ.....	49
5.1 Отрицательное влияние животноводческих комплексов на окружающую природную среду..	49
5.2 Использование биотехнологии для переработки отходов животноводства.....	49
5.3 Методы очистки и утилизации навозных стоков.	51
ГЛАВА 6. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ.....	58
6.1 Понятие и развитие альтернативного земледелия	58
6.2 Цели и основные направления альтернативного земледелия.....	59
ГЛАВА 7. ВЕРМИКУЛЬТУРА И БИОГУМУС. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ.....	65
7.1 Характеристика вермикультуры.....	65
7.2 Значение дождевых червей в агросистемах.....	66
7.3 Биогумус и его агроэкологическая оценка.....	67
7.4 Перспективы применения биогумуса для производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Возможности использования вермикультуры в животноводстве и медицине.....	71
ГЛАВА 8. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РАДИОЭКОЛОГИЯ.....	75
8.1 Понятие сельскохозяйственной радиоэкологии. Источники радионуклидов в агросфере.....	75
8.2 Действие ионизирующих излучений на растения, животных и агроценозы.....	76
8.3 Радиационный мониторинг сферы сельскохозяйственного производства.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	85
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	86

У ч е б н о е и з д а н и е

Мельник Ольга Александровна

АГРОЛАНДШАФТНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

В авторской редакции
Дизайн обложки – Н. П. Лиханская

Подписано в печать 18.11.2019. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 5,2. Уч. изд. л. – 4,1.

Тираж 500 экз. Заказ № – 70 экз.

Типография Кубанского государственного
аграрного университета.
350044, Краснодар, ул. Калинина, 13