

Новосибирский государственный аграрный университет

Агрономический факультет

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Методические указания к лабораторно-практическим занятиям

Новосибирск

2022

УДК 631.95 (07)
ББК 45.2, я7
С₂₉₈

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия

Автор-составитель д-р биол. наук, проф. *Л.Н. Коробова*

Рецензент канд. биол. наук, доц. *С.С. Потапова*

Сельскохозяйственная экология: учебно-метод. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т, Агроном. фак.; авт.-сост. Л.Н. Коробова. – Новосибирск, 2022. – 55 с. – Текст электронный.

В методических указаниях приведено содержание лабораторно-практических занятий по основным разделам курса «Сельскохозяйственная экология»: агроэкосистемы, экологические проблемы интенсификации сельскохозяйственного производства, агроэкосистемы в условиях техногенеза.

Предназначены для бакалавров направлений подготовки 35.04.03 – Агрономия и 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом агрономического факультета (протокол № 2 от 30 сентября 2022 г.)

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Экологические проблемы сельского хозяйства относятся к категории универсальных, т.е. встречаются в мире повсеместно. Аграрные земли (пашни, сенокосы, пастбища, сады) и животноводческие фермы занимают значительную часть территории любой страны, а применяемые здесь технологии включают ряд очень мощных воздействий на окружающую среду. Это механическое воздействие (обработка почвы, осушение, орошение, выпас скота), воздействие химического характера (удобрения, пестициды, стимуляторы роста, дефолианты, десиканты), биологическое воздействие (посев и посадка растений, микробные препараты, применение энтомофагов, вермикультура, внедрение новых культур и т.д.).

В результате сельскохозяйственного использования земель повсеместно обостряются проблемы дефляции и водной эрозии, падает почвенное плодородие, возникает загрязнение почвы и продуктов питания пестицидами и их остатками, нитратами, загрязнение почвы стоками животноводческих ферм и скотооткормочных комплексов и другие экологические проблемы.

Выполнение лабораторных и практических работ дает студентам возможность оценить реальное воздействие сельского хозяйства на окружающую природную среду и познакомиться с методами оценки состояния сельскохозяйственных угодий и аграрной продукции.

Занятие 1. АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Цель: дать сравнительную характеристику природной экосистемы и агроэкосистемы и межвидовых отношений в агроценозах.

Агроэкосистемы (агробιοгеоценозы) – это природные системы, трансформируемые человеком с целью повышения продуктивности. По определению Юджина Одума, «агроэкосистемы – это «одомашненные» экосистемы, занимающие промежуточное положение между природными (луга и леса) и искусственными экосистемами (города)» (Агроэкология, 2000; Куликов, 2012).

В свете современных представлений, агроэкосистемы – это вторичные, измененные человеком биогеоценозы, ставшие значительными элементарными единицами биосферы; их основу составляют искусственно созданные, как правило, обедненные видами живых организмов биотические сообщества. Эти сообщества формируют и регулируют люди для получения сельскохозяйственной продукции. В нашей стране на структуру посевов и набор культур влияют в основном экономические соображения.

Агроэкосистемы нуждаются в дополнительных источниках энергии, что позволяет повышать продуктивность культур и ограничивать развитие нежелательных видов. У природных экосистем высокая продуктивность бывает только на начальных этапах сукцессии. Но такие пионерные сообщества неустойчивы и неспособны к саморегуляции. Точно так же неустойчивы и неспособны к саморегуляции агроэкосистемы. Для их поддержания требуются энергетические субсидии, размер которых определяет уровень земледелия в хозяйстве (экстенсивный, нормальный, интенсивный) (Адаптивно-ландшафтные ..., 2002).

Задание 1. Провести сравнительный анализ функционирования естественных экосистем и агроэкосистем по критериям, предложенным в табл. 1. Выявить их идентичность, особенности круговорота питательных веществ,

энерго- и массообмена. Сопоставить свойства биоценозов и агроценозов, влияющих на их стабильность.

Таблица 1

Сравнение естественных экосистем и агроэкосистем*

Свойства	Естественные экосистемы	Агроэкосистемы
<i>Абиотические</i>		
1. Скорость инфильтрации		
2. Величина стока		
3. Вероятность эрозии		
4. Густота растительного покрова		
5. Опад и другие растительные остатки		
6. Камни		
7. Потери почвенной влаги на испарение		
8. Почвенные коллоиды		
9. Потери на вымывание		
10. Температура почвы		
<i>Биотические</i>		
11. Замкнутость биологического круговорота		
12. Синхронизация активности растений и микроорганизмов		
13. Разнообразие биологической активности во времени		
14. Разнообразие растительных популяций		
15. Генетическое разнообразие		
16. Преобладающие жизненные стратегии растений		
17. Ярусность и пространственная гетерогенность		
18. Годовая продукция (надземная и подземная фитомасса)		

* Необходимо использовать качественные сравнительные характеристики.

Задание 2. Провести анализ известных вам типов коакций между вида-

ми агроценоза и заполнить табл. 2. Привести примеры межвидовых взаимодействий из сельскохозяйственной практики.

Таблица 2

Типы коакций между видом А и видом Б в агроценозе

Тип коакций	Влияние		Результат взаимодействия	Примеры
	А на Б	Б на А		
1. Нейтрализм	0	0	Взаимодействие отсутствует	Слизень и тля
2. Конкуренция				
3. Аменсализм				
4. Антибиоз				
5. Мутуализм				
6. Симбиоз				
7. Протокооперация				
8. Комменсализм				
9. Хищничество				
10. Паразитизм				

Задание 3. Выстроить биотический круговорот в агроэкосистеме, используя понятия: автотроф, гетеротроф, продуцент, редуцент, детритофаг, хемотроф, фототроф, консумент.

Термины нужно выбрать, основываясь на их значении, и выстроить в схеме так, чтобы получился замкнутый круг, характеризующий биологический круговорот веществ в экосистеме.

Задание 4. Выбрать и описать, как межвидовые связи в агроэкосистеме могут способствовать повышению продуктивности основных культур.

Рассмотреть все 9 типов коакций в аспекте природосообразной деятельности человека.

Пример: если оставлять в агроценозах с кормовыми культурами резерваты естественной растительности, то это будет способствовать размножению шмелей. Это, в свою очередь, позволит повысить семенную продуктив-

ность клевера (симбиоз шмеля-опылителя и клевера).

Контрольные вопросы

1. Почему некорректно разделять взаимоотношения популяций в природе на «полезные» и «вредные»?
2. Дайте определение конкуренции.
3. За какие ресурсы среды конкурируют растения?
4. Какие условия необходимы для формирования экологического равновесия в паре «жертва – хищник»?
5. Чем паразиты отличаются от хищников?
6. Какова роль хищничества в регуляции численности вредителей посевов?
7. Какие из биотических свойств экосистемы, на ваш взгляд, определяют ее устойчивость?
8. Охарактеризуйте замкнутость биотического круговорота в агроэкосистеме. Сравните ее с природной системой, не испытывающей влияния человека.

Занятие 2. НИТРАТНОЕ

ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Цель: оценить содержание нитратов в продукции растениеводства экспресс-методом с применением дифениламина.

Соли азотной кислоты, нитраты, являются элементом питания растений и компонентом почвы. Их высокая концентрация в почве способствует росту биомассы растений и формированию более высокого урожая. В органические соединения растения включается аммонийный азот, поэтому поглощенные NO_3^- должны восстановиться в клетках до аммиака. Это происходит при участии ферментов нитрат- и нитрит- редуктазы.

Содержание нитратов в частях растений разное. Больше всего их в подземных органах и тканях, служащих для проведения воды и минеральных солей к листьям и органам, например, в жилках листьев, черешках и стеблях. В органах размножения нитраты присутствуют в меньших количествах. В плодах преобладают в кожице и в поверхностных слоях.

Содержание нитратов в растении зависит от многих факторов, но определяющим среди них является интенсивное применение минеральных удобрений и навоза. На накопление нитратов в продукции также влияют освещенность, условия увлажнения и температуры, предшественник в севообороте, активность почвенных микроорганизмов, сорт и др. К растениям, склонным к накоплению нитратов, относят свеклу, салат, шпинат, морковь, капусту. Более высокая концентрация нитратов свойственна парниковой зелени, что объясняется интенсивным удобрением и недостаточным освещением (Агроэкология, 2002; Экология и охрана..., 2000).

Источником нитратов для человека являются загрязненная продукция, питьевая вода и иногда лекарственные препараты. С овощами их поступает около 70%, с водой – 20, с мясными, молочными и консервированными продуктами – 6%. Наиболее опасно для животных и человека отравление нитратами, растворимыми в воде. Это увеличивает их скорость всасывания в кровь, поэтому содержание нитрат-иона в воде не должно превышать 45 мг/л. Действие нитратов, поступивших в организм из нитратсодержащих овощей, слабее, чем поступивших с водой. Здесь отрицательное влияние нитратов частично нивелируется аскорбиновой кислотой.

Нитраты и нитриты используют как консерванты при производстве сыров, где их суммарное содержание не превышает 50 мг/кг. При изготовлении ветчинно-колбасных изделий нитраты и нитриты добавляют для подавления бактерий и придания изделиям розового оттенка. Содержание нитратов и нитритов в молоке и молочных продуктах обычно составляет не более 10 мг/кг.

Из поступивших в организм животного и человека нитратов 50-80% в течение 12 ч выводится из организма, а остальное количество представляет определенную опасность. Это связано, прежде всего, с восстановлением нитратов до высокотоксичных нитритов микрофлорой и ферментами пищеварительного тракта (токсичность нитритов выше, чем нитратов, более чем в 20 раз). Нитриты замещают кислород в молекуле гемоглобина крови. Образуется метгемоглобин, не способный переносить в клетки нужный для высвобождения энергии кислород. Также в ЖКТ под действием микробов идет процесс нитрозирования, т.е. встраивания NO_2^- и NO_3^- в органические вещества. При этом образуются вызывающие рак (канцерогенные) нитрозосоединения.

Допустимое суточное потребление нитратов для человека не должно превышать 5 мг/ кг массы тела, т. е. не более 350 мг в сутки для человека массой 70 кг. Допустимая суточная доза нитрита – 0,2 мг/кг массы тела, за исключением детей грудного возраста. Острое отравление взрослого человека отмечается при однократной дозе нитратов 600 мг.

