

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

**О. М. Бедарева**

**Сельскохозяйственная экология**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
35.03.04 Агрономия

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 574 (075.8)

Рецензент  
кандидат биологических наук, доцент кафедры агрономии и агроэкологии  
ФГБОУ ВО «КГТУ» Е. А. Барановская

Бедарева, О. М.

Сельскохозяйственная экология: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 35.03.04 Агрономия / О. М. Бедарева. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 40 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Сельскохозяйственная экология» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля и материалы по подготовке к контрольной работе (форма обучения заочная).

Табл. – 4, список лит. – 8 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой агрономии и агроэкологии 22 апреля 2022 г., протокол № 6

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 26 мая 2022 г., протокол № 6

УДК 574(075.8)

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2022 г.  
© Бедарева О. М., 2022 г.

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	6
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ.....	37
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	39

## **ВВЕДЕНИЕ**

Дисциплина «Сельскохозяйственная экология» предназначена для студентов 2-го курса подготовки по образовательной программе бакалавров направления 35.03.04 Агрономия соответствует современным тенденциям экологизации сельского хозяйства и тесно связана с проблематикой рационального использования агроландшафта и охраной окружающей среды от негативных воздействий, связанных с интенсификацией сельскохозяйственного производства. Изучение дисциплины требует самостоятельной и активной работы. Целесообразно использовать разнообразную отечественную и зарубежную литературу и интерпретировать получаемые знания применительно к экологическим проблемам сельского хозяйства. Необходимо усвоить, что агроэкосистемы имеют свои специфические особенности, развиваются и функционируют по законам, характерным только для них.

Основной целью освоения дисциплины является формирование знаний и умений, связанных с изучением влияния сельского хозяйства на природные комплексы и их компоненты, взаимодействия между компонентами агроэкосистем и специфику круговорота в них веществ, характера их функционирования в условиях техногенных нагрузок.

При реализации дисциплины «Сельскохозяйственная экология» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Задачи изучения дисциплины: изучение природно-ресурсного потенциала и почвенно-биотического комплекса агроэкосистем; выявление экологических проблем сельского хозяйства: последствия химизации, механизации; обеспечение устойчивого производства качественной биологической продукции при максимальном использовании биоэнергетического потенциала агроэкосистем.

**Знать:** факторы и закономерности, влияющие на развитие, жизнедеятельность и географическое распространение организмов, закономерности функционирования экологических систем, роль антропогенного воздействия, экологические основы охраны окружающей среды.

**Уметь:** проводить полевые экологические наблюдения с использованием специальных методик и приборов.

**Владеть:** навыками работы ведения документации о наблюдениях и экспериментах.

Для успешного освоения дисциплины «Сельскохозяйственная экология» студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые и практические задания. Тестирование обучающихся и решение практических задач проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое

задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после проведения тестирования проводит анализ его работы. Перечень примерных тестовых и практических заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена, к которому допускаются студенты, успешно освоившие темы курса и имеющие положительные оценки.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Сельскохозяйственная экология» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых понятий, вопросов для самоконтроля и подготовки к практическим занятиям и организации самостоятельной работы студентов.

# **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Осваивая курс «Сельскохозяйственная экология», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом в области сельскохозяйственной экологии, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов ЛЗ	
		очная форма	заочная форма
1.	Тема 1. Введение. Природно-ресурсный потенциал сельскохозяйственного производства. Ресурсные циклы	2	2
2.	Тема 2. Сельскохозяйственные системы. Почвенно-биотический комплекс, как основа агроэкосистемы	2	-
3.	Тема 3. Функционирование агроэкосистем в условиях техногенеза	2	-
4.	Тема 4. Биогенное загрязнение вод в условиях интенсификации аграрного производства	4	2
5.	Тема 5. Экологические проблемы химизации. Экологическое стресса	2	-
6.	Тема 6. Животноводческие комплексы и охрана природы	4	-
Итого		16	4

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

## **Тема 1. Введение. Природно-ресурсный потенциал сельскохозяйственного производства. Ресурсные циклы**

*Ключевые вопросы темы*

1. Природные ресурсы. Классификация природных ресурсов. Природный потенциал.
2. Климатические ресурсы.
3. Земельные и почвенные ресурсы.
4. Водные ресурсы. Естественные и биологические ресурсы.

5. Ресурсные циклы. Взаимодействие природы и общества. Виды ресурсных циклов.

## 6. Эффективность использования природных ресурсов. Кадастры.

*Ключевые понятия:* природные ресурсы, классификация природных ресурсов, природный потенциал, природно-ресурсный потенциал, климатические ресурсы, водные ресурсы, земельные и почвенные ресурсы, естественные биологические ресурсы, ресурсные циклы, кадастры

### *Методические рекомендации*

При рассмотрении первого вопроса необходимо привести классификацию природных ресурсов по различным характеристикам, которые условно подразделяют на неисчерпаемые, исчерпаемые, возобновимые и невозобновимые, на заменимые и незаменимые. По отношению к тем или иным компонентам природы различают следующие виды и группы природных ресурсов: геологические, минеральные, климатические, водные, земельные, биологические; в зависимости от характера использования в производственной и непроизводственной сферах; характеристика природных ресурсов по источникам и местонахождению.

Отвечая на вопрос о природном потенциале, необходимо от природных ресурсов отличать природные условия – совокупность объектов, явлений и факторов природной среды. Сочетание природных условий и ресурсов формирует природно-ресурсный (природный) потенциал. Рассмотреть вопрос об экологическом потенциале территории.

По второму вопросу обращаемся к высказыванию академика Е. К. Федорова, который заметил, что климат и водные ресурсы нашей страны всегда предоставляли народам, ее населяющим, широкие возможности для развития многоотраслевого хозяйства, но постоянно требовали внимательного к себе отношения.

Правомерно полагать, что с повышением научно-технического уровня сельского хозяйства роль метеорологических факторов возрастает. Агроклиматический потенциал в России ниже, чем в других странах. Прежде всего это видно при сравнении среднегодового количества осадков в нашей стране и за рубежом.

Основной вывод при ответе на второй вопрос заключается в том, что для учета и рационального использования климатических ресурсов важно соблюдать соответствие классификаций климата классификациям сельскохозяйственного производства, т. е. классификация климата по теплообеспеченности должна быть адекватной классификации культур по их требованиям к теплу, классификация продуктивности климата – классификации культур по их продуктивности.

Для ответа на третий вопрос необходимо проанализировать данные, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение земельных угодий по природным зонам Российской Федерации

Природная зона	Площадь зоны		Структура почвенного покрова		Облесенность, %	Сельскохозяйственные угодья, % территории зоны		
	млн. га	%	преобладающие типы почв	площадь, млн. га		всего	пашня и многолетние насаждения	кормовые угодья
Полярно-тундровая	197,8	11,6	– Арктические и полярно-пустынные	2,5	-	0,03	-	-
			– Тундрово-глеевые и тундрово-иллювиально-гумусовые	132,5				
			– Болотные	17,5				
Лесотундрово-северотаежная	233,6	13,7	– Глееподзолистые и подзолистые	119,0	37,7	0,5	-	-
			– Иллювиально-гумусовые					
			– Глеемерзлотно-таежные	82,5				
			– Болотные	22,5				
Среднетаежная	222,8	13,0	– Подзолистые	91,0	76,4	-	-	-
			– Мерзлотно-таежные	80,5				
			– Болотно-подзолистые	21,0				
			– Болотные	20,5				

Природная зона	Площадь зоны		Структура почвенного покрова		Облесенность, %	Сельскохозяйственные угодья, % территории зоны		
	млн. га	%	преобладающие типы почв	площадь, млн. га		всего	пашня и многолетние насаждения	кормовые угодья
Южнотаежная	245,4	14,3	– Дерново-подзолистые	157,5	57,6	17,3	10,4	6,9
			– Боротаежные	27,0				
			– Бурые лесные	10,5				
			– Болотно-подзолистые	18,0				
			– Болотные	24,0				
Лесостепная	127,7	7,5	– Серые лесные		27,5	57,2	40,6	16,6
			– Черноземы оподзоленные					
			– Выщелоченные и типичные лугово-черноземные					
Степная	79,9	4,7	– Болотные		-	73,3	47,3	26,0
			– Черноземы обыкновенные и южные					
			– Лугово-черноземные					
			– Солонцы и солонцовые комплексы					
Сухостепная	22,2	1,3	– Болотные		-	85,5	51,8	33,7

Природная зона	Площадь зоны		Структура почвенного покрова		Облесенность, %	Сельскохозяйственные угодья, % территории зоны		
	млн. га	%	преобладающие типы почв	площадь, млн. га		всего	пашня и многолетние насаждения	кормовые угодья
			– Темно-каштановые и каштановые					
Полупустынная	14,7	0,9	– Солонцы и солонцеватые комплексы, 75,9 солончаки		-	75,9	13,5	62,4
			– Светло-каштановые и бурье полупустынные					
Горные территории вертикальной зональностью почвенно-растительного покрова	565,7	33,0	– Горные почвы		62,7	7,6	1,5	6,1

В четвертом вопросе необходимо акцентировать внимание на проблемы предотвращения истощения и загрязнения водных ресурсов. В этом плане возможное решение вопросов связано с экологизацией промышленного и сельскохозяйственного производства и городского хозяйства, очисткой природных и сточных вод, мелиоративными мероприятиями. Особое место в предотвращении истощения и загрязнения природных вод принадлежит мелиоративным мероприятиям. Осуществление большинства из них требует значительных средств и времени. При проведении мелиораций необходимо в совершенстве знать все природные процессы и степень их изменчивости в зависимости от видов и масштабов антропогенного воздействия. К важнейшим мелиоративным мероприятиям необходимо относить: размещение посевов культур с учетом водообеспеченности речных бассейнов, областей и районов; оптимизацию использования удобрений и пестицидов для предотвращения загрязнения поверхностных и подземных вод (особенно на вновь осваиваемых землях); сокращение оросительных и поливных норм.

