

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ**

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА АГРОХИМИИ, ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ**

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Для студентов обучающихся по направлению подготовки
«Агрохимия и агропочвоведение»

БРЯНСК 2014

Силаев, А.Л. **Сельскохозяйственная экология: Учебно-методическое пособие.** / А.Л. Силаев. – Брянск.: Издательство Брянской ГСХА, 2014. - 64 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с действующей программой по курсу «Сельскохозяйственная экология» для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрехимия и агропочвоведение» профиль «Агрэкология». Содержит описание теории вопроса, приведены необходимые расчётные формулы и таблицы, контрольные вопросы по изучаемым темам и список рекомендуемой литературы.

Развитие сельского хозяйства привело к углублению возникающих противоречий между естественными природными и сельскохозяйственными экосистемами. Применение минеральных удобрений, зачастую неоправданно высоких доз химических средств защиты растений, тяжёлой техники создали целый ряд экологических проблем. Среди основных можно выделить следующие: загрязнение продуктов питания и кормов нитратами и нитритами, миграция их по элементам экосистем; загрязнение почв и сельскохозяйственной продукции тяжёлыми металлами и остаточными количествами пестицидов; потеря плодородия почв в результате дегумификации и эрозии. Для решения этих и множества других проблем специалистам сельского хозяйства необходимо придавать экологическую направленность сельскохозяйственным технологиям, научиться оценивать возможное негативное воздействие на окружающую природную среду и уметь его нейтрализовать.

Рецензент: к.с.-х.н., доцент кафедры общего земледелия, технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства Брянской ГСХА Юдин А.С.

Рекомендовано к изданию методической комиссией Агрэкологического института Брянской государственной сельскохозяйственной академии протокол №4 от 18 марта 2014 г.

СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

РЕСУРСЫ БИОСФЕРЫ. ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цель занятия: показать глобальный характер экологических проблем, экологической безопасности, дать систематизированный анализ состояния окружающей среды и оценить уровень антропогенного прессинга на ее функционирование.

ВОПРОСЫ:

- 1. Ресурсы биосферы, их значение для человечества.*
- 2. Классификация природных ресурсов.*
- 3. Природный потенциал территории.*
- 4. Климатические ресурсы.*
- 5. Водные ресурсы.*
- 6. Земельные и почвенные ресурсы.*
- 7. Естественные биологические ресурсы.*
- 8. Рост населения и проблемы продовольствия в различных странах.*
- 9. Проблема продовольствия и возделывания сельскохозяйственных культур в различных природно-климатических зонах.*
- 10. Сельскохозяйственная продукция как источник альтернативных видов энергии.*
- 11. Экологические проблемы современности.*
- 12. Проблема отходов производства и потребления. Пути решения данной проблемы в различных странах мира.*

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

АГРОЭКОСИСТЕМЫ.

УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМ

Цель занятия: изучить основные отличия агроэкосистем от естественных экосистем; определить структуру агроэкосистемы; научиться выделять основные компоненты агроэкосистемы

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Агроэкосистема - неустойчивая, искусственно созданная и постоянно поддерживаемая человеком экосистема культурных полей, пастбищ, огородов, садов, лесных насаждений и т.п.; занимает около 10% поверхности суши.

По многим параметрам агроэкосистемы отличаются от естественных экосистем:

◆ Управление агроэкосистемами ведется извне. Стремясь извлечь максимальное количество полезной продукции, человек упрощает энергетические цепи, сокращает долю «бесполезной» продукции, которую вырабатывают сорные растения, животные - вредители и т.д.

◆ В агроэкосистемах наблюдается искусственное снижение разнообразия живых организмов, поддерживаемое с целью увеличения продуктивности отдельных культур.

◆ Доминирующие в агроэкосистемах виды растений и животных подвергаются искусственному, а не естественному отбору, что делает их более уязвимыми к действию внешних факторов.

◆ В отношении культурных растений ведется селекционная работа по увеличению доли потребляемой продукции, при этом снижается доля возвращаемых в почву растительных остатков, а вместе с ними и элементов питания.

◆ Сезонное покрытие растительностью поверхности почв агроэкосистем приводит к усилению вымывания элементов питания с твердым и жидким стоком. Нарушение естественного хода биологического круговорота питательных веществ (вследствие их продуктивного и непродуктивного выноса), усиливает общую неустойчивость агроценозов, вызванную обеднением биоразнообразия.

Воздействие антропогенных факторов на агроэкосистемы можно представить в виде следующей схемы:

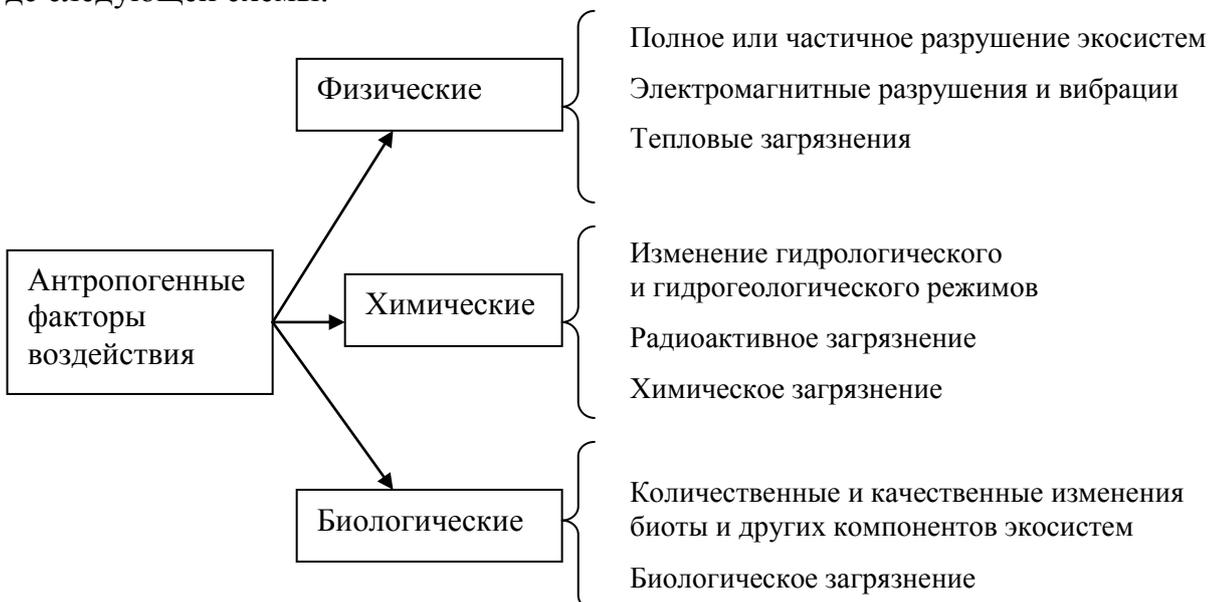


Схема 1. Классификация антропогенных факторов воздействия на экосистемы

Антропогенное воздействие на агроландшафт представляет собой совокупность факторов хозяйственной деятельности человека, вызывающих те или иные изменения его компонентов. Оно может быть непосредственным (например, вспашка поля) и опосредованным (корневые выделения одних растений губительно действуют на другие, культурные растения).

По характеру действия на агроэкосистемы природные и антропогенные факторы могут быть лимитирующими, нормальными, оптимальными и угнетающими. Используется и группировка факторов по типам: позитивные и негативные, как это представлено в таблице 1.

Таблица 1 – *Типы факторов воздействующих на агроэкосистемы*

Природные факторы	Антропогенные факторы
Позитивные	
агроклиматические и микроклиматические ресурсы	географическое размещение культур (в т.ч. учёт топографии)
структура почвенного покрова	совершенствование размещения сельского хозяйства
физические режимы: тепловой водный воздушный	совершенствование структуры агрофитоценоза
	видовое разнообразие возделываемых культур
	ограничение численности популяций сорняков
	агротехника
химические режимы	совершенствование сортового состава культур-доминантов
биологические режимы	мелиорация: физическая химическая биологическая
Негативные	
плохая дренированность территории	нерациональное землепользование
засоленность пород, почв	кислотные осадки
солонцеватость почв	химическое и радиоактивное загрязнение
близкий уровень грунтовых вод	неблагоприятная агротехника и мелиорация: физическая химическая биологическая
высокая минерализация грунтовых вод	
слизация (уплотнение и разрушение исходной структуры почвы)	
дефляция и эрозии	

Повышение продуктивности агроэкосистем возможно лишь за счет вложений энергии, расходуемой на обработку земли, производство и внесение удобрений, борьбу с вредителями и болезнями и т.д. Приведем цитату из труда Г.Т. Одума «Энергетика мирового производства продуктов питания» (1967).

«Своим успехом в приспособлении некоторых природных систем к собственным нуждам человек в основном обязан включением в растительные и животные системы дополнительных рабочих цепей, в которых расходуется энергия таких богатых источников, как ископаемое горючее и расщепляющиеся материалы. Сельское и лесное хозяйство, животноводство и т.п. требуют огромных потоков дополнительной энергии, которая выполняет немалую часть работы, в естественных условиях производящейся за счет самой системы. Естественно, что при появлении этой дополнительной поддержки виды, входящие в естественную систему, оказываются неприспособленными к новой ситуации; поскольку их генетическая программа заставляет их по-прежнему выполнять всю работу, никакого выигрыша не получается. Но виды, не приспособленные к «самообслуживанию», в таких условиях получают преимущество, и им благоприятствует как искусственный, так и естественный отбор. Работа этих организмов по самоподдержанию заменяется работой новых механизмов - энергия для них и управление ими находятся в руках человека». Вложения энергии в агроэкосистемы могут быть эффективными только в том случае, если они будут обоснованными и сбалансированными.

Агроэкосистемы автотрофны, их основной источник энергии - Солнце. Дополнительная энергия, используемая человеком при обработке почвы (применение тракторов, удобрений, пестицидов и др.), не превышает 1% солнечной энергии, усваиваемой агроэкосистемой (табл. 2).

Среди **продуцентов** агроэкосистемы (рис. 1) можно назвать культурные растения, травы сенокосов и пастбищ, деревья лесов, садов и сорные растения. Полевые (сегетальные) сорные растения эволюционно очень тесно связаны с культурными растениями. К сорнякам обычно относят виды, наносящие ущерб урожаю в случае их массового распространения и оказывающие разнообразное воздействие на культурные растения. В основе взаимоотношений между сорняками и культурами может лежать паразитизм, аллелопатия, механическое давление. Чаще всего между ними наблюдается конкуренция за основные ресурсы, необходимые для развития растений: свет, влагу, питательные вещества.

Таблица 2 - Сравнительная оценка природных и сельскохозяйственных экосистем (Миркин, Злобин, 1990)

Показатель	Естественная экосистема		Сельскохозяйственная экосистема		
	лес	луг	многолетние травы	однолетние травы	ферма
<i>Источник энергии для работы экосистемы</i>	Только за счет солнечной энергии, фиксируемой при фотосинтезе	За счет солнечной энергии и при малых энергетических субсидиях в форме удобрений		За счет солнечной энергии и при высоких энергетических субсидиях в растениеводстве	За счет энергетических субсидий из других экосистем
<i>Степень замкнутости циклов биогенных элементов</i>	Высокая, возможна потеря за счет промысла и вывоза древесины	Высокая, возрастает доля выносимых с урожаем элементов, особенно при сенокосном использовании	Невысокая, отток с урожаем элементов питания значителен	Низкая, очень большой вынос элементов питания из экосистемы	Круговорот веществ разомкнут
<i>Возможность потерь вещества из экосистемных связей</i>	Низкая	Низкая, но может возрасти при нарушении целостности почвы при выпасе	Умеренная, но может возрасти при разовом применении высоких доз удобрений.	Высокая, выносятся до 50 % вносимых удобрений, теряется гумус в результате эрозии.	Высокая
<i>Трофическая структура</i>	Гетеротрофные организмы - естественные консументы и редуценты составляют 0.1 % биомассы	Основным консументом являются домашние животные. Их масса может быть более 10 % общей биомассы, что приводит к деградации экосистемы		Основным потребителем фитомассы являются человек и домашний скот. В подземной части биомасса гетеротрофов не выше 7%	Автотрофы отсутствуют. Гетеротрофы представлены паразитами и вредителями запасов
<i>Соотношение фитомассы надземной и подземной частей</i>	1:2	1:3 - 1:10	1:3	1:1 - 1:0.1	0:0
<i>Роль разных частей растений в накоплении гумуса</i>	Надземные и подземные части участвуют в равной мере	Формирование гумуса происходит в основном за счет корней и опада		Формирование гумуса происходит в основном за счет вносимых орг. удобрений	Гумус почвы не образуется

При оптимальном обеспечении сельскохозяйственных растений теплом, влагой и питательными веществами, соблюдении необходимой технологии выращиваемые растения в короткий срок создают листовую поверхность с максимальным проективным покрытием. Они формируют такую фитоценотическую среду, в которой сорняки не имеют своего действительно сорного значения.

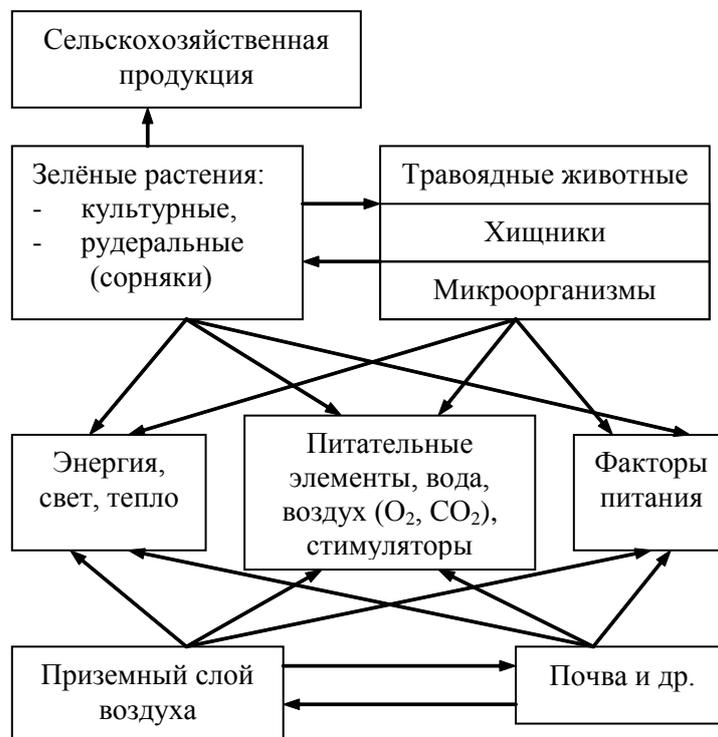


Рисунок 1. Структура функциональных связей в агроэкосистеме

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

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

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

В первую группу входят *сильноэдификаторные* растения. К ним относят растения сплошного посева, образующие травостой, проективное покрытие которого составляет около 100 %. К этой же группе отнесены растения высокорослые (до 3 м) и среднерослые, но быстро развивающиеся с весны (озимая рожь, рапс, вика, подсолнечник на силос).

Вторую группу составляют *среднеэдификаторные* растения. К ним относятся растения сплошного и рядкового весеннего посева, достаточно высокорослые, с проективным покрытием 70-80 %, большей частью быстро развивающиеся после появления всходов (яровые зерновые, в том числе рис), пропашные (хлопчатник, кукуруза, гречиха, соя).

Третью группу составляют *слабоэдификаторные* растения. К ним относятся некоторые растения, медленно развивающиеся после появления всходов и с проективным покрытием не выше 50 %: бахчевые, овощные культуры, горох и др.

Выполняя роль доминантов - эдификаторов, возделываемые растения определяют структуру и функцию агробиогеоценозов, их компонентный состав. Они существенно влияют на состояние растений-спутников, прежде всего сорных.

Культурные растения по-разному реагируют на присутствие сорных конкурентов. Зерновые, травы страдают от сорняков значительно меньше, чем пропашные, такие как сахарная свекла, кукуруза, овощные культуры. Видовой состав сорняков заметно меняется при ежегодной смене культуры, в процессе естественного отбора они выработали эффективные механизмы выживания в этих условиях.

Можно выделить следующие формы приспособления сорняков к условиям агроценоза:

- дифференциация экологических ниш,
- дифференцированное использование природных ресурсов,
- уподобление сорных растений культурным по размеру, величине и форме плодов, ритмам развития.

Так, одно растение мари белой может дать 100 тыс. семян, а щирицы - до 1 млн. Конкурирующая способность сорняков определяется не видом или семейством, а величиной биомассы, зависящей от периода жизни. При достаточно развитой листовой поверхности культурных растений однолетние сорняки сильно угнетаются, т.е. основной является конкуренция за свет. У многолетников на первый план выступает конкуренция за влагу и питательные вещества.

Функции **консументов** в агроэкосистеме (рис. 1) выполняют млекопитающие, птицы, амфибии, моллюски, членистоногие; их численность выше в посевах многолетних трав. Окультуривание изменяет трофическую структуру почвенного населения, остаются в основном животные, которые переносят ежегодную смену растений. Удельное значение сапрофагов в зооценозе уменьшается, а доля плотоядных форм возрастает. Увеличивается роль растительных беспозвоночных, консументов первого порядка. Поскольку они уменьшают выход полезной продукции, то являются вредителями, против которых человек осуществляет постоянную борьбу. Насекомые-фитофаги приносят наибольший ущерб урожаю, который определяется их высокой специализацией в отношении растений, служащих им кормом, четкой синхронизацией циклов развития вредителей и фазами развития растений и высокой потенциальной плодовитостью вредителей. Так, обыкновенная злаковая тля за сезон может дать 12 поколений по 60 особей в каждом.