Далее изложен доступный экспресс-метод определения содержания нитратов в образцах воды и продукции. Для растений он приведен в двух вариантах: с использованием целого растения и выжатого сока.

Сущность метода состоит в визуальной оценке окрашенных соединений, образующихся при взаимодействии нитратов с дифениламином. Нижний предел обнаружения нитратов в анализируемой пробе 100 млн^{-1} (мкг/кг).

Метод может быть использован для определения загрязнения нитратами любой продукции растениеводства. Полученные результаты следует рассматривать как ориентировочные. Для выбраковки продукции они требуют подтверждения ионометрическим методом.

Оснащение занятия: посуда – чашки Петри или стекла размером 180x90 мм, пипетки на 1мл, 10 пробирок, термостойкие колбы на 250 мл,

стаканы на 50 мл, цилиндры на 10 и 100 мл; *оборудование и материалы* – нож, разделочная доска, весы, электрическая плитка, марлевые салфетки, плодоовощная продукция, питьевая вода; *реактивы* – основной раствор азотно-кислого калия с содержанием N-NO_3 3000 мг/л для построения калибровочной кривой, 1,0%-й раствор дифениламина в серной кислоте, дистиллированная вода.

Описание занятия

За несколько дней до занятия студенты получают задание принести образцы питьевой воды и 3 вида различных овощей и плодов, купленных в магазине, или с собственного участка. Продукцию необходимо вымыть и обсушить.

Задание 1. Определить нитратное загрязнение в целых растениях. Выявить приуроченность нитратного загрязнения к частям растения.

Этап 1. Подготовка проб к испытанию

1. Картофель, томат, перец, яблоко, корнеплоды разрезать *поперек* на 3 части. Из середины и концевых участков сделать ровные срезы толщиной 0,7-1,0 см. Поместить их в чашки Петри в трехкратной повторности.
2. С луковицы удалить верхние чешуи, срезать сухую шейку и основание корня. Далее разрезать как картофель.
3. У капусты удалить верхние листья. Отобрать для анализа один лист снаружи кочана, другой внутри. У каждого листа выделить 3 части: срезать толстую прожилку, отрезать часть, примыкающую к прожилке, а также верхнюю часть листа без прожилок. Также взять для анализа кочерыжку. Поместить все в чашки Петри в трехкратной повторности.
4. У бахчевых культур анализировать съедобную часть без семян. Вырезать из мякоти плода в трехкратной повторности 3 сегмента: в середине, у кожуры и сегмент с прожилками. Поместить их в чашки Петри.

Этап 2. Качественный анализ содержания нитратов

1. Капнуть на срезы 1,0%-й раствор дифениламина в серной кислоте. От-

метить интенсивность окрашивания, согласно шкале В.В. Церлинг (1985), приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Шкала для определения нитратов в срезах и соке растений

Баллы	Характер окраски	Содержание нитратов, мг/кг
6	Срез или сок окрашивается быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает	>3000
5	Срез или сок окрашивается в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	3000
4	Срез или сок окрашивается в синий цвет. Окраска наступает не сразу	1000
3	Окраска светло-синяя, исчезает через 2-3 мин	500
2	Окраска быстро исчезает. Окрашиваются главным образом проводящие пучки	250
1	Следы голубой, быстро исчезающей окраски	100
0	Нет ни синей, ни голубой окраски. На целых растениях возможно порозовение	0

1. По результатам определения заполнить две таблицы: частную в тетради (табл. 4) и общую на доске.

Таблица 4

Содержание нитратов в различных частях овощей и плодов

Исследуемое растение	Часть растения	Баллы в повторениях	Содержание нитратов, мг/кг	
			в повторениях	среднее
1	2	3	4	5
Картофель	Верхушка клубня	1	1	
		2	2	
		3	3	
	Средняя часть клубня	1	1	
		2	2	

		3	3	
	Серединная (проводящая часть)	1 2 3	1 2 3	
	Под кожу- рой	1 2 3	1 2 3	

2. Сделать вывод, сравнив наличие нитратов в разных видах продукции и их локализацию в частях растений.

Следует сказать, что данный метод дает возможность оценить разные ткани овощных и других растений на содержание нитратов прямо в поле. Он проверен и хорошо действует на хлебных злаках, картофеле, корнеплодах, овощах, бобовых, многолетних травах для оценки обеспеченности растений азотом в разные периоды вегетации.

Задание 2. Определить нитратное загрязнение сока растений. Выявить отличия нитратного загрязнения в свежих и отварных овощах.

Этап 1. Приготовление растворов сравнения (калибровочных)

1. Взять готовый исходный раствор азотно-кислого калия с концентрацией нитрат-иона 3000 мг/л (4,89 г сухого KNO_3 в 1 л воды). Отлить 5 мл в первую пробирку и добавить туда 5 мл дистиллированной воды.

Получится раствор с концентрацией N-NO_3 1500 мг/л.

2. Повторить разбавления пополам предыдущего раствора для получения растворов с концентрациями нитрат-иона 750; 375; 188; 94; 47, 23 мг/кг.

3. Капнуть на большое предметное стекло последовательно по 2 капли из 8 приготовленных калибровочных растворов. Подписать.

Добавить в каждую из этих капель по 2 капли реактива 1,0%-го дифениламина в серной кислоте.

Получится серия окрашенных калибровочных растворов, которые

будут использоваться в качестве сравнительных при оценке содержания нитратов в образцах растений и воды.

Этап 2. Подготовка проб к испытанию

1. Вырезать несколько проб общей массой 200 г из разных частей растения (ткани, примыкающей к плодоножкам, столонам, из срединной и концевой частей, возле кожуры, кочерыги и т.д.). Смешать в общий образец.
2. Очень мелко измельчить 100 г образца, быстро поместить в марлевую салфетку и отжать сок в стакан. Другие 100 г образца оставить для этапа 4.

Этап 3. Анализ содержания нитратов в свежей продукции

1. Раскапать по 2 капли сока в трехкратной повторности на предметное стекло, положенное на белую бумагу. Закапать в них по 2 капли 1,0 %-го дифениламина в серной кислоте.
2. Сравнить окраску с каплями калибровочных растворов.

Результаты перевести в цифры и записать в табл. 5.

Таблица 5.

Содержание нитратов в свежих и отварных овощах

Исследуемое растение	Содержание нитратов, мг/кг	
	в повторениях	среднее
Картофель свежий	1	
	2	
	3	
Картофель отварной	1	
	2	
	3	
Картофельный отвар	1	
	2	
	3	
Капуста свежая	1	
	

Этап 4. Анализ содержания нитратов в отварных овощах и в отваре

1. Оставшийся образец (100 г) поместить в колбу на 250 мл, залить 100 мл воды и поставить на плитку для отваривания. Кипятить 10 мин.

2. Овощи и отвар остудить и проанализировать по действиям этапа 3.
3. Сделать вывод, сравнив наличие нитратов в соке разных растений в свежем и в отварном виде, а также в отваре.

Для сравнения следует использовать как цифровые данные, так и качественную характеристику:

<i>Окрашивание сока (отвара)</i>	<i>Нитратное загрязнение</i>
Очень синее	Сильное
Синее	Среднее
Слабо-синее	Слабое
Нет	Нет

Задание 3. Изучить допустимое содержание нитратов в продуктах растениеводства.

1. Изучить данные табл. 6 и сопоставить с ними свои результаты.
2. Сделать заключение об опасности отравления человека, если он использует в суточном рационе анализируемые вами продукты.

Таблица 6

ПДК нитратов в продукции растениеводства

Продукт	Содержание нитратов, мг/кг (л)
Картофель	250
Капуста белокочанная	900
Морковь	400
Огурец открытого грунта/ тепличный	150/ 400
Томат открытого грунта/ тепличный	150/ 300
Перец сладкий открытого грунта/ тепличный	200/ 400
Салат	3000
Лук-репка	80
Кабачки, баклажаны	400
Зеленные культуры	1800-2000
Свекла	1400

Контрольные вопросы

1. Раскройте значение нитратов для флоры.
2. Назовите источники нитратов для животных и человека. Какие из них являются первостепенными?
3. Почему нитраты опасны для животных и человека?
4. Какие растения отличаются повышенным содержанием нитратов?
5. Какие факторы наиболее сильно сказываются на накоплении нитратов в продукции растениеводства?
6. Почему у растений открытого и закрытого грунта ПДК по нитратам сильно различаются?
7. Как снизить содержание нитратов в продукции?

Занятие 3. БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ПЕСТИЦИДАМИ ПО ПРОРОСТКАМ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

С помощью метода биоиндикации получают достаточно точные результаты без дорогостоящей аппаратуры и реактивов. Данный метод дает возможность учитывать суммарное действие на культуру не только используемого пестицида, но и всех продуктов его распада, многие из которых более фитотоксичны, чем исходный препарат.

Цель: определить фитотоксическую активность почвы для растений яровой пшеницы после применения в предыдущую вегетацию пестицидов третьего поколения (инсектицида против скрытостеблевых вредителей и фунгицида против листостеблевых инфекций).

Оснащение занятия: навеска почвы 10 г; колбы на 250 мл с 90 мл кипяченой воды; воронка диаметром 8 см; бумажный фильтр того же диаметра; бумажные и полиэтиленовые полосы 7х50 и 3х50 см.

Описание занятия

Этап 1. Отбор и подготовка проб почвы

Пробы почвы следует отобрать осенью после уборки культуры в 20

точках опытного и контрольного участков по диагонали до глубины 30 см. Пробы с каждого участка соединить в один общий образец. Затем его высушить до воздушно-сухого состояния, размолоть на мельнице до частиц размером не более 0,5 мм и хранить в этикетированных пакетах.

Более подробные требования к отбору и подготовке образцов приведены в справочнике: Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде /под ред. М.А. Кисленко. – М.: Колос, 1993. – С. 270-271.

Этап 2. Методика проведения опыта

Получение почвенной вытяжки

Навеску почвы 10 г в 3-кратной повторности поместить в 3 колбы с 90 мл воды и встряхивать 10 мин. Затем колбы закрыть пробками и оставить при комнатной температуре на 1 сутки. Контрольный образец заложить одновременно с основным.