В пятом вопросе дать определение, что такое ресурсный цикл, опираясь на понятие, введенное И. В. Комаром (1975 г.), которым была разработана концепция ресурсных циклов. Обмен веществ между обществом и природой носит хорошо выраженный характер полициклического процесса. Суммарный поток можно расчленить на отдельные ресурсные циклы. Всего в рамках ресурсных циклов выделено шесть типов, например, цикл лесных ресурсов и лесоматериалов с лесохимическим подциклом; цикл почвенных и климатических ресурсов и сельскохозяйственного сырья; цикл ресурсов фауны и флоры с серией подциклов, формирующихся на базе биологических ресурсов, вод, ресурсов охотничьего хозяйства и полезных дикорастущих растений. Среди перечисленных ресурсных циклов определить, которому из них принадлежит важнейшее место в сельскохозяйственном производстве. В качестве вывода по пятому вопросу необходимо отметить, что рассматриваемый ресурсный цикл может быть существенно интенсифицирован путем повышения коэффициента полезного использования участвующих в нем веществ и энергии (в том числе водных ресурсов, энергии Солнца) за счет вовлечения в этот круговорот новых количеств питательных веществ и других элементов, более продуктивных растений и животных, максимального учета специфики географической среды и др. По сути, экологизация сельского хозяйства и направлена на оптимизацию цикла почвенно-климатических ресурсов и сельскохозяйственного сырья.

По шестому вопросу: эффективность использования природных ресурсов заключается в совершенствовании приемов освоения природно-ресурсного потенциала, что означает повышение эффективности использования природных ресурсов по всей цепи, соединяющей природные ресурсы, продукцию, получаемую на их основе, и конечные стадии технологических процессов, связанных с преобразованием природного вещества. Важный показатель эффективности – природоемкость. Записать все формулы, отражающие эффективность использования природных ресурсов: природоемкость на макроуровне и отраслевом, показатель природной ресурсоотдачи. Сделать

заключение о минимизации природоемкости. При рассмотрении кадастров необходимо иметь систематизированный свод сведений количественно и качественно характеризующих определенный вид природных ресурсов. Составить развернутый план земельного, водного, лесного, промыслового детериорационного кадастров. Выделить блоки функций, выполняемых кадастрами природных ресурсов.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Привести классификацию природных ресурсов.
2. Что такое природные условия, чем отличаются от природного потенциала?
3. Рассказать о распределении земель по природным зонам.
4. Какие меры следует принять для предотвращения загрязнения поверхностных и грунтовых вод?
5. Что такое ресурсный цикл?
6. Что такое природоемкость?
7. Дать определение что такое кадастр?

**Тема 2. Сельскохозяйственные системы. Почвенно-биотический комплекс, как основа агроэкосистемы**

*Ключевые вопросы темы*

1. Агроэкосистемы и биогеоценозы.
2. Почвенная биота. Состав ПБК. Структурно-функциональная организация ПБК в различных экологических условиях. Типы связей в почвенном биотическом сообществе. Биогеоценотическая деятельность микробного комплекса.
3. Роль микроорганизмов в круговороте веществ. Экотоксикологические функции микроорганизмов.
4. Микроорганизмы – показатели антропогенного загрязнения экосистем. Микробная трансформация органических токсичных соединений в почве. Функциональная роль почвы в экосистемах.
5. Значение почвы в агроэкосистемах. Почвоутомление. Антропогенное загрязнение почв. Загрязнение тяжелыми металлами. Загрязнение диоксинами. Загрязнение микотоксинами.
6. Санитарно-гигиеническое нормирование. Экологические основы сохранения и воспроизводства плодородия почв, защита от загрязнения.

*Ключевые понятия:* агробиогеоцензы, природные биогеоценозы, почвенно-биотический комплекс, значение почвы в агроэкосистемах, почвоутомление, загрязнение почв микотоксинами, санитарно-гигиеническое нормирование.

*Методические рекомендации*

В первом вопросе уделить внимание тому, что в сфере сельского хозяйства первичным структурным звеном, где, собственно, и происходит взаимодействие человека с природой, являются функциональные единицы – агроэкосистемы (или агробиогеоцензы). Надо, однако, отметить, что понятие это воспринимается неоднозначно. К примеру, по мнению Ю. Одума (1987),

агроэкосистемы – это одомашненные экосистемы, которые во многих отношениях занимают промежуточное положение между природными экосистемами (луга, леса) и искусственными (города). Другой американский агроэколог Р. Митчелл считает, что подобно тому, как морские свинки – это не обитатели моря и не представители отряда парнокопытных, так и агроэкосистемы – это не настоящие экосистемы, но и не самодовлеющие сельскохозяйственные единицы. Во всех агроэкосистемах экономические соображения влияют на структуру посевов и набор культур. Определить качества, присущие агроэкосистемам, сравнить с природными биогеоценозами.

Согласно типизации ФАО выделено пять видов землепользования, по каждому из которых классифицированы агроэкосистемы, например, земледельческое, или полевое, землепользование – богарные, орошаемые агроэкосистемы (ротации зерновых, бобовых, кормовых, овощных, бахчевых, технических и лекарственных культур). Продолжить характеристику агроэкосистем по типизации.

В заключение ответа на вопрос сделать вывод что естественные экосистемы выполняют три основные жизнеобеспечивающие функции (место, средство, условия жизни). Агроэкосистемы в отличие от них формируются для получения максимально возможного количества продукции, служащей первоисточником пищевых, кормовых, лекарственных и сырьевых ресурсов, т.е. функции агроэкосистем в основном ограничиваются предоставлением средств жизни. В этом главная причина преобладания ресурсоемкого и природоразрушающего типов агросистем. Перспектива же за природообразными агроэкосистемами. Добиться этого можно лишь при выполнении агроэкосистемами в полной мере функций воспроизводства и сохранения условий жизни.

По второму вопросу основная роль отводится функциональным компонентам, которыми являются населяющие ее живые организмы. Привести долевое участие разнообразных групп организмов, населяющих почву по плану, например, в структуру эдафона входят бактерии и актиномицеты (40 %), грибы и водоросли (40 %), дождевые черви (12 %), прочая микрофауна (5 %) и мезофауна (3 %). Масса бактерий составляет примерно 10 т/га; такую же массу имеют микроскопические грибы; масса простейших достигает порядка 370 кг/га и т.д.

При изучении структурно-функциональная организация ПБК в различных экологических условиях. Например, южные почвы, сформированные в условиях оптимального сочетания экологических факторов (достаточные количества тепла, влаги, питания), отличаются более высокой биологической активностью. В результате выявлены и видовые особенности микроорганизмов в функционировании различных экосистем. В экосистемах со слабым течением минерализационных процессов (дерново-подзолистые и особенно подзолистые почвы) доминантами выступают виды, участвующие в распаде органического вещества на ранних этапах (*Bac. cereus*, *Bac. virgulus*, *Bac. agglomeratus*). Более глубокая трансформация органического вещества протекает при участии *Bac. idosus*, *Bac. mesentericus*, *Bac. subtilis*. В экосистемах с хорошим азотным

режимом почвы присутствуют зародыши *Vas. megatherium*. Проанализировать количественное содержание микроорганизмов в различных типах почв. Выявить типы связей в почвенном биотическом сообществе. Эти взаимодействия основываются либо на трофическом, либо на метаболическом характере связей. Пример трофического типа связи – связь в системе хищник – жертва. В почвенной среде эта связь выражается между животными и микроорганизмами, которыми они питаются.