Однако потенциальная плодовитость в природе реализуется очень редко, так как существуют достаточно эффективные механизмы, ограничивающие численность насекомых. Среди факторов, определяющих действие этих механизмов, выделяют модифицирующие и регулирующие. К модифицирующим факторам относятся преимущественно абиотические факторы (температура, влажность, солнечная радиация), действие которых слабо влияет на плотность популяции насекомых. К регулирующим факторам относятся биотические факторы (состояние кормовых ресурсов, внутривидовые отношения, воздействие естественных врагов- энтомофагов, хищных позвоночных, бактерий, грибов и вирусов, вызывающих болезни). При скоординированном действии регулирующих факторов фитофаги в значительной степени теряют свое вредоносное значение.

Роль **редуцентов** в агроэкосистеме (рис. 1) в основном выполняют бактерии и грибы, которые поддерживают плодородие почв, превращая остатки органического вещества в неорганическое. В состав микробиоценоза входят как полезные для растений микроорганизмы, так и фитопатогены, вызывающие болезни. Полезная микрофлора содержится в почве. Сапрофиты разлагают мертвое органическое вещество, перерабатывают

его в гумус, переводят труднодоступные неорганические соединения в легкоусвояемые для растений. Свободноживущие бактерии-азотфиксаторы и клубеньковые бактерии, находящиеся в симбиозе с бобовыми культурами, усваивают атмосферный азот и превращают его в азот органических соединений.

Задание: опишите трофическую структуру различных агроэкосистем по следующей схеме:

<i>Агроэкосистема</i>	<i>Продуценты</i>	<i>Консументы</i>	<i>Редуценты</i>
<i>Цветочная клумба</i>			
<i>Теплица</i>			
<i>Плантация малины</i>			
<i>Картофельное поле</i>			

Задание: составьте схему пищевой сети для предложенных агроэкосистем:

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение агроэкосистемы. Приведите примеры агроэкосистем.
2. В чём заключаются основные отличия агроэкосистем от естественных экосистем?
3. Роль продуцентов в агроэкосистеме.
4. Роль консументов в агроэкосистеме
5. Роль редуцентов в агроэкосистеме.
6. Особенности пищевых цепей сетей в агроэкосистемах.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ И СТАНДАРТОВ В УСЛОВИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Цель занятия: проанализировать основные документы, содержащие экологические нормы и регламент; изучить нормативы воздействия на окружающую среду

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Эпоха, в которую мы живем, – это время регламентированных взаимоотношений с природой, когда стали необходимыми количественные оценки её состояния и регулирование величины антропогенной нагрузки.

В Законе Российской Федерации «Об охране окружающей среды» установлены требования к нормированию качества среды обитания и уровней воздействия на окружающую среду. Нормативы качества окружающей среды определяют научно обоснованную меру сочетания жестких экологических требований общества к качеству среды обитания и возможностей природопользователей соблюдать их в хозяйственной деятельности.

В основу нормативов качества положены три показателя:

- **медицинский** (пороговый уровень угрозы здоровью человека, его генетической программе);
- **технологический** (способность экономики обеспечить выполнение установленных пределов воздействия на человека и условия его жизнедеятельности);
- **научно-технический** (способность технических средств обеспечить контроль за соблюдением пределов воздействия по всем параметрам).

Существующие нормативы и стандарты в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов можно разделить на следующие группы:

- **Нормативы качества окружающей среды (ОС)**, к которым относят:
 - нормативы предельно допустимого содержания химических веществ и биологических загрязнителей в различных объектах окружающей среды (воздухе, питьевой воде и воде водоемов, почве, продуктах питания), устанавливаемые в форме предельно допустимых концентраций (ПДК) и максимально допустимых уровней (МДУ)
 - нормативы предельно допустимых уровней (ПДУ) воздействия на нее физических факторов в окружающей среде;
- **Нормативы вредного воздействия на ОС**, определяющие допустимые пределы вредных воздействий на природу, устанавливаемые для источников воздействия, в том числе:
 - производственно-хозяйственные нормативы - предельно допустимые выбросы в атмосферу (ПДВ) и сбросы в водные объекты (ПДС), ПДУ электромагнитных полей, шума, вибраций, радиации и т.д. от их источников, предельно допустимые нормы применения ядохимикатов в сельском хозяйстве и лимиты размещения отходов;
 - нормативы использования природных ресурсов (лимиты изъятия), устанавливаемые с целью предупреждения полного уничтожения или истощения природных ресурсов с учетом их самовосстановления, предотвращения нарушения равновесия в окружающей природной среде, в том числе нормативы безвозвратного изъятия поверхностных вод, расчетная лесосека, объемы допустимых уловов и т.д., а также нормативы использования ресурсов без их изъятия (нормы землеотвода);
 - нормативы санитарных и защитных зон (территориальные нормативы), включающие санитарно-защитные зоны для всех промышленных предприятий и других объектов, являющихся источниками вредного воздействия на человека и окружающую природную среду, водоохранные зоны (включая прибрежные защитные полосы), округа санитарной охраны.

Основными документами, содержащими природоохранные нормы и требования, являются:

- государственные стандарты в области охраны природы (ГОСТы);
- санитарно-гигиенические правила и нормы (СанПиНы);
- строительные нормы и правила (СНиПы);
- нормы воздействия отдельных отраслей хозяйства, разрабатываемые в отраслевом планировании (отраслевые стандарты - ОСТы);

С 1998 г. в России в рамках системы Российских стандартов (ГОСТ Р) введены международные стандарты серии ИСО 14000 - это набор из более 20 отдельных стандартов двух типов:

а) содержащие требования, которые можно объективно оценить для сертификации продукции и регистрации (лицензирования) деятельности и/или самодекларации;

б) содержащие рекомендации по разработке и реализации систем экологически ориентированного управления, т.е. стандарты, ориентированные на организационные аспекты и на процессы.

Агропромышленный комплекс (АПК) является одним из наиболее мощных источников антропогенного воздействия на природную среду. Однако в отличие от многих других отраслей экономики, оказывающих значительное влияние на состояние окружающей среды, таких как теплоэнергетика, химическая промышленность, цветная металлургия, морская нефтегазодобыча, транспорт и др. он не имеет своих отраслевых природоохранных стандартов.

Сегодня в АПК используются:

- нормативы и стандарты производственно-хозяйственной направленности: нормы расхода удобрений, средств защиты растений, мелиорантов;

- санитарно-гигиенические нормативы качества окружающей среды и разработанные на их основе нормативы вредных воздействий от источников загрязнения, преимущественно направленные на профилактику негативного действия факторов окружающей среды на здоровье человека.

Санитарно-гигиенические нормативы не всегда могут в полной мере обеспечить безопасность других объектов живой природы: растений, животных, микроорганизмов, популяций и экосистем в целом. Однако именно они в настоящее время являются основой для осуществления государственного санитарного надзора и оценки потенциальной и реальной опасности вредных факторов для здоровья населения.

Таблица 3 - Влияние химических веществ на состояние окружающей среды

Показатели	Нормы для классов токсичности		
	1-й класс	2-й класс	3-й класс
	кадмий, свинец, цинк, ртуть, мышьяк, фтор, бенз(а)пирен, селен	кобальт, никель, медь, хром, бор, молибден	марганец, барий, висмут, ванадий, вольфрам, стронций
Токсичность, LD_{50}	<200	200-1000	>1000
Персистентность в почве, месяцы	более 12	6-12	Менее 6
Миграция	мигрируют	слабо мигрируют	не мигрируют
Персистентность в растениях, месяцы	более или равно 3	1-3	менее 1
Влияние на пищевую ценность сельхозпродукции	сильное	умеренное	нет

Нормативы качества воздушной среды

Для воздушной среды установлены следующие виды ПДК:

- для атмосферного воздуха - ПДК среднесуточная (ПДКс.с.) и ПДК максимально разовая (ПДКм.р.), различающиеся между собой периодом осреднения проб;

- для воздуха производственных помещений - ПДК рабочей зоны (ПДКр.з.)

ПДКс.с. - это максимальная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, которая не оказывает на здоровье человека прямого или косвенного вредного воздействия, включая отдаленные последствия, при вдыхании в течение всей жизни.

Среднесуточная ПДК предназначена для предотвращения хронического воздействия атмосферных загрязнителей, вызывающих общетоксический или специфический эффект (время осреднения проб - 1 сутки).

Все расчеты загрязнения среды ведутся по ПДКс.с., если этот показатель отсутствует, то по ПДКм.р.

ПДКм.р. - это максимальная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, которая при вдыхании в течение 30 минут не должна вызывать у человека рефлекторных реакций.

Значительный ущерб среде наносят именно высокие кратковременные загрязнения токсичными веществами. Наибольшая концентрация того или иного загрязнителя не должна превышать его установленной ПДКм.р.

ПДКр.з. - предельно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны - это максимальная концентрация, которая при ежедневной, кроме выходных дней, работе в течение 8 ч или другой продолжительности рабочего дня, но не более 41 ч в неделю в течение всего рабочего стажа, не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Различают максимально разовые и среднесменные ПДКр.з.. Первые устанавливают для всех без исключения химических веществ, используемых в промышленности или сельском хозяйстве. Среднесменные ПДК разрабатывают наряду с максимально разовыми для химических веществ, обладающих выраженными кумулятивными свойствами (то есть способных накапливаться в организме и вызывать хронические отравления).

Таблица 4 - *Предельно допустимые концентрации некоторых химических веществ в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны, мг/м³*

Вещество	ПДК с.с.	ПДК м.р.	ПДК р.з.	Класс опасности
Диоксид азота	0,04	0,085	5	2
Оксид азота	0,06	0,6	5	3
Аммиак	0,04	0,2	20	4
Сероводород	-	0,008	10	2
Хлор	0,03	0,1	1	2
Формальдегид	0,003	0,0035	0,5	2
Оксид углерода	3	5	20	4

При содержании в воздухе веществ, обладающих однонаправленным действием на организм (суммацией действия), сумма отношений их концентраций к ПДК не должна превышать 1 (единицы) при расчете по формуле:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1,$$

где C_1 , C_2 и C_n – фактические концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе; ПДК_1 , ПДК_2 и ПДК_n – предельно допустимые концентрации тех же веществ.

Для особо охраняемых территорий, зон отдыха и курортов эта сумма не должна превышать 0,8.

Эффектом суммации обладают диоксид серы и диоксид азота; диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, фенол и ряд других комбинаций токсичных веществ.

В отношении веществ, для которых еще нет утвержденных ПДК, используют нормативы ВДК – временно допустимую концентрацию или ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ), который для атмосферного воздуха устанавливается на 3 года, а для рабочей зоны – на 2.

Нормативы биологического загрязнения в воздушной среде разработаны в основном для воздуха рабочей зоны промышленных предприятий (микробиологического синтеза, производящих биоудобрения, кормовые добавки и др.) по содержанию в нем микроорганизмов-продуцентов (дрожжевых, плесневых грибов, актиномицетов, бактерий и др.) биологически-активных веществ и продуктов их жизнедеятельности, которые могут оказывать неблагоприятное действие на здоровье рабочих предприятий и население, проживающее в непосредственной близости от этих предприятий через загрязнение атмосферного воздуха и воздуха производственных помещений, водоемисточников, почвы. Максимальная величина ПДК микроорганизмов-продуцентов в воздухе рабочей зоны ограничивается 50000 мкл/м³, в атмосферном воздухе - 5000 мкл/м³.

Нормирование качества водных объектов

Понятие качества воды включает в себя совокупность показателей состава и свойств воды, определяющих пригодность ее для конкретных видов водопользования и водопотребления, поэтому нормативы качества воды согласно ГОСТ устанавливаются в зависимости от назначения водоемов.

В нашей стране по характеру водопользования и нормирования качества воды выделяют следующие две категории водоемов:

I – водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения;

II – водоемы рыбохозяйственного назначения.

ПДК устанавливается отдельно по каждой из этих двух категорий. При этом для водоемов первой категории определяющими являются санитарно-гигиенические нормативы.

Для водоемов выделяют 4 группы показателей качества воды. Все они нормативно обеспечены: имеют официально установленные нормативы.

А – органолептические показатели: запах, вкус и привкус, цветность, мутность, пенность, образование на поверхности пленок;

Б – гидрохимические показатели. К гидрохимическим показателям относятся: рН, содержание растворенного кислорода, минерализация (карбонаты и гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, сухой остаток, общая жесткость, катионы кальция и магния, натрия и калия), биогенные элементы (нитраты, фосфаты, аммоний, нитриты), фториды, железо общее.

В – содержание химических токсикантов;

Г – микробиологические показатели.

Нормирование качества воды поверхностных водоемов имеет следующие особенности:

- состав и свойства воды во всех водоемах и водотоках, как первой, так и второй категории должны соответствовать санитарно-гигиеническим нормам в специально установленных местах - контрольных створах, расположенных на определенном расстоянии от места выпуска сточных вод;

- для всех водных объектов, располагающихся на территории РФ, устанавливаются единые гигиенические нормативы (ПДК), а для веществ, не имеющих еще утвержденных ПДК – временные или ориентировочно допустимые концентрации (ВДК, ОДК).

ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водного объекта – это максимальная концентрация вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, а также не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Требования к качеству воды водоемов, используемых для рыбозаготовки, специфичны и более жестки, чем таковые для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Так рыбохозяйственные ПДК для моющих веществ, например ОП-10 - в 3 раза ниже санитарных норм, нефтепродуктов – в 6 раз, а тяжелых металлов, например цинка – даже в 100 раз.

ПДК_{рх} – рыбохозяйственные ПДК – это максимальные концентрации вредных веществ, при постоянном присутствии которых в водоеме не регистрируются случаи гибели рыб и кормовых для рыб организмов, не наблюдается исчезновения тех или иных видов рыб, для жизни которых водоем был ранее пригоден, не заменяются ценные в кормовом отношении для рыб организмы на малоценные или не имеющие кормового значения, не происходит порчи товарных качеств обитающей в водоеме рыбы.

БПК_{полн} для водоемов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения должно быть не более 3 мг/л; для водоемов культурно-бытового назначения - не более 6 мг/л. Предельные значения ХПК 120 мг/л, допустимые 15 и 30 мг/л соответственно для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.

Сельское хозяйство и предприятия перерабатывающей сельскохозяйственное сырье промышленности вносят существенный вклад в загрязнение вод биогенными веществами, приводящее к эвтрофированию водоемов. Процессы эвтрофирования сопровождаются бурным развитием в них фитопланктона, представленного в основном сине-зелеными водорослями, которые в данном случае являются биологическими загрязнителями. Помимо этого в водоемах происходит изменение окислительно-восстановительных условий и накопление болезнетворных микроорганизмов, представляющих санитарно-эпидемиологическую опасность.

Нормирование загрязняющих веществ в продуктах питания

В настоящее время нормативами, лимитирующими содержание токсикантов в продуктах питания или в урожае сельскохозяйственных культур в период его сбора, являются санитарно-гигиенические нормативы – ПДК (для тяжелых металлов и мышьяка, микотоксинов) и МДУ (ПДУ) (для пестицидов, нитратов, нитрозаминов, бенз(а)пирена, ПХБ, антибиотиков) или ВДУ (временно допустимый уровень) (для радионуклидов).

ПДК (МДУ) токсиканта в продукте питания (мг/кг) – это максимальное количество вещества в единице массы натурального продукта, которое при ежедневном поступлении в организм человека неограниченно долгое время не вызывает каких-либо неблагоприятных последствий в состоянии здоровья у него и у его потомства. ПДК и МДУ токсикантов химической и биологической природы в продуктах питания определены Сан-ПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

При нормировании загрязняющих веществ (главным образом пестицидов) в продуктах питания обязательным является:

- изучение органолептических свойств продуктов растительного и животного происхождения, подвергающихся воздействию вещества при соблюдении условий его применения в сельском хозяйстве;

- определение остаточных количеств вещества в тканях растений и животных при рекомендованных условиях его применения в сельском хозяйстве;

- определение химической природы и концентрации метаболитов в тканях растений и животных (при их наличии);

- изучение влияния на химический состав и биологическую ценность продуктов питания;

- определение стойкости остатков вещества и его метаболитов при хранении продуктов питания, а также при различных видах технологической и кулинарной обработки.

При установлении норматива содержания вредных веществ в продуктах питания руководствуются следующими принципами:

- 1) содержание вещества в суточном рационе человека не должно превышать допустимую (безвредную) суточную дозу для человека, при этом должно учитываться еще и возможное поступление вещества в организм человека из других сред (вода, воздух).

Допустимая суточная доза (ДСД) – это максимальная доза вещества в мг на 1 кг массы, ежесуточное поступление которой в организм человека на протяжении всей жизни не вызовет отрицательного воздействия на человека и его потомство;

- 2) ПДК (МДУ) вещества устанавливается для каждого пищевого продукта отдельно так, чтобы суммарное поступление этого вещества со всеми пищевыми продуктами и из других сред не превышало ДСД;

- 3) ПДК (МДУ) вещества в пищевом продукте не должно оказывать отрицательного влияния на органолептические свойства и снижать его пищевую ценность.

Высокотоксичные вещества, обладающие выраженными кумулятивными свойствами (коэффициент кумуляции 1-2), стойкие к воздействию факторов внешней среды и высокой температуре, не должны содержаться в продуктах питания.

Вещества с коэффициентом кумуляции 2-3, относящиеся по стойкости ко II группе гигиенической классификации, не должны содержаться в основных продуктах питания: хлебе, рисе, мясе, картофеле.

Совсем не допускается содержание токсичных веществ и в продуктах, широко используемых в детском и диетическом питании, таких как молоко, морковь, ягоды (клубника, малина, черная смородина).