Через 24 ч надосадочную жидкость слить через воронку с фильтром в стеклянный сосуд.

Приготовление бумажных рулонов. Полосу бумаги 7 x 50 см смочить. Смоченную полосу положить сверху на полиэтиленовую полосу такого же размера. Посередине бумажной полосы вдоль прямой линии разложить промытые водой 50 семян яровой пшеницы. Зародыш семян должен быть направлен в одну сторону. Смочить еще одну бумажную полосу размером 3,5 x 50 см и закрыть ею ряд разложенных семян, прижимая пальцами мокрую бумагу так, чтобы зафиксировать семена. После этого «сэндвич» дополнить узкой полиэтиленовой полосой, накладываемой сверху. Рулон свернуть, начиная с одного конца, подписать и связать ниткой. Затем рулон поместить на 1 сутки в стеклянный сосуд с почвенной вытяжкой.

Определение фитотоксичности остаточных количеств пестицидов

На следующем занятии рулоны развернуть и измерить длину самого

большого корня у каждого семени, определить среднюю длину корней у всех 50 семян. Затем по каждому варианту вычислить процент угнетения роста корневой системы по сравнению с контролем.

Фитотоксическую активность остаточных количеств пестицидов в процентах ингибирования вычислить по формуле

$$A_{\text{ф}} = 100 - (D_{\text{х}}/D_{\text{к}}) \cdot 100,$$

где $A_{\text{ф}}$ – фитотоксическая активность ингибирования, %;

$D_{\text{х}}$ – средняя длина корней на опытном варианте, мм;

$D_{\text{к}}$ – средняя длина корней в контроле, мм.

Сравнить результаты биотестирования почвы после применения инсектицида и фунгицида.

Контрольные вопросы

1. Какие тест-растения могут быть пригодны для краткосрочных опытов?
2. Как в агрономической практике используют метод биоиндикации?

Занятие 4. БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ АГРОЦЕНОЗА (АКВАКУЛЬТУРЫ) ПО СОДЕРЖАНИЮ ХЛОРОФИЛЛА

Цель – определить по содержанию хлорофилла состояние растений яровой пшеницы после применения различных гербицидов (либо состояние озерной воды после попадания в нее различных доз азотных удобрений).

Процесс фотосинтеза – это основной путь, по которому практически вся энергия входит в нашу биосферу. Каждый год в процессе фотосинтеза на земном шаре образуется более 150 млрд т сахаров. Но значение фотосинтеза не ограничивается созданием только органического вещества, по-

скольку с помощью этого процесса энергия света преобразуется в химическую.

Первый этап преобразования энергии – это поглощение света. Соединения, поглощающие солнечный свет, представляют собой пигменты. Хлорофилл – это пигмент, который обуславливает зеленый цвет листьев. Он поглощает в основном фиолетовые и синие лучи, а также красный свет, при этом отражая зеленый (поэтому он и кажется зеленым). Доказательство того, что хлорофилл – основной пигмент, участвующий в фотосинтезе, заключается в сходстве его спектра поглощения со спектром действия фотосинтеза. Обнаружено несколько форм хлорофилла, представляющих собой химические вариации основной структуры.

Хлорофилл А характерен для всех фотосинтезирующих эукариот и цианобактерий. Это основной пигмент, передающий солнечную энергию в реакционные центры фотосинтеза. Сосудистые растения, мхи, зеленые и эвгленовые водоросли содержат и хлорофилл В. У некоторых групп водорослей, в основном бурых и диатомовых, вместо хлорофилла В функционирует хлорофилл С. Фотосинтезирующие клетки высших растений, водорослей и бактерий содержат больше десятка хлорофиллов и около 400 каротиноидов. В хлоропластах пигменты собраны в функциональные единицы, называемые фотосистемами. Каждая фотосистема содержит до 1000 молекул пигментов.

Пигментные характеристики растений служат критерием экологического нормирования антропогенных нагрузок, а метаболизм пигментов отражает интегральные изменения в экосистеме. К настоящему времени накоплен большой фактический материал по содержанию хлорофилла А и других пигментов в разных экологических условиях, например, в условиях антропогенных воздействий на водоемы. Хлорофилл А коррелирует с биомассой фитопланктона, содержанием биогенных элементов,

взвешенного органического вещества и с прозрачностью воды (Трифенова, 1990).

В соответствии с классификацией, предложенной Г.Г. Винбергом (1960), водоемы с содержанием хлорофилла менее 1 мкг/л относятся к олиготрофным (малопродуктивным), 1-10 – к мезотрофным (среднепродуктивным) и более 10 – к эвотрофным (высокопродуктивным). Концентрации пигмента, превышающие 100 мкг/л, считаются признаками интенсивного «цветения» воды водорослями. Максимальные из известных величин превышают 2000 мкг/л и отмечены в ситуациях с замором рыбы (Биогеохимические ..., 1993).

Установлено, что по мере роста продуктивности фитопланктона вклад синезеленых водорослей в биомассу фитопланктона (первичную продукцию) увеличивается, достигая абсолютного доминирования в загрязненных озерах. Поэтому, характеризуя загрязненность водоемов, определяют хлорофилл А синезеленых водорослей, который по оптическим свойствам ацетонового экстракта отличается от других водорослей.

Изменения в водоеме характеризуют нарушение сбалансированности в трофических связях сообщества, что продемонстрировано во многих работах как в природе, так и в эксперименте. Везде при загрязнении водоема наблюдалось снижение активности гетеротрофных звеньев. Например, показано, что влияние тяжелых металлов приводит к резкому возрастанию численности, биомассы и содержания хлорофилла у фитопланктона и к полной гибели зоопланктонного сообщества.

В гидросфере образуется только 1/3 часть общей годовой продуктивности органического вещества на Земле, 2/3 ее образуется на суше. Концентрация хлорофилла для наземных растений, как правило, не бывает лимитирующим фактором фотосинтеза. Однако количество хлорофилла может уменьшаться при листостеблевыми заболеваниями, недостатке минерального питания, с возрастом, под действием загрязняющих веществ. Тогда

листья желтеют, становятся хлоротичными. Само это явление называется хлорозом. Хлоротичные пятна являются наиболее характерным признаком влияния на растения кислых газодымовых выбросов.

Под действием стрессоров меняется такая характеристика, как светопоглощение хлорофилла. Хлорофилл при этом начинает разрушаться: сначала до феофитина, а потом до полного разрушения пиррольного кольца. Сильные окислители чаще всего приводят к изменению содержания хлорофилла А, но в целом они могут подавлять синтез любых пигментов. Например, бледная окраска листьев между жилками наблюдается у растений на отвалах, остающихся после добычи тяжелых металлов. Пожелтение краев листьев или листовых пластинок возникает у лиственных деревьев под влиянием хлоридов. Под действием сернистого ангидрида (SO_2) листья смородины краснеют, там накапливается пигмент антоциан. Недостаток азота, магния, железа и калия у растений приводит к возникновению бледной окраски листьев. Хлороз вызывается и недостатком света, так как свет нужен для конечной стадии биосинтеза хлорофилла. Поэтому содержание хлорофилла в листьях – неспецифичный индикатор. Его следует применять при биоиндикации в сочетании с другими признаками.

Для выполнения практической работы в качестве биоиндикатора используют яровую пшеницу, выращенную в лабораторных (полевых) опытах с применением разных гербицидов. Для оценки состояния растений листья собирают из одного яруса через 10 дней после обработки гербицидами.

Используемый далее метод основан на извлечении хлорофилла из листа растворителем и его определении на фотоэлектроколориметре.

Оснащение занятия: посуда – колбы на 100, 50 или 25 мл, воронки; оборудование и материалы – канцелярские ножи, разделочные доски, весы, ступка с пестиком, лабораторная промывалка с дистиллированной водой, фотоэлектроколориметр, бумажные фильтры; реактивы – ацетон или

90%-й этиловый спирт; 4%-й раствор бихромата калия – 4 г бихромата калия растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе на 100 мл, доводят раствор до метки; 1%-й раствор серно-кислой меди – 1 г пятиводной серно-кислой меди растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе на 100 мл, доводят раствор до метки; концентрированный раствор аммиака (не менее 7%).

Описание задания

Этап 1. Отбор и измельчение листового материала

С лабораторных опытов листья студенты отбирают непосредственно перед работой. Если же материал отбирался летом с полевых опытов, то содержание хлорофилла в зимнее время определяется в сухом материале.

В этом случае летом листья фиксирует лаборант. Фиксацию осуществляют двумя методами. Первый метод – это использование сухого жара (в течение 5-10 мин при температуре 105°C).

По другой методике фиксация проводится в два этапа. Вначале мелкие кусочки листьев, завернутые в марлю, необходимо погрузить в кипящий раствор поваренной соли и кипятить 2 мин. После этого листья следует промыть текущей водой 30 мин и встряхнуть для удаления влаги. Затем высушить 2 суток в тени или при температуре 40°C в термостате.

Отобранный материал следует измельчить, пользуясь разделочными досками и канцелярскими ножами.

Этап 2. Анализ листового материала

1. Приготовление стандартных растворов хлорофилла и построение градуировочного графика. В качестве стандартного раствора используют его имитатор, который готовят следующим образом. В колбу на 100 мл вносят 50 мл 4%-го раствора бихромата калия, 28,5 мл 1%-го раствора серно-кислой меди и по каплям добавляют концентрированный раствор аммиака до зеленой окраски. Полученный раствор эквивалентен рас-

твору кристаллического хлорофилла с содержанием 85 мг/мл. Далее готовят шкалу стандартных растворов (табл. 7).

Таблица 7

Приготовление шкалы стандартных растворов хлорофилла

Номер колбы	Исходный раствор, мл	Содержание раствора хлорофилла в объеме, мл	
		50 мл	25 мл
1	2	3	4
1	2	0,17	0,086
2	4	0,34	0,17
1	2	3	4
3	6	0,51	0,26
4	8	0,68	0,34
5	12	1,02	0,51
6	24	2,04	1,02
7	Исходный раствор	4,25	2,13

Измерив оптическую плотность полученных растворов на длине волны 644 нм, строят градуировочный график в координатах D и C хлорофилла, где D – оптическая плотность, C – концентрация хлорофилла.