Охарактеризовать синтрофный тип отношений, который лежит в основе очень важного с точки зрения «здоровья» земли процесса самоочищения почвы, в основе которого процессы удаления токсичных продуктов обмена (когда субстрат потребляется смешанными популяциями микроорганизмов). Рассмотреть другие типы взаимодействий: метаболические (аллелохимические) связи, симбиотические (мутуалистические) связи. При рассмотрении биогеоценотической деятельности микробного комплекса уделить внимание его участию в круговоротах веществ. В частности, актуальным следует считать вопрос о почвенных микроорганизмах обладающих уникальной способностью фиксировать газообразный, атмосферный азот и переводить его в усвояемые для растений соединения. Азот, фиксируемый почвенными микроорганизмами, называется биологическим, а микроорганизмы, связывающие молекулярный азот, – азотфиксаторами, или диазотрофами. В дальнейшем рассмотреть экотоксикологические функции микроорганизмов, микроорганизмы – показатели антропогенного загрязнения экосистем, микробную трансформацию органических токсичных соединений в почве. В использовании микроорганизмами (смешанной культурой бактерий) пестицидов в качестве ростовых и энергетических субстратов, возможно, заключается радикальное решение проблемы детоксикации ксенобиотиков. Необходимо создавать оптимальные условия для нормального формирования и функционирования почвенной биоты как фактора устойчивости экосистем и как одной из важных предпосылок, обеспечивающих получение экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

В четвертом вопросе охарактеризовать почвы как компонент биосфера. Дать развернутое представление о функциях почвы согласно представленному плану: обеспечение жизни на Земле – главная функция почвы; почва – своеобразное депо удерживающее важнейшие биогены (углерод, азот, фосфор, серу, кальций, калий и др.) от быстрого смыва их в Мировой океан; почва аккумулирует влагу, обеспечивая в период вегетации потребность в ней автотрофного звена биогеоценозов; почва упорядочивает все потоки веществ в биосфере, выступая в качестве связующего звена и регулирующего механизма в процессах биологической и геологической циркуляции элементов: по существу, она «замыкает» все биогеохимические циклы; почва регулирует состав атмосферы и гидросферы; важнейшая глобальная функция почвы – накопление в поверхностной части коры выветривания, в почвенных органогенных горизонтах специфического органического вещества – гумуса и связанной с ним химической энергии; Процессы биогенного накопления, трансформации и перераспределения энергии, поступающей от Солнца на Землю, протекают в

почве непрерывно. Почва защищает литосферу от влияния экзогенных факторов и регулирует интенсивность геологической денудации. Почва выступает как регулятор распространения живых организмов, выполняя функцию генерирования и сохранения биологического разнообразия.

В пятом вопросе почва рассматривается, как главное средство сельскохозяйственного производства и основа агроэкосистем. Почва является механической опорой, произрастающей на ней растительности.

Незаменима роль почвы как хранителя семян. Почва аккумулирует необходимые для жизнедеятельности населяющих ее организмов, в том числе первичных продуцентов, воду, питательные и энергетические вещества, что в значительной степени определяет ее плодородие. Почва – своеобразный склад ферментов. В ней находятся все известные в живых организмах ферменты, в том числе определяющие почвенное плодородие и ее «здоровье» – пероксидазы, нитрогеназы, нитратредуктаза, каталаза и др. Почва регулирует гидротермический режим, что позволяет населяющим ее организмам сохранять свою жизнедеятельность при определенных значениях температуры и влажности. Почва выполняет санитарную функцию. Высокая самоочищающая способность почвы за счет обитающей в ней биоты обеспечивает обезвреживание многих патогенов и токсициантов, что положительно влияет на качество сельскохозяйственной продукции, состояние окружающей природной среды. Почве присуща информационная функция. Известно, например, что переход весной температуры почвы через 5 °С стимулирует активизацию (увеличение подвижности) азота, фосфора, калия. От особенностей почвенного покрова зависят «поспевание почвы», продолжительность вегетационного периода в различных экологических условиях. Почва выступает в качестве биохимического барьера. Нельзя не обратить внимание на еще одно уникальное свойство почвы – «память» (способность хранить долговременную информацию об экологическом состоянии территории). Это очень важно для мониторинга и прогнозирования.

Почвоутомление. Рассматривая функциональную роль почвы в эко- и агроэкосистемах, нельзя упускать из виду определенную ограниченность ее. Внешнее проявление почвенного утомления выражается в резком снижении урожайности сельскохозяйственных культур, что наблюдается при бессменном возделывании (или частом возвращении на прежнее поле севооборота) растений одного и того же рода. Основные причины почвоутомления – накопление в почве токсичных веществ, выделяемых корнями растений и микроорганизмами, разложение специфических вредителей, возбудителей болезней и сорняков, способствующих проявлению этого процесса, становится реальной опасность заражения почв, что представляет серьезную угрозу. Предотвратить почвенное утомление достаточно просто. Необходимо соблюдать севообороты, оздоровливать почвы путем внесения органических удобрений, сидератов, выращивать устойчивые сорта и т.д. В зарубежных странах имеются специальные службы, призванные следить за состоянием почвенного плодородия. По их заключениям регулярно изымаются из

сельскохозяйственного оборота земли для оздоровления и восстановления плодородия, что обеспечивает сохранность экологических функций почв.

Основные виды негативных воздействий на ПБК. При рассмотрении этой темы важно помнить, что почва постоянно испытывает различные по времени, интенсивности, масштабам, последствиям воздействия, обусловленные многообразной производственной деятельностью человека. Антропогенный пресс, проявляющийся, например, в изъятии земель для строительных и транспортных целей, развитии процессов эрозии и дигрессии, загрязнении и захламлении. По данным агрохимических исследований, выявлены сотни тысяч гектаров пахотных земель, загрязненных тяжелыми металлами, на которых необходимо проводить специальные профилактические мероприятия, предотвращающие загрязнение растительной продукции токсиантами.

Загрязнение диоксинами. Среди токсиантов антропогенного происхождения, загрязняющих экосистемы (в том числе и почвы), огромную опасность представляют диоксины. Рассмотреть природу этого токсианта, последствия его воздействия, меры нейтрализации и т.д.

Серьезная угроза для экосистем – загрязнение почв микотоксинами – ядами, продуцируемыми микроскопическими грибами. Микотоксины могут поражать кормовые растения, корма, а также животных и человека. Изучить виды грибов, способных к продуцированию ядов. Рассмотреть естественные биологические механизмы защиты почв. Найти причины нарушения устойчивости и продуктивности агроэкосистем. Предполагаемый вывод: ухудшение состояния почвенного покрова создает условия для продуцирования микроорганизмами микотоксинов, что в перспективе может привести к непредсказуемым экологическим последствиям. Следовательно, необходимо решать задачи, направленные на сохранение гумуса в почве, оптимизацию кислотности почвенного раствора, предотвращение переуплотнения, регулирование окислительно-восстановительного потенциала.

В шестом вопросе необходимо изучить виды нормирования содержания химических элементов в почве. Различают санитарно-гигиеническое, экологическое и социально-экономическое нормирование. Рассмотреть принципы каждого из видов. Санитарно-гигиеническое нормирование учитывает четыре основных показателя: транслокационный миграционно-воздушный, миграционно-водный, общесанитарный. Объяснить суть каждого показателя. С учетом принятых ПДК загрязняющих веществ разработана схема оценки почв сельскохозяйственного назначения.

В основу экологического нормирования положено изучение действия загрязняющих веществ не на отдельные организмы, а на систему в целом. В данном случае предполагается получение оптимальной биопродуктивности при минимальном воздействии на окружающую природную среду. В качестве критерия воздействия предусматривается использовать (Израэль, 1984) показатель предельно-допустимой экологической нагрузки (ПДЭН), т.е. такой уровень нагрузки, при котором сохраняется нормальное функционирование экосистемы. Нормальное функционирование экосистем в условиях загрязнения предполагает в первую очередь сохранение систем биотрансформации и

детоксикации. В качестве оценочных при этом используют некоторые показатели и критерии экологического нормирования. Объяснить и привести примеры.

В завершении рассматриваемой темы необходимо охарактеризовать экологические основы сохранения и воспроизводства плодородия почв.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Чем агробиогеоценоз отличается от природного биогеоценоза?
2. Выделить пять типов землепользования.
3. Какие группы организмов составляют ПБК?
4. Чем отличаются почвы южного ряда от почв северного?
5. Что такое синтрофный тип взаимодействий в микробном сообществе?
6. В чем суть трофических и мутуалистических отношений в микробном сообществе?
7. Что такое почвоутомление?
8. Охарактеризовать виды нормирования.

**Тема 3. Функционирование агроэкосистем в условиях техногенеза**

*Ключевые вопросы темы*

1. Техногенез. Загрязнение окружающей среды.
2. Классификация загрязняющих факторов. Последствия техногенеза. Основные возможные взаимосвязи в цепи: вредное воздействие – растения – животные.
3. Влияние загрязнения воздуха на растительность. Агроценотические показатели экологического неблагополучия.
4. Каким образом растения приспособливаются к токсикантам промышленно-транспортного происхождения.

*Ключевые понятия:* техногенез, экологическая норма, загрязнение промышленно-транспортными токсикантами

*Методические рекомендации*

В ответе на первый вопрос дается определение техногенеза. Техногенез – это процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека. Заключается в преобразовании биосферы, вызываемом совокупностью геохимических процессов, связанных с технической и технологической деятельностью людей по извлечению из окружающей среды, концентрации и перегруппировке целого ряда химических элементов, их минеральных и органических соединений. В результате промышленной, сельскохозяйственной и иной многоплановой деятельности человека возникает техногенная миграция значительных объемов разнообразнейших веществ, большинство из которых загрязняют окружающую природную среду.

По второму вопросу дается классификация загрязняющих факторов. Наличие чужеродных веществ обусловливает изменение эволюционно сложившихся режимов экологических факторов, что приводит к нарушению обменных и продукционных процессов, а следовательно, и к падению продуктивности биогеоценозов в целом. Загрязнение представляет собой

комплекс «помех» в экологических системах, приводящий к их деградации. С экологической точки зрения сущность загрязняющих воздействий более адекватно отражает определение, приводимое Г. В. Стадницким и А. И. Родионовым (1988): загрязнение окружающей среды есть любое внесение в ту или иную экологическую систему (биогеоценоз) не свойственных ей живых или неживых компонентов, или структурных изменений, прерывающих круговорот веществ, их ассимиляцию, поток энергии, вследствие чего снижается продуктивность данной экосистемы или она разрушается. В соответствии с материалами.