При установлении норматива принимают во внимание лишь те продукты, в которых может содержаться данный токсикант (например, для пестицидов – продукты растительного и животного происхождения), таким образом, ДСД распределяется не на весь комплекс продуктов, а лишь на те, в которых может содержаться вещество.

Нормирование загрязняющих веществ в почве

Нормирование загрязняющих веществ в почве направлено на сохранение ее естественного плодородия и предотвращение загрязнения как самой почвы, так и контактирующих с ней сред: воздуха, водных объектов, растений.

Особенностью почвы как объекта нормирования является то, что в организм человека загрязняющие вещества из почвы поступают при прямом контакте лишь в отдельных случаях (с почвенной пылью: ручных работах при прореживании свеклы и т.д., карьерных работах). Основное поступление загрязняющих веществ из почвы в организм человека происходит опосредованно - через контактирующие с ней среды: воздух, воду,

растения по экологическим цепям миграции: почва – растение – человек, почва – растение – животное – человек, почва – атмосферный воздух – человек, почва – вода – человек и т.д.

ПДК химического вещества в почве – это максимальное его количество (в мг на 1 кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы (а.с.п.)), установленное в экстремальных почвенно-климатических условиях, которое гарантирует отсутствие отрицательного прямого или опосредованного воздействия на здоровье человека, его потомство и санитарные условия жизни населения, а также не нарушает процессов самоочищения почвы.

Эксперименты по установлению ПДК химических веществ в почве проводят в единых сопоставимых стандартных почвенных и микроклиматических условиях лабораторного эксперимента (аналогично с установлением ПДК для воздуха и водоемов).

Возможное использование почв, загрязненных тяжелыми металлами, и примерные агромелиоративные мероприятия на них приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Загрязненные почвы и мелиоративные мероприятия на них

Степень загрязнения почв	Характеристика загрязнения почв	Возможное использование	Мелиоративные и организационные мероприятия
Допустимая	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но меньше ПДК	Под все с.-х. культуры	Известкование, внесение удобрений
Низкая	Содержание химических веществ в почве больше ПДК при лимитирующем общесанитарном и миграционном водном показателях вредности, но ниже ПДК по транслокационному показателю	Ограничиваются культуры, высокочувствительные к накоплению ТМ. Потребление продукции растениеводства не ограничивается, за исключением использования для производства диетического и детского питания	Известкование, внесение удобрений и сорбентов
Средняя	Содержание химических веществ в почве превышает ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже ПДК по транслокационному показателю	Возможно выращивание корнеклубнеплодов, кроме свеклы. Исключается производство столовой зелени (салат, лук, шпинат, укроп, петрушка), овощей и ягодных культур. Вводятся ограничения на сбор грибов и лекарственных растений	Глубокая (30-40 см) вспашка. Известкование, внесение удобрений и сорбентов. Контроль культур на содержание ТМ
Высокая	Содержание химических веществ в почве превышает ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Под кормовые и технические культуры, устойчивые к ТМ. Ограничиваются для продовольственных целей культуры, слабо чувствительные к ТМ	Удаление верхнего (0-2 см) загрязненного слоя, известкование, внесение удобрений и сорбентов, ведение семеноводства.
Очень высокая	Содержание химических веществ в почве выше ПДК по всем показателям	Изъятие земель из сельскохозяйственного оборота	Консервация земель. Мониторинг токсикантов

Под экстремальными почвенно-климатическими условиями понимают такие, которые будут способствовать максимальной миграции вещества из почвы в сопредельные среды (воздух, грунтовые и поверхностные воды, сельскохозяйственные растения) и наиболее сильному влиянию на почвенный микробиоценоз и процессы самоочищения почвы. Для создания этих условий используют модельный почвенный эталон (МПЭ) с

постоянным гранулометрическим и физико-химическим составом почвы (как правило, смесь средне- и мелкозернистого песка) и подбирают соответствующие микроклиматические параметры (влажность, температура и др.).

ПДК в почве является единой величиной для любых почвенно-климатических условий с коэффициентом запаса прочности для региональных почвенно-климатических условий.

Поэтому на основании единой ПДК химического вещества в почве (ГН 2.1.7.2041-06) определяют региональные нормативы для конкретных почвенно-климатических регионов. При расчете их учитывают ведущие факторы, от которых зависят токсичность, миграция, детоксикация, образование метаболитов загрязняющих веществ в почве (температура и влажность почвы, содержание гумуса, рН, пористость, бактериальная обсемененность и другие).

Единую величину ПДК и найденные значения поправочных коэффициентов используют для расчета региональных нормативов для конкретных почвенно-климатических условий:

- величина ПДУВ (кг/га) гарантирует накопление изучаемого химического вещества в товарных частях растений к моменту сбора урожая в концентрациях, не превышающих МДУ.

- БОК – это безопасное остаточное количество химического загрязнителя в почве (мг/кг) для конкретных почвенно-климатических условий в контрольный момент времени (количество дней после обработки, которое задается в функции зависимости разложения вещества в почве в конкретных почвенно-климатических условиях как один из параметров).

Однако с помощью показателя ПДУВ можно контролировать только применяемые нормы и начальное загрязнение. Для осуществления текущего санитарного надзора необходимо знать безопасное для здоровья населения содержание химического вещества не только в начальный период, но и в другие сроки, для чего служит показатель БОК.

В последние годы проводятся исследования по разработке нормативов содержания химических веществ в почвах с учетом основных почвенных параметров, обуславливающих подвижность и степень токсичности вещества - нормативы являются едиными для почв различных регионов с близкими физико-химическими свойствами. В 1995 г. Госсанэпиднадзором РФ выпущено Дополнение №1 к перечню ПДК №6229-91 (Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.020-94) «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах» с учетом механического состава и кислотности почв (табл. 6). Эти ОДК разработаны только для шести тяжелых металлов: никеля, меди, цинка, мышьяка, кадмия и свинца.

Таблица 6 - Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами

Группа почв	Элемент и его класс опасности					
	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
	2	2	1	1	1	1
ОДК (с учетом фона, валовое содержание, мг/кг)						
Песчаные и супесчаные	20	33	55	2	0,5	32
Кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$	40	66	110	5	1	65
Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} > 5,5$	80	132	220	10	2	130

ПДК и ОДК тяжелых металлов в почве установлены главным образом для валовых форм. Однако валовое содержание тяжелых металлов в почве, являясь фактором емкости, отражает в первую очередь потенциальную опасность, реальную же опасность загрязнения сопредельных сред и токсического действия на почвенные микроорганизмы представляют подвижные формы тяжелых металлов в почве как биогеохимически активные, что подтверждено многочисленными экспериментальными исследованиями.

Нормирование антропогенного воздействия предприятий АПК на окружающую среду

Эта группа экологических нормативов включает нормативы поступления вредных веществ химической и биологической природы в окружающую среду, в том числе нормативы выбросов и сбросов, размещения отходов.

Основными нормативами регламентирующими выбросы и сбросы загрязняющих веществ от источников загрязнения или их совокупности являются предельно допустимый выброс (ПДВ) и предельно допустимый сброс (ПДС).

ПДВ и ПДС устанавливаются по каждому загрязняющему веществу для каждого источника выброса или сброса (трубы, выпуска), и в целом для предприятия. Это расчетные величины, определяемые при помощи специальных формул или при помощи специальных программ.

Так, например, для сельскохозяйственного предприятия, основными источниками загрязнения в котором являются ферма КРС, навозохранилище, тракторный стан, мастерские, АЗС, автотранспорт и сельхозтехника нормативы ПДВ (ПДС) должны быть установлены для каждого из них.

В реальных условиях предприятие нередко не в состоянии по объективным техническим причинам выдержать установленные для него ПДВ и ПДС по всем загрязняющим ингредиентам. В подобных ситуациях вводится поэтапное снижение выбросов до значений, обеспечивающих ПДК. При этом на каждом этапе сокращения выбросов устанавливается временно согласованный выброс (ВСВ) и временно согласованный сброс (ВСС), с учетом наилучшей достигнутой технологии этого производства.

Одно из наиболее значимых направлений нормирования нагрузок на ландшафты - регламентация структуры землепользования, в том числе определение предельных показателей соотношений различных земель и угодий. В основе лежит идея Б.Б. Родмана о необходимости формирования «поляризованной биосферы», суть которой состоит в размежевании наиболее контрастных типов природопользования: селитебных (городских) на одном полюсе и заповедных (мало измененных) – на другом. Все остальные природопользователи и соответствующие им территории: сельскохозяйственные, рекреационные, лесохозяйственные выполняют роль буферных зон, призванных смягчить контрасты и контракты между агроландшафтами и мало измененным ландшафтом.

Согласно структурным «числам» Доксиадиса (Реймерс, 1985), учитывающим соотношение природных и антропогенно измененных ландшафтов, структура категорий и видов земель должна выглядеть следующим образом: земли сельскохозяйственного назначения с учетом земель сельских населенных пунктов (22,5%); промышленности, транспорта и другого несельскохозяйственного назначения (2,5%); лесного фонда (18%); государственного запаса, заповедников, национальных парков, строго регулируемых рекреационных зон (57%). Эта структура сильно отличается от сложившейся в России.

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под экологическим нормированием?
2. В каких нормативных документах содержатся природоохранные нормы и правила?

3. Какие нормативы качества установлены для воздушной среды? Каковы их функции?
4. В каких случаях устанавливают нормативы ВДК, ОБУВ?
5. Каковы принципы нормирования загрязняющих веществ в продуктах питания?
6. В чем особенность почвы как объекта нормирования?
7. Дайте определение ПДК химического вещества в почве?
8. Какие свойства почвы учитывали при установлении ОДК тяжелых металлов в почвах? Как меняется величина ОДК в зависимости от этих свойств почв?
9. Какие нормативы антропогенного воздействия используются в АПК? Как их устанавливают?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА НИТРАТАМИ

Цель занятия: ознакомиться с путями попадания нитратов в продукцию; научиться проводить отбор продукции, подготовку образцов к проведению анализов, самостоятельно проводить анализы

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Нитратная проблема рождена XX веком, когда извечная проблема обеспечения населения продовольствием стала решаться не за счет увеличения сельскохозяйственных угодий, а за счет интенсификации земледелия. Один из путей интенсификации - использование минеральных удобрений

Еще в 1840 г немецкий ученый Ю. Либих опубликовал принятую и сегодня теорию минерального питания растений. Он исходил из того, что в природе растения ежегодно частично или полностью отмирают, возвращая взятое ими из почвы. Человек же осенью увозит урожай в закрома. И так повторяется из года в год. Чтобы земля не оскудела, необходимо восполнять потери питательных веществ. Либих предложил для восполнения потерь питательных веществ искусственные минеральные удобрения.

Нитраты (NO_3) представляют собой соли азотной кислоты (с формулой HNO_3). Соли азотной кислоты используются в качестве удобрений и известны как селитра: для нитрата натрия – натриевая (чилийская) селитра, для нитрата калия – калиевая селитра или просто селитра, для нитрата аммония – аммиачная (аммониевая) селитра, для нитрата кальция – кальциевая (первежская) селитра.

В последнее время в связи с возросшим вниманием к вопросам охраны окружающей среды все чаще объектами контроля становятся почва, растения, удобрения, вода. Как правило, величину содержания нитратов выражают: в мг/100 г или мг/кг для почвы; мг/кг сырой массы; % на сухое вещество для растений и мг/л для воды.

Увеличивающаяся нагрузка на человека нитратов стала серьезной проблемой (схема 2).

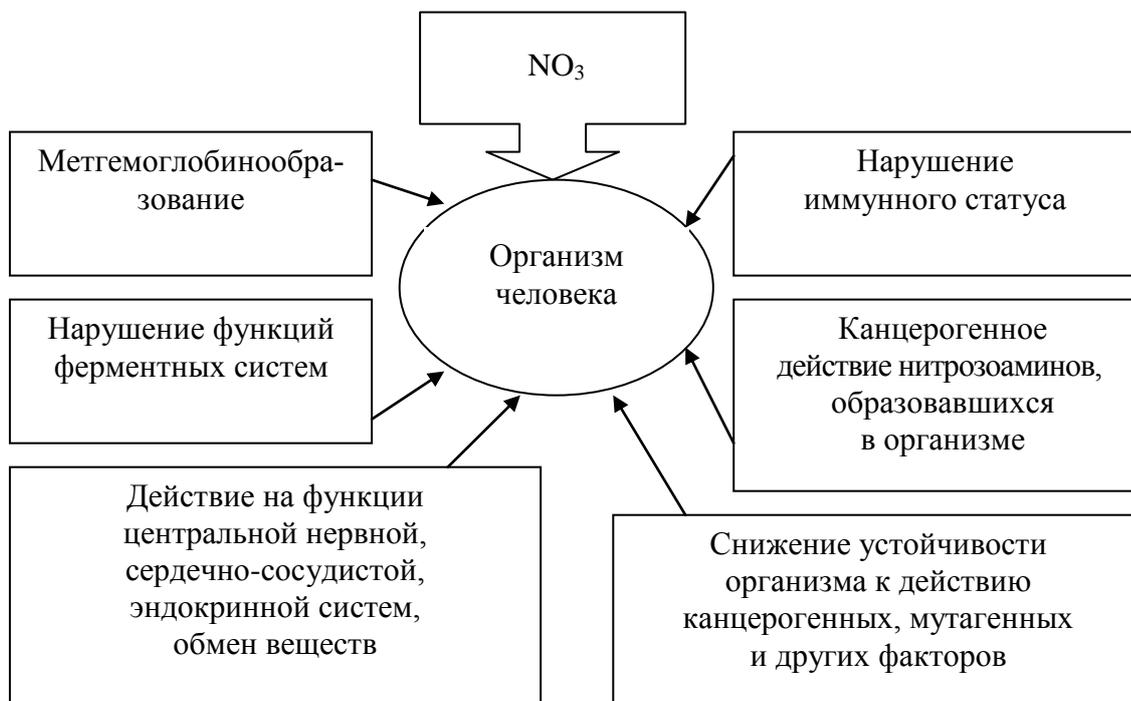


Схема 2. Возможные эффекты воздействия повышенных количеств нитратов и их производных на организм человека (Ильницкий, 1991)

Нитраты являются основным элементом питания растений, произрастающих на земле, поскольку в них входит азот – основной строительный материал для них. В естественных условиях, например в лесу или на лугу, содержание нитратов в растениях небольшое (от 1 до 30 мг на 1 кг сухой массы) – они почти полностью переходят в органические соединения (аминокислоты, белки и т.д.). В культурных растениях (капуста, картофель, редис, свекла и т.д.) при возделывании их на удобренной почве количество нитратов возрастает в несколько раз (от 40 до 12000 мг на 1 кг сухой массы). Нитраты присутствуют во всех средах: почве, воде, воздухе. Сами же нитраты не отличаются высокой токсичностью, однако под действием микроорганизмов или в процессе химических реакций восстанавливаются до нитритов. Нитриты как раз и представляют наибольшую опасность для человека и животных. И еще один в этой связи момент: в организме теплокровных нитриты участвуют в образовании более сложных (и наиболее опасных) соединений – нитрозоаминов, которые обладают канцерогенными свойствами.

Смертельная доза нитратов для взрослого человека составляет 8-15 г. Допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) составляют 5 мг (по нитрат-иону) в сутки на 1 кг массы взрослого человека, т.е. при массе 50-60 кг - это 250-300 мг, а при 60-70 кг - 300-350 мг. Человек относительно легко переносит дозу в 150-200 мг нитратов в день.

500 мг в день - предельно допустимая доза;

600 мг в день - токсичная доза для взрослых;

10 мг в день - токсичная доза для грудных детей.

При избытке нитратов в продуктах питания непереработанный излишек под воздействием фермента нитратредуктазы, содержащегося в растительных тканях, восстанавливается в нитриты. Аналогичный процесс происходит под воздействием нитрат восстанавливающей микрофлоры в полости рта или желудочно-кишечном тракте людей. Нитрит-ионы, поступая в кровь, окисляют двухвалентное железо гемоглобина и образуется метгемоглобин, не обладающий способностью связывать и переносить к тканям кислород. Нарушается нормальное дыхание клеток тканей организма, приводящее к вялости, сонливости, снижению работоспособности.

В связи с опасностью, какую представляют нитраты для человеческого организма в различных странах мира, были разработаны нормативы содержания нитратов в различных видах продуктов питания – предельно допустимая концентрация (ПДК). Поскольку основное количество нитратов поступает в организм человека из овощей, то особое внимание уделено их содержанию в овощах и в продуктах их переработки.

В нашей стране ПДК нитратов установлены для продукции как открытого грунта, так и защищенного (закрытого) грунта (парники, теплицы) (табл. 7).

Таблица 7 - Содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции и их допустимые уровни (мг/кг сырой массы по нитрат-иону)*

Вид растения	Содержание нитратов, мг/кг	Допустимые уровни	
		для открытого грунта	для закрытого грунта
Арбузы	40-600	60	-
Дыни	40-500	90	-
Капуста белокочанная	600-3000	900	-
Кабачки	400-700	400	-
Картофель	40-980	250	-
Кресс-салат	1300-4900	2000	3000
Лук зелёный	40-1400	600	800
Лук репчатый	60-900	80	-
Морковь	160-2200	400	-
Огурцы	80-560	150	400
Петрушка (зелень)	1700-2500	1800	-
Редис	400-2700	1500	-
Салат	400-2900	2000	3000
Свёкла столовая	200-4500	1400	-
Томаты	10-180	150	300
Укроп	400-2200	2000	3000
Шпинат	600-4000	1200	-

* Атлас распределения нитратов в растениях (Институт почвоведения и фотосинтеза РАН), Пущино, 1989.