2. Навеску измельченного сырого (1000 мг) или сухого материала (250 мг) растереть в ступке с небольшим количеством песка. Жилки из влажных листьев исключить. Кроме этого, параллельно для сырого материала определить влажность. При растирании добавить 5 мл ацетона или этилового спирта.

3. Пестик над ступкой обмыть ацетоном, содержимое ступки настоять 15 мин, а затем суспензию по стеклянной палочке перенести на фильтр. Фильтр помещен в воронку колбы на 50 или 25 мл. Остаток в ступке смыть на фильтр небольшим количеством ацетона или спирта, доводя объем раствора в колбе до метки.

До измерения D экстракт нельзя оставлять на свету

4. Измерить оптическую плотность полученного раствора на фотоэлектроколориметре и по графику найти количество хлорофилла, соответствующее этой величине оптической плотности. При измерении D на колориметре используют красный светофильтр.

Этап 3. Расчет результатов

Содержание хлорофилла (С), мг/кг воздушно-сухой массы или массы натуральной влажности, рассчитывают по формуле

$$C = (X \cdot 1000) / H, \text{ мг/кг,}$$

где X – содержание хлорофилла, найденное по графику во всем объеме экстракта (в 50 или 25 мл), мг;

H – навеска анализируемой массы, г;

1000 – коэффициент для пересчета на 1 кг массы.

По окончании работы сделать вывод о состоянии окружающей среды в обследуемых районах.

Занятие 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ПАСТБИЩА

Цель: научиться оптимизировать численность выпасаемого скота относительно предельной емкости пастбища.

Основополагающими законами сохранения растительности пастбищ являются понятия оптимальной нагрузки скота, а также коэффициента полноты использования растительности. Нагрузка обуславливает не только величину урожая, ботанический состав и качество травостоя пастбищ сегодня, но и состояние их на будущее. В зависимости от величины своей предельной емкости (производительной способности травостоя), та или иная территория может обеспечить кормом лишь известное количество скота, точно соразмерное с кормовыми ресурсами. Едва только численность выпасаемого скота превысит предельную емкость пастбища, дегра-

дация становится неизбежной, а во многих случаях необратимой. Отсюда миллион гектаров пастбищ степной и пустынной зон, где растительность выбита и почвы подвержены эрозии. Поэтому соблюдение величины оптимальной нагрузки скота на пастбищах влияет на эффективность производства гораздо сильнее, чем любой иной поддающийся контролю фактор (Экология ..., 2010; Коробова, 2016).

Приемлемая для пастбищ нагрузка скота – величина переменная и зависит, в первую очередь, от климатических факторов. Поэтому нагрузка скота должна меняться соразмерно производительной способности травостоя в зависимости от конкретных условий года.

$$H = \frac{Y}{K \times D},$$

где H - нагрузка на 1 га, гол.;

Y - урожайность зеленого корма в соответствующий период, кг/га;

K - количество потребленного зеленого корма на 1 голову в сутки, кг;

D - продолжительность периода использования пастбища, дней.

Например, нужно рассчитать нагрузку в весенний период на полынно-эфемеровых пастбищах, если потребность 1 овцы в пастбищном корме 7 кг при натуральной влажности, а продолжительность использования участка 50 дней при средней урожайности 700 кг/га зеленого корма:

$$H = \frac{700}{7 \bullet 50} = 2 \text{ головы овец.}$$

Следовательно, на 50 дней пастьбы на пастбищах с урожайностью зеленой массы 700 кг/га потребуется 1 га для содержания двух голов овец.

В настоящее время одним из основных приоритетных направлений в решении обеспечения экологической безопасности, рационального и эффективного использования естественных кормовых угодий страны, является определение максимально допустимых норм нагрузки сельскохозяйственных животных на доминирующих типах пастбищ.

Учитывая состояние восстановленных и деградированных пастбищ, а

также всего комплекса травостоя (типа) пастбищ по природно-климатическим зонам и с учетом аридных областей разработаны научно-обоснованные предельно допустимые нормы нагрузки сельскохозяйственных животных на них, которые приводятся в табл. 8.

Таблица 8

Допустимые нормы нагрузки сельскохозяйственных животных (овец)
на доминирующих в аридной зоне типах пастбищ

Природная зона	Эколого-географический район (подзона)	Типы пастбищ (преобладающие)	Урожайность валовая, ц/га / к. ед.				Нагрузка, голов на 100 га восстановленных пастбищ / деградированных
			весна	лето	осень	годовая	
1	2	3	4	5	6	7	8
Лесостепная	Лесостепной район	Разнотравно-злаковые с березовыми колками	5,0/ 3,3	8,0/ 4,8	4,4/ 2,2	5,8/ 3,3	110/ 78

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8
		Красноковыльно-разнотравно-полынные на солонцах	4,5/ 2,7	6,5/ 3,2	3,9/ 1,5	4,9/ 2,4	95/ 68
Степная	Колочная степь	Разнотравно-злаковые с березовыми колками	5,0/ 3,3	8,0/ 4,8	4,4/ 2,2	5,8/ 3,3	110/ 78
		Красноковыльно-разнотравно-полынные с типчаково-полынными на солонцах	4,5/ 2,7	6,5/ 3,2	3,9/ 1,5	4,9/ 2,4	95/ 68
	Колочная подзона умеренно-засушли-	Злаково-разнотравные с березовыми колками	5,0/ 3,3	8,0/ 4,8	4,4/ 2,2	5,8/ 3,3	116/ 78

вой степи						
Умеренно засушливая степь	Красноковыльно-разнотравно-полынные	4,5/2,7	6,5/3,2	3,9/1,5	4,9/2,4	98/74
Засушливая степь	Ковыльно-разнотравные, иногда закустаренные	4,9/3,2	7,0/3,2	4,2/1,8	5,3/2,7	81/55
	Красноковыльно-овсецово-разнотравные с типчаково-полынными на солонцах	3,5/2,2	5,0/2,5	3,0/1,2	3,8/1,9	58/39
Умеренно сухая степь	Ковыльно-разнотравные, иногда закустаренные	4,9/3,2	7,0/3,2	4,2/1,8	5,3/2,7	81/55
	Ковыльно-типчаково разнотравные	3,6/2,3	4,5/2,7	3,1/1,3	3,7/2,1	56/36
	Ковыльно-типчаково полынные	3,6/2,3	4,5/2,7	3,1/1,4	3,8/2,1	58/39

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8
	Сухая степь	Типчаково-ковыльно-полынные	3,7/2,3	4,6/2,5	3,2/1,5	3,8/2,1	58/39
		Ковыльно-житняковые	3,2/2,2	4,0/2,4	2,8/1,3	3,3/1,9	41/27
Горная	Предгорье	Ковыльно-разнотравно-кустарниковые	3,8/2,5	4,8/2,6	3,8/1,5	4,0/2,2	66/44
		Ковыльно-овсецово-таволговые с зарослями шиповника и березово-осиновыми колками	3,7/2,2	5,3/2,9	4,2/1,9	4,4/2,3	73/49
		Ковыльно-злаково-разнотравные, закустаренные	3,9/2,3	5,6/3,1	4,5/2,0	4,6/2,4	76/51
	Межгорные впа-	Ковыльно-типча-	3,6/	4,5/	3,2/	3,7/	56/

дины	ково-разнотравные, закустаренные	2,2	2,5	1,4	2,0	38
Межгор-ные впа-дины	Ковыльно-разнотравно-кустарниковые	3,8/ 2,5	4,8/ 2,6	3,4/ 1,5	4,0/ 2,2	61/ 40
	Ковыльно-типчаково-кустарниковые	2,9/ 1,9	4,2/ 2,0	2,4/ 1,0	3,1/1 ,6	47/ 31

Задание 1. Студент должен выбрать по заданию преподавателя область нахождения пастбища, подзону и тип пастбищ и заполнить табл. 9. Из предложенного материала выбирается экологически допустимая нагрузка скота для соответствующей территории как эталон для сравнения.

Площадь пастбищ вокруг места концентрации скота может определяться в виде площади круга по формуле $S = \pi R^2$.

Например, нужно просчитать нагрузку скота вокруг населенного пункта в радиусе 5 км. В этом случае: $S = 3,14 \cdot 25 \text{ км}^2 = 7850 \text{ га}$.

Коэффициенты перевода в условно-взрослых овец, крупного рогатого скота и лошадей показаны в демонстрационном материале преподавателя «Использование пастбищных ресурсов».

Таблица 9

Использование пастбищных ресурсов в области (районе)

Об- ласть, район	Доми- ниру- ющий тип паст- бищ	Площадь паст- бищ, тыс. га		Размещение на пастби- щах, тыс. гол.			Всего голов в переводе на 1 условную овцу	Удельная нагрузка на 100 га пастбищ	
		всего	обво- днен- ных	овец, коз	кр. рог. скота	лоша- дей		суще- ству- ющая	эколо- гиче- ски допу- стимая

После заполнения табл. 9 сделать вывод по нагрузке животных на

единицу площади и конкретную дату.

Задание 2. Сделать вывод о возможных дигрессионных изменениях на пастбищах в аридном районе, используя следующие сведения.

I ступень пастбищной дигрессии. На используемом участке, если нагрузка выпаса умеренная (т.е. отчуждается до 65% урожая один раз за пастбищный период), полынный покров сохраняется хорошо. Встречаемость и жизненное состояние охотно поедаемых полукустарников (солянка восточная, прутняк простертый) нормальное. Эфемероиды и эфемеры (осочка, мятлик, пажитник, мортук и др.) имеют хорошее развитие и занимают в благоприятные по распределению осадков годы основную часть межкустового пространства. Площадь поверхности, занимаемая мхом и лишайником, составляет не более 10%. Состояние полынно-эфемерного типа пастбищ, когда коренной покров сохранен хорошо и лишь слегка угнетены охотно поедаемые виды растений, относят к I ступени пастбищной дигрессии. Изменений на поверхности почвы почти нет.