Международной конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте к экологически опасным отнесены следующие виды производств и объектов: атомная промышленность (установки, предназначенные для производства обогащенного ядерного топлива, регенерации отработанного ядерного топлива или сбора, удаления и переработки радиоактивных отходов); энергетика (атомные, гидравлические и тепловые электростанции, крупные установки для сжигания топлива); черная и цветная металлургия (установки для доменного и мартеновского производств, предприятия черной и цветной металлургии, машиностроительные и металлообрабатывающие предприятия); нефтехимия, нефте- и газопереработка; химическая промышленность (химические комбинаты, производство асбеста, стекла, минеральных удобрений, пестицидов и др.); добыча полезных ископаемых (включая нефть и газ); транспортировка нефти и газа, продуктов их переработки; производство целлюлозы, бумаги, картона; транспортировка, хранение, утилизация и захоронение токсичных и ядовитых отходов; производство, хранение, транспортировка и уничтожение боеприпасов, взрывчатых веществ и ракетного топлива; крупные склады для хранения нефтяных, нефтехимических, химических продуктов, пестицидов; строительство дорог, автострад, трасс для железных дорог дальнего сообщения, аэропортов с длиной посадочной полосы более 2 км; сельскохозяйственные объекты (животноводческие комплексы и птицефабрики, мелиоративные системы); крупные водозaborы поверхностных и подземных вод; крупные плотины и водохранилища, вырубка лесов на больших площадях; легкая промышленность (фабрики по очистке, отбеливанию шерсти, кожевенные заводы, красильные фабрики). Классификация загрязняющих факторов. Загрязняющие факторы по физико-химическим параметрам подразделяют на механические, физические (энергетические), химические и биологические.

Механические источники загрязнения представлены инертными пылевыми частицами в атмосфере, твердыми частицами и разнообразными предметами в воде и почве. К химическим источникам загрязнения относятся газообразные, жидкие и твердые химические элементы, и соединения, попадающие в атмосферу и взаимодействующие с компонентами окружающей природной среды. Физическими (энергетическими) источниками загрязнения являются тепло, шум, вибрации, ультразвук, видимые, инфракрасные и ультрафиолетовые части спектра световой энергии, электромагнитные поля, ионизирующие излучения. Биологические загрязнения связаны с различными

видами организмов, появившихся при участии человека и причиняющих вред ему самому или живой природе. Сравнительно недавно к загрязнениям начали относить нарушение природных ландшафтов и пейзажей, урбанизацию и т.п.

В третьем вопросе рассматриваются последствия техногенеза. Агроэкологические системы, ставшие неотъемлемой составной частью современной биотехносферы, испытывают, как и естественные ценозы, постоянные техногенные воздействия, подвергаются влиянию различных загрязнений локального, регионального и глобального характера. Как отмечалось, загрязнения представляют собой систему помех, нарушающих процессы массо- и энергообмена. В агроэкологических системах это проявляется в изменении количественных и качественных характеристик составляющих их природных компонентов, снижении устойчивости и падении продуктивности возделываемых культур. В результате усложняется (и подчас существенно) достижение целевой функции – стабильного производства сельскохозяйственной продукции.

К внешним, в той или иной степени выраженным изменениям, относятся следующие: загрязнения (например, от сажи, летучей золы, цементной пыли, оксида железа и др.), особенно на шероховатых, покрытых волосками, клейких или влажных частях растений; прилипающая пассивная пыль (до образования корки при определенных условиях); прилипающая токсичная пыль, содержащая Pb, As или F; некроз, проявляющийся в изменении цвета или ожогах на листьях и хвоинках или других частях растений в результате воздействия S0<sub>2</sub>, HF, SiF<sub>4</sub>, S0<sub>3</sub>, HCl; некротические изменения цвета кончиков или краев листьев или частей хвоинок, межреберных полей листьев или некроз всего листа (хвоинки), верхушечный некроз на плодах под действием HF; преждевременный опад листьев или хвоинок; депрессия роста функционально важных или предназначенных для использования частей растений в результате снижения ассимиляции (например, очень маленькие листья или хвоинки, уменьшение зеленой массы, урожая плодов, выхода древесины); потери зеленой массы из-за некроза или преждевременного опадения листвы, а также вследствие нарушения роста корневой системы из-за попавших в землю токсичных веществ.

В ответе на четвертый вопрос приспособление растений к токсикантам транспортно-промышленного происхождения осуществляется следующими способами:

ксерофитизация, главным образом утолщение кутикулы, увеличение волосков и т.п., в результате чего уменьшаются скорость поступления токсикантов и их количество;

физиологическая приспособляемость – усиление действия механизмов обеззараживания и аккумуляции токсических веществ путем использования их в метаболизме либо удаление из организма за счет большой катион-анионной емкости; данное направление является наиболее сложным и многовариантным;

естественный отбор; наиболее приспособленные к хемовариабельным условиям особи обеспечивают заполнение территории растениями. В качестве интегральной характеристики состояния агроэкосистем целесообразно использовать показатели экологического неблагополучия, соответствующие

норме, риску, катастрофе и бедствию; естественный отбор; наиболее приспособленные к хемовариабельным условиям особи обеспечивают заполнение территории растениями. В качестве интегральной характеристики состояния агроэкосистем целесообразно использовать показатели экологического неблагополучия, соответствующие норме, риску, катастрофе и бедствию. Приводится классификация устойчивости растений, например, норма (Н) – состояние системы, отвечающее области ее равновесия, устойчивости (обычно – область наиболее вероятных состояний); риск (Р) – вероятность деградации окружающей среды или перехода ее в неустойчивое состояние в результате текущей или планируемой хозяйственной деятельности; катастрофа (К) – неравновесное, нестационарное преобразование окружающей среды, следствием которого становится потеря устойчивости (равновесия) в результате изменения собственных параметров, быстрого изменения внешних переменных; бедствие (Б) – последствия катастрофы, равновесное состояние экологической системы (окружающей среды) на предельно низком энергетическом уровне

*Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое техногенез?
2. Изложить классификацию загрязняющих факторов (Г. В. Стадницкий, А. И. Родионов)
3. Какие виды производства отнесены к экологически опасным?
4. Назвать классификацию загрязняющих факторов по физико-химическим параметрам.
5. Как представлены механические, химические, биологические, физические факторы загрязнения окружающей среды?
6. Как представлены внешние загрязнения на растениях?
7. Как приспособлены растения к транспортно-промышленным загрязнениям?
8. В чем суть ксерофитизации растений?
9. Как работает физиологическая приспособляемость растений к факторам загрязнения?
10. Привести классификацию устойчивости растений к техногенной нагрузке.

**Тема 4. Биогенное загрязнение вод в условиях интенсификации аграрного производства**

*Ключевые вопросы темы*

1. Приток питательных веществ как фактор изменения экологического равновесия в водоемах.
2. Возможности определения биогенной нагрузки.
3. Факторы эвтрофирования водоемов.
4. Экологические и санитарно-гигиенические последствия эвтрофирования вод.
5. Сельскохозяйственные источники биогенной нагрузки.

6. Определение выноса биогенных элементов с сельскохозяйственных угодий. Снижение биогенной нагрузки с помощью противоэрозионных инженерно-биологических систем (ПИБС).

*Ключевые понятия:* эвтрофирование, цветение воды, факторы эвтрофирования, сельскохозяйственные источники биогенной нагрузки, ПИБС

#### *Методические рекомендации*

В ответе на первый вопрос приводятся результаты поступления биогенных элементов в водоемы. Процесс носит название эвтрофирования. Под эвтрофированием нередко понимают обогащение вод питательными веществами, вызывающее массовое развитие водорослей. Однако это всего лишь видимая часть сложного естественно-антропогенного процесса, в котором превалируют природные процессы, а воздействие человека играет роль мощного катализатора. В геологических масштабах времени водоемы постепенно обогащаются биогенами и заполняются поступающими с суши наносами, т.е. эвтрофирование – составная часть природного процесса. Как подчеркивают некоторые исследователи, по своей сущности – это естественный процесс «старения» водоемов, проявляющийся в повышенной продукции органического вещества. Однако хозяйственная деятельность человека значительно ускоряет процесс эвтрофирования: за несколько десятилетий антропогенный фактор эвтрофирования привел к изменениям, которые в естественном ритме произошли бы в водоемах за десятки тысяч лет. Этому способствовало строительство каскадов ГЭС и водохранилищ, рекреационные мероприятия, судоходство, сбросы промышленных, коммунально-бытовых и животноводческих сточных вод, ливневые стоки селитебных территорий и т.д.

По второму вопросу необходимо изучить описание экологических процессов, происходящих внутри водоемов, которые позволили разработать ряд моделей эвтрофирования озер и водохранилищ при различных путях поступления биогенов. В одних водоемах (и таких большинство) основной причиной эвтрофирования является поступление биогенов с водосборной площади (внешняя биогенная нагрузка), в других – выделение их из донных отложений (внутренняя биогенная нагрузка).

Явным признаком эвтрофирования как процесса нарушения экологического равновесия водоема следует считать изменение соотношения между двумя жизненными формами водных растений: бентосной и фитопланктонной.

Бентосные (от греч. *Benthos* – глубина) растения развиваются, прикрепившись или укоренившись на дне; это погруженная водная растительность, которая получает необходимые элементы из донных отложений и из воды, что способствует самоочищению водоема. Особенностью фитопланктона является поглощение биогенов из воды. Кислород, выделяемый им в процессе фотосинтеза, перенасыщает верхний слой воды и улетучивается с ее поверхности в атмосферу.

Озера, подверженные эвтрофированию, иногда называют мертвыми, но с биологической точки зрения это неправильно, поскольку общая биопродуктивность фитопланктона может значительно превышать аналогичный

показатель бентосной растительности. Планктоном иногда питаются крупные популяции некоторых рыб, избегающих глубоких, обедненных кислородом слоев воды. Следующим процессом нарушения равновесия в водоеме является отмирание фитопланктона, ведущее к накоплению на глубине огромного количества детрита. Как наиболее легко минерализуемая часть органического вещества, он служит источником питания и энергии для микроорганизмов. Питающиеся детритом редуценты, в основном бактерии, как и другие обитатели водоема, потребляют в процессе дыхания кислород, сокращая, таким образом, до критического его содержание в воде, что проявляется как замор обитающих на глубине рыб и других представителей животного мира водоема. Бактерии же в таких условиях выживают, продолжая разложения детрита на биогенные составляющие за счет анаэробного брожения. Конвекционные потоки возвращают биогены к поверхности, что обеспечивает постоянный внутренний источник питания фитопланктона. Ослабление процесса, нарастающего эвтрофирования происходит при резком сокращении поступления биогенов из вне и снижении температуры до уровня, не достигающего оптимального для преобладающих видов водорослей. Так, установлено, что при средней температуре воды ниже 11°C ее цветение маловероятно. Поэтому неудивительно, что в водохранилищах Дона и Днепра происходит интенсивное эвтрофирование: здесь цветет около 90 % акватории; в Волжском каскаде этот процесс также сопровождается интенсивным цветением, охватывая свыше 70 % акватории Волги, а в сибирских водохранилищах, которые также подвержены процессам эвтрофирования, цветение сдерживается более низкими температурами воды.

Оценка распространения биогенных веществ в водном объекте может быть проведена на основе определения удельной (по объему) биогенной нагрузки ( $H$ ) на водоем по следующей формуле:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n W_{ni}}{V}, \text{ кг}/\text{м}^3,$$

где  $W_{ni}$  – суммарное поступление биогенных веществ от  $n$  источников;  $V$  – объем воды в водоеме,  $\text{м}^3$ .

По четвертому вопросу рассматривается программа Международной комиссии по эвтрофированию,

ведутся систематические наблюдения, проводятся регулярные обследования рек, озер, водохранилищ, морских акваторий. Например, в США, Канаде и странах Западной Европы проведена инвентаризация водных объектов по уровню трофности. Установлено, что в контексте повышения биологической продуктивности водоемов эвтрофирование можно рассматривать до определенных пределов как положительный процесс. Важно объективно оценить пределы безопасного присутствия биогенных элементов в водоеме.

По трофности различают пять типов водоемов, которые можно расположить по возрастанию этого показателя в следующем порядке:

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

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

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

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

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

В пятом вопросе акцентируем внимание на том, что на всех стадиях производства растениеводческой и животноводческой продукции происходят потери биогенных веществ, обусловленные различными нарушениями используемых технологий (технологические потери), что существенно увеличивает вынос биогенов в водотоки. В ряду факторов, способствующих увеличению потерь биогенов, уместно отметить следующие:

отсутствие или недостаточная емкость специальных навозохранилищ и жижесборников при фермах и комплексах, что приводит к необходимости частого вывоза навоза на поля, однако из-за нехватки транспорта это, как правило, не осуществляется;

размещение ферм и комплексов в непосредственной близости от уреза воды, что приводит к прямому выносу биогенных веществ в водотоки;

вывоз навоза на поля в зимний период (по снегу), что в условиях снеготаяния способствует интенсивному смыву биогенных веществ талыми водами;

несвоевременная перепашка вывезенных на поля удобрений, что вызывает миграцию биогенных веществ по водосбору и их смыв поверхностным стоком в ближайшие водотоки;

нессовершенная технология компостирования и хранения навоза, что вызывает миграцию биогенных веществ по рельефу местности;

доставка удобрений на поля на не оборудованной для этой цели технике, что приводит к их потерям по дороге от хранилищ к угодьям;

отсутствие подготовленных складов для минеральных удобрений, что вызывает их потери во время хранения.

В шестом вопросе расчет биогенной нагрузки осуществляется по формуле:

$$R_i = \alpha_N k_i y_i + \alpha_p k_i y_i + \alpha_K k_i y_i,$$

где  $\alpha_N$ ,  $\alpha_p$  и  $\alpha_K$  – соответственно коэффициенты выноса азота, фосфора и калия для различных почвенных условий, и сельскохозяйственных культур;  $k_i$  – вынос биогенов с урожаем  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, кг/т;  $y_i$  – фактическая урожайность  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, т/га. Соответственно суммарный вынос биогенных веществ с водоохранной зоны реки или другого водного объекта определяют по формуле:

$$\sum W_{\text{пл}} = \sum_{i=1}^n R_i S_i,$$

где  $W_{\text{пл}}$  – суммарный вынос биогенов с площади водоохранной зоны, кг/год;  $R_i$  – удельный вынос биогенов с площади, занятой  $i$ -й сельскохозяйственной культурой;  $n$  – количество сельскохозяйственных культур

на площади водоохранной зоны;  $S_i$  – площадь, занятая  $i$ -й сельскохозяйственной культурой, га.

При расчетах используют прогнозируемое значение урожайности  $i$ -й культуры  $u_i$ . Площадь, занятую  $i$ -й культурой, определяют по фактическим данным хозяйства о структуре посевов в водоохранной зоне реки.

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

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что выступает в качестве катализатора эвтрофирования водоема?
2. Что является главным признаком эвтрофирования водоема?
3. Что такое планктон и бентос и как они взаимодействуют внутри водоема.
4. Какая температура должна быть, чтобы прекратилось цветение планктона?
5. Привести формулу по которой определяется биогенная нагрузка
6. Какие типы водоемов известны по степени трофности?
7. Какие факторы способствуют потерям биогенов?
8. Что такое ПИБС?

### **Тема 5. Экологические проблемы химизации**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Применение минеральных удобрений.
2. Азотные удобрения
3. Фосфорные удобрения.
4. Калийные удобрения.
5. Применение химических средств защиты. Влияние пестицидов на систему почва-растительный покров.
6. Экологические аспекты известкования почв.

*Ключевые понятия:* минеральные удобрения, химические средства защиты, пестициды, известкование почв

#### *Методические рекомендации*

По первому вопросу согласно классификации ФАО к современным агрохимикатам относятся средства химизации сельского хозяйства, оказывающие большое влияние на агроценозы и их продуктивность. К ним относятся минеральные удобрения, химические средства защиты растений,

регуляторы роста растений, искусственные структурообразователи почвы и т.п. Внесение под сельскохозяйственные культуры значительных доз минеральных и органических удобрений, а также мелиорантов – ключевое условие дальнейшего развития российского земледелия.

В. Г. Минеев (1998), подчеркивая безальтернативность разумного использования всех видов удобрений и химических мелиорантов, сформулировал следующие функциональные задачи, требующие решения:

оптимизация питания культурных растений биогенными макро- и микроэлементами с учетом усиления деятельности физиологических барьеров, препятствующих поступлению токсических элементов в растения, особенно в генеративную их часть, составляющую продукцию растениеводства;

воспроизводство плодородия, улучшение свойств и гумусового состояния почв;

поддержание активного баланса и малого круговорота биогенных элементов в земледелии с учетом оптимального их соотношения в агроэкосистеме;

создание оптимальных культурных агрогеохимических ландшафтов для различных природных регионов в соответствии с их специализацией;

снижение негативных последствий от глобального и локального техногенного загрязнения агроэкосистем тяжелыми металлами и другими токсическими элементами; улучшение радиационно-экологической ситуации в агроэкосистеме;

регулирование биологических показателей агроэкосистемы;

улучшение химического состава и питательной ценности растениеводческой продукции.

По второму вопросу рассмотреть азотные удобрения, которые относятся к наиболее энергозатратным среди минеральных туков. Так, в США энергозатраты на производство и использование азотных удобрений составляют около 35 % от общего объема энергопотребления в сельском хозяйстве, а в странах Западной Европы достигают 42 %.

Азотные минеральные удобрения выпускают и применяют в твердом и жидким видах.

По форме азота твердые азотные удобрения подразделяют на:

аммонийные ( $\text{NH}_4$ ): сульфат аммония, хлорид аммония;

аммонийно-нитратные ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ): амиачная селитра, сульфат-нитрат аммония;

нитратные ( $\text{NO}_3$ ): нитрат натрия (натриевая селитра), нитрат кальция (кальциевая селитра);

амидные ( $\text{NH}_2$ ): карбамид (мочевина), цианамид кальция.

Из жидких азотных удобрений достаточно широко применяют амиачные ( $\text{N}_3$ ), в которых весь азот находится в виде амиака (водного или безводного).

По третьему вопросу изучить фосфорные удобрения. Используемые в сельском хозяйстве фосфорные удобрения представлены в основном наиболее легко усваиваемыми растениями водорастворимыми видами: суперфосфат и

двойной суперфосфат, а также сложными удобрениями – аммофос, диаммофос, нитроаммофоска, карбоаммофоска.