Из данных таблицы 6 видно, что в условиях закрытого грунта характерны более высокие величины ПДК по сравнению с открытым грунтом, что обусловлено коротким вегетационным периодом, недостатком света, повышенной влажностью, большим количеством усваиваемого азота. По возрастанию средних концентраций нитратов тепличные культуры располагаются в следующем порядке: томаты, огурцы, лук на перо, салат кочанный, салат листовой.

Нитраты в растениях распределены неравномерно. Содержание нитратов в черешках значительно (в 1,5 – 4 раза) превышает их количество в листовой пластинке. В генеративных органах нитраты отсутствуют или содержатся на более низком уровне, чем в вегетативных, а количество нитратов в корне, стебле и черешках листьев значительно выше, чем у листовой пластинки. Меньшее количество нитратов по сравнению с листьями и черешками салата содержится в корнеплодах и клубнях, среди этого типа органов меньше нитратов содержат луковицы.

Знание распределения нитратов в органах овощных культур позволяет снизить попадание значительного количества их в организм человека. На рисунках представлены основные виды овощей, которые широко используются в пищу. Теперь на конкретных примерах рассмотрим распределение нитратов в органах растений:

Картофель. В клубнях картофеля низкое содержание нитратов отмечено в мякоти. В кожуре и сердцевине содержится в 1,1 – 1,3 раза нитратов больше.

Свекла столовая. Сердцевина и кончик корня столовой свеклы отличаются от остальных частей корнеплода повышенным содержанием нитратов. Высокое содержание нитратов находится и в верхушке корнеплода, меньшее их содержание – в средней части корнеплода.

Морковь. В корнеплодах моркови много нитратов содержится в кончике и верхушке. В сердцевине корнеплодов в 1,5 раза больше, чем в коровой части. Содержание нитратов в сердцевине уменьшается от кончика корня к верхушке, тогда как в коре они распределены равномерно.

Редис. Корнеплоды круглой формы содержат меньше нитратов, чем длинноплодные формы. Наибольшее количество нитратов содержится в нижней части корнеплода и в зоне, примыкающей к листьям.

Огурцы. Содержание нитратов в плодах возрастает от верхушки к плодоножке (основанию). В семенной камере содержится наименьшее количество нитратов.

Кабачки. Овощи из семейства тыквенных характеризуются повышенной способностью к накоплению нитратов. Установлено, что содержание нитратного азота в плодах кабачков уменьшается от плодоножки к его верхушке, а у патиссона – от периферической зоны к центру. Семенные камеры культур отличаются более низким содержанием, чем мякоть или кора.

Капуста белокочанная. В белокочанной капусте наибольшее количество нитратного азота находится в верхушке стебля. Верхние листья кочана содержат примерно в 2 раза больше нитратов, чем внутренние. Внутренние и внешние листья кочана содержат в 4,5 раза больше нитратов, чем средние. В жилке листа нитратов в 2 – 3 раза больше, чем в тканях листовой пластинки. Количество нитратов убывает от основания к верхушке листа.

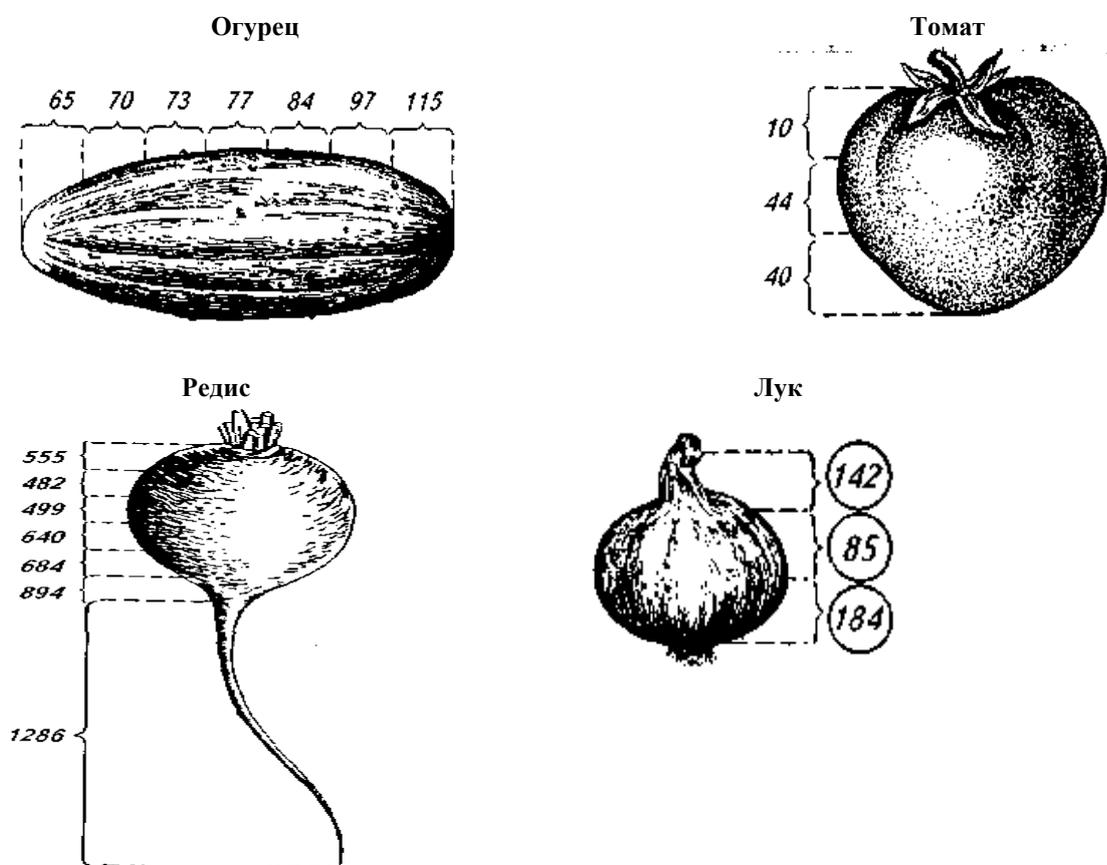


Рисунок 2. Распределение нитратов в овощной продукции

В систему мер по снижению содержания нитратов в продуктах питания входят: способ выращивания культур, способы хранения и переработки и методы контроля.

При хранении овощей в них снижается содержание нитратов и несколько увеличивается количество нитритов, причём повреждение плодов и загрязнённость микрофлорой способствуют накоплению нитритов (табл. 8).

Таблица 8 - Снижение содержания нитратов в продукции при хранении, % исходного количества (Черников и др., 2000)

Продукция	Через 3 мес.	Через 6 мес.
Картофель	10-15	50-70
Морковь	20-30	50-60
Свёкла столовая	20-30	50-55
Капуста белокочанная	10-15	50-60

Кулинарная обработка продуктов также снижает содержание нитратов. Очистка, мытьё, вымачивание продуктов уменьшает его на 5-15 %. Дальнейшая обработка в ещё большей степени уменьшает содержание нитратов (табл. 9).

Таблица 9 - Снижение содержания нитратов в различных продуктах в процессе варки (Черников и др., 2000)

Продукция	NO ₃ , мг/кг		Снижение, %
	до варки	после варки	
Капуста	57,8	24,3	58
Морковь	34,6	28,8	17
Свёкла столовая	100,8	80,3	20
Картофель очищенный	39,0	23,5	40
Картофель неочищенный	32,6	27,2	17

Задание.

Возможное суточное потребление человеком нитратов, содержащихся в продуктах питания, не должно превышать 3,8 мг на 1 кг веса человека (Церлинг В.В., 1990), а по данным ВОЗ - 5 мг/кг (по нитрат-иону), причём в эту величину входят нитраты питьевой воды и воздуха.

Пример. Требуется определить суточное потребление дыни при содержании в ней нитратов 80 мг на 1 кг сырой массы, если с другими продуктами питания поступает 210 мг нитратов.

Исходные данные. Вес человека 80 кг. Суточное потребление нитратов не должно превышать 3,8 мг/кг веса.

Решение.

1. Рассчитаем возможное суточное потребление нитратов в расчете на вес человека 80 кг: $3,8 \text{ мг} \cdot 80 \text{ кг} = 304 \text{ мг}$.

2. Определяем суточное потребление нитратов дыни с учетом количества нитратов, попадающего в организм человека с другими продуктами: $304 \text{ мг} - 210 \text{ мг} = 94 \text{ мг}$.

3. Находим суточное потребление дыни из соотношения:

80 мг нитратов — 1 кг дыни;

94 мг нитратов — x кг дыни; $x = 1,2 \text{ кг}$ дыни.

Основными источниками техногенных радионуклидов в агросфере являются остаточные количества долгоживущих радионуклидов, поступивших в нее результате испытаний ядерного оружия и аварий на атомных электростанциях. Наиболее значимыми искусственными радионуклидами, загрязняющими агроландшафты, являются стронций-90 (^{90}Sr) с периодом полураспада 28,5 года и цезий-137 (^{137}Cs) с периодом полураспада 30,2 года. Потребление радионуклидсодержащих продуктов приводит к формированию источников внутреннего облучения человека из-за накопления радиоактивных веществ в его организме. В различных радиологических ситуациях, связанных с поступлением радионуклидов в природную среду, именно внутреннее облучение вносит основной вклад в суммарное облучение человека. После Чернобыльской катастрофы поступление ^{137}Cs (одного из основных компонентов радиоактивных выпадений) с пищевыми продуктами обеспечивало до 70-80% общей дополнительной (аварийной) дозы облучения населения.

Среди сельскохозяйственных культур в наибольшей степени загрязняются травянистые растения естественных лугов, в наименьшей – злаковые. По степени увеличения накопления ^{137}Cs в хозяйственно ценной части урожая культуры располагаются в следующем порядке: пшеница – ячмень – горох – просо – гречиха – картофель – фасоль – чумиза – бобы.

В растениях радионуклиды накапливаются преимущественно в вегетативных органах. Так, концентрация ^{137}Cs в вегетативной массе в 2-4 раза выше, чем в репродуктивных органах. Наименьшей способностью накопления ^{137}Cs характеризуются зерновые злаковые культуры и многолетние травы, наибольшей – листовые овощи; корнеплоды и зернобобовые занимают промежуточное положение.

Различные виды грибов (в т.ч. белые) активно накапливают ^{137}Cs , основное количество которого находится в спороносной ткани (пластинки, трубчатка) шляпки плодового тела. Еще в 1989 г. в Германии предостерегали население от сбора грибов из-за повышенного содержания в них цезия-137.

Поступление радионуклидов из почв в сельскохозяйственные культуры (в т.ч. кормовые), затем по трофической цепи в молоко и мясо домашних животных, является основными потоками радионуклидов с пищевыми продуктами в организм человека. Потоки радионуклидов с пищевыми продуктами по трофической цепи являются определяющими факторами в формировании дозы внутреннего облучения человека. Существенный вклад в дозу внутреннего облучения населения вносят: грибы, ягоды, рыба и мясо диких животных.

Зная вклад каждого потока радионуклидов в экосистеме, можно оценить и рассчитать дозу внутреннего облучения человека, а также разработать систему мероприятий, ограничивающую передвижение радионуклидов по трофической цепи.

Основное количество радионуклидов (96-97 %), вовлеченных в сферу сельскохозяйственного производства, содержится в кормах, используемых в хозяйствах и расположенных на загрязненных территориях. Наибольший поток ^{137}Cs связан с сеном естественных сенокосов. Наименьший поток его связан с производством зерна, картофеля и корнеклубнеплодов.

В систему мероприятий по снижению содержания радионуклидов в растениеводческой продукции входят:

- агротехнические мероприятия (снятие верхнего слоя почвы, проведение глубокой вспашки с оборотом пласта, биологический выпас радионуклидов с урожаем и с последующим их захоронением, подбор культур с низким коэффициентом накопления радионуклидов, коренное улучшение лугов и пастбищ, промывка почв химическими реагентами – растворами кислот, щелочей, нейтральных солей или комплексов);

- агрохимические мероприятия (известкование кислых почв, внесение органиче-

ских удобрений, внесение повышенных доз калийных и фосфорных удобрений, внесение природных минеральных сорбентов);

➤ технологические приемы переработки продукции (промывка в проточной воде овощей и фруктов; очистка овощей, удаление кроющих листьев; варка продукции, маринование, квашение, засолка продукции; помол зерна в муку, производство круп; переработка подсолнечника и сои – на растительное масло, картофеля – на крахмал и спирт, сахарной свеклы – на сахар).

Эффективным приемом снижения содержания радионуклидов в продукции является выращивание на загрязненной территории тех сельскохозяйственных культур и их сортов, которые отличаются более низким накоплением радиоактивных веществ. К таким культурам относятся те, в которых содержится низкое количество калия и кальция. Так озимые культуры накапливают радионуклидов в 1,5 – 2 раза меньше, чем яровые зерновые. Поэтому при разработке севооборотов рекомендуется увеличить долю озимых культур и картофеля, и уменьшить площадь яровых зерновых. Установлено, что скороспелые сорта накапливают радионуклиды в 1,5 – 2 раза больше, чем позднеспелые. Это также необходимо учитывать при отборе сортов, увеличивая площади позднеспелых и уменьшая площади скороспелых.

Оптимизация минерального питания растений (в частности, фосфорного, калийного и кальциевого) снижает загрязнение продукции радионуклидами в 2 – 3 раза. Эффективным приемом снижения содержания радионуклидов в растениях является сочетание применения калийных удобрений и известкования. За счет этих мероприятий достигается снижение поступления ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию в 2 – 20 раз. Это связано с изменением кислотности почвенного раствора и увеличением в нем концентрации кальция, что усиливает закрепление радионуклидов в почве и снижает их доступность растениям. Сочетание полных доз извести и оптимальных доз минеральных удобрений значительно снижает поступление радионуклидов в растения. Действие извести проявляется на протяжении семи лет. Следует также отметить, что на размеры поступления ^{90}Sr из почвы в растения большое влияние оказывает фосфор, а на поступление ^{137}Cs – калий.

Однако применение физиологически кислых минеральных удобрений на слабокислых или кислых почвах повышает кислотность почвенного раствора, что может увеличить поступление радионуклидов в растения. На таких почвах вначале необходимо произвестить известкованием, а затем вносить минеральные удобрения.

В систему мероприятий по снижению содержания радионуклидов в животноводческой продукции входит: изменение режима содержания животных; изменение рационов кормления; технологические приемы переработки продукции (переработка молока на сметану, творог, сыр, масло; вымачивание мяса в воде или солевом растворе; вываривание мяса с последующим удалением бульона; перетапливание сала).

Технологическая переработка является важным фактором снижения радиоактивного загрязнения продукции животноводства. При производстве сливочного масла уровень содержания радионуклидов снижается на 36 – 76 % от их количества в молоке. В топленом сливочном масле количество радионуклидов уменьшается на 10 %. Предварительное вымачивание мяса в пресной воде, затем трехмесячная выдержка его в 25%-ном рассоле и последующая варка снижают содержание ^{137}Cs на 90 %. При варке мяса в бульон переходит 70 – 80 % цезия-137 и 0,04 % стронция-90, содержащихся в исходном продукте.



*РН - радионуклиды

Рисунок 3. Влияние различных приёмов на снижение поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию (Ратников, 2002)

Рассмотрим общие положения по ведению сельскохозяйственного производства в регионе чернобыльской катастрофы в зависимости от плотности загрязнения территории ^{137}Cs .

А. Плотность загрязнения 1 - 5 Ки/км².

1. В области растениеводства применимы любые технологии без каких-либо ограничений.

2. При использовании естественных сенокосов и пастбищ на торфяных и торфяно-глеевых почвах необходим контроль содержания радионуклидов в травостое.

Б. Плотность загрязнения 5 - 15 Ки/км².

1. При данной плотности загрязнения качество растениеводческой продукции, как правило, соответствует принятым нормативам и производство ведется без ограничений. Однако рекомендуется прогнозная оценка уровня загрязнения отдельных видов продукции, особенно при использовании почв легкого гранулометрического состава.

2. Рекомендуется проведение мероприятий по снижению поступления радионуклидов в травостой естественных сенокосов и пастбищ, особенно расположенных в поймах и на органических почвах, а также контроль за содержанием радионуклидов в травостое.

3. Запрещается использование сена естественных угодий без предварительного контроля уровня загрязнений для лактирующих коров в стойловый период.

4. Рекомендуется выпас молочного скота на улучшенных культурных пастбищах после отрастания травостоя не менее, чем на 10 см.

5. Основное внимание необходимо уделять радиационному контролю за содержанием радионуклидов в молоке и мясе сельскохозяйственных животных.

В. Плотность загрязнения 15 - 40 Ки/км².

1. В растениеводстве требуется выполнение полного комплекса защитных мероприятий. Необходим радиационный контроль качества продукции, особенно полученной на почвах легкого гранулометрического состава.

2. Запрещается применение местных органических удобрений животного происхождения на почвах с плотностью загрязнения ниже 25 Ки/км².

3. Рекомендуется коренное улучшение суходольных лугов, используемых в качестве пастбищ.

4. При плотности загрязнения ^{137}Cs выше 25 Ки/км² исключается возделывание зернобобовых, льна и гречихи, поскольку эти культуры отличаются повышенным выносом радионуклидов из почвы.

5. При загрязнении ^{137}Cs от 25 до 40 Ки/км² содержание коров должно быть исключительно стойлово-выгульным. Допускается использование сена только сеяных трав. За 1 - 2 месяца до убоя (в зависимости от прогнозных оценок) рекомендуется перевод животных на «чистые» корма.