II ступень пастбищной дигрессии характеризуется уменьшением численности полукустарников, особенно прутняка, возрастанiem числового обилия костра кровельного, бурачка пустынного, эбелека и других неохотно поедаемых видов. Мох и лишайник на этой стадии дигрессии встречаются редко, лишь небольшими пятнами около кустов, полукустарников. Почвы слабо дефлированные. Наблюдается формирование рыхлого поверхностного слоя, легко деформируемого копытами животных.

III ступень пастбищной дигрессии характеризуется редкой встречаемостью доминанта растительного покрова – полыни белоземельной и большой ее угнетенностью. Кейреук и прутняк в травостое отсутствуют. Широко распространен эбелек. На участке появляется адраспан.

Почвы на данной стадии среднедефлированные. При выпасе поверхность почвы пастбища сильно разрыхляется и является очагом эрозии.

Щебнистость слоя 0-10 см в 1,3-1,5 раза больше, чем слоя 10-20 см, из-за выноса мелкозема и увеличения скелетной части почвы.

IV ступень пастбищной дигрессии (сбой) представляет собой участки, на которых отсутствуют или растут сплошные заросли адраспана. Эти участки не представляют ценности как кормовые угодья. Поверхность почвы таких пастбищ сильно и очень сильно дефлирована, щебнистость слоя 0-10 см в 2 раза выше, чем слоя 10-20 см.

Контрольные вопросы

1. Что такое дигрессия пастбищ?
2. Какие факторы способствуют дигрессионным процессам на пастбищах аридной зоны?
3. Назовите растительные сообщества пастбищ в лесостепной зоне и в засушливой степи.

Занятие 6. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ОСОБЕННОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ НА ПОПУЛЯЦИОННОМ И БИОЦЕНОТИЧЕСКОМ УРОВНЯХ»

Задача 1

1. Яровую пшеницу выращивали в опытах с внесением азотно-фосфорных удобрений и дополнительной подкормкой мочевиной. Получили графическую зависимость урожайности зерна пшеницы от дозы внесенных удобрений, изображенную на рис. 1.

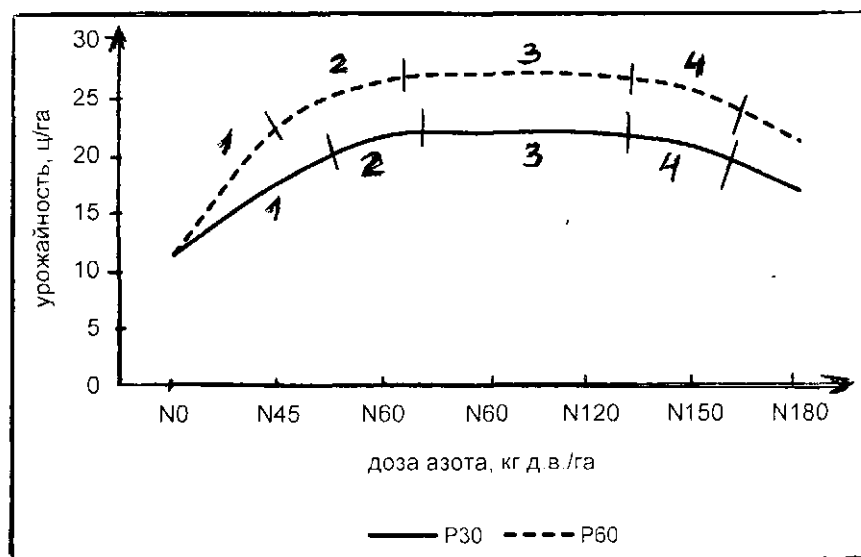


Рис. 1. Зависимость урожайности зерна пшеницы от дозы внесенных удобрений

Определить, какой фактор из двух (доза азота или доза фосфора) лимитирует урожайность зерна на отрезках 1, 2, 3 и 4.

Задача 2

На поле с картофелем встречаются 2 типа пространственного размещения видов сорных растений. Чтобы выявить типы, на 25 случайно выбранных площадках считали их численность. Получили следующие данные:

Род	Номер повторения																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Численность на 1м ² , шт.																								

Щирица запро- кинутая	5	1	1	3	4	4	4	3	6	7	2	2	3	1	7	5	2	0	5	3	1	2	4	6	2
Осот полевой	2	1	0	0	2	3	1	0	5	1	2	0	0	0	6	4	0	4	3	0	0	0	2	0	0

Определить пространственную структуру обеих популяций сорняков в агроценозе.

Для определения пространственной структуры видов нужно подсчитать \bar{X} – среднее по повторениям и σ^2 – среднее квадратичное отклонение от средней (дисперсию), которое считается по формуле

$$\sigma^2 = \sum (X - x_i)^2 / n,$$

где \bar{X} – среднее;

x_i – численность вида в каждом из повторений;

n – число повторений.

Если $\sigma^2 < \bar{X}$ – групповое распределение особей в популяции;

если $\sigma > \bar{X}$ – равномерное распределение особей в популяции;

если $0,8 < \sigma^2 < 1,2$ – случайное распределение особей в популяции.

Задания к задаче 2:

1. Провести расчеты, оформить их в виде таблицы.
2. Сделать вывод о пространственной структуре видов.

Задача 3

Из предложенного перечня определений выбрать компоненты, входящие в состав агроценоза, агробиогеоценоза и экотопа: биотический компонент, антропогенный компонент, культурные растения, сорные растения, фитофаги, энтомофаги, эдафический компонент, влага, орографический компонент, продуценты, микробный комплекс почвенных микроорганизмов, паразиты растений, климатоп, паразиты насекомых, эпифиты.

Задача 4

Рассчитать первичную продукцию агроценоза с 1 м² посева. Полученные результаты занести в табл. 10.

Таблица 10

Эффективность фотосинтеза и первичная продукция
сельскохозяйственных культур

Культура	Суммарная радиация, кДж/ м ² · сут	Эффективность фотосинтеза, %	Вегетационный период, сут	Первичная продукция, кДж/м ²
Пшеница яровая	18000	3,7	90	
Ячмень	18000	4,0	80	
Рис	28500	7,1	100	
Соя	30800	9,8	110	
Горох	18000	4,2	70	
Кукуруза	28500	6,7	120	
Люцерна	28500	3,2	100	
Картофель	16700	5,4	90	
Свекла сахарная	16700	9,5	150	
Хлопок	28500	4,6	160	
Клевер луговой	18000	4,3	70	
Суданка	28500	6,7	110	

При расчете первичной продукции агроценоза сначала необходимо определить количество энергии, поглощаемой 1 м² посева сельскохозяйственной культуры, по формуле

$$Q = R \cdot F / 100,$$

где Q – количество энергии, поглощаемой 1 м² посева, кДж;

R – суммарная радиация, (кДж/м²) · сут;

F – эффективность фотосинтеза, %.

После этого нужно определить первичную продукцию агроценоза:

$$V = Q \cdot T,$$

где V - первичная продукция агроценоза, кДж/м²;

Q – количество энергии, поглощаемой 1 м² посева, кДж;

T – продолжительность вегетационного периода, дней.

Сделать вывод, проведя ранжирование культур по максимальной, средней и минимальной продуктивности агроценоза.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой агробиогеноценоз и агроценоз?
2. Охарактеризуйте компоненты биотопа на поле, занятом пшеницей.
3. Какие из компонентов биотопа лимитируют урожайность в агроландшафтных районах Приобья?
4. Объясните, почему щирца запрокинутая и осот имеют разную пространственную структуру.
5. Какую роль играет пространственная изменчивость засоренности поля в формировании урожая?
6. На примере данных табл. 10 поясните, как связана продуктивность культур с эффективностью фотосинтеза.

Занятие 7. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА РАСЧЕТ ВЫНОСА БИОГЕНОВ С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Цель: сравнить вынос биогенов из почвы с урожаем различных сельскохозяйственных культур и разными сельскохозяйственными животными.

Биогенными называются элементы, входящие в состав организмов и выполняющие определенные биологические функции. Это элементы, необходимые для существования и жизнедеятельности живых организмов. В агроэкосистемах нормальная циркуляция биогенов нарушена в связи с ежегодным удалением из нее части таких элементов вместе с урожаем. Особенно сильно обедняют почву биогенами свекла,

картофель, масличные культуры. Для компенсации потерь биогенов в почву вносят минеральные или органические удобрения.

Расчет выноса биогенов с сельскохозяйственных угодий (площадные источники) проводят на основе известных агрохимических зависимостей, связывающих количество выносимых веществ со свойствами почвы, видами и урожайностью сельскохозяйственных культур:

$$R_i = r_N \cdot K_i \cdot y_i + r_P \cdot K_i \cdot y_i + r_K \cdot K_i \cdot y_i,$$

где R_i – удельный вынос биогенов, кг/га;

r_N , r_P , r_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.

Суммарный вынос биогенных веществ определяется по формуле

$$W_{\text{пл}} = R_i \cdot S_i,$$

где $W_{\text{пл}}$ – суммарный вынос биогенных веществ, кг/га;

R_i – удельный вынос биогенов с площади, занятой i -й сельскохозяйственной культурой, кг/га;

S_i – площадь, занятая i -й сельскохозяйственной культурой, га.

Задания

1. Определить удельный вынос биогенов с площади, занятой различными сельскохозяйственными культурами, выбрав вариант по заданию преподавателя.

Коэффициенты выноса биогенов представлены в табл. 11.

Полученные данные занести в табл. 12.

Таблица 11

Коэффициент выноса биогенных веществ

№ п/п	Культуры	Вынос биогенов		
		Γ_N	Γ_P	Γ_K
1	Озимая пшеница	0,16	0,12	0,07
2	Озимая рожь	0,28	0,11	0,36
3	Яровая пшеница	0,30	0,08	0,25
4	Картофель	0,25	0,18	0,32
5	Многолетние травы (зеленая масса)	0,51	0,20	0,40

Таблица 12

Удельный вынос биогенов с урожаем, кг/га

№ п/ п	Культуры	Урожайность по вариантам, т/га						Удельный вынос биогенов
		1	2	3	4	5	6	
1	Озимая пшеница	4,65	5,16	3,60	4,24	3,99	26,2	
2	Озимая рожь	3,27	3,07	1,97	2,99	2,61	1,77	
3	Яровая пшеница	3,73	2,78	2,12	4,11	1,85	2,45	
4	Картофель	44,5	60,0	21,4	35,5	28,5	18,7	
5	Многолетние травы (зеленая масса)	18,3	16,5	16,0	14,5	13,9	11,3	

Сделать вывод, охарактеризовав культуры по убыванию удельного выноса азота, фосфора и калия.