По четвертому вопросу необходимо отметить, что наиболее распространенным калийным удобрениям относят хлорид калия, сульфат калия, сырье природные калийные соли, главным образом сильвинит, и др. Эти удобрения также могут отрицательно воздействовать на окружающую природную среду. Например, при переработке сильвинита образуются галитовые отвалы, глинисто-солевые шламы, а также пылегазовые выбросы. Солеотвалы занимают значительные площади и являются источником засоления почв и подземных вод. Под действием атмосферных осадков образуются рассолы, содержание солей в которых достигает 300 г/л. Они попадают в подземные воды, из которых в процессе испарения поступают в поверхностные слои почвы.

В пятом вопросе рассматриваются особенности использования пестицидов в сельском хозяйстве, к которым относятся их циркуляция в биосфере, высокая биологическая активность, необходимость применения значительных локальных концентраций, вынужденный контакт населения с пестицидными препаратами. Накапливаясь в почвах, растениях, животных, пестициды могут вызвать глубокие и необратимые нарушения нормальных циклов биологического круговорота веществ и снижение продуктивности почвенных экосистем. Подавляющее число пестицидов – кумулятивные яды, токсичное действие которых зависит не только от концентрации, но и от длительности воздействия. Так, в процессе биоаккумуляции происходит многократное (до сотен тысяч раз) повышение концентрации пестицида по мере продвижения его по пищевым цепям. В процессе биотрансформации пестицидов наряду с детоксикацией имеет место и токсификация, т.е. образование веществ, обладающих высокой токсичностью.

По токсичности для человека и теплокровных животных пестициды делятся на:

- сильнодействующие – ЛД50 до 50 мг/кг живой массы (бромистый метил и др.);
- высокотоксичные – ЛД50 до 200 мг/кг (базудинидр.);
- среднетоксичные – ЛД50 до 1000 мг/кг (медный купорос и др.);
- малотоксичные – ЛД50 более 1000 мг/кг (бордоская жидкость, витавакс, диален, неорон, сера и др.).

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

Как отмечает исследователь, принято считать, что действие пестицидов происходит по схеме:

Пестициды → Вредители, болезни, сорняки ± Несколько «вторичных эффектов».

Фактический же процесс воздействия используемых препаратов подчиняется иной схеме:

Пестициды → Вся экосистема.

В шестом вопросе рассматриваются, что на кислых почвах на 30–40 % уменьшается эффективность минеральных удобрений, увеличиваются непроизводительные потери азота, нарушается поступление элементов питания в культурные растения, в продукции интенсивно накапливаются тяжелые металлы и радионуклиды, ухудшается ее качество, снижается устойчивость агроценозов к неблагоприятным погодным условиям. Ежегодные потери урожая, обусловленные влиянием неблагоприятной кислотности почв, оцениваются в пересчете на зерно в 10–12 млн т.

По отношению к кислотности почв и отзывчивости на известкование их можно разделить на пять групп.

I группа – наиболее чувствительные к кислотности: хлопчатник, люцерна, эспарцет, сахарная, столовая и кормовая свекла, конопля, капуста.

Они хорошо растут только при нейтральной или слабощелочной реакции почвы ( $\text{pH}$  7–8) и очень сильно отзываются на внесение извести даже на слабокислых почвах.

II группа – чувствительные к повышенной кислотности: ячмень, яровая и озимая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, кормовые бобы, клевер, подсолнечник, огурец, лук, салат.

Эти растения лучше растут при слабокислой или нейтральной реакции почвы ( $\text{pH}$  6–7) и хорошо отзываются на известкование не только сильнокислых, но и среднекислых почв. На известкованных почвах урожайность этих культур значительно повышается, резко уменьшается выпадение озимой пшеницы и клевера при перезимовке.

III группа – слабочувствительные к повышенной кислотности: рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, томат, редис, морковь.

Эти культуры могут удовлетворительно расти в широком интервале  $\text{pH}$  ( $\text{pH}$  4,5–7,5), но наиболее благоприятны для их возделывания слабокислые почвы ( $\text{pH}$  5,5–6,0). На сильно- и среднекислых почвах они положительно реагируют на известкование полными нормами, что объясняется не только снижением кислотности, но и усилением мобилизации питательных веществ и улучшением питания растений азотом и зольными элементами.

IV группа – лен и картофель.

Эти культуры нуждаются в известковании только на сильнокислых почвах. Картофель малочувствителен к высокой кислотности и хорошо растет на кислых почвах. Для льна характерен узкий интервал оптимальной реакции. Он чувствителен и к повышенной кислотности почвы, и к щелочной реакции. Наиболее благоприятны для его роста слабокислые почвы ( $\text{pH}$  5,5–6,0). При внесении высоких доз извести и доведении реакции среды до нейтральной урожай картофеля и льна и особенно его качество могут снижаться, картофель сильно поражается паршой, а лен – бактериозом. Отрицательное влияние повышенных доз извести на эти культуры объясняется не столько нейтрализацией кислотности, сколько уменьшением количества усвоемых соединений бора в почве, а также избыточной концентрацией ионов кальция в почвенном растворе, затрудняющей поступление в растения других катионов, в частности магния и калия.

V группа – люпин синий и желтый, сераделла, чайный куст.

Эти культуры хорошо растут на кислых почвах ( $\text{pH}$  4,5–5,0) и плохо – на щелочных и даже нейтральных. Они чувствительны к избытку водорастворимого кальция в почве, особенно в начале вегетации, поэтому отрицательно реагируют на повышенные дозы извести. Однако при внесении пониженных доз известковых удобрений, содержащих магний, снижения урожайности этих культур не наблюдается.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие вещества относятся к агрохимикатам и на что они влияют в агрофитоценозах?
2. Назвать функциональные задачи, сформулированные В. Г. Минеевым в области применения агрохимикатов.
3. На какие виды делятся азотные удобрения по форме азота?
4. Какие азотные удобрения известны из жидких форм?
5. Какие экологические ограничения необходимо соблюдать при фосфорировании почв?
6. Какие калийные удобрения распространены достаточно широко?
7. Какие нарушения вызвать пестициды, накапливаясь у животных и растений?
8. Что такое «детоксикация» и «токсификация»?
9. По токсичности для человека и животных пестициды делятся: ...
10. На какие классы делятся пестициды по степени комплексного воздействия?
11. По какой схеме действуют пестициды?
12. На каких почвах уменьшается степень воздействия минеральных удобрений?
13. Какие группы растений можно выделить по отношению к кислотности и степени известкования?

## **Тема 6. Животноводческие комплексы и охрана природы**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Отрицательное влияние отходов животноводства на окружающую среду.
2. Методы утилизации и очистки навозных стоков.
3. Использование биотехнологии для переработки отходов животноводства.
4. Санитарно-защитные зоны и зеленые насаждения животноводческих ферм и комплексов.

*Ключевые понятия:* утилизация навоза, технологические схемы, компостирование навоза, санитарно-защитные зоны

### *Методические рекомендации*

При ответе на первый вопрос акцентировать внимание на то, что при переводе животноводства на промышленную основу возникла проблема утилизации навозных стоков и бесподстильного навоза. Вблизи животноводческих комплексов и ферм промышленного типа особую угрозу окружающей среде представляют скопления навоза, а также нитратное и

микробное загрязнение почв, фитоценозов, поверхностных и грунтовых вод. Например, на молочных фермах промышленного типа годовой выход навоза составляет в среднем 25,55 тыс. т на 1 тыс. голов. При этом учитывают орографические (геоморфологические), эдафические, метеорологические, гидрологические и гидрогеологические факторы, наличие и состояние лесной растительности, сельскохозяйственных угодий (для утилизации навоза в виде удобрений) и селитебных территорий.

Во втором вопросе рассмотреть способ предупреждения поступления на балочные донья навозных стоков с территории животноводческих ферм и комплексов. При этом способе используется система траншей, каждая из которых располагается выше по склону. При этом вторая траншея будет изолировать лесную полосу от поступления навозных стоков с территории фермы, а навоз в первой траншее будет компостируется и утилизирован при росте и развитии древесных растений. С течением времени, после переполнения твердой фракцией навоза второй траншеи, вновь осуществляют полный цикл работ по сооружению новой траншеи на вышележащем участке склона. Нарезку параллельных траншей, а также создание валов и лесных полос можно последовательно проводить на вышележащих участках склона вплоть до территории фермы. Такое освоение склонов проводят наряду с работами по эксплуатации систем удаления, переработке, обезвреживанию, транспортированию и использованию навоза, получаемого на животноводческих фермах и комплексах.

При стойловом содержании скота используют следующие технологические схемы утилизации навоза:

многоступенчатая очистка (с применением гидросмыва) с разделением навоза на твердую и жидкую фракции (первую помещают в штабеля, а вторую - в аэротенки и иные установки для обеззараживания и очистки, из которых она поступает в пруды – накопители осветленных стоков и на земледельческие поля орошения);

использование стоков для производства торфокомпостных смесей, которые вывозят на поля биотермического обеззараживания (этот способ рекомендуется для небольших ферм);

очистка стоков с помощью прудов-накопителей и навозохранилищ (отходы при гидросмыве направляют в приемники и хранилища, где жидкость расслаивается на фракции, обеззараживается и идет на поля фильтрации и в водоем; твердая фаза направляется на сельскохозяйственные угодья);

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

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

Разделение навоза на жидкую и твердую фазы проводят с помощью виброфильтров, центрифуги или установки с вибростенками (грохоты) и

шнековыми прессами. При этом влажность навоза снижается с 90–95 до 62–65 %. Твердую фазу навоза в штабелях (буртах) обеззараживают за счет биотермического самосогревания до 60–70 °C. Плотный навоз или навоз-сыпец применяют при выращивании различных сельскохозяйственных культур, в том числе овощных, в открытом и защищенном грунте.