Г. Плотность загрязнения более 40 Ки/км².

Согласно зональному делению земель при уровне загрязнения почвы ^{137}Cs более 40 Ки/км² данная территория относится к так называемой «зоне отчуждения», в которой величина годовой эффективной эквивалентной дозы может превышать 50 мЗв. Согласно действующим нормам радиационной безопасности (НРБ-99) в зоне отчуждения постоянное проживание не допускается, хозяйственная деятельность и природопользование регулируются специальными актами, осуществляются меры мониторинга и защиты работающих с обязательным дозиметрическим контролем.

Однако реально на территориях, относящихся к зоне отчуждения, значительная

часть населения продолжает жить и вести сельскохозяйственное производство. Этим обстоятельством объясняется противоречивая ситуация, в которой даются рекомендации по ведению сельского хозяйства на территориях, для которых данный вид деятельности противопоказан по любым критериям.

1. Итак, при уровнях загрязнения ^{137}Cs выше 40 Ки/км^2 выращивание продовольственных и кормовых культур не допускается. Необходимо предельное сокращение земель сельскохозяйственного использования, по крайней мере, на несколько десятков лет (в зависимости от уровня загрязнения).

2. Если невозможно полностью исключить сельскохозяйственное производство, то следует найти пути перепрофилирования направления хозяйственной деятельности.

Основные направления перепрофилирования в условиях радионуклидных загрязнений предполагают, прежде всего, исключение производства продуктов животноводства и продовольственных культур, кроме производства овощей защищенного грунта, если позволяют экономические ресурсы и соответствующая квалификация персонала.

Среди других направлений перепрофилирования производства можно выделить следующие:

1) производство технических, масличных и эфиромасличных культур (волокнистые и прядильные культуры; сахарная свекла; подсолнечник, рапс, конопля и клещевина для получения как пищевого, так и технического масла; картофель для переработки на спирт и др.);

2) семеноводство различных видов растений. Даже в случае получения семенной продукции, например зерна, имеющей высокий уровень загрязнения радионуклидами, последующее выращивание растений из этих семян на незагрязненных территориях приведет к разбавлению концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr на единицу массы и получению практически чистой конечной продукции;

3) выращивание саженцев плодовых и декоративных культур;

4) лесоразведение.

В животноводстве перепрофилирование отрасли предполагает также несколько вариантов:

1) изменение состава поголовья скота. Установлено, что наиболее чистое мясо производится в свиноводстве, наиболее загрязненное — в овцеводстве. Крупный рогатый скот занимает в этом отношении промежуточное положение. Птицеводство является отраслью, обеспечивающей наименьшее загрязнение продукции животноводства радионуклидами;

2) перевод направленности хозяйства с молочного на мясное, исходя из того, что производство молока является наиболее рискованным направлением хозяйствования на территории, загрязненной радионуклидами;

3) частичная или полная ориентация на производство непищевой продукции животноводства, например организация ферм для пушного звероводства.

Контрольные вопросы:

1. Какие растения в большей степени накапливают радионуклиды?

2. Что такое внутреннее облучение организма и чем оно вызвано?

3. Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию.

4. Какие основные источники поступления радионуклидов в организм человека в Брянской области?

5. Особенности сельскохозяйственного использования территорий с различной плотностью радиоактивного загрязнения.

СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

Цель занятия: оценить уровень антропогенного прессинга на функционирование агроэкосистем; дать оценку возможного влияния основных загрязнителей на живые организмы и их сообщества.

ВОПРОСЫ:

1. *Сельскохозяйственное производство как источник загрязнения окружающей среды.*
2. *Влияние тяжёлых металлов на живые организмы.*
3. *Классификация загрязнений экологических систем. Функционирование агроэкосистем в условиях техногенеза.*
4. *Принципы всеобщей связи в системе «почва – растение – животное – человек - окружающая среда».*
5. *Проблемы производства экологической продукции. Сущность понятия «экологически чистая продукция».*
6. *Малоотходные и безотходные технологии в сельском хозяйстве.*
7. *Влияние человека на круговороты веществ и потоки энергии в природе.*
8. *Техногенное загрязнение агроэкосистем. Источники, виды и направленность неблагоприятного воздействия.*
9. *Влияние загрязнения окружающей среды на продуктивность агроэкосистем.*
10. *Основные источники загрязнения экосистем на территории Брянской области.*

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ

Цель занятия: изучить энергетическую эффективность агроэкосистем; структуру энергетических субсидий в агроэкосистеме; рассмотреть методы снижения энергозатрат в сельском хозяйстве.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Основной целью сельскохозяйственной деятельности человека на протяжении всей его истории являлось получение максимально возможного количества продукции для обеспечения его потребностей. Однако в современную эпоху эта цель была дополнена еще одним условием: эта продукция должна быть получена с максимально возможной эффективностью использования энергии.

Это существенное дополнение связано с приобретающей все большую остроту проблемой нехватки энергетических и материальных ресурсов: ростом населения, истощением запасов полезных ископаемых, деградацией сельскохозяйственных земель, прогрессирующим их загрязнением.

Одно из основных отличий природных экосистем от сельскохозяйственных (агроэкосистем) заключается в том, что последние в процессе своего функционирования по-

лучают дополнительную энергию в виде использованного топлива, удобрений, пестицидов, работы машин и т.д.

Эти вложения в агроэкосистемы могут быть эффективными только в том случае, если будут обоснованными и сбалансированными.

В структуре энергетических субсидий (рис. 4) целесообразно выделить два блока: сельскохозяйственный и промышленный.



Рисунок 4. Структура энергетических субсидий в производство сельскохозяйственной продукции

Промышленный блок, включающий в себя удобрения и другие средства химизации, технику, энергоносители, утилизацию и захоронение отходов, отвечает за предоставление в распоряжение сельскохозяйственного блока необходимых материалов. В данном случае поставляемая в агроэкосистемы энергия - это энергия, затраченная на производство конкретных ресурсов. Сельскохозяйственный блок представляет собой энергию, затраченную на их рациональное применение.

Рассмотрим подробнее структуру энергетических субсидий в рамках сельскохозяйственного блока. Она имеет следующие составные части:

1. Управление.

Вложение антропогенной энергии в любую биологическую систему для обеспечения требуемой окупаемости нуждается в системном подходе, который основан на: а) создании информационной базы об объекте;

б) структурировании полученной информации; в) составлении системы применения энергии; г) контроле.

Первый пункт в применении к сельскому хозяйству представляет собой научные изыскания, направленные на изучение почвенного покрова, его свойств и показателей, имеющих отношение к почвенному плодородию (содержание гумуса, биогенных элементов, физико-химические показатели и т.д.); разработку и изучение влияния агрохимикатов на сельскохозяйственные культуры почвы и сопредельные среды; выведение новых сортов, поиск новых культур.

Второй пункт - это выявление законов и закономерностей функционирования агроэкосистемы в условиях антропогенного воздействия, логическое объединение научной инфор-

мации в блоки, разделы, подразделы, облегчающее ее изучение и преподавание.

Третий пункт - применение имеющейся информации: составление методических указаний к применению агрохимикатов, разработка систем применения удобрения, севооборотов и т.д.

Четвертый пункт представляет собой составление системы мероприятий, обеспечивающих контроль за функционированием агроэкосистемы, а также за качеством получаемой продукции. В настоящее время контроль осуществляется в рамках агроэкологического мониторинга (плановые агрохимические обследования сельскохозяйственных угодий, агроэкологический мониторинг реперных участков, экологическая паспортизация полей и т.д.) и сертификации сельскохозяйственной продукции.

2. Производственная часть.

Эта часть энергетических субсидий в агроэкосистему представляет собой вложения непосредственно в процесс сельскохозяйственного производства. При этом целесообразно выделить субсидии краткосрочные и долговременные. Краткосрочные энергетические субсидии - это внесение удобрений, применение средств защиты растений, обработка почвы и т.д., то есть вложения в мероприятия, определяющие урожайность культур в данном комплексе условий. Долговременные субсидии, к которым относится окультуривание почв, мелиоративные мероприятия, известкование, гипсование и др., направлены на обеспечение высокой урожайности за счет изменения имеющегося комплекса условий. Сюда же можно отнести и обеспечение хозяйства средствами механизации.

Производственные энергетические субсидии имеют собственную подсистему управления: агрономическую и агрохимическую службу, управление техническим парком, экономическую службу, общее управление хозяйством.

Кратко рассмотрим содержание составных частей *промышленного* блока.

Техника как энергетическая субсидия представляет собой затраты энергии на ее производство, включая все стадии: разведка и добыча минеральных ресурсов, их переработка и создание конкретной технической единицы, а также разработка технологии производства, обучение персонала и, в конце концов, энергетические затраты на компенсацию ущерба окружающей среде.

Средства химизации - это энергия, затраченная на добычу агроруд, их переработку, разработку технологии производства, обучение персонала и также расходы на ликвидацию экологических последствий производства.

Энергоносители относятся к энергетическим субсидиям, которые расходуются не только на обеспечение сельскохозяйственного блока, но и на производство техники, средств химизации и других компонентов промышленного блока. Они так же, как и другие компоненты этого блока, требуют затрат на разведку, добычу, переработку и т.д., однако в отличие от них, энергоносители включают в себя энергию химических связей - аккумулированную энергию Солнца, которая и является основной движущей силой всего производственного процесса.

В любом производстве на выходе, помимо продукции, образуются отходы, которые в различной степени опасны для окружающей среды и игнорирование данной проблемы однозначно ведет к деградации природной среды. В связи с этим на любом производстве необходимы затраты определенного количества энергии на утилизацию, хранение и захоронение отходов. Как и в предыдущем случае, переработка и изоляция отходов требует создания техники, технологии, обучения персонала и также ликвидации ущерба окружающей среде.

Для объективной оценки эффективности современных агроэкосистем применяется энергетический анализ, который построен на учете соотношения энергии, полученной и затраченной в процессе функционирования агроэкосистемы. Снижение энергозатрат на

производство единицы продукции в настоящее время является основной задачей, стоящей в сельском хозяйстве.

Расчёт энергии, накопленной в урожае (E_y), проводится по формуле:

$$E_y = U_{к.е.} \times 0,85 \times K_y$$

где: $U_{к.е.}$ – урожайность основной продукции, ц к.ед./га;

K_y – энергосодержание 1 ц сухого вещества, тыс.МДж;

0,85 – коэффициент пересчёта на сухое вещество.

$$U_{к.е.} = U_{оп} \times P$$

где: $U_{оп}$ – урожайность основной продукции, ц/га;

P – кормовая ценность 1 ц продукции, к.ед.

Энергетическая эффективность ($K_{э}$) определяется по формуле:

$$K_{э} = \frac{E_y}{E_c}$$

где: E_y – энергия, накопленная в урожае основной продукции, МДж/га;

E_c – совокупные энергозатраты, тыс. МДж/га.

Энергоёмкость основной продукции (E_n) определяется путём деления всех совокупных энергетических затрат, связанных с технологией возделывания культуры, на выход продукции в ц к.ед. с 1 га:

$$E_n = \frac{E_c}{U}$$

где: E_c – совокупные энергетические затраты, тыс.МДж/га;

U – урожайность основной продукции, ц к.ед./га.

Совокупные энергетические затраты (тыс. МДж/га) в севооборотах составляют:

Зернопропашной	33	Сидеральный	29
Травянопропашной	31	Зернотравяной	28
Плодосменный	30	Травянозерновой	27

Задание:

Используя данные из приложений 1 и 2 провести энергетическую оценку продуктивности севооборота

Культуры	Урожайность основной продукции, ц/га	Сбор к.ед., ц/га	Энергосодержание основной продукции Е _у , МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, К _э	Энергоёмкость 1 ц к.ед., МДж, Е _п
Севооборот					
В среднем по севообороту	-		-		

Рекомендации по снижению энергоёмкости продукции _____

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность энергетического подхода к анализу эффективности агроэкосистем?
2. Технология возделывания какой культуры является энергетически более выгодной и энергетически менее выгодной?
3. Чем характеризуется круговорот веществ и поток энергии в агроландшафтах и естественных фитоценозах?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ**

Цель занятия: изучить особенности пестицидов на живые организмы; научиться проводить оценку эколого-гигиенической ситуации по количественным параметрам

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Пестициды (от *лат.* – зараза и убиваю) – химические препараты для защиты растений, сельскохозяйственной продукции, для уничтожения паразитов у животных, для борьбы с переносчиками опасных заболеваний и т.п.

Пестициды распространяются на значительные расстояния от мест их применения. Многие могут сохраняться в почвах достаточно долго (до 10 и более лет). Подсчитано, что 98% инсектицидов и фунгицидов, 60-95% гербицидов не достигают объектов подавления, а попадают в атмосферу, наземные биомы, почву, водоёмы (рис. 5). Пестициды отличаются не только высокой токсичностью, но и чрезвычайной биологической активностью и способностью накапливаться и увеличивать свои концентрации по пищевым (трофическим) цепям.

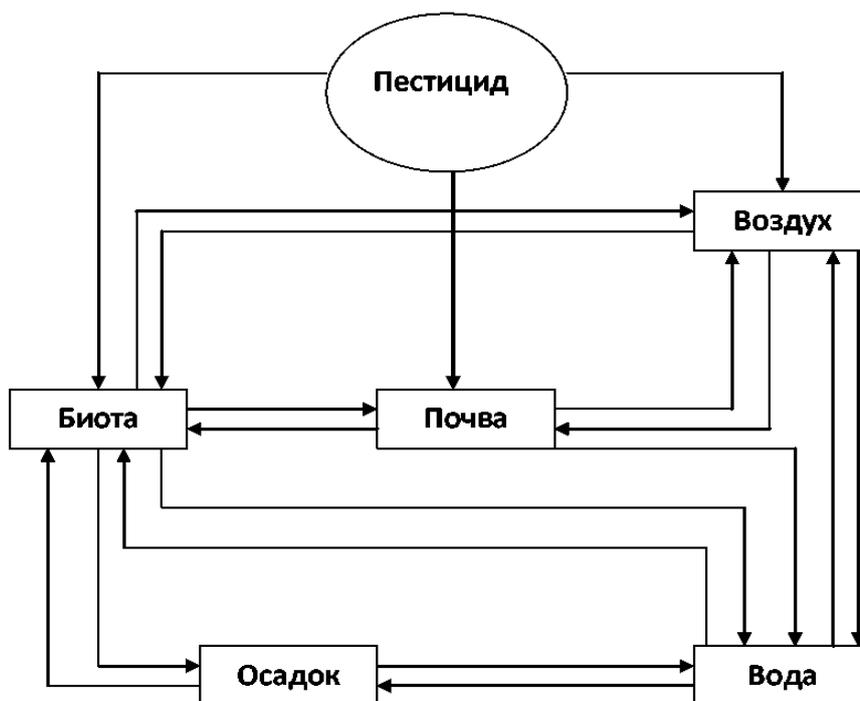


Рисунок 5. Пути миграции пестицидов и их метаболитов в окружающей среде

По степени комплексного воздействия на организм пестициды разделены на четыре класса: I - чрезвычайно опасные; II - высокоопасные; III - умеренно опасные; IV - малоопасные.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Санитарно-гигиеническая классификация пестицидов построена по степени их токсичности для биологических объектов, кумулятивным свойствам, степени летучести и стойкости в почве с учетом возможности циркуляции во внешней среде.

Одним из важнейших санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к пестицидам, является, возможно, более низкая острая и особенно хроническая токсичность для теплокровных животных и человека.

Острая токсичность вещества характеризуется летальной дозой ЛД₅₀ - средней дозой вещества в миллиграммах на 1 кг живой массы, вызывающей гибель 50% подопытных животных. В зависимости от летальной дозы оценивается степень токсичности химических препаратов.

По степени воздействия на организм при введении в желудок пестициды подразделяются на четыре класса опасности:

1. Сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) ЛД₅₀ - менее 50 мг/кг;
2. Высокотоксичные - ЛД₅₀ от 51 до 200 мг/кг;
3. Среднетоксичные - ЛД₅₀ от 201 до 1000 мг/кг;
4. Малотоксичные - ЛД₅₀ более 1000 мг/кг.

При поступлении через кожные покровы токсичность подразделяется на:

1. Резко выраженную (ЛД₅₀ меньше 300 мг/кг);
2. Выраженную (ЛД₅₀ 301-1000 мг/кг);
3. Слабовыраженную (ЛД₅₀ более 1000 мг/кг).

По степени летучести пестициды делятся:

1. Очень опасное вещество (насыщающая концентрация больше или равна токсичной);
2. Опасное вещество (насыщающая концентрация больше пороговой);
3. Малоопасное вещество (насыщающая концентрация не оказывает порогового действия).

По способности к кумуляции (накоплению в организме в результате неполной детоксикации и вывода из организма) различают

1. Вещества, обладающие сверхкумуляцией (коэффициент кумуляции $K_{кум}$ меньше 1);
2. Вещества, обладающие выраженной кумуляцией ($K_{кум}$ 1-3);
3. Вещества, обладающие умеренной кумуляцией ($K_{кум}$ 3-5);
4. Вещества, обладающие слабовыраженной кумуляцией ($K_{кум}$ >5).

Коэффициент кумуляции ($K_{кум}$) характеризует величину кумуляции и определяется отношением среднелетальной дозы вещества при многократном введении к среднелетальной дозе разового применения:

$$K_{кум} = \frac{ЛД_{50} \text{ (в хроническом опыте)}}{ЛД_{50} \text{ (в остром опыте)}}$$

Чем меньше коэффициент кумуляции, тем более выраженным кумулятивным действием характеризуется препарат.