2. Определить суммарный вынос биогенных веществ. Данные по выносу биогенов с урожаем представлены в табл. 13. Полученные данные занести в табл. 14.

Таблица 13

Вынос биогенов из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур, кг/т

№	Культура	Вынос биогенов		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O

1	2	3	4	5
1	Озимая пшеница	32,4	12,0	25,6
2	Озимая рожь	32,6	12,6	27,0
1	2	3	4	5
3	Яровая пшеница	37,0	11,0	23,0
4	Картофель	6,0	3,5	12,5
5	Многолетние травы (зеленая масса)	17,6	6,3	19,5

Таблица 14

Суммарный вынос биогенных веществ, кг/га

№	Культура	Площадь посева в вариантах, га						Суммар- ный вынос биогенов
		1	2	3	4	5	6	
1	Озимая пшеница	165,7	112	201	112	89,5	201,0	
2	Озимая рожь	151	132	195	130	120	189,5	
3	Яровая пшеница	149,5	120	174	118,9	100	200	
4	Картофель	153	120	182	100	112	165,7	
5	Многолетние травы (зеленая масса)	134	148	191	114,5	89,0	194,5	
	Всего							

Сделать вывод, показав максимальный и минимальный суммарные выносы биогенов предложенными для расчетов культурами.

3. Рассчитать продолжительность выпаса смешанного стада из 10 коров и 20 овец. Первичное содержание биогенов в почве составляет: N – 300 кг/га, P – 150, K – 120, Ca – 130 кг/га.

Ежегодный вынос биогенов при кормлении животных на одну голову представлен в табл. 15.

Таблица 15

Вынос биогенов на одну голову животного при кормлении

№	Показатель	Вынос биогенов, кг/га в год
---	------------	-----------------------------

п/п		N	P	K	Ca
1	Корова	16	5	2	10
2	Овца	5	1	1	5
3	Стадо				

Сделать вывод, выстроив элементы в ряд, начиная с лимитирующего.

Занятие 8. РАДИАЦИОННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ И ПУТИ ЕГО СНИЖЕНИЯ

Цель: рассчитать содержание радионуклидов в организме животных, ознакомиться с путями снижения радиационного загрязнения растениеводческой и животноводческой продукции.

Основными радиоактивными элементами, представляющими опасность для человека, являются цезий-137 и стронций-90. Цезий-137 и стронций-90 имеют примерно одинаковый период полураспада – 28-30 лет и характеризуются высокой экологической подвижностью в цепи «почва – растение – животное». Стронций-90 трудно выводится из организма, радиоцезий – сравнительно быстро. Период выведения радиоцезия (при прекращении потребления загрязненных продуктов) составляет 20-25 дней. Радиоцезий является химическим аналогом калия, стронций-90 – кальция. Передача радиоактивных изотопов большинству населения, напрямую не связанному с искусственными источниками излучения, осуществляется по цепочке: почва (вода) > растения > животные > продукты животноводства > человек.

Загрязнение продуктов растениеводства и животноводства радиоактивными веществами может происходить в результате непосредственного воздействия на них естественных природных источников (сухие и мокрые атмосферные осадки), ионизирующих излучений (первичные и вторичные космические излучения) или вследствие включения радиоактивных веществ в абиотические (почва, вода) или биотические (флора, фауна) ком-

поненты сельскохозяйственных угодий.

Угодья, характеризующиеся плотностью загрязнения почв цезием-137 более 40 Ки/км², запрещено использовать как сельскохозяйственные, а на угодьях, загрязненных от 15 до 40 Ки/км², сельскохозяйственное производство разрешено вести при условии проведения дополнительной мелиорации почв. При плотности загрязнения почв сельскохозяйственных угодий цезием-137 менее 15 и стронцием-90 менее 2 Ки/км² допускается ведение растениеводства с использованием приемов, ограничивающих поступление радионуклидов из почвы в растения.

Получение «чистой продукции» животноводства в загрязненных районах возможно только при условии обеспечения животных кормами с окультуренных пастбищ или с лугов, находящихся на высокоплодородных почвах. При этом переход радионуклидов из кормов в молоко и мясо будет зависеть не только от их содержания в корме, но и от рациона, возраста, физиологического состояния животных, продуктивности и других факторов. Например, у высокопродуктивных животных переход цезия-137 из кормов в организм, как правило, ниже, чем у низкопродуктивных. Ниже он и при сбалансированном рационе кормления животных по основным минеральным элементам питания.

Специалисты считают, что молочная продукция сильно загрязняется радионуклидами в период выпаса скота на лугах, особенно весной и осенью. При стойловом содержании скота, особенно с увеличением в 2 раза в корме содержания клетчатки (вместо 1,5 кг, к примеру, в сутки до 3 кг) в молоке наблюдается уменьшение концентрации цезия-137 на 30 %.

Откорм бычков возможен на любых пастбищах, где не запрещено ведение хозяйства. Но за 2 месяца до убоя их следует перевести на откорм в стойло. Это позволит получить мясо, годное к употреблению.

Птицу тоже за 1-1,5 месяца до забоя переводят на откорм незагрязненными кормами или же кормами, заготовленными на участках с низким

уровнем загрязнения, и вводят в питание кур вволю молотый известняк, мел, ракушки. После этого мясо кур можно использовать без ограничений.

На загрязненных территориях следует учитывать, что наиболее чистое от радионуклидов мясо производится в свиноводстве, затем следует производство говядины. Максимальное количество радионуклидов содержится в баранине. Этому способствует то, что свиньи находятся на стационарном содержании и потребляют в виде кормов корнеплоды, зерно и концентраты, которые являются менее загрязненными, чем луговые травы. Следует знать, что переход радионуклидов в сало свиней значительно ниже, чем в мясо, поэтому в загрязненных районах безопаснее для потребителя откармливать свиней для получения сала.

Чтобы снизить содержание стронция-90 в молоке в рацион коров добавляют вещества, богатые кальцием: мел, молотый известняк, трикальцийфосфат, костную муку или костную золу в количестве 50-80 г в день. Выпас крупного рогатого скота на пастбищах начинают при высоте травостоя не ниже 10 см. Также рекомендуют довести pH почв пастбищ до нейтральных или щелочных значений.

Снижению накопления домашними животными цезия-137 и его выведению из организма помогают специальные кормовые добавки – сорбенты. Например, сорбентами могут быть цеолиты, особенно цеолит модифицированный, используемый с концентрированными кормами. Самым эффективным среди сорбентов считается ферроцин, 3-5 г которого рекомендовано добавлять в рацион животного ежедневно. Он не проникает через стенки желудка и полностью выводится из организма с продуктами обмена. Благодаря применению кормосмесей и соляных брикетов, которые содержат ферроцин, загрязненность молока радиоцезием снижается в 2-5 раз.

При охоте на диких копытных животных, пасущихся на одинаковых по плотности загрязнения радионуклидами территориях, рекомендовано учитывать, что меньше всего радиоцезия накапливает лось. У косули его

содержание в 2 раза выше, чем у лося, но в 6 раз ниже, чем у кабана. Таким образом, в мясе кабана содержание цезия-137 в 12 раз выше, чем у лося. Это объясняется тем, что лось питается кустарниками и ветвями деревьев, в которых содержание цезия-137 незначительно. Косуля в летнее время частично питается грибами, накапливающими радионуклиды. Дикий кабан активно питается в лесной подстилке почвенными животными, имеющими высокие концентрации цезия-137.

В рыбную продукцию (внутренние органы рыб) радиоактивные элементы проникают через кожу, жабры и перорально. Одним из важных источников заражения рыб является передача радиоактивных веществ по пищевым цепям. Молодь большинства рыб и многие взрослые рыбы питаются планктоном, который способен накапливать радионуклиды до концентраций в сотни и тысячи раз больших, чем в окружающей воде. Радиоактивные вещества, накапливающиеся в органах и тканях рыб, создают внутренний источник облучения. Внешнее облучение рыбы получают, сорбируя радиоактивные изотопы на поверхности своего тела из загрязнённой воды (Фёдорова, 1962). Содержание стронция в рыбе зависит от концентрации нуклида в воде и степени ее минерализации. Так у рыб Балтийского моря содержание стронция в 5 раз больше, чем у рыб Атлантического океана. В основном стронций депонируется в скелете.

Коэффициент концентрирования радиоактивного изотопа в теле животного определяют по формуле

$$K = P_m / C_n,$$

где K – коэффициент концентрирования радиоактивного изотопа;

P_m – количество радиоактивного изотопа во всей массе тела в нанокюри (нКи) или в единицах удельной радиоактивности, Бк/г;

C_n – содержание радиоактивного изотопа в пище в нКи или в единицах удельной радиоактивности, Бк/г.

Задание 1. Определить содержание радиоактивного изотопа ^{90}Sr в теле окуней, если его содержание в воде соответствует 0,75 нКи.

Результаты занести в табл. 16.

Таблица 16

Коэффициент концентрирования радиоактивного изотопа ^{90}Sr

Коэффициент концентрирования	Вещество, организм	Содержание изотопа в теле, нКи
1	Вода	0,750
100	Фитопланктон	
500	Зоопланктон, насекомые	
750	Окуни	

Задание 2. Рассчитать степень концентрирования радиоактивных изотопов в теле щук разной массы в Гомельской области после Чернобыльской АЭС. Результаты занести в табл. 17.

Определить «размерный эффект» в отношении радиоизотопов в популяциях хищных рыб.

Таблица 17

Накопление изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr в щуках разной массы

Масса тела, кг	Концентрация изотопа, кБк/кг		Степень концентрирования	
	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs
1	2	3	4	5
<i>В скелете</i>				
5,0	$2,80 \pm 0,21$	$0,40 \pm 0,02$	-	-
2,5	$0,57 \pm 0,05$	$0,2 \pm 0,01$		
1	2	3	4	5
1,3	$0,40 \pm 0,07$	$0,14 \pm 0,01$		
<i>В печени</i>				
5,0	$3,04 \pm 0,18$	$0,62 \pm 0,21$		
2,5	$2,12 \pm 0,06$	$0,47 \pm 0,05$		
1,3	$0,05 \pm 0,21$	$0,02 \pm 0,01$		

Задание 3. Изучить концентрирование ^{90}Sr в скелете и мышцах различных домашних животных, если в их корме, потребляемом в течение 90 дней, ежедневно содержалось 37 кБк. Результаты занести в табл. 18 и сравнить накопление ^{90}Sr у представленных видов животных.

При этом следует знать, что наземным животным радиоактивный стронций в основном поступает с кормом и в меньшей степени с водой (около 2 %). Переход радионуклида из корма в организм зависит от видовых и возрастных особенностей животных и от их физиологического состояния. У молодых животных всасываемость стронция выше. В возрасте нескольких дней она практически достигает 100 %, что связано с высокой проницаемостью стенок кишечника. С увеличением возраста всасываемость снижается.

Таблица 18

Содержание изотопа ^{90}Sr в теле взрослых домашних животных спустя 90 дней после начала потребления загрязненного корма

Виды животных	Масса тела, кг	Процентное соотношение скелет/мышцы	Коэффициент концентрирования, % от суточного поступления		Содержание изотопа	
			скелет	мышцы	в скелете	в мышцах
Коровы	400	17 / 55	6	3		
Овцы	70	9,5 / 50	950	0,2		
Козы	50	11/55	770	0,4		
Свиньи	110	7,5/65	220	0,2		
Куры	1,5	12/ 57	16	0,3		

Задание 4. Изучить приемы снижения накопления радионуклидов (РН) в животноводческой и растениеводческой продукции.

Система ведения земледелия на загрязненных почвах должна включать мероприятия, которые обеспечивают производство сельскохозяй-

ственной продукции в пределах требования радиационной безопасности. Накопление радионуклидов в растениеводческой продукции можно снизить путем использования различных агрохимических и агротехнических приемов, целесообразность применения которых определяется уровнем содержания радионуклидов в почве:

- увеличения доли площадей под культурами с низким уровнем накопления радионуклидов;
- коренного и поверхностного улучшения сенокосов и пастбищ, включающего культуртехнические мероприятия, посев травосмесей с минимальным накоплением радионуклидов, фрезерование и глубокую вспашку с оборотом пласта верхнего слоя на естественных кормовых угодьях;
- предотвращения вторичного загрязнения за счет комплекса противоэрозионных мероприятий;
- применения средств защиты растений;
- известкования кислых почв;
- внесения органических удобрений и сапропелей;
- внесения повышенных доз фосфорных и калийных удобрений;
- ограничения доз азотных удобрений на основе почвенно-растительной диагностики;
- промывки и первичной очистки убранной плодовоовощной и технической продукции;
- применения различных способов уборки зерновых и кормовых культур, исключающих вторичное загрязнение урожая.

Система обработки почвы. Основными задачами системы обработки почвы в зоне радиоактивного загрязнения являются:

- уменьшение эрозионных процессов и переноса почвенных частиц;
- снижение времени воздействия излучений на работающий персонал;
- снижение радиоактивного загрязнения урожая.

В системе основной обработки целесообразно сочетать безотвальные

способы обработки почвы с периодической (раз в 3-4 года) отвальной вспашкой. Безотвальная обработка может осуществляться на глубину 35-40 см чизельными культиваторами; отвальная – проводится на глубину пахотного слоя с использованием обычных плугов. Такие сочетания обработок дают возможность уничтожать сорняки, уменьшать повреждение растений вредителями и болезнями, заделывать органические удобрения, разрушать подплужную подошву и, что особенно важно, способствуют постепенному разбавлению радионуклидов путем их механического перемещения из пахотного слоя в нижележащие горизонты. На эродированных, эрозионно опасных, уплотненных и временно избыточно увлажненных почвах следует применять глубокое рыхление и щелевание.

Предпосевная обработка почвы должна вестись с использованием высокопроизводительных комбинированных агрегатов, совмещающих за один проход выполнение нескольких операций.

Система удобрений. Одним из наиболее эффективных приемов, снижающих поступление радионуклидов в растения, является известкование, так как при этом в почвенном растворе резко уменьшается концентрация водорастворимых ионов, увеличивается содержание подвижного кальция и магния. Эффект снижения количества радионуклидов в урожае колеблется в пределах 1,5-3 раза (иногда до 10 раз) и зависит от гранулометрического состава почв, степени кислотности, обеспеченности гумусом, а также от биологических особенностей культур.

Дозы извести в зависимости от загрязнения почв радионуклидами изменяются следующим образом:

Загрязнение, Ки/км ²		Доза извести, соответствующая гидролитической кислотности
цезий-137	стронций-90	
5,0	0,3	1,0
5,0 -4,0	0,3 -3,0	1,5

Применение органических удобрений также способствует уменьше-

нию перехода радионуклидов из почвы в растения. В загрязненных радионуклидами районах запрещается в качестве органических удобрений торф. При небольшом радиусе перевозок рекомендуется применение сапропелей в дозах 60-80 т/га под пропашные культуры.

Важным приемом, ограничивающим поступление радиоцезия в растения, особенно на бедных калием дерново-подзолистых почвах, является применение калийных удобрений. Это обусловлено как антагонизмом катионов калия и цезия, так и позитивным влиянием калия на величину урожайности. Дозы калия дифференцированы в зависимости от типа почв, содержания в них обменного калия и вносятся с учетом обеспечения максимальной прибавки урожая.

Дозы калийных удобрений определены из расчета обеспечения полной потребности сельскохозяйственных культур и ускоренного повышения содержания калия в почве до оптимального уровня. На почвах с высокой плотностью загрязнения радионуклидами предусмотрено применение повышенных доз калийных удобрений. На почвах с избыточным содержанием калия внесение калийных удобрений не рекомендуется для предотвращения ухудшения качества продукции.

Действие фосфорных удобрений также положительно сказывается на уменьшении поступления радионуклидов из почвы в растительную продукцию, особенно на почвах с низким содержанием подвижных фосфатов. Дозы фосфорных удобрений рассчитываются с учетом сбалансированного питания сельскохозяйственных культур и содержания фосфора в почве. Приоритетом в распределении фосфорных удобрений является плотность загрязнения почв радионуклидами. На почвах с высоким содержанием фосфора (на минеральных более 250 мг P_2O_5 / кг, на торфяно-болотных – 1000 мг/кг) фосфорные удобрения не вносят.

Важная роль отводится регулированию азотного питания растений. При недостатке доступного азота в почве сильно снижается урожайность,

и концентрация радионуклидов в продукции несколько повышается. С другой стороны, повышение дозы азотных удобрений усиливает накопление радионуклидов в растениях. В связи с этим дозы азотных удобрений строго регламентируются с учетом потребности растений для получения планируемой урожайности. При применении азотных удобрений следует учитывать все мероприятия, способствующие повышению их эффективности.

Микроудобрения также играют заметную роль в снижении поступления радионуклидов в растения. Применяются микроудобрения с учетом содержания соответствующих микроэлементов в почве и биологических особенностей культур. В почву микроудобрения вносят только при очень низком их содержании. Некорневые подкормки целесообразно применять следующим образом:

- зерновые многолетние травы – 20-30 г/га д.в. меди;
- лен и свекла – соответственно 30-40 и 100-150 г/га д.в. бора;
- кукуруза – 60-100 г/га д.в. цинка.

Защита растений. Для химической защиты растений от вредителей, болезней и сорняков утвержден перечень разрешенных пестицидов для зон с загрязнением цезием-137 в пределах 1-15 и 15,1-40,0 Ки/км². Накопление радионуклидов в продукции снижается по мере повышения урожайности, в том числе и от применения защитных мероприятий. Химические средства защиты должны сочетаться с агрохимическими и биологическими способами борьбы с вредителями, болезнями и сорняками.

Особое внимание в условиях радиоактивного загрязнения следует уделять соблюдению точных сроков применения препаратов, не допускать превышения норм их расхода.

Регулирование водного режима. Осушение переувлажненных земель является важным приемом снижения поступления радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур. Это происходит за счет улучшения их

водно-воздушного режима и условий минерального питания. Поступление радионуклидов в растительную продукцию из переувлажненных почв зависит от уровня грунтовых вод (УГВ). Для большинства торфяных и минеральных заболоченных почв минеральное поглощение растениями радионуклидов цезия и стронция достигается при УГВ 90-120 см от поверхности почвы. Подъем УГВ на глубину 35-50 см от поверхности почвы приводит к увеличению накопления радионуклидов в растении до 5-20 раз, поэтому необходимо поддерживать рекомендуемые УГВ.

Регулирование водного режима заключается в локальном осушении заболоченных земель и периодических агромелиоративных мероприятиях на осушенных землях. Это планировка и предотвращение поверхностного стока, раскрытие западин с устройством ложбин стока и колодцев-поглотителей, глубокое рыхление подпахотного слоя и др.

Нельзя допускать превышения влажности пахотного слоя 0,8 полевой влагоемкости. Поэтому орошение следует проводить малыми нормами (100-150 м³/га). Открытую мелиоративную сеть периодически нужно окашивать и подчищать, производить промывку и ремонт закрытого дренажа.

Очисткой каналов определяется содержание радионуклидов в донных отложениях и на прилегающей к ним местности. При превышении уровня загрязнения донных отложений над загрязнением почвы окружающей местности более чем на порядок требуется захоронение вынутого грунта на глубину 0,7-0,8 м вблизи бровок канала.

Контрольные вопросы

1. Какие из радиоактивных элементов имеют значение в сельскохозяйственной сфере и почему?
2. От чего зависит поступление радионуклидов в организм животного?
3. Что такое коэффициент концентрирования радионуклидов?
4. Какое значение в загрязнении животных имеет видовая специфика, величина и возраст?

5. Какими мероприятиями (способами) можно снизить радиоактивность животноводческой продукции?
6. Перечислите агротехнические мероприятия, направленные на снижение поступления радионуклидов в урожай растительной продукции.
7. Расскажите о системе ведения земледелия на загрязненных радионуклидами территориях.

Занятие 9. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Цель: научиться рассчитывать интенсивность контаминации осадка сточных вод (ОСВ); ознакомиться с устройством земледельческих полей орошения и способами подготовки ОСВ для полива.

Среди экологических проблем современности важнейшее место занимает проблема отходов, которые образуются в огромных количествах вследствие концентрации населения в городах. Только в РФ объемы накопленных отходов достигли 80 млрд т, а их ежегодное воспроизводство превышает 7 млрд т (Титов, 2008).

Отвалы промышленных и бытовых отходов вместе с коммунально-бытовыми стоками стали одним из существенных источников ухудшения санитарно-эпидемиологических и эстетических качеств окружающей среды. Совершенствование методов очистки сточных вод снизило остроту проблемы загрязнения водотоков, но поставило проблему использования ОСВ, так как именно в них концентрируются тяжёлые металлы (ТМ), гельминты и патогенная микрофлора.

Однако, несмотря на наличие в ОСВ загрязнений, они представляют собой несомненную ценность как удобрения, т.к. характеризуются высоким содержанием органического вещества и многих элементов для питания растений, которые можно легко перевести в доступные и безопасные

для растений формы. Считается, что 1 т ОСВ по содержанию сухого вещества, основных элементов питания и удобрительной ценности равноценна примерно 5 т навоза. Поэтому применение ОСВ позволит частично компенсировать дефицит гумуса в освоенных почвах.

На основе ОСВ изготавливаются различные компосты, для которых разработаны экологические нормативы (ГОСТ Р 17.4.3.07-2001):

- содержание влаги – не более 60%;
- органическое вещество общее – не менее 15% сухой массы;
- доля гуминовых веществ от общего содержания органического вещества не менее 15%;
- рН водной вытяжки – не ниже 6,5;
- содержание азота, фосфора, калия (% на сухую массу) соответственно 0,5; 0,1 и 0,1;
- отношение С: N не более 30;
- содержание фенолов и ПАУ соответственно не более 15 и 0,02 мг/кг;
- ^{90}Sr не более $5 \cdot 10^{-10}$ Ки/кг;
- сумма радионуклидов не более $1 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг;
- содержание частиц стекла размером 3х5 мм и пластических масс соответственно не более 1,5 и 1%;
- титр кишечной палочки – до 100 клеток в 1 г;
- яйца гельминтов и патогенные микроорганизмы отсутствуют;
- микроэлементы и ТМ, не более, мг/кг: Zn – 2500, Pb – 750, Cd – 20, Hg – 10, Cu – 1000, Co – 100, Ni – 300, Mo – 50, Mn – 2500, Cr – 750.

Компостирование – процесс биотермического разложения органического вещества осадка, осуществляемый под действием микроорганизмов. Начинается оно с развития мезофильной микрофлоры, которая инициирует разогрев массы ОСВ, в процессе чего на смену мезофильным видам приходят термофилы. При разложении этими микробами легко усвояемых веществ выделяется большое количество энергии и происходит нагревание

компостируемой массы до 60-70 °С. При такой температуре осадки в течение 2 ч достаточно полно обеззараживаются, тормозится рост термофильных микроорганизмов. При этом процесс не заканчивается. Разложение органического вещества продолжается во время медленного падения температуры за счет повторного развития мезофильных микроорганизмов и простейших, которые используют в качестве источников углерода и азота клеточное вещество отмерших микробов, продукты разложения целлюлозы и лигнина.

Искусственное компостирование происходит в аэробных условиях, которые формируются путем насыщения среды кислородом воздуха, возможно с введением интенсифицирующих процесс добавок, в условиях определенной температуры и влажности. В этом процессе осадки претерпевают физические и химические превращения с образованием стабильного гумифицированного конечного продукта. Все это обеспечивает их обеззараживание и превращает ценные компоненты, содержащиеся в них, в органические удобрения. Практика переработки отходов показывает, что компостирование осадков ведет к резкому уменьшению их объемов. При этом особенно важным является то, что технологический процесс не связан со значительными выбросами опасных веществ и поэтому приемлем с экологической точки зрения. Но отсутствие гарантий по содержанию вредных веществ в полученных компостах предполагает использовать эти удобрения достаточно ограниченно.

Кроме компостирования, очищенные сточные воды могут использоваться для полива сельскохозяйственных культур на специально подготовленных и спланированных участках, называемых земледельческими полями орошения (ЗПО).

ЗПО – это вид очистных сооружений, основанных на очищающих свойствах почвы и почвенной микрофлоры, воздействии солнца, воздуха и жизнедеятельности растений.

Устраиваются ЗПО на землях хозяйств и оставляются в их пользовании. Служат для круглогодичного приема и обезвреживания сточных вод в процессе их сельскохозяйственного использования и имеют невысокие нормы нагрузки на 1 га площади орошения.

Земледельческие поля орошения имеют преимущества перед стандартными сооружениями биологической аэробной очистки сточных вод – аэротенками: 1) снижаются капитальные и эксплуатационные затраты; 2) исключается сброс стоков за пределы орошаемой площади; 3) обеспечивается получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных растений; 4) вовлекаются в сельскохозяйственный оборот малопродуктивные земли.

Задание 1. Рассчитать интенсивность контаминации в 3 м^3 сточных вод, если количество возбудителей паразитозов в 1 л составляет 0,5 экземпляра.

Задание 2. Рассчитать возможную степень контаминации инвазивных паразитозов при поливе сточными водами, если количество возбудителей $P = 5000 \text{ экз./м}^3$, $D = 300 \text{ м}^3/\text{га}$.

Расчет количества возбудителей в единице объема массы проводят по формуле

$$ИК = P \cdot 1000 \cdot V,$$

где ИК – показатель интенсивности контаминации (количество возбудителей каждого вида в единице объема массы, экз/л (м^3));

P – количество возбудителей паразитозов, экз/л (г, см^3 , м^3);

1000 – расчетная единица объема массы определенной влажности, л (г, см^3 , м^3);

V – объем массы, в которой определяют количество и качество возбудителей паразитозов, л (м^3).

Расчет возможной степени контаминации возбудителями паразитозов, содержащихся в сточных водах или осадках при подаче их на земельные угодья, в т.ч. под кормовые культуры, проводят по формуле

$$\text{ИК} = \text{Д} \cdot \text{П} / 1000,$$

где ИК – интенсивность контаминации объектов среды (в частности, почвы) возбудителями паразитозов, экз/ м² площади;

П – количество возбудителей паразитозов в единице объема стоков, их осадков, экз./л (м³);

1000 – расчетная единица объема, массы определенной влажности, л (г, см³, м³).

Задание 3. Охарактеризовать виды и функции основных типов бактерий, участвующих в биологической очистке вод.

Задание 4. Изучить устройство земледельческих полей орошения и способы подготовки ОСВ для полива.

Для выполнения заданий 3 и 4 использовать Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996, N 46).

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте типы сточных вод.
2. Перечислите санитарные правила организации и эксплуатации земледельческих полей орошения при поливе сточными водами.
3. Приведите технологические параметры процесса компостирования органических отходов в сельскохозяйственных предприятиях.
4. Способы подготовки сточных вод для орошения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Агроэкология: учеб. пособие для студ. вузов по агроном. спец.* / под ред. В. А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 304 с.
2. *Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области.* – Новосибирск, 2002. – 387 с.
3. *Биогеохимические основы экологического нормирования* / В.Н. Башкин, Е.С. Евстафьева, В.В. Снакин [и др.]. – М.: Наука, 1993. – 304 с.
4. *Винберг Г.Г.* Первичная продукция водоемов. – Минск: АН БССР, 1960. – 330 с.
5. *Коробова Л.Н.* Оценка состояния и пути экологизации агроландшафтов: учеб. пособие / Л.Н. Коробова, Д.Ф. Жирнова. – Красноярск: ЛИТЕРА-принт, 2016. – 90 с.
6. *Куликов Я.К.* Агроэкология [Электрон. ресурс]: учеб. пособие / Я.К. Куликов. – Минск: Высш. шк., 2012. – 319 с. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/158334/1/УМК%20>.
7. *Титов И.Н.* Вермикультура: переработка органической фракции отходов // Твердые бытовые отходы. – 2008. – №8. – С. 18-25.
8. *Трифонов И.С.* Экология и сукцессия озерного фитопланктона. – Л.: Наука, 1990. – 184 с.
9. *Фёдорова Г.В.* О радиоактивном загрязнении рыб // Рыбное хозяйство. – 1962. – № 3. – С. 17.
10. *Экология и правовые основы рационального природопользования* / А.Г. Незавитин, Н.Н. Наплекова, Л.Н. Ермаков [и др.]. – Новосибирск, 2010. – 626 с.
11. *Экология и охрана природы: учеб. пособие для практ. занятий в вузах* / Н.Н. Наплекова, Л.Н. Коробова, Б.И. Тепляков. – Новосибирск, 2000. – 215 с.

Информационные ресурсы

1. AGRIS – международная информационная система по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям.
2. AGRO-PROM.RU – информационный портал по сельскому хозяйству и аграрной науке.
3. БД AGRICOLA – международная база данных.
4. БД «AGROS» – крупнейшая документографическая база данных по проблемам АПК, охватывающая все научные публикации.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Занятие 1. Агроэкосистемы	4
Занятие 2. Нитратное загрязнение растениеводческой продукции	7
Занятие 3. Биоиндикация загрязнения почв пестицидами по проросткам культурных растений	15
Занятие 4. Биоиндикация состояния агроценоза (аквакультуры) по содержанию хлорофилла	17
Занятие 5. Определение нагрузки сельскохозяйственных живот- ных на пастбища	23
Занятие 6. Решение задач по теме «Особенности агроэкосистем на популяционном и биоценоотическом уровнях»	29
Занятие 7. Решение задач на расчет выноса биогенов с сельскохозяйственных угодий	32
Занятие 8. Радиационное загрязнение сельскохозяйственной продукции и пути его снижения	36
Занятие 9. Экологическая оценка применения сточных вод в сельском хозяйстве	47
Рекомендуемая литература	52