Обеззараживание жидкого навоза проводят также путем аэрации – продувания воздуха через емкости с навозом (шведская система «Ликом»), пастеризации (нагревание до 70–80 °C), стерилизации острым паром, нагревания до 120–130 °C. При термическом контактно-газовом обеззараживании струя газа горит внутри жидкого навоза. Этим способом можно обеззараживать и иловый осадок прудов – накопителей осветленных навозных стоков. Кроме того, навоз обеззараживают аммиаком, электрическом током и т.

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

В процессе компостирования удовлетворяется потребность в кислороде, выделяются диоксид углерода и вода, возрастает температура и органические вещества переходят в стабильную форму. При сборе навоза в бурты сохраняется часть тепла, выделяющегося при ферментации, что ускоряет процессы компостирования.

Для улучшения аэрации навоза, а также для снижения влажности и повышения отношения углерода к азоту навоз смешивают с наполнителями (солома злаков, листья, мусор, щепа и др.).

В процессе компостирования выделяют четыре стадии: мезофильную, термофильную, остыивание и созревание. Первые три протекают быстро (дни или недели). Стадия же созревания длится несколько месяцев. В это время происходят сложные реакции между белками погибших бактерий и остатками лигнина, приводящие к образованию гуминовых кислот. В этот период рекомендуется поддерживать в буртах температуру около 55 °C, для чего иногда применяют принудительную вентиляцию. Рекомендуемая оптимальная влажность находится в пределах 50–60 %, минимальное свободное газовое пространство должно быть около 30 %, а концентрация кислорода в газовой фазе – 10–18 %. Следует выдерживать следующие размеры бурта (кучи): длина – любая; высота – 1,5 м; ширина – 2,5 м (при естественной аэрации).

Бурты (компостные ряды) имеют треугольную форму поперечного сечения. Их размещают на бетонированных площадках. Навоз с наполнителем загружают в разбрасыватель, где эта масса перемешивается, а затем

сбрасывается (укладывается) при постоянном медленном движении машины. Затем с помощью шеста диаметром 75 мм в бурте делают вертикальные отверстия до основания через 1 м друг от друга. Через месяц бурт переворачивают (с помощью погрузчика). Через два-три месяца компост окончательно дозревает.

Наиболее известна французская технология переработки навоза крупного рогатого скота на кормовые добавки «Церико», основанная на выделении из навоза сырого протеина, углеводного (энергетического) вещества и биогенных элементов (NPK).

Сухое вещество экскрементов сельскохозяйственных животных содержит 20–25 % общей энергии рациона и 16 % сырого протеина.

В результате технологических операций переработки навоза получают: продукт С1 – силос (влажность 60 %; в сухом веществе содержится, %: протеина – 7,3, жира – 2, клетчатки – 28, БЭВ – 51,7, золы – 11); продукт С2 – протеиновый концентрат (влажность 10 %; в сухом веществе содержится, %: протеина – 27, жира – 6, клетчатки – 2, БЭВ – 55, золы – 10); продукт С3 – органическое удобрение и технологическая вода.

Первой технологической операцией является направление навоза в приемную камеру для перемешивания и извлечения крупных тяжелых предметов, откуда его перекачивают в четыре бетонные камеры ( $150 \text{ м}^3$ ) – ферментёры. Навоз последовательно проходит через все четыре камеры, находясь и перемешиваясь в каждой по одному дню. Он должен иметь влажность  $78 \pm 2 \%$  и pH 5,6–6. На четвертый день навоз из последнего (четвертого) ферментёра подают в сепараторы для выделения продукта С1.

При второй операции происходит выделение и ферментация продукта С1. Вначале в сепараторах выделяют растительные волокна, зерновые пленки, непереваренные зерна и прочие включения размером более 0,8 мм. Выделенная и отжатая (влажность 55–60 %) твердая фракция является сырьем для получения продукта С1, а жидкую фракцию отделяют и отводят в камеру для дальнейшей обработки и получения продуктов С3 и С2.

Продукт же С1 поступает в бункер, а затем в силосную башню, где он проходит ферментацию в течение 10–12 сут (силосование происходит в результате развития молочнокислых бактерий, а обезвреживание – благодаря высокой температуре силосной массы – 60–70 °C).

При третьей технологической операции жидкую фракцию, полученная в результате второй операции, подается из камеры на циклично работающую (в автоматическом режиме) центрифугу. Цикл длится в течение 6–7 мин, если жидкую фазу навоза поступает в центрифугу при частоте вращения  $1500 \text{ мин}^{-1}$ , затем ее снижают до  $200 \text{ мин}^{-1}$  и происходит автоматическая разгрузка отсепарированного твердого осадка. Этот осадок (песок, глина, органические конгломераты) влажностью 60 % является продуктом С3, который используют как удобрение.

Выделение, сушка и гранулирование продукта С2 происходят при четвертой технологической операции, когда жидкую фракцию, полученная на центрифуге (после отделения продукта С3), накапливается в камере, а затем

перекачивается в батарею испарителей. Предварительно жидкость подогревают до 80 °С при пониженном давлении (= 20 кПа). Полученный концентрат содержит 28 % сухого вещества, затем его высушивают до порошкообразного состояния при температуре 70 °С. Этот порошок (продукт С2) – ценный белковый корм (по кормовой ценности и содержанию лизина его приравнивают к соевому шроту). Вертикальным шнеком его направляют в гранулятор, а затем в бункер готовой продукции.

При заключительной (пятой) операции проводят дезодорирование и использование технологической воды, которую получают при конденсации и сушке продукта С2. При этом пар поступает в охладитель, а полученная вода направляется в приемную емкость. Дезодорация происходит в башне при распылении форсунками воды из емкости. После разбавления такой воды обычной водопроводной водой (1:1) ее можно использовать для поения откармливаемых животных или для увлажнения навоза при его ферментации.

Продукты С1 и С2 используются для кормовых целей, а продукт С3 – как удобрение.

В ответе на четвертый вопрос должны содержаться рекомендации по созданию санитарно-защитных зон. Такую зону устанавливают от границы территории, на которой размещаются здания и сооружения для содержания животных, а также от площадей навозохранилищ или открытых складов кормов.

Со стороны жилой зоны в СЗЗ предусматривают лесные полосы шириной не менее 48 м (18 рядов) при ширине СЗЗ выше 100 м. Со стороны животноводческого комплекса или фермы для защиты их от снежных наносов, песка и пыли в СЗЗ создают лесные насаждения. Кроме того, лесные насаждения создают и на территории фермы и комплексов для отделения живой защитой навозохранилищ, очистных сооружений, площадок компостирования, буртов навоза и т. п.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какое загрязнение оказывают навозные стоки на почву и растительность?
2. В чем суть схемы траншей для утилизации навозных стоков?
3. Рассказать о многоступенчатой очистке навозных стоков?
4. Привести технологическую схему компостирования навоза.
5. Рассказать о французской технологической схеме утилизации навозных стоков «Церико».

## **2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Контрольная работа по сельскохозяйственной экологии выполняется студентами заочной формы обучения в третьем семестре.

*Перечень вопросов для выполнения контрольной работы для студентов заочной формы обучения:*

1. Накопление экологических знаний.
2. Становление классической экологии.
3. Формирование экологии видов, популяции, биоценозов.
4. «Интегративный» период развития экологии.
5. Среда и экологические факторы.
6. Действие экологических факторов на организм.
7. Классификация популяций.
8. Основные характеристики популяции.
9. Рост и развитие популяции.
10. Понятие «сообщество».
11. Изменения в сообществах.
12. Структурная организация сообществ.
13. Пищевые сети и трофические уровни.
14. Многообразие во взаимоотношении в биоценозе.
15. Понятие «экосистема».
16. Энергообмен в экосистемах.
17. Классификация экосистем.
18. Понятие «биогеоценоз».
19. Структура биогеоценозов.
20. Равновесие, устойчивость и эволюция естественных экосистем и биогеоценозов.
21. Основные экологические концепции.
22. Учение В.И. Вернандского о биосфере.
23. Живое вещество.
24. Важнейшие черты биосферы.
25. Уровни структурной организации веществ в биосфере.
26. Функции живого вещества.
27. Круговорот биогенов.
28. Круговорот воды.
29. Круговорот углерода и азота.
30. Круговорот кислорода и фосфора.
31. Круговорот серы и калия.
32. Своеобразие биогеохимических циклов миграции веществ.
33. Воздействие человека на биосферу.
34. Биотехносфера.
35. Ноосфера.
36. Эволюция биосферы.
37. Биосфера – открытая система.

38. Ресурсы биосфера и проблемы продовольствия.
39. Землепользование.
40. Водные ресурсы.
41. Лесные ресурсы.
42. Ресурсы мирового океана.
43. Основные направления преодоления экологического кризиса.
44. Улучшения социально-экономических условий в жизни людей.
45. Продовольственная безопасность.
46. Классификация природных ресурсов.
47. Природный потенциал.
48. Климатические ресурсы.
49. Естественные биологические ресурсы.
50. Ресурсные циклы.
51. Эффективность использования природных ресурсов.
52. Кадастры.
53. Биопродуктивность агроэкосистем.
54. Пределы вмешательства человека в природу.
55. Понятие «агроэкосистема».
56. Типы агроэкосистем.
57. Пути повышения продуктивности агроэкосистем.
58. Особенности круговорота веществ в агроэкосистемах.
59. Загрязнение окружающей среды.
60. Классификация загрязняющих факторов.
61. Последствия техногенеза.
62. Интегральная характеристика состояния агроэкосистем.
63. Почвенно-биотический комплекс (ПБК) как основа агроэкосистем.
64. Состав ПБК.
65. Структурно-функциональная организация ПБК в различных экологических условиях.
66. Типы связей в ПБК.
67. Характеристика микробного комплекса почвы.
68. Роль микроорганизмов в круговороте веществ.
69. Экотоксикологические функции микроорганизмов.
70. Микробная трансформация органических токсичных соединений в почве.
71. Функции почвы.
72. Значение почвы в агроэкосистемах. Почвоутомление.
73. Загрязнение почв тяжелыми металлами.
74. Загрязнение почв диоксинами и микотоксинами.
75. Санитарно-гигиеническое нормирование почв.
76. Экологическое нормирование почв.
77. Химическая мелиорация как основа сохранения плодородия.
78. Эвтрофирование водоемов.
79. Экологические и санитарно-гигиенические последствия эвтрофирования вод.

80. Сельскохозяйственные источники биогенной нагрузки.
81. Определение выноса биогенных элементов сельскохозяйственных угодий.
82. Снижение биогенной нагрузки с помощью противоэррозионных инженерно-биологических систем (ПИБС).
83. Экологические проблемы химизации. Применение минеральных удобрений.
84. Применение фосфорных удобрений.
85. Применение калийный удобрений.
86. Применение пестицидов.
87. Экологические аспекты известкования почв.
88. Экологические проблемы орошения.
89. Экологические последствия орошения.
90. Экологические проблемы осушения.
91. Экологические последствия осушения.
92. Отрицательное влияние отходов животноводства на окружающую среду.
93. Методы очистки и утилизации навозных стоков.
94. Использование биотехнологии для переработки отходов животноводства.
95. Экологические проблемы механизации.
96. Влияние нитратов и их производных на здоровье человека.
97. Пестициды и их остаточное количество.
98. Бензапирены и их влияние на здоровье человека.
99. Лекарственные средства и их влияние на здоровье человека.
100. Способы исключения или минимизации негативных воздействий загрязнений.
101. Сертификация пищевой продукции.

Таблица 3 – Определение номера варианта контрольной работы по номеру студенческого билета

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	9,30, 66,78	6,32, 53,90	9,27, 45,73	6,28, 62,69	10,41, 49,70	9,29, 67,81	8,34, 45,85	8,31, 46,82	8,32, 59,81	7,37, 49,79
1	8,41 42,97	9,30, 61,84	6,27, 43,89	6,40, 47,95	6,34, 58,87	6,37, 44,85	7,31, 45,70	7,33, 48,100	2,31, 68,88	3,34, 54,95
2	5,31, 50,71	2,38, 51,76	3,37, 45,86	1,31, 59,79	1,33, 57,77	3,26, 68,90	3,31, 68,96	1,32, 58,98	2,30, 43,91	1,38, 59,70
3	4,37, 46,83	4,27, 50,94	19,35, 63,92	11,36, 55,93	25,30, 60,72	5,39, 57,74	12,41, 54,75	14,28, 56,86	13,29, 64,82	26,30, 43,97
4	14,29, 50,90	8,38, 60,85	20,39, 63,101	17,27, 47,90	24,34, 61,91	18,41, 54,79	12,33, 68,83	9,40, 64,98	24,34, 42,88	6,40, 42,92
5	15,41, 61,87	26,38, 54,84	25,33, 46,82	6,33, 67,100	3,32, 48,69	22,38, 64,101	23,39, 61,79	10,40, 51,88	25,35, 49,92	23,31, 64,96
6	11,39, 47,99	15,37, 58,95	7,36, 63,92	11,35, 54,80	20,32, 65,90	12,41, 51,96	21,38, 48,85	18,35, 65,80	19,41, 54,95	10,27, 51,97
7	19,28, 43,69	7,37, 52,87	16,32, 67,82	15,29, 54,93	17,29, 44,69	21,36, 65,87	17,39, 59,83	17,28, 52,95	15,41, 66,81	15,40, 52,88
8	26,32, 48,83	9,30, 44,69	19,34, 52,89	20,36, 62,92	21,35, 66,85	8,39, 66,83	13,28, 62,87	18,33, 68,97	11,29, 42,70	7,30, 42,92
9	15,28, 49,80	16,41, 46,91	5,35, 48,96	21,41, 49,89	20,36, 53,95	17,32, 41,81	10,41, 68,86	12,27, 43,78	22,30, 44,81	18,30, 62,89

### **3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ**

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые и практические работы.

К текущей аттестации относится защита практических работ по дисциплине «Сельскохозяйственная экология». Практические работы являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению дисциплины, закреплению знаний.

Тематический план практических работ (ПР) представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Объем (трудоёмкость освоения) и структура ПР

Номер ЛР	Содержание практической работы	Кол- во часов ПР
<b>Семестр – 3</b>		
1	Природные ресурсы и ресурсные циклы	2
2	Сравнительный анализ природных и антропогенных биогеоценозов	2
3	Оценка загрязнения почв агрохимическими веществами	2
4	Экологическая оценка опасности загрязнения пахотных почв пестицидами	2
5	Оценка радиоактивного загрязнения агроэкосистем	2
6	Применение эффективных технологий утилизации отходов производства в сельском хозяйстве	2
7	Агроэкологические приемы биологической мелиорации загрязненных почв	2
<b>Итого</b>		14

Для успешного освоения практических работ по дисциплине «Сельскохозяйственная экология» рекомендуются учебно-методические пособия, которые содержат подробный алгоритм выполнения работ:

Бедарева, О.М. Сельскохозяйственная экология: учебно-методическое пособие по практическим занятиям для студентов вузов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия», 35.03.04 «Агрономия» / О.М. Бедарева, Т.Н. Троян, Л.С. Мурачева. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021 – 59 с.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практической работе рекомендуется повторить материал теоретической части, изложенной в лекционном курсе. В процессе выполнения задания студенты анализируют предложенные материалы, заполняют таблицы.

В каждой практической работе приводится краткое содержание каждой темы практических работ, перечень ключевых вопросов для подготовки к текущей аттестации и организации самостоятельной работы студентов.

На практических работах используются материалы, эффективные в методическом отношении. По каждому занятию сформулированы цель, задания, предложены методические указания по выполнению задания. Перед выполнением задания студент должен изучить материал теоретической части. В процессе работы он анализируется, производится заполнение таблиц, выполняются вычислительные работы. Выполнив задание, необходимо проанализировать полученные результаты, ответить на вопросы для самоконтроля, защитить выполненную на практическом занятии работу.

Тестирование обучающихся и текущий контроль по темам практических работ, проводится после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа.

Перечень примерных практических и тестовых работ направленных на формирование компетенций и подготовку к сдаче промежуточной аттестации по дисциплине представлен в электронно- информационной образовательной среде в разделе «Методические и оценочные материалы» по данной дисциплине.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Агроэкология: учеб / под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – Москва: Колос, 2000. – 536 с.
2. Агроэкология. Методология, технология, экономика: учеб. для студентов вузов, обуч. по агроном. специальностям / под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – Москва: КолосС, 2004. – 400 с.
3. Бедарева, О. М. Сельскохозяйственная экология: учеб.-метод. пособие по практическим занятиям для студентов вузов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки "Агрономия" / О. М. Бедарева, Л. С. Мурачева, А. В. Матюха; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2014. – 130 с.
4. Бедарева, О. М. Сельскохозяйственная экология: учебно-методическое пособие по практическим занятиям для студентов вузов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия», 35.03.04 «Агрономия» / О. М. Бедарева, Т. Н. Троян, Л. С. Мурачева. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 59 с
5. Кочуров, Б. И. Агроэкология: учеб. пособие / Б. И. Кочуров, С. Г. Харина. – Москва: РУСАЙНС, 2021. – 200 с.
6. Общая экология и фитоценология: тест. зад. для студ. фак. биоресурсов и природопользования спец. 020800.62 – Экология и природопользование, 110101.65 – Агрономия, 110201.65 – Агрономия, 110401.65 – Зоотехния, 110901.65 – Вод. биоресурсы и аквакультура / О. М. Бедарева, С. К. Заостровцева, В. С. Бедарев. – Калининград: КГТУ, 2006. – 44 с.
7. Сельскохозяйственная экология: учеб. пособие / Н. А. Уразаев, А. А. Вакулин, А. В. Никитин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Колос, 2000. – 304 с.
8. Черников, В. А. Экологически безопасная продукция: учеб. пособие / В. А. Черников, О. А. Соколов. – Москва: КолосС, 2009. – 438 с.

Локальный электронный методический материал

Ольга Михайловна Бедарева

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 3,0. Печ. л. 2,5

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1