По устойчивости в почве (персистентность) пестициды делятся на:

1. Очень стойкие (период разложения на нетоксичные компоненты свыше 2 лет);
2. Стойкие (время разложения от полугода до 2 лет);
3. Умеренно стойкие (время разложения от 1 до 6 месяцев);
4. Малостойкие (время разложения 1 месяц).

Кроме перечисленных выше основных критериев, позволяющих дать гигиеническую оценку пестицидам, изучаются и другие патологические эффекты их действия на организм, такие как бластомогенность, мутагенность, тератогенность, эмбриотропность.

Бластомогенность характеризует способность вещества вызывать образование опухолей. Если опухоль злокачественная, препарат относят к канцерогенным и различают:

- явные канцерогены (вызывают рак у людей);
- канцерогены (вызывают опухоли у животных, действие на людей не установлено);
- слабые канцерогены (единичные случаи образования опухолей у животных).

Мутагенность пестицидов характеризуется частотой появления мутаций у растений, животных и дрозофил. По этому признаку выделяют пять групп пестицидов:

- супермутагены (вещества, вызывающие 100% мутаций у растений и животных; за 100% принимается 100 мутаций на 100 хромосомах);
- сильные мутагены (вещества, вызывающие у дрозофилы 5-10% мутаций);
- средние мутагены (2-5% мутаций);
- слабые мутагены (1-2% мутаций);
- очень слабые мутагены (0,5-1% мутаций).

Тератогенность - способность пестицидов вызывать появление уродств у потомства. Различают:

- явные тератогены (препараты, вызывающие уродства у людей);

- потенциальные тератогены (препараты, ведущие к появлению уродств у экспериментальных животных).

Эмбриогенность - свойство пестицидов нарушать нормальное развитие зародыша. Различают:

- избирательную эмбриогенность (характеризуется отсутствием токсичности для материнского организма);
- умеренную эмбриогенность (проявляется при наличии других токсических эффектов).

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Опасность пестицидов как загрязнителей окружающей среды определяется главным образом их поведением на территории сельскохозяйственных угодий, где они применяются и откуда могут мигрировать. Поэтому экотоксикологическая оценка отдельных препаратов должна в первую очередь базироваться на данных о динамике их содержания в почве и растениях на обрабатываемых полях.

Помимо потенциальной возможности циркуляции в биосфере, необходимо учитывать токсичность и другие свойства, определяющие большую или меньшую угрозу губительного действия на полезную фауну и флору наземных и водных экосистем, а также опасность загрязнения продуктов питания.

Для комплексной оценки опасности пестицидов используется шкала разработанная М.С. Соколовым с соавт. (табл. 10), где предлагается использовать интегральный критерий, выраженный суммой оценочных баллов для различных классов опасности как по экотоксикологическим, так и санитарно-гигиеническим показателям.

Таблица 10 - Шкала оценочных баллов для уровней опасности пестицидов

Гигиенические показатели	Параметры класса	Оценочный балл
Персистентность в почве	до 1 месяца	2
	1-6 месяцев	4
	0,5-2 года	6
	>2 лет	8
Действие на почвенные ферментативные процессы и биоту	Не влияет	0
	Действует на единичные процессы и популяции	1
	Действует на несколько процессов и популяций	2
Миграция по почвенному профилю	Не мигрирует	0
	Мигрирует до 15 см	1
	Мигрирует до 50 см	2
	Мигрирует > 50 см	3
Транслокация в культурные растения	Не поступает в растения	0
	Поступает, но отрицательно не действует	1
	Поступает в продукты урожая	2
	Проявляет фитотоксическое действие	3
Реакция на инсоляцию	Подвержен фотохимическому разложению	0
	Не подвержен	1

ДОК для продуктов урожая	> 1 мг/кг	0
	1-0,1 мг/кг	1
	0,1-0,01 мг/кг	2
	<0,01 мг/кг	3
ПДК для воды водоемов	> 1 мг/кг	0
	1-0,1 мг/кг	1
	0,1-0,01 мг/кг	2
	< 0.01 мг/кг	3
Пороговая концентрация для питьевой воды	> 0,1 мг/кг	0
	0.1-0,01 мг/кг	1
	0,01-0,001 мг/кг	2
Действие на органолептические ка-	Не ухудшает	0
	Ухудшает	1
Летучесть	Нелетучее вещество	0
	Насыщающая концентрация ниже пороговой	1
	Насыщающая концентрация равна пороговой	2
	Насыщающая концентрация равна токсичной	3
Токсичность для теплокровных (ЛД ₅₀)	> 1000 мг/кг	1
	201-1000 мг/кг	2
	51-200 мг/кг	3
	< 50 мг/кг	4
Коэффициент кумуляции в организме теплокровных	>5	0
	3-5	1
	1-3	2
	<1	3

Пестициды, суммарный оценочный балл которых не превышает 13, относятся к группе малоопасных, 14 - 21 - среднеопасных и более 21 - опасных.

В связи с тем, что даже близкие по химическому составу вещества часто существенно отличаются по эколого-гигиеническим показателям, при выборе пестицидов необходимо учитывать свойства каждого препарата.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО КОЛИЧЕСТВЕННЫМ ПАРАМЕТРАМ

При планировании мероприятий по охране окружающей среды и продуктов урожая от загрязнения пестицидами следует учитывать потенциальную опасность распространения и накопления токсичных веществ на территории зон, районов, хозяйств или даже отдельных севооборотов, что определяется масштабом поставленной задачи. Для характеристики экотоксикологической ситуации с использованием числовых параметров может быть использована методика, разработанная М.С. Соколовым и М.А. Глазовской с некоторыми дополнениями.

Оценка уровня опасности, создаваемой применением пестицидов на данной территории, проводится по таким показателям:

скорректированному оценочному индексу для отдельных препаратов, среднему оценочному индексу используемого ассортимента пестицидов, величине нагрузки пестицидов на единицу земельной площади и скорректированному индексу способности самоочищения территории.

Средний оценочный индекс ($I_{ср}$) характеризует усредненный уровень опасности используемого ассортимента пестицидов на данной территории и представляет собой среднее взвешенное из оценочных баллов каждого препарата. Для его расчета определяется сумма произведений коэффициента использования каждого пестицида на его оценочный балл:

$$I_{ср} = \sum (K_{и} \times B_{о})$$

Коэффициент использования пестицида ($K_{и}$) представляет собой относительную долю каждого препарата в общем объеме всего использованного ассортимента пестицидов. Для его расчета площадь, обработанную отдельным пестицидом - S (в пересчете на 1 след), делят на общую площадь применения пестицидов ($S_{о}$):

$$K_{и} = \frac{S}{S_{о}}$$

Величина нагрузки пестицидов на территорию определяется по условной дозе на единицу общей земельной площади района и на единицу пахотной площади, включая обрабатываемые пестицидами многолетние насаждения (сады, виноградники).

Условная доза (Уд) рассчитывается путем деления общего количества использованных пестицидов в препаративных формах на общее количество гектаров сельскохозяйственных угодий.

$$Уд = \frac{S \times N}{S \text{ с / х. угодий}}$$

Расчеты проводят по препаративным формам, а не по действующему веществу, так как многие ингредиенты, в частности синтетические поверхностно-активные вещества, характеризуются выраженным биологическим действием.

Для того чтобы определить степень опасности загрязнения природных ландшафтов, вычисляют условную дозу пестицидов для всей земельной территории района. Чем меньше величина этой дозы по отношению к дозе для сельскохозяйственных угодий, тем меньше угроза загрязнения пестицидами естественных экосистем и больше вероятность их быстрого самоочищения.

Для объективной оценки экотоксикологической ситуации в различных районах необходимо учитывать и такой параметр, как способность территории к самоочищению. Самоочищающая способность той или иной территории может быть выражена усредненным количественным показателем - скорректированным индексом ($I_{сск}$), представляющим средневзвешенный оценочный балл для данного региона.

Различной способности к самоочищению соответствуют следующие индексы: очень интенсивная $>0,80$, интенсивная $0,80-0,61$, умеренная $0,60-0,41$, слабая $0,40-0,20$, очень слабая $<0,20$.

Оценить и сравнить экотоксикологическую ситуацию в разных районах можно, пользуясь интегральным экотоксикологическим индексом ($IЭТин$), учитывающим указанные выше параметры:

$$IЭТин = \frac{I_{ср} \times Уд}{I_{сск}}$$

Малоопасная ситуация характеризуется индексом меньше 50, среднеопасная - от 50 до 150 и опасная - больше 150. При необходимости химической защиты растений такой интенсивности требуется усиление мер по санитарному и природоохранному контролю.

наличия биогенных элементов (азот, фосфор, калий). Существующие классификации трофности водоёмов основаны на оценке развития водной биоты, а также на ранжировании концентраций биогенных элементов. Примером может быть классификация Сиренко Л.А. и соавт. (табл. 11).

Таблица 11 - Концентрация биогенных элементов в водоёмах разной трофности

Уровень трофности	Азот, мг/л	Фосфор, мг/л
Олиготрофный	0,3	0,02
Мезотрофный	0,6	0,08
Эвтрофный	1,5	0,5

В последнее время на первое место среди факторов эвтрофирования выходят антропогенные факторы (схема 3).

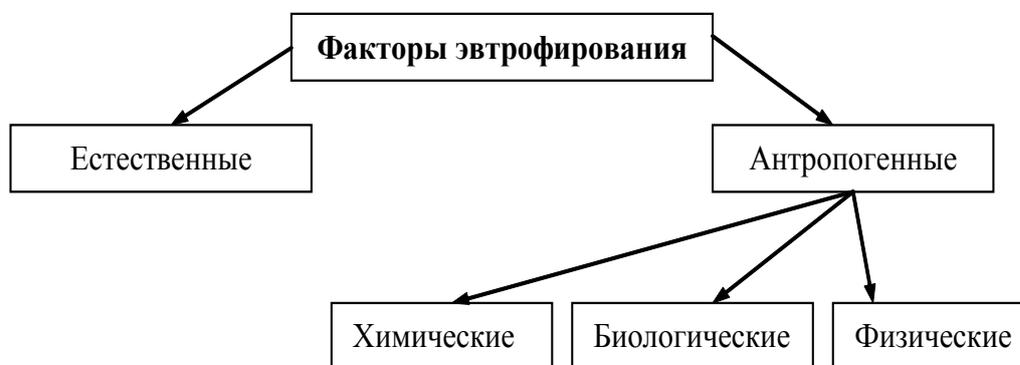


Схема 3. Классификация факторов эвтрофирования

К *естественным* факторам эвтрофирования относятся: атмосферные осадки; инсоляция; температура; фотосинтез; эрозия берегов; азотфиксация микрофлорой; тип подстилающего грунта.

К *антропогенным химическим* факторам эвтрофирования относятся: промышленные выбросы в атмосферу; минерализация атмосферных осадков; поверхностные и ливневые стоки; минеральные удобрения.

К *антропогенным биологическим* факторам эвтрофирования относятся: рекреация; городские и животноводческие стоки; сточные воды промышленных предприятий.

К *антропогенным физическим* факторам эвтрофирования относятся: судоходство; прогревание воды АЭС и ТЭС; окультуривание ландшафтов; слабый водообмен; зарегулирование стока.

Органическое вещество обеспечивает существование животного населения и его видовое разнообразие, численность популяций зависит от количества пищи. После смерти животных возникают проблемы с разложением их трупов и изменением газового состава воды. Процесс повышения трофности водоема называется эвтрофикацией. К наиболее заметным проявлениям эвтрофикации относятся летнее «цветение» водоемов, зимние заморы, быстрое обмеление и зарастание водоемов (рис. 6).

Основными источниками биогенной нагрузки в пределах аграрных территорий являются сельскохозяйственные угодья (пашни, сенокосы, пастбища), объекты животноводства (помещения для содержания скота, отстойники сточных вод, навозохранилища и жижеборники), склады минеральных удобрений, сельские населенные пункты и тер-

ритории садово-огородных товариществ, а также естественный растительный покров (леса, луга, болота) и атмосферные осадки.

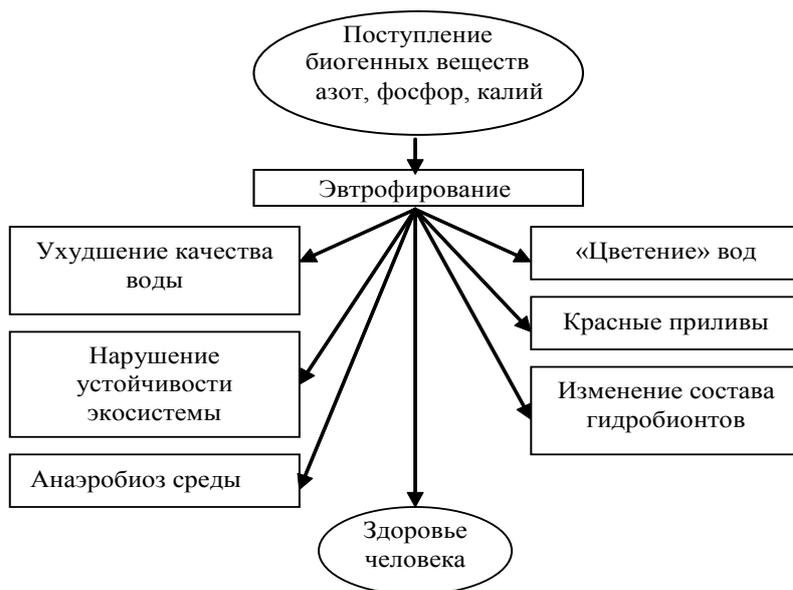


Рисунок 6. Экологические последствия эвтрофирования водоемов

Эти источники подразделяются на *рассеянные* (диффузные, или площадные) и *точечные* (сконцентрированные в пределах ограниченного пространства).

Влияние рассеянных и точечных источников биогенной нагрузки агроэкосистем на загрязнение вод определяется следующими показателями: потери биогенных веществ в растениеводстве и животноводстве, их смыв в результате эрозионных процессов, вынос питательных веществ с коммунально-бытовыми стоками сельских населенных пунктов, а также их поступление в природную среду с атмосферными осадками и разложившимся естественным растительным опадом.

Расчет возможного выноса биогенных веществ с сельскохозяйственных угодий проводят на основе общепринятых агрохимических зависимостей связи величины выноса с характеристиками почв, урожайностью и видом сельскохозяйственных культур. Биологический вынос питательных веществ складывается из хозяйственной и остаточной частей (корневые и пожнивные остатки). После минерализации остаточной части, питательные вещества переходят из органической формы в доступное для растений состояние и приобретают свободу передвижения. Чем больше хозяйственная часть (урожай), тем больше остаточная часть (подземная масса) и выше естественный вынос биогенов из почвы в гидрографическую сеть. Поэтому возможный вынос азота, фосфора и калия с сельскохозяйственных угодий в водоемы (водотоки) находим по формуле:

$$W_{нл} = \sum (R \times S)$$

где $W_{нл}$ – суммарный вынос биогенных веществ с площади водоохранной зоны, т/год;

R – удельный вынос биогенов с площади, занятой конкретной сельскохозяйственной культурой, кг/га;

S – площадь, занятая конкретной культурой, га.

Удельный вынос биогенов (R) находят в зависимости от вида и урожайности конкретной культуры, свойств почв и коэффициента потерь биогенных веществ:

$$R = a \times K \times Y$$

где a - коэффициент миграции биогенного вещества из почв для конкретной культуры (приложение 4);

K - вынос биогенов из почв с урожаем конкретной культуры, кг/ц (приложение 5);

Y – фактическая урожайность конкретной культуры, ц/га.

Исходное количество внесённых в экосистему биогенных элементов определяют по формуле:

$$W_{исх} = \sum (\Phi_m \times W_{ср})$$

где $W_{исх}$ – исходное количество внесённых в почву биогенов, т/год;

Φ_m – физическая масса вносимых удобрений одного вида, т;

$W_{ср}$ – среднее содержание биогенных элементов в удобрении одного вида, (приложение 6).

Физическую массу удобрений вычисляют по формуле:

$$\Phi_m = \sum (S \times N)$$

где S – площадь внесения удобрения одного вида, га;

N – норма внесения удобрения одного вида, т/га.

Повышенные потери биогенов могут наблюдаться при низких уровнях технологий использования удобрений (табл. 12)

Таблица 12 - Потери элементов питания из удобрений в результате нарушений технологий их использования, %

Вид удобрений	Уровень технологий		
	высокий	средний	низкий
Органические	5	10	20
Минеральные	2	4	6

Используя данные таблицы 12 можно определить долю потерь биогенных элементов и вычислить их суммарный вынос с участка в результате нарушений технологии:

$$W_{ном} = \sum (W_{исх} \times q)$$

где $W_{ном}$ - доля потерь биогенных элементов, т/год;

q – доля потерь биогенных элементов в результате нарушений технологии внесения удобрения одного вида;

$W_{исх}$ – исходное количество внесённых в почву биогенных веществ одного вида, т/год.

Общая величина выноса биогенов ($W_{об}$, т/год) составит:

$$W_{об} = \sum W_{нл} + \sum W_{ном}$$

а коэффициент потерь:

$$\alpha_{ном} = W_{ном} / W_{исх}$$

Задание: используя исходные данные (приложение 7), рассчитайте общий вынос биогенов с полей севооборота и предложите меры по снижению этих потерь.

Таблица 13 - Расчет выноса биогенных элементов

Культура	Урожай жай- ность, ц/га	Пло- щадь, га	Коэффициент вы- носа биогенов из почвы (а)			Вынос биогенных веществ из почвы с урожаем (К), кг/ц			Удельный вынос биогенов (R), кг/га			Суммарный вынос биогенов (W _{пл}), т/год		
			<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>
Общая сумма выноса биогенных веществ														

Таблица 14 - Расчёт исходного количества внесённых в почву биогенов, т/год;

Культура	Площадь (S), га	Норма вносимых удобрений (N), т/га				Вносятся удобрений на всю площадь (ФМ), т				Исходное количество внесённых в почву биогенных веществ, т/год					
		азотные	фосфорные	калийные	органические	азотные	фосфорные	калийные	органические	N		P		K	
										мин.	орг.	мин.	орг.	мин.	орг.
Итого:															
Итого внесено биогенных элементов:															

Примечание: В хозяйстве вносят следующие виды удобрений:

Азотные _____

Фосфорные _____

Калийные _____

Таблица 15 - *Расчёт коэффициентов потерь биогенных элементов*

Биогенные элементы	Wпот из удобрений, т/год		Wоб, т/год	α пот
	минеральных	органических		
Азот				
Фосфор				
Калий				

Выводы:

Контрольные вопросы:

1. Что такое эвтрофикация водоёмов?
2. По каким основным критериям характеризуют процесс эвтрофикации?
3. Назовите естественные факторы эвтрофирования водоёмов.
4. Назовите антропогенные факторы эвтрофирования водоёмов.
5. Назовите источники биогенных элементов в аграрных системах.
6. В чём заключаются негативные экологические последствия эвтрофирования водоёмов?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8

*КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ*

Цель занятия: изучить критерии оценки изменения окружающей природной среды; научиться определять состояние экосистем по результатам проведённого мониторинга

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для оценки состояния территории утверждены «Критерии оценки экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия». В соответствии с основными положениями данного документа экологическая обстановка классифицируется по возрастанию степени экологического неблагополучия: относительно удовлетворительная, напряжённая, чрезвычайная экологическая ситуация, экологическое бедствие.

В оценке состояния почв основными критериями экологического неблагополучия являются показатели физической деградации почв, химического и биологического загрязнения (табл. 16).

Таблица 16 - Критерии экологической оценки состояния почв

№ п.п.	Показатели	Степень экологического неблагополучия			
		Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Напряжённая ситуация	Относит. удовлетворительная ситуация
1	2	3	4	5	6
1.	Площадь выведенных из сельскохозяйственного оборота земель в следствие их деградации, % от общей площади сельхозугодий	>50	30-50	5-30	<5
2.	Перекрытость поверхности почвы абиотическими наносами, см	>20	10-20	<10	Отсутствует
3.	Увеличение плотности почвы, кратность равновесной	>1,4	1,3-1,4	1,1-1,3	<1,1
4.	Превышение уровня грунтовых вод, % от критического значения	>50	25-50	<25	Допустимый уровень
5.	Площадь радиоактивного загрязнения, км ² : цезий - 137	>40	15-40	1-15	<1
	стронций-90	>3	1-3	0,3-1	<0,3
	плутоний (сумма изотопов)	>0,1	0,1	<1	—
6.	Потери гумуса в пахотных почвах за 10 лет, %	>25	10-25	1-10	<1
7.	Увеличение содержания легкорастворимых солей, г/100 г	>0,8	0,4-0,8	0,1-0,4	<0,1
8.	Увеличение доли обменного натрия, % от емкости катионного обмена	>25	15-25	5-15	<5
9.	Превышение ПДК химических веществ: 1 класса опасности (включая бензапирен, диоксины)	>3	2-3	1-2	<1
	2 класса опасности	>10	5-10	1-5	<1
	3 класса опасности (включая нефть и нефтепродукты)	>20	10-20	1-10	<1
10.	Снижение уровня активной микробной массы, кратность	>100	50-100	5-50	<5
11.	Фитотоксичность почвы (снижение числа проростков), кратность по сравнению с фоном	>2	1,4-2	1,1-1,4	<1,1

Величины параметров установлены для показателей: площадь выведенных из сельскохозяйственного оборота земель, уничтожение гумусового горизонта, превышение уровня грунтовых вод, радиоактивное загрязнение, превышение ПДК химических веществ (с учетом классов опасности), снижение уровня активной микробной массы, фитотоксичность (по данным биотестирования). В качестве дополнительных показателей используют показатели доли загрязненной сельхозпродукции. Экспертно устанавливают параметры средней урожайности почв сельскохозяйственных территорий.

Изменения геологической среды оценивают по интенсивности и масштабам проявления современного напряженно-деформированного состояния верхних частей литосферы по параметрам критических скоростей деформации и масштабам, ожидаемого сейсмического эффекта. Оценка степени деградации наземных экосистем проводится по критериям, характеризующим негативные изменения в структуре и функционировании экосистем (табл. 17).

Таблица 17 - Критерии оценки деградации наземных экосистем

№ п.п.	Показатели	Степень экологического неблагополучия			
		Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Напряжённая ситуация	Относит. удовлетворительная ситуация
1	2	3	4	5	6
1.	Расчленённость территории оврагами, км/км ²	2,5	0,7-2,5	0,1-0,7	-
2.	Скорость деградации наземных экосистем, % площади в год	>4	2-4	0,5-2	<0,5
3.	Скорость увеличения площади сбитых пастбищ, % площади в год	>8	5-8	2-5	<2
4.	Скорость уменьшения годовой продукции растительности, % в год	>7,5	3,5-7,5	1-3,5	<1
5.	Скорость уменьшения содержания органического вещества почвы, % в год	>7	3-7	0,5-3	<0,5
6.	Скорость сработки (минерализации) торфа, мм/год	>40	10-40	1-10	<1
7.	Скорость увеличения площади засоленных почв, % в год	>5	2-5	1-2	<1
8.	Скорость увеличения площади эродированных почв, % площади в год	>5	2-5	0,5-2	<0,5
9.	Скорость увеличения относительной площади земель с неблагоприятными агрометеорологическими условиями, % от площади ценных сельскохозяйственных угодий в год	>1	0,3-1	0,1-0,3	<0,1

В зоне чрезвычайной экологической ситуации состояние экосистем описывается изменениями в соотношении основных трофических групп и удельной массы одной из групп в пределах 20 - 50 % с нарушением взаимосвязей внутри системы; процессы деградации в этом случае еще обратимы.

В зонах экологического бедствия изменения необратимы и экосистема теряет средо- и ресурсовоспроизводящие функции. Направленность и скорость деградации наземных экосистем рассчитывают по ряду наблюдений за 5 - 10 лет.

Критерии оценки состояния растительности различаются в зависимости от географических условий и типов экосистем. При этом учитывают параметры: уменьшение биоразнообразия, плотности популяции видов-индикаторов, площадь коренных ассоциаций, лесистость, повреждение древостоев и хвойных пород техногенными выбросами, площадь посевов, поврежденных вредителями, проективное покрытие и продуктивность пастбищной растительности, изменение ареалов редких видов и др. (табл. 18). Пороговым значением антропогенной нагрузки следует считать снижение (или повышение) плотности популяции вида-индикатора на 20%, а критическим значением - на 50%.

Таблица 18 - Растительность как индикатор экологического состояния территории

№ п.п	Показатели	Степень экологического неблагополучия			
		Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Напряжённая ситуация	Относит. удовлетворительная ситуация
1	2	3	4	5	6
1.	Уменьшение биоразнообразия (индекс разнообразия Симпсона, в % от нормы)	>50	25-50	10-25	<10
2.	Плотность популяции вида - индикатора антропогенной нагрузки, %	>50<	>25-50<	>20-25<	>20<
3.	Площадь коренных (или квазикоренных) ассоциаций, % от общей площади	<5	<30	30-80	>80
4.	Видовой состав естественной травянистой растительности	уменьшение обилия вторичных видов	смена господствующих видов	смена доминантов и субдоминантов	естественная смена доминантов
5.	Лесистость, % от оптимальной (зональной)	<10	<30	30-90	>90
6.	Запас древесины основных лесообразующих пород, % от нормального	<30	30-60	60-80	>80
7.	Повреждение древостоев техногенными выбросами, % от общей площади	>50	30-50	5-30	<5
8.	Заболевание древостоев, %	>50	30-50	10-30	<10
9.	Гибель лесных культур, % от площади лесокультурных работ	>70	50-70	5-50	<5
10.	Площадь посевов повреждённых вредителями, % от общей	>50	20-50	10-20	<10
11.	Гибель посевов, % от общей площади	>30	15-30	5-15	<5
12.	Продуктивность пастбищной растительности, % от оптимальной	<5	5-30	30-80	>80
13.	Изменение ареалов редких видов	исчезновение ареала	сокращение площади ареала	разделение ареала	отсутствует
14.	Площадь зелёных насаждений (на человека в крупных городах и промышленных центрах) % от нормального	<10	10-30	30-90	>90

Критерии оценки состояния животного мира включают показатели на уровне зооценоза и отдельных видов и популяций. Ранжированы параметры: уменьшение биоразнообразия, плотность популяции видов индикаторов, снижение численности охотничье-промысловых видов (табл. 18). Даже в том случае, когда состояние территории оценивается по статическим параметрам как благополучное, нельзя быть уверенным в том, что ее динамические характеристики также будут соответствовать экологическому благополучию. Поэтому предлагается наряду со статическими использовать *динамические критерии оценки состояния экосистем*. Прежде всего, к ним относится скорость нарастания негативных изменений природной среды: уменьшения биоразнообразия, биопродуктивности, расширения площади нарушенных земель.

Таблица 18 - Состояние фауны и изменения генофонда животных как индикатор экологического состояния территории

№ п.п.	Показатели	Степень экологического неблагополучия			
		Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Напряжённая ситуация	Относит. удовлетворительная ситуация
1.	Уменьшение биоразнообразия, % от исходного	>50	25-50	5-25	<5
2.	Плотность популяции вида - индикатора антропогенной нагрузки, %	> 50	25-50	< 25	-
3.	Уменьшение численности (плотности) охотничье - промысловых видов животных	>10	3-10	2-3	<2

При биогеохимической оценке рассматривают биогеохимические провинции с резким изменением химического элементного состава компонентов окружающей природной среды. Например, основными показателями являются соотношение углерода и азота в почвах, поверхностных водах, растениях, растительных кормах, содержание токсичных химических веществ (ртути, кадмия, свинца, мышьяка и др.) в растениях и растительных кормах (табл. 19).

Таблица 19 - Биогеохимические критерии оценки территории

№ п.п.	Показатели	Степень экологического неблагополучия			
		Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Напряжённая ситуация	Относит. удовлетворительная ситуация
Основные показатели					
1.	Соотношение C:N в почвах	<4	4-8	8-12	12-20
2.	поверхностных водах	<4 или >20	<8 или 16-20	8-12	12-16
3.	растениях	<4	4-8	8-10	10-12
4.	растительных кормах	<4 или >16	<4 или 12-16	4-8	8-12
5.	Содержание хим. элементов в укосах растений и раст. кормах: кадмий, свинец, мышьяк, хром, по превышению ПДК	>10	5-10	1,5-5	1,1-1,5
6.	селен, мг/кг воздушно-сухого вещества	<0,02 или >0,5	0,02-0,05	0,05-0,1	0,1-0,5
7.	фтор, мг/кг воздушно-сухого вещ.	<2 или > 200	2-10 или >50-200	10-50	10-20
8.	медь, мг/кг воздушно-сухого вещ.	<3 или >100	3-5 или 80-100	5-10 или 20-80	10-20
Дополнительные показатели					
9	Соотношение Ca:P в кормах (числитель) с учетом площади аномального ландшафта, % (знаменатель)	<u><0,1 или >10</u> >20	<u>0,4-0,1 или 5-10</u> >20	<u>0,4-1 или 2-5</u> >20	<u>1-2</u> >20
10.	Соотношение Ca:S в растениях и кормах (числитель) с учетом площади аномального ландшафта, % (знаменатель)	<u>≤1</u> >20	<u><10-1</u> >20 или <1	<u><10-100</u> >20 или <1	<u>≥100</u> 100-50
11	Уровень содержания микроэлементов в укосах растений и растительных кормах, мг/кг воздушно-сухого вещ-ва: цинк	<10 или >500	10-30 или 100-500	30-100	30-60
12	железо	<20 или >500	10-30 или 100-500	30-100	30-60
13.	молибден	<0,2 или >50	0,2-2 или 10-50	2-10	2-3
14.	кобальт	<0,1 или >50	0,1-0,3 или 5-50	0,3-5	1
15.	бор	<0,1 или 300	0,1-1 или 30-300	1-30	10

По критерию скорости нарастания изменений выделяют четыре класса динамики экосистем: стабильные и слабо динамичные со скоростью изменений менее 0,5 % площади в год, умеренно динамичные со скоростью изменений 1-2 % (полная смена их происходит за 50 - 100 лет), среднединамичные со скоростью изменений 2 - 3 % (полная смена происходит за 30 - 50 лет), сильно динамичные со скоростью изменений 3 - 4 % в год (полная смена их происходит менее чем за 25 лет). Последний класс соответствует зоне экологического бедствия. Условием получения надежных результатов при использовании такого подхода является достаточная продолжительность наблюдений. Считается, что минимальный срок для определения линейной скорости изменений составляет 8-10 лет, нелинейной - 20 - 30 лет.

Критерии оценки состояния поверхностных вод включают показатели содержания различных химических загрязнителей и биогенных элементов, а также накопление химических веществ в водных организмах (табл. 20).

Таблица 20 - Критерии оценки степени химического загрязнения поверхностных вод, при сохранении химического загрязнения в течение 3 лет

№ п.п.	Показатели	Степень экологического неблагополучия			
		Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Напряжённая ситуация	Относит. удовлетворительная ситуация
1	2	3	4	5	6
Основные показатели					
1.	Химические вещества ПДК для классов опасности: I - II	>10	5-10	1-5	<1
	III-IV	>100	50-100	1-50	<1
2.	ПХЗ-10 *для классов опасности: I-II	>80	35-80	1-35	<1
	III-IV	>500	250-500	10-250	<10
Дополнительные показатели					
3.	Запахи и привкусы, баллов	>4	3-4	2-3	<2
4.	Плавающие примеси (нефть и нефтепродукты)	Пленка темной окраски, занимающая 2/3 пространства	Яркие полосы или пятна тусклой окраски	Единичные пятна тусклой окраски	Отсутствует
5.	Реакция среды, pH	5,0-5,6	5,7-6,5	6,5-7	>7
6.	Химическое потребление кислорода (ХПК) - антропогенная составляющая к фону, мг O ₂ /л	20-30	10-20	-	фоновое
7.	Растворенный кислород, % насыщения	10-20	20-50	50-80	>80
8.	Биогенные вещества: нитриты NO ₂ , ПДК	>10	>5	1-5	<1
	нитраты NO ₃ , ПДК	>20	>10	1-10	<1
	соли аммония NH ₄ , ПДК	>10	>5	1-5	<1
9.	фосфаты PO ₄ , мг/л	>0,6	0,3-0,6	0,05-0,3	<0,05
10.	Минерализация, мг/л (превышение регионального уровня)	3-5	2-3	<2	Региональный уровень
11.	КДА** (коэффициент донной аккумуляции)	>10 ⁴	10 ³ -10 ⁴	10-10 ³	<10
12.	Кн*** (коэффициент накопления в гидробионтах)	>10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁵	10-10 ⁴	<10

* ПХЗ-10 - суммарный показатель химического загрязнения вод для десяти максимально превышающих ПДК загрязняющих веществ.

$$ПХЗ-10 = \frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_{10}}{ПДК_{10}},$$

где: C_1, C_2, \dots, C_{10} – концентрации химических веществ в воде;

ПДК – рыбохозяйственные.

** $КДА = C_{д.о.} / C_B$, где $C_{д.о.}$ и C_B - концентрация загрязняющих веществ соответственно в донных отложениях и в воде.

*** $K_B = C_{Г} / C_B$, где $C_{Г}$ - концентрация загрязняющих веществ в гидробионтах.

Задание:

1. В соответствии с результатами мониторинга агроландшафта, заданной территории и общей площади посева сельскохозяйственных культур (приложение 8) заполнить таблицу по следующей форме:

№ п.п.	Показатели	Единицы измерения	Величина показателя	Степень деградации экосистемы
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

2. Оценить степень нарушенности данного агроландшафта.

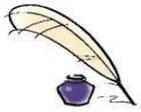
Для выделения зон экологического **риска, кризиса и бедствия** необходимо учитывать пространственную неоднородность нарушенных зон и наличие в ней комбинаций относительной площади разной степени нарушенности:

Нарушение	Относит. удовлетворительная ситуация	Напряжённая ситуация	Чрезвычайная экологическая ситуация	Экологическое бедствие
Умеренное	<70	<30	<30	<20
Среднее	<10	>40	>40	>30
Сильное	<5	<40	<30	>40

Например, зона риска может составлять комбинацию, где менее 30% площади занимают слабо измененные, более 40 % площади - средне измененные и менее 40% площади - сильно измененные экосистемы; зона кризиса - менее 30% площади - слабо и средне измененные, более 40% площади - сильно и очень сильно измененные, менее 30% площади - очень сильно измененные экосистемы; зона бедствия - более 40% площади - сильно измененные, менее 20% площади - слабо и средне измененные, более 30% площади - очень сильно измененные экосистемы.

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируется экологическая обстановка по возрастанию степени экологического неблагополучия?
2. Что такое статические и динамические критерии оценки состояния экосистем?
3. Какие классы динамизма экосистем выделяют по скорости нарастания изменений?



Темы рефератов по курсу: «Сельскохозяйственная экология»

1. Современные представления о структуре экологии. Иерархия уровней организации экологии.
2. Учение о биосфере. Этапы развития, роль российских учёных в развитии учения о биосфере.
3. Характеристика современной биосферы. Уровни организации и иерархические зависимости.
4. Влияние человека на круговороты веществ и потоки энергии в природе.
5. Принцип всеобщей связи в системе: почва – растение – животное – человек – окружающая среда. Законы поведения элементов в системе.
6. Ресурсные циклы. Классификация ресурсных циклов и подциклов, особенности функционирования.
7. Сравнительный анализ круговоротов веществ и потоков энергии в природных и сельскохозяйственных экосистемах.
8. Техногенное загрязнение агроэкосистем. Источники, виды и направленность неблагоприятного воздействия.
9. Состояние агроэкосистем Брянской области.
10. Влияние сельскохозяйственной деятельности человека на экологическое равновесие в природе.
11. Особенности функционирования городских экосистем.
12. Загрязнение окружающей среды при сельскохозяйственном производстве. Воздействие на основные компоненты экосистем.
13. Нормирование загрязнений окружающей природной среды.
14. Химическое загрязнение природных вод.
15. Химическое загрязнение почвы.
16. Химическое загрязнение атмосферного воздуха.
17. Влияние изменения экологических факторов среды обитания на здоровье человека.
18. Проблема отходов производства и потребления. Пути решения данной проблемы в различных странах мира.
19. Экологическое состояние урбанизированных территорий.
20. Агроэкологический мониторинг. Использование результатов агроэкологического мониторинга в сельскохозяйственном производстве.
21. Реакция почвенной биоты на антропогенное воздействие. Почвенные микроорганизмы – как индикатор экологического состояния почв.
22. Расчёт экономического ущерба от антропогенного загрязнения окружающей среды.
23. Биоиндикация состояния экосистем.
24. Малоотходные и безотходные технологии в сельском хозяйстве.
25. Глобальные проблемы человечества.
26. Радиоактивное загрязнение окружающей среды и его воздействие на живые организмы.
27. Биологическое разнообразие – как основа устойчивости экосистем. Изменение биоразнообразия при антропогенном воздействии.
28. Отношения к генетически-модифицированным продуктам в различных странах мира.
29. Генетически-модифицированные продукты – панацея или источник новых экологических проблем.



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература

1. Агрэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000.
2. Агрэкология. Методология, технология, экономика /В.А. Черников, И.Г. Грингоф, В.Т. Емцев и др. Под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М.: КолосС, 2004.
3. Данилов-Данильян В. И., Залиханов М. Ч., Лосев К. С. Экологическая безопасность. Общие принципы и российский аспект. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001.
4. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996.
5. Лопырев М.И., Макаренко С.А. Агрolandшафты и земледелие. – Воронеж, 2001.
6. Милащенко Н.З., Соколов О.А., Брайсон Т., Черников В.А. Устойчивое развитие агроландшафтов. Т. 1, 2. – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2000.
7. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. – М.: Колос, 2000.
8. Черников В.А., Милащенко Н.З., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 3. Устойчивость почв к антропогенному воздействию. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001.
9. Черников В.А., Соколов О.А. Экологически безопасная продукция. – М.: КолосС, 2009.
10. Практикум по агроэкологии : учеб. пособие для вузов /Титова В. И., Дабахова Е. В., Дабахов М. В. - Н. Новгород :НГСХА, 2005. - 138 с.
11. Агрэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования/ Черногоров А.Л., Чекмарев П.А., Васенев И.И., Гогмачадзе Г.Д. – М.: Издательство Московского Университета, 2012 г.

б) дополнительная литература

12. Определение экотоксикантов в воде, воздухе, почве, растениях и продукции растениеводства. Методические указания к проведению лабораторно-практических занятий по курсу «Экология» для высших с.-х. учебных заведений. – М.: Изд-во МСХА, 1995.
13. Сельскохозяйственная экология / Н.А. Уразаев, А.А. Вакулин, В.И. Марымов и др. – М.: Колос, 2000.
14. Соколов О.А., Бубнова Т.В. Атлас распределения нитратов в растениях. – Пущино, 1989.
15. Соколов О.А., Черников В.А. Атлас распределения тяжёлых металлов в объектах окружающей среды. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1999.
16. Хрисанов Н.И., Осипов Г.К. Управление эвтрофированием водоёмов. – С-Пб.: Гидрометеиздат, 1993.
17. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России.- М.: Финансы и статистика, 1995.
18. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации / Приложение к журналу «Защита и карантин растений».- М., 2013.
19. Герасименко В. П. Практикум по агроэкологии.- СПб.: Лань, 2009.

**Кормовая ценность сельскохозяйственных культур
и отношение урожаев основной продукции к побочной**

Культура	Основная и побочная продукция	Содержание в 1 кг		Отношение основной продукции к побочной
		кормовых ед.	протеина, г	
Озимая пшеница	зерно	1,19	120	1:2
	солома	0,20	5	
Яровая пшеница	зерно	1,18	140	1:1,6
	солома	0,22	10	
Озимая рожь	зерно	1,11	100	1:2
	солома	0,22	5	
Ячмень	зерно	1,13	80	1:1,4
	солома	0,33	13	
Овёс	зерно	1,00	85	1:1,5
	солома	0,31	17	
Горох	зерно	1,17	195	1:1,5
	солома	0,30	35	
Кукуруза	зерно	1,32	78	1:1,2
	стебли	0,38	14	
Просо	зерно	1,15	100	1:1,8
	солома	0,40	23	
Гречиха	зерно	0,98	79	1:1,5
	солома	0,29	28	
Люпин	зерно	1,10	270	1:2
	солома	0,32	23	
Рапс яровой	зерно	1,31	292	1:1,4
	солома	0,32	28	
Картофель	клубни	0,31	14	1:1
	ботва	0,12	16	
Сахарная свёкла	корнеплоды	0,24	10	1:1
	ботва	0,10	18	
Однолетние травы	зелёная масса	0,18	41	-
	сено	0,51	72	
Многолетние травы (злаково-бобовые смеси)	зелёная масса	0,20	22	-
	сено	0,46	65	
Кукуруза	зелёная масса	0,20	15	-
Капуста	кочаны	0,09	18	1:1
	листья	0,07	14	
Свёкла кормовая	корнеплоды	0,15	14	1:1
	листья	0,07	19	

Задание к занятию № 6

Культура	Вредитель	Меры борьбы с указанием сроков и доз применяемых препаратов	Болезнь	Меры борьбы с указанием сроков и доз применяемых препаратов	Сорные растения	Меры борьбы с указанием сроков и доз применяемых препаратов
Озимая пшеница	Клоп вредная черепашка	Обработка посевов Фастак, к.э., 0,15 л/га	Снежная плесень	Протравл. семян Комфорт, кс, 1,2 л/га	Однолетние двудольные	Дикопур Ф, вр, 1,6 л/га
Ячмень	Пьявица	Обработка посевов Тарзан в.э., 0,1 л/га	Мучнистая роса	Протравл. семян Комфорт, кс, 1,2 л/га	Однолетние двудольные	Прима, сэ, 0,5 л/га
Картофель	Колорадский жук	Обработка посевов Колорадо, врк., 0,1 л/га	Фитофтороз	Обработка Акробат МЦ, вдг. 2 кг/га	Однолетние злаковые	Раундап, вр, 2,2 л/га
Кукуруза	Кукурузный мотылек	Обработка посевов Арриво, к. э., 0,15 л/га	Пузырчатая головня	Обработка Оптимо, кэ, 0,5 л/га	Однолетние двудольные	Раундап, вр, 2,5 л/га
Горох	Гороховая тля	Обработка посевов Шарпей, мэ, 0,15 л/га	аскохитоз	Протравливание Фундазол, сп, 3 кг/га	Однолетние двудольные	Базагран, вр, 2 л/га
Озимая рожь	Хлебная жужелица	Обработка посевов Танрек, 0,25 л/га	Снежная плесень	Протравл. семян Комфорт, кс, 1,2 л/га	Однолетние двудольные	Дикопур Ф, вр, 1,6 л/га
Многолетние травы	Клеверный долгоносик	Обработка посевов Базудин, 2 кг/га	Антракноз, аскохитоз	Протравливание Фундазол, сп, 3 кг/га	-	-
Кормовая свекла	Гли, личинки минирующей мухи	Обработка посевов БИ-58 Новый, кэ, 0,7 л/га	Церкоспороз	Обработка Риас, кэ, 0,3 л/га	Однолетние злаковые	Зеллек-супер, кэ, 0,5 л/га

Коэффициенты миграции биогенных веществ, ц/га

Культура	Почва, зона	Коэффициенты миграции		
		α_N	α_P	α_K
Озимая пшеница	Дерново-подзолистая	0,16	0,11	0,07
	Чернозём обыкновенный	0,11-0,12	0,1-0,11	0,01-0,07
Озимая рожь	Дерново-подзолистая	0,28	0,12	0,36
	Чернозём обыкновенный	0,12-0,48	0,04-0,12	0,12-0,41
Яровые зерновые	Для всех зон	0,16-0,48	0,04-0,12	0,12-0,41
Картофель	Дерново-подзолистая	0,21-0,30	0,17-0,19	0,32-0,33
	Чернозём обыкновенный	0,13	0,12	0,21
Мн. травы	Нечерноземная	0,5-0,61	0,15-0,25	0,25-0,6
Кукуруза	Нечерноземная	0,14	0,13	0,2
Сахарная свёкла	Нечерноземная	0,22	0,18	0,32
Кормовая свёкла	Нечерноземная	0,23	0,18	0,32
Люпин	Нечерноземная	0,3	0,09	0,25
Горох	Нечерноземная	0,28	0,1	0,3

Варианты заданий к занятию № 7

ВАРИАНТ 1						
Культура	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Минеральные удобрения, т/га			Органические удобрения, т/га
			Naa	Рсд	Кх	
Ячмень + клевер	210	30	0,3	0,19	0,18	-
Клевер	100	40	0,15	-	-	-
Оз. пшеница	120	36	0,24	0,19	0,15	-
Картофель	50	200	0,41	0,24	0,2	40
Овёс	200	18	0,2	0,18	0,17	-
Кукуруза на з.к.	180	185	0,4	0,25	0,21	45
Люпин	100	28	0,13	0,12	0,1	-
Уровень технологий средний. Площадь с.-х. угодий 3650 га						
ВАРИАНТ 2						
Культура	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Минеральные удобрения, т/га			Органические удобрения, т/га
			Naa	Рсд	Кс	
Овёс	150	17	0,19	0,19	0,19	-
Свёкла корм.	120	300	0,41	0,24	0,21	40
Люпин	110	32	0,13	0,13	0,1	-
Оз. рожь	180	27	0,2	0,18	0,15	15
Кукуруза на з.к.	150	175	0,35	0,2	0,2	-
Оз. пшеница	120	36	0,24	0,19	0,15	-
Картофель	100	240	0,4	0,22	0,17	40
Уровень технологий высокий. Площадь с.-х. угодий 3970 га						
ВАРИАНТ 3						
Культура	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Минеральные удобрения, т/га			Органические удобрения, т/га
			Naa	Рсд	Кх	
Яр. пшеница	250	25	0,25	0,24	0,14	-
Кукуруза на з.к.	270	180	0,38	0,21	0,20	40
Ячмень	180	20	0,29	0,24	0,13	-
Картофель	70	210	0,35	0,23	0,2	50
Горох	90	28	0,1	0,11	0,1	-
Овёс	230	17	0,19	0,19	0,19	-
Однолетн. травы	240	170	0,1	0,05	0,05	-
Уровень технологий средний. Площадь с.-х. угодий 3810 га						
ВАРИАНТ 4						
Культура	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Минеральные удобрения, т/га			Органические удобрения, т/га
			Naa	Рсд	Кх	
Картофель	90	240	0,4	0,22	0,17	40
Горох	110	30	0,13	0,1	0,13	-
Ячмень + клевер	100	17	0,27	0,22	0,18	-
Клевер	100	40	0,15	-	-	-
Оз. пшеница	120	36	0,24	0,19	0,15	-
Кукуруза на з.к.	110	170	0,38	0,21	0,20	40
Ячмень	105	19	0,29	0,24	0,13	-
Уровень технологий высокий. Площадь с.-х. угодий 3300 га						

Варианты заданий к занятию № 8

Вариант 1**Результаты десятилетнего мониторинга агроландшафта.****Общая площадь —1790 га. Площадь пашни 1320 га.**

1. Суммарная длина оврагов составила —13.6 км.
2. Площадь сбитых пастбищ в 1985 г составила 1.5 га, а в 1995 г — 1.8 га.
3. Мощность торфа до мелиорации в 1985 г - 3500 мм, после двух ротаций овощного севооборота в 1993 г - 3436 мм.
4. С 1985 года по 1995 г площадь эродированных почв возросла с 728 до 780 га.
5. Лес занимает 286 га.
6. В 1995 году повреждено вредителями 25 % площади посевов.
7. В 1995 году погибла пшеница на площади 50 га.
8. Содержание бора в силосе однолетних трав 0.5 мг/кг воздушно-сухого вещества.
9. Содержание подвижной формы свинца в почве — 18 мг /кг.
10. Всхожесть семян пшеницы в почве естественного луга —81 %, а в почве поля севооборота — 78%.
11. Среднее содержание гумуса в почвах в 1985 г —2.1 %, в 1995г — 2.0%.
12. Содержание PO_4 в воде озера — 0.04 мг/л.
13. Содержание NO_3 в воде озера— 50 мг/л.
14. Содержание ртути в донных отложениях - 0,027 мг/л, а в воде озера - 0.003 мг/л.

Вариант 2**Результаты десятилетнего мониторинга агроландшафта.****Общая площадь —1700 га. Площадь пашни 900 га.**

1. Суммарная длина оврагов составила —8.5 км.
2. Площадь сбитых пастбищ в 1985 г составила 1.5 га, а в 1995 г — 10.3 га.
3. Мощность торфа до мелиорации в 1985 г - 3500 мм, после двух ротаций овощного севооборота в 1993 г – 3495 мм.
4. С 1985 года по 1995 г площадь эродированных почв возросла с 220 до 222 га.
5. Древесная растительность занимала в 1995 году 600 га
6. В 1995 году повреждено вредителями 15 % площади посевов.
7. В 1995 году погибла пшеница на площади 6 га.
8. Содержание бора в силосе однолетних трав 10 мг/кг воздушно-сухого вещества.
9. Содержание подвижной формы свинца в почве — 2 мг /кг.
10. Всхожесть семян пшеницы в почве естественного луга —81 %, а в почве поля севооборота — 79%.
11. Среднее содержание гумуса в почвах в 1985 г —2.1 %, в 1995г — 2.2%.
12. Содержание PO_4 в воде озера — 0.1 мг/л.
13. Содержание NO_3 в воде озера— 10 мг/л.
14. Содержание ртути в донных отложениях - 0,020 мг/л, а в воде озера - 0.003 мг/л.

Вариант 3**Результаты десятилетнего мониторинга агроландшафта.****Общая площадь - 4320 га. Площадь пашни 2900 га.**

1. Суммарная длина оврагов составила — 47.43 км.
2. Площадь сбитых пастбищ в 1985 г составила 2 га, а в 1995 г — 2.5 га.
3. Мощность торфа до мелиорации в 1985 г - 1520 мм, после лугопастбищного использования к 1995 г - 1510 мм.
4. С 1985 года по 1995 г площадь эродированных почв возросла с 930 до 970 га.
5. Древесная растительность занимала в 1995 году 1555 га
6. В 1995 году повреждено вредителями 8 % площади посевов.
7. В 1995 году погибла оз. пшеница на площади 100 га.
8. Содержание меди в сене 30 мг/кг воздушно-сухого вещества.
9. Содержание подвижной формы свинца в почве — 2 мг /кг.
10. Всхожесть семян пшеницы в почве естественного луга —81 %, а в почве поля севооборота — 79%.
11. Среднее содержание гумуса в почвах в 1985 г -2.5 %, в 1995г — 2.4%.
12. Содержание PO_4 в воде озера — 0.5 мг/л.
13. Содержание NO_3 в воде озера— 20 мг/л.
14. Содержание ртути в донных отложениях - 0,660 мг/л, а в воде озера - 0.003 мг/л.

Вариант 4**Результаты десятилетнего мониторинга агроландшафта.****Общая площадь - 4520 га. Площадь пашни 3500 га.**

1. Суммарная длина оврагов составила —27.43 км.
2. Площадь сбитых пастбищ в 1985 г составила 2 га, а в 1995 г - 0.5 га.
3. Мощность торфа до мелиорации в 1985 г - 1520 мм, после лугопастбищного использования к 1995г - 1510 мм.
4. С 1985 года по 1995 г площадь эродированных почв возросла с 930 до 970 га.
5. Древесная растительность занимала в 1995 году 420 га
6. В 1995 году повреждено вредителями 8 % площади посевов.
7. В 1995 году погибла оз. пшеница на площади 250 га.
8. Содержание меди в сене 30 мг/кг воздушно-сухого вещества.
9. Содержание подвижной формы свинца в почве — 2 мг /кг.
10. Всхожесть семян пшеницы в почве естественного луга —81 %, а в почве поля севооборота — 79%.
11. Среднее содержание гумуса в почвах в 1985 г —2.5 %, в 1995г — 2.4%.
12. Содержание PO_4 в воде озера — 0.5 мг/л.
13. Содержание NO_3 в воде озера— 20 мг/л.
14. Содержание ртути в донных отложениях — 0,660 мг/л, а в воде озера - 0.003 мг/л.

Учебное издание

Силаев Андрей Леонидович

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 15.04.2014. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,72. Тираж 100 экз. Изд. 2676.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии.
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА