

**Методические материалы для обучающихся  
по освоению дисциплины**

**Экологическая биотехнология**  
наименование дисциплины

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология  
код и наименование направления подготовки /специальности

Направленность (профиль): «Пищевая биотехнология»  
наименование направленности (профиля) /специализации

Мурманск  
2022

Составитель – Яшкина А.А., ст.преподаватель кафедры техносферной безопасности ФГАОУ ВО «МГТУ»

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Экология» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры Техносферной безопасности «23» мая 2022 г., протокол № 8.

## Общие положения

Цель методических материалов по освоению дисциплины - обеспечить обучающемуся оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

Освоение дисциплины осуществляется на аудиторных занятиях и в процессе самостоятельной работы обучающихся. Основными видами аудиторной работы по дисциплине являются занятия лекционного и семинарского типа. Конкретные формы аудиторной работы обучающихся представлены в учебном плане образовательной программы и в рабочих программах дисциплин.

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины (модуля), ее структурой и содержанием, фондом оценочных средств.

Работая с рабочей программой, необходимо обратить внимание на следующее:

- некоторые разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, а выносятся на самостоятельное изучение по рекомендуемому перечню основной и дополнительной литературы и учебно-методическим разработкам;

- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул, входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины, необходимо самостоятельно контролировать с помощью вопросов для самоконтроля;

- содержание тем, вынесенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входит составной частью в темы текущего контроля и промежуточной аттестации.

Каждая рабочая программа по дисциплине сопровождается методическими материалами по ее освоению.

Отдельные учебно-методические разработки по дисциплине учебные пособия или конспекты лекций, методические рекомендации по выполнению лабораторных работ и решению задач и т.п. размещены в ЭИОС МГТУ.

Обучающимся рекомендуется получить в библиотеке МГТУ учебную литературу, необходимую для работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Виды учебной работы, сроки их выполнения, запланированные по дисциплине, а также система оценивания результатов, зафиксированы в технологической карте дисциплины:

**Таблица 1. - Технологическая карта текущего контроля и промежуточной аттестации (промежуточная аттестация – «экзамен») очная форма обучения**

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1.	<b>Посещение лекций (18 лекций)</b>	14	20	14-ая неделя
	Нет посещений – 0 баллов, 25% посещаемость – 14 баллов 50% посещаемость – 16 баллов 75% посещаемость – 18 баллов 100% посещаемость – 20 баллов			
2.	<b>Выполнение лабораторных работ (20 лаб.раб.)</b>	46	60	По расписанию
	Выполнение 20 лаб.раб. – 60 баллов, 1 лаб.раб. – 3 балла. Выполнение 1 лаб.раб. не в срок – 2 балла (выполнение фиксируется преподавателем)			
	<b>ИТОГО за работу в семестре</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	15-ая неделя

<b>Промежуточная аттестация «экзамен»</b>				
	<b>Экзамен</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	
	Оценка «5» - 20 баллов Оценка «4» - 15 баллов Оценка «3» - 10 баллов			
	<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	
	<p><b>Итоговая оценка</b> определяется по итоговым баллам за дисциплину и складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля (итога за работу в семестре) и промежуточной аттестации (экзамен)</p> <p><b>Шкала баллов для определения итоговой оценки:</b>  91 - 100 баллов - оценка «5»  81-90 баллов - оценка «4»  70- 80 баллов - оценка «3»  69 и менее баллов - оценка «2»</p> <p><b>Итоговая оценка</b> проставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося</p>			

Работа по изучению дисциплины должна носить систематический характер. Для успешного усвоения теоретического материала по предлагаемой дисциплине необходимо регулярно посещать лекции, активно работать на учебных занятиях, выполнять письменные работы по заданию преподавателя, перечитывать лекционный материал, значительное внимание уделять самостоятельному изучению дисциплины.

Важным условием успешного освоения дисциплины является создание самим обучающимся системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с календарным учебным графиком.

### **1. Методические рекомендации при работе на занятиях лекционного типа**

К занятиям **лекционного типа** относятся лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем.

Лекция представляет собой последовательное изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера. Цель лекционного занятия – организация целенаправленной познавательной деятельности обучающихся по овладению программным материалом учебной дисциплины.

В ряде случаев лекция выполняет функцию основного источника информации, например, при отсутствии учебников и учебных пособий; в случае, когда новые научные данные по той или иной теме не нашли отражения в учебниках; отдельные разделы и темы очень сложные для самостоятельного изучения обучающимися.

В ходе проведения занятий лекционного типа необходимо вести конспектирование излагаемого преподавателем материала.

Наиболее точно и подробно в ходе лекции записываются следующие аспекты: название лекции; план; источники информации по теме; понятия, определения; основные формулы; схемы; принципы; методы; законы; гипотезы; оценки; выводы и практические рекомендации.

Конспект - это не точная запись текста лекции, а запись смысла, сути учебной информации. Конспект пишется для последующего чтения и это значит, что формы записи следует делать такими, чтобы их можно было легко и быстро прочитать спустя некоторое время. Конспект должен облегчать понимание и запоминание учебной информации.

Рекомендуется задавать лектору уточняющие вопросы с целью углубления теоретических положений, разрешения противоречивых ситуаций. При подготовке к занятиям семинарского типа, можно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из изученной литературы, указанной в рабочей программе

дисциплины.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

## 2. Методические рекомендации по подготовке и работе на лабораторных работах

**Лабораторная работа** - это занятие, в ходе которого студенты осваивают конкретные методы изучения дисциплины, обучаются экспериментальным способам анализа действительности, умению работать с современным оборудованием. При подготовке к лабораторной работе необходимо: изучить или повторить лекционный материал по соответствующей теме; изучить материалы учебно-методических разработок по заданной теме, уделяя особое внимание расчетным формулам; при выполнении домашних расчетных заданий - изучить, повторить типовые задания, выполнявшиеся на аудиторных занятиях.

При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «Компостирование органических отходов»

#### Методические указания.

Компостирование - биотермический процесс разложения органических веществ, осуществляемый под действием аэробных микроорганизмов с целью обеззараживания, снижения влажности, стабилизации и подготовки осадков к утилизации в качестве удобрения. Аэробный процесс сопровождается выделением теплоты с саморазогреванием компостируемой массы и испарением влаги. Компосты перспективно готовить из смеси ОСВ с влагопоглощающими органосодержащими материалами такими как опилки, лигнин, кора, солома злаковых культур, которые также являются массовыми отходами сельского хозяйства, деревообрабатывающей промышленности.

#### Объект исследования

Объектом исследования являются компостные смеси на основе осадков сточных вод с различными растительными добавками (таблица 1).

Таблица 1 – Состав компостных смесей

Состав компостной смеси	Объемное соотношение компонентов смеси
ОСВ + опилки	1:1
ОСВ + бумага	1:1
ОСВ + дробина	1:1
ОСВ + водоросли	1:1

ОСВ – осадки первичного отстойника станции очистных сооружений канализации посёлка Мурмаши-3. Опилки – сухая стружка с деревоперерабатывающего производства. Дробина – пивная дробина сухая. Водоросли – сухая измельченная биомасса бурых водорослей *Fucus Vesiculosus*. Бумага – измельченная бумажная макулатура.

#### Схема эксперимента

Предварительное компостирование способствует улучшению физических свойств субстрата, снижает неприятный запах и способствует гомогенизации смеси. Компосты «созревают» в течении 40-60 дней. В период созревания компоста производилось его механическое перемешивание с помощью пластиковых лопаток. Каждый имеющийся из четырех образцов компостных смесей имеет различные по биогенной ценности наполнители.

Процесс компостирования проводится в течение еще 40-60 дней. По итогу

компостирования и вермикомпостирования можно отметить, что полученное удобрение становится более однородным и имеют более рыхлую структуру. Все образцы полностью пригодны для механического внесения в почву.

Пробы компостов для агрохимического анализа необходимо высушить до воздушно-сухого состояния, растереть в ступке пестиком до состояния пудры и просеять через сито с диаметром отверстий 1 мм.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### «Оценка качества компостных смесей (фитотестирование)»

#### Методические указания.

Фитотестирование основано на чувствительности растений к экзогенному химическому воздействию, что отражается на ростовых и морфологических характеристиках.

Для проведения фитотестирования используются контейнеры, представляющие собой боксы для компакт-дисков, которые позволяют проводить фитотестирование в «вертикальном исполнении» (рисунок 1).

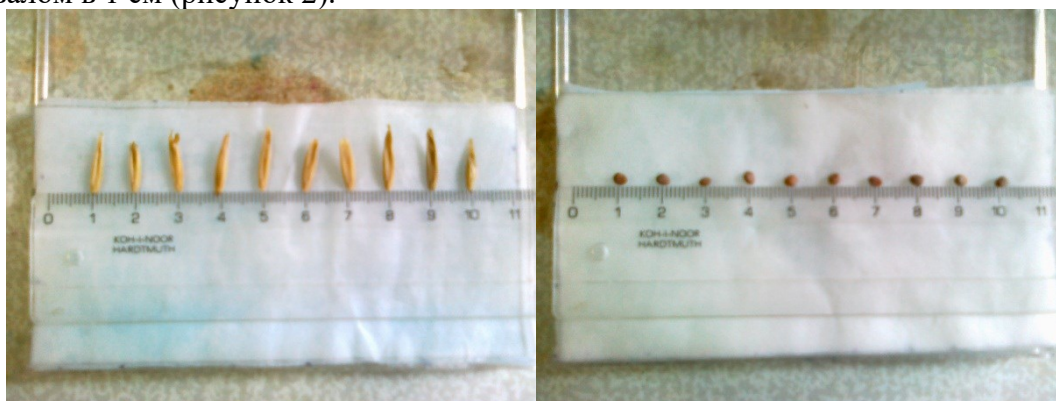
Тест-культуры, применяемые для фитотеста:

- 1) овес посевной;
- 2) редис.



Рисунок 1 – Пластиковый контейнер и семена овса и капусты

Почвенные пробы или подготовленный впитывающий материал увлажняются (либо водой, либо почвенными вытяжками). Далее они наносятся на пластину задней части контейнера. Исследуемые семена растений капусты и укропа (по 10 семян) помещаются в подготовленные контейнеры, где находится увлажненная почва, с интервалом в 1 см (рисунок 2).



## Рисунок 2 – Размещение семян в контейнере (увлажненный впитывающий материал)

Процесс роста тест-культур фиксировался при помощи сканирования контейнеров на МФУ (принтер-сканер-копир). Обработка полученных изображений может происходить при помощи программы AutoCAD (рисунок 3). Либо показания снимаются непосредственным измерением.

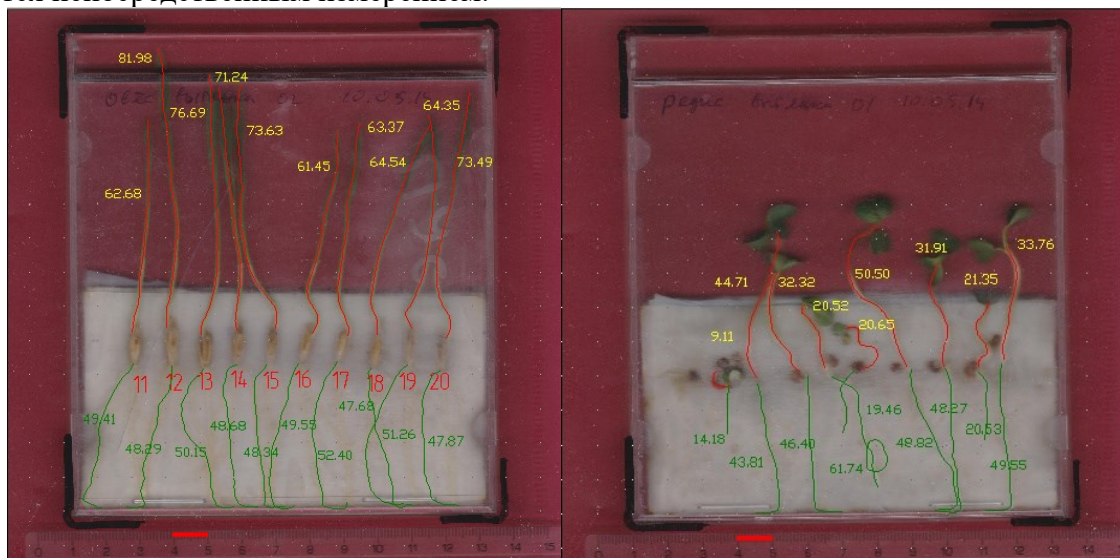


Рисунок 3 – Получение значений длины побегов и длины корней при помощи AutoCAD

В качестве показателей фитотеста принимаются:

- 1) всхожесть семян  $V$ , %;
- 2) высота проростка  $C$ , мм;
- 3) масса проростка  $M$ , г.

Все указанные выше показатели достаточно легко фиксируются в процессе наблюдения за ростом растений. Срок экспозиции составляет 6-14 дней.

Определение фитотоксического эффекта проведено согласно методике путем сопоставления показателей тест-функций ( $M$  и  $C$ ) семян растительных тест-объектов. В качестве контроля была использована почва лесная.

Величина эффекта торможения определялась по формуле

$$E_{TC} = \frac{C_K - C_{оп}}{C_K} \cdot 100\%$$

где  $E_{TC}$  – эффект торможения, %;

$C_{оп}$  – средняя длина проростков в опыте, мм;

$C_K$  – средняя длина проростков в контроле, мм.

$$E_{TC} = \frac{M_K - M_{оп}}{M_K} \cdot 100\%$$

где  $E_{TC}$  – эффект торможения, %;

$M_{оп}$  – средняя масса проростков в опыте, г;

$M_K$  – средняя масса проростков в контроле, г.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

«Оценка качества компостных смесей (зольность)»

#### Методические указания.

Отбор, упаковка и транспортирование проб почвы - в соответствии с требованиями

ГОСТ 17.4.3.01-83.

Образцы почвы, поступившие на анализ, доводят до воздушно-сухого состояния. Масса воздушно-сухой пробы почвы должна быть не менее 1 кг.

Почву измельчают и просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм до тех пор, пока вся почва не пройдет через сито, тщательно перемешивают, методом квартования отбирают 150 - 200 г и помещают в коробку или банку.

Приступая к анализу, всю почву из банки высыпают на лист стекла, пластмассы или полиэтиленовой пленки, распределяют тонким слоем не более 1 см, затем не менее чем из 5 мест отбирают пробы шпателем или ложечкой. Масса анализируемой пробы - от 3 до 5 г.

#### **Аппаратура, материалы и реактивы**

Для проведения анализа применяют:

- 1) шкаф сушильный с автоматическим регулированием температуры (105 +/- 2) °С;
- 2) печь муфельную с электрическим обогревом и с автоматическим регулированием температуры (525 +/- 25) °С;
- 3) тигли фарфоровые по [ГОСТ 9147-80](#), обеспечивающие вмещение пробы массой 3 - 5 г без уплотнения;
- 4) весы лабораторные 2-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г по ГОСТ 24104-80;
- 5) измельчитель почвенных и растительных проб, обеспечивающий измельчение до 5 мм;
- 6) сито с отверстиями диаметром 5 мм с поддоном и крышкой;
- 7) щипцы тигельные;
- 8) эксикатор по [ГОСТ 25336-82](#);
- 9) перчатки термозащитные;
- 10) кальций хлористый по ГОСТ 4161-77, ч.д.а.;
- 11) воду дистиллированную по [ГОСТ 6709-72](#);
- 12) водорода перекись по [ГОСТ 10929-76](#), 3%-ный раствор.

#### **Подготовка к анализу**

##### Подготовка тиглей

Чистые, сухие пронумерованные тигли прокаливают в муфельной печи при температуре (525 +/- 25) °С, охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием с погрешностью не более 0,001 г. Проводят повторное прокаливание и взвешивание до установления постоянной массы.

Если расхождение между результатами взвешиваний не превышает 0,005 г, прокаливание заканчивают. Тигли хранят в эксикаторе с хлористым кальцием, периодически проверяя их массу.

#### **Проведение анализа**

##### Определение сухой массы почвы

Анализируемые пробы торфяных и оторфованных горизонтов почв помещают в предварительно взвешенные фарфоровые тигли с таким расчетом, чтобы почва занимала не более 2/3 объема тигля, взвешивают их с погрешностью не более 0,001 г, помещают в холодный сушильный шкаф и нагревают его до 105 °С.

Содержание влаги в пробах определяют по ГОСТ 19723-74.

##### Определение зольности

Тигли с пробами почв, высушенными при (105 +/- 2) °С до постоянной массы, ставят в холодную муфельную печь и постепенно доводят температуру до 200 °С. При появлении дыма печь отключают и дверцу приоткрывают. В течение 1 ч постепенно доводят температуру в муфельной печи до 300 °С. После прекращения появления дыма печь



закрывают, температуру в муфельной печи доводят до (525 +/- 25) °С и тигли прокаливают в течение 3 ч.

Тигли с зольным остатком вынимают из муфельной печи, закрывают их крышками и ставят в эксикатор. Охлажденные до комнатной температуры тигли взвешивают с погрешностью не более 0,001 г.

Несгоревшие частицы почвы дополнительно выжигают. Для этого в тигли добавляют несколько капель горячей дистиллированной воды температурой более 90 °С или 3%-ного раствора перекиси водорода и повторно прокаливают при температуре (525 +/- 25) °С в течение 1 ч, охлаждают в эксикаторе и взвешивают с погрешностью не более 0,001 г.

После охлаждения и взвешивания оценивают изменение массы зольного остатка. Если изменение массы в сторону уменьшения или увеличения будет менее 0,005 г, то анализ заканчивают и для расчета принимают наименьшее значение массы. При уменьшении массы на 0,005 г и более тигли с зольным остатком прокаливают дополнительно. Прокаливание заканчивают, если разность в массе при двух последовательных взвешиваниях будет менее 0,005 г.

### Обработка результатов

Массовую долю зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв (А), в процентах, вычисляют по формуле

$$A = \frac{(m - m_1)}{m_2} \cdot 100,$$

где  $m$  - масса тигля с зольным остатком, г;

$m_1$  - масса пустого тигля, г;

$m_2$  - масса сухой почвы, г.

Допускаемые расхождения между результатами повторных определений от их среднего арифметического при выборочном статистическом контроле и доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют, в процентах:

16,8 - при зольности 10%;

8,4 - при зольности свыше 10%.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

«Оценка качества компостных смесей (содержание гуминовых веществ)»

### Методические указания.

Применение пирофосфатного метода позволяет ускорить выделение гумусовых веществ из почвы. В водной и щелочной вытяжках пирофосфаты кальция, железа и алюминия труднорастворимы. При взаимодействии пирофосфата натрия  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  с гуматами кальция и полуторных окислов образуются соединения типа  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ , нерастворимые в воде, но частично растворимые в избытке пирофосфата с образованием комплексных солей. Поэтому реакция образования гуматов натрия протекает с большой полнотой и выход гуматов при однократной экстракции повышается. В отличие от действия кислот при декальцировании пирофосфат не разрушает не-силикатные формы полуторных окислов и не извлекает алюминий и железо из материнских пород. Наибольшее количество гумусовых веществ, по Кононовой, извлекается щелочным раствором пирофосфата натрия с рН около 13. Благодаря этому применение пирофосфата в некоторой степени заменяет декальцирование почвы. Вместо длительного отмывания используется однократное настаивание почвы со смесью пирофосфата натрия и NaOH без последующего промывания водой, что также значительно сокращает время анализа.

При такой обработке почвы выход гумусовых веществ, по данным авторов, близок к результатам по сокращенной схеме Тюрина (гумусовые вещества, извлекаемые 0,1 н.

раствором NaOH декальцированной почвы, и вещества декальцита). В пирофосфатную вытяжку переходят гумусовые вещества, свободные и связанные с несиликатными формами железа и алюминия, а также связанные с кальцием. Разграничение этих двух фракций производится путем дополнительного определения количества гумусовых веществ, извлекаемых из недекальцированной почвы 1 н. раствором NaOH.

#### **Ход анализа**

На технических весах берут 10 г почвы и переносят в коническую колбу на 250 - 300 см<sup>3</sup>. Приливают цилиндром 200 см<sup>3</sup> свежеприготовленного раствора пирофосфата натрия и закрывают колбу резиновой пробкой для изоляции от углекислого газа. Колбу с раствором оставляют на 16 -18 ч, перемешивая несколько раз.

Прибавляют пипеткой 50 см<sup>3</sup> насыщенного раствора Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (т.е. в количестве 1/4 объема жидкости) для коагуляции илистых частиц и ускорения фильтрации, оставляют на 15 - 20 мин, перемешивают и фильтруют через гладкий бумажный фильтр диаметром 15 - 17 см, перенося первые порции фильтрата снова на фильтр до тех пор, пока фильтрат не будет прозрачным. Берут пипеткой от 2 до 50 см<sup>3</sup> фильтрата (в зависимости от интенсивности окраски) для определения общего углерода. Выпаривают на этернитовой плитке, а под конец досуха - на водяной бане и определяют количество углерода по Тюрину, добавляя прокаленную пемзу. Определение ведется в двух повторностях.

#### **Определение содержания гуминовых кислот**

Берут пипеткой 20 - 50 см<sup>3</sup> пирофосфатной вытяжки в коническую колбу на 100 см<sup>3</sup>. Прибавляют пипеткой соответственно 18 или 25 см<sup>3</sup> 1,0 н. Раствора серной кислоты, доводя рН раствора до 1,3 - 1,5. Колбу ставят на водяную баню и при 70 - 80°С нагревают до образования и отстаивания хлопьев гуминовой кислоты. Теплый раствор отфильтровывают через небольшой фильтр (белая лента).

Осадок гуминовых кислот в колбе и на фильтре промывают 2 -3 раза от примеси фульвокислот слабым раствором серной кислоты (0,05 - 0,1 н.). Воронку с осадком гуминовых кислот вставляют в ту же колбу, в которой проводилось осаждение. Осадок на фильтре и в колбе растворяют из промывалки небольшими порциями горячего раствора 0,1 н. NaOH. Раствор охлаждают, переносят в мерную колбу на 100 см<sup>3</sup>, ополаскивая небольшими порциями воды, доводят водой до метки, перемешивают.

Берут пипеткой 5 - 25 см<sup>3</sup> фильтрата в коническую колбу для определения углерода гуминовых кислот и определяют углерод гуминовых кислот по Тюрину.

Углерод фульвокислот вычисляется по разности между общим углеродом щелочной вытяжки и углеродом гуминовых кислот.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5**

«Оценка качества компостных смесей (содержание азота)»

#### **Методические указания.**

#### **Разложение почвы обработкой кислотами для определения фосфора по методу Гинзбург.**

**Оборудование.** Весы аналитические, колбонагреватель, колбы Кьельдаля емкостью 100 см<sup>3</sup>, мерные колбы емкостью 250 см<sup>3</sup>, колбы плоскодонные емкостью 250 см<sup>3</sup>, воронки, бумажный фильтр с белой лентой.

**Ход работы.** Навеску пробы 1,0 г помещают в колбу Кьельдаля. В нее приливают дистиллированную воду, после добавляют 8 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты. Затем приливают 0,8 см<sup>3</sup> раствора с массовой долей хлорной кислоты 50% и оставляют на 1 час.

Разложение ведут на колбонагревателе до появления бесцветного осадка, после чего продолжают нагревание еще 10 мин. Затем колбы охлаждают до комнатной температуры.

В колбу Кьельдаля приливают 30 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Полученный раствор перемешивают и переносят в мерную колбу. Раствор охлаждают до комнатной температуры, доливают до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Затем фильтруют раствор через сухой фильтр в чистую колбу.

#### **Определение азота:**

**Оборудование.** Пипетка, мерные колбы емкостью 50 см<sup>3</sup>, воронки, универсальная индикаторная бумажка, кюветы с шириной поглощающего слоя 1 см.

**Ход работы.** Из анализируемого фильтрата берут пипеткой 5 см<sup>3</sup> прозрачного раствора и помещают в мерную колбу. Прибавляют 2 см<sup>3</sup> 50%-ного раствора сегнетовой соли, добавляют безаммиачную воду примерно до объема 40 см<sup>3</sup> и перемешивают.

Нейтрализуют кислый раствор 10%-ным раствором NaOH, тщательно перемешивают и проверяют pH универсальной индикаторной бумажкой.

Прибавляют 2 см<sup>3</sup> реактива Несслера, доводят дистиллированной водой до метки, перемешивают и через 10—15 мин колориметрируют с помощью фотоэлектроколориметра. При фотоэлектроколориметрировании пользуются синим светофильтром при длине волны 400—425 нм.

Для приготовления серии эталонных растворов берут 10 мерных колб и в каждую отмеривают рабочий эталонный раствор в следующих количествах (таблица 2).

Таблица 2 - Серия калибровочных растворов

№ эталона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество рабочего эталонного раствора, см <sup>3</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N, мг/50 см <sup>3</sup>	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	1,00

По результатам измерения оптической плотности стандартных растворов строят градировочный график (рисунок Б.1), оптическую плотность откладывают на оси ординат, а концентрацию азота оси абсцисс.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6**

«Оценка качества компостных смесей (содержание фосфора)»

### **Методические указания.**

#### **Разложение почвы обработкой кислотами для определения фосфора по методу Гинзбург.**

**Оборудование.** Весы аналитические, колбонагреватель, колбы Кьельдаля емкостью 100 см<sup>3</sup>, мерные колбы емкостью 250 см<sup>3</sup>, колбы плоскодонные емкостью 250 см<sup>3</sup>, воронки, бумажный фильтр с белой лентой.

**Ход работы.** Навеску пробы 1,0 г помещают в колбу Кьельдаля. В нее приливают дистиллированную воду, после добавляют 8 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты. Затем приливают 0,8 см<sup>3</sup> раствора с массовой долей хлорной кислоты 50% и оставляют на 1 час.

Разложение ведут на колбонагревателе до появления бесцветного осадка, после чего продолжают нагревание еще 10 мин. Затем колбы охлаждают до комнатной температуры.

В колбу Кьельдаля приливают 30 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Полученный раствор перемешивают и переносят в мерную колбу. Раствор охлаждают до комнатной

температуры, доливают до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Затем фильтруют раствор через сухой фильтр в чистую колбу.

#### **Определение фосфора по молибденофосфорной сини**

**Оборудование.** Пипетка, мерные колбы емкостью 100 см<sup>3</sup>, воронки, фотоэлектроколориметр, кюветы с шириной поглощающего слоя 1 см.

**Ход работы.** Из анализируемого фильтрата берут пипеткой 5 см<sup>3</sup> раствора и помещают в мерную колбу. Затем разбавляют дистиллированной водой до 3/4 объема колбы. Далее в колбу вливают 16 см<sup>3</sup> смешанного молибденосурьмяного окрашивающего реактива. Через 1-2 мин добавляют 2 см<sup>3</sup> раствор с массовой долей аскорбиновой кислоты 1%. Раствор доливают до метки дистиллированной водой, перемешивают и оставляют на 10-15 мин для образования устойчивой окраски. Оптическую плотность окрашенного раствора измеряют относительно нулевого раствора при длине волны 650 нм и выше.

В восемь мерных колб вместимостью по 100 см<sup>3</sup> каждая из бюретки наливают разные объемы раствора с массовой концентрацией пятиоксида фосфора 0,01 мг/см<sup>3</sup>: 0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0 см<sup>3</sup>. По результатам измерения оптической плотности стандартных растворов строят градуировочный график.

По графику находят массовые концентрации пятиоксида фосфора во взятом для анализа растворе и вычисляют валовый фосфор в почве в процентах по формуле:

$$P_2O_5 = \frac{c \times V_1 \times 100 \times V_3}{1000000 \times V_2 \times m} = \frac{c \times V_1 \times V_3}{10000 \times V_2 \times m} \quad (1)$$

где  $c$  - массовая концентрация пятиоксида фосфора, найденная по графику, мкг/см<sup>3</sup>;

$V_1$  - объем раствора после разложения почвы, см<sup>3</sup>;

$V_3$  - вместимость мерной колбы, см<sup>3</sup>;

$V_2$  - объем раствора, взятый на анализ, см<sup>3</sup>;

$m$  - масса сухой почвы, г;

100 - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

1000000 - коэффициент пересчета микрограммов в граммы

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7**

#### **«Биоценоз активного ила»**

#### **Методические указания.**

В ходе занятия студенты рассматривают при помощи микроскопа пробы активного ила. Делают вывод о его состоянии.

#### ***А) Биоценоз активного ила.***

В нормально работающих активных илах можно встретить до 60 и более различных видов организмов, но чаще всего количество видов на одном сооружении не превышает 10—15. Из них некоторые виды встречаются наиболее часто и могут служить индикаторами на условия среды. Основные формы изображены на рисунках, приведенных в приложении 1.

Жгутиковые бесцветные в больших количествах встречаются в перегруженных илах с недостаточным содержанием растворенного кислорода. Единичные экземпляры - в нормально работающем иле. Жгутиковые имеют размеры около 10 мк, поэтому хорошо видны в микроскоп только при большом увеличении.

*Arcella* и *Paraphagus* в хорошо работающем нормальном активном иле встречаются в заметных количествах, но отмечалось их присутствие и в плохом иле, утратившем нитрификационную способность.

*Hyalodiscus limax* встречается в плохом иле.

*Amoeba radiosa* - при хорошей работе сооружений.

Зооглеи появляются в хорошо работающем созревшем иле. При чрезмерном развитии обозначают нитрифицирующий ил.

Нитчатые бактерии кладотрикс и сферотиллюс - часто встречаются в активном иле, особенно в углеводистых стоках (крахмально-паточных, гидролизных, текстильных и др.). Кладотрикс и сферотиллюс считают за один род, имеющий разновидности в зависимости от характера питания; кладотрикс усваивает азот из любых соединений, включая минеральные (нитраты), а сферотиллюс растет только на органическом азоте. По морфологическим признакам кладотрикс отличается ложнодихотомическим ветвлением. Нитчатые бактерии образуют длинные нити при замедленном течении жидкости и, наоборот, мельчают при сильном механическом перемешивании в сооружениях. По отношению к кислороду кладотрикс - отчетливо выраженный аэробийонт. В регенераторе нитчатые деградируют из-за механического измельчения и недостатка пищи. Массовые скопления нитчатых в аэротанке вызывают вспухание ила.

Нитчатые серобактерии - *Beggiatoa*, *Thiothrix* - участвуют в очистке промышленных стоков с наличием сероводорода или в бытовых стоках при гниении белков. Окисление сероводорода идет в две фазы. Сначала сероводород окисляется до серы, которая откладывается каплями в клетках нитчатых. При недостатке кислорода окисление останавливается на этой фазе. При дальнейшем окислении сера исчезает, окисляясь до сульфатов и сильно подкисляя среду. Нити могут не иметь капель серы или при недостатке сероводорода, или при избытке кислорода. В бескислородной среде серобактерии могут жить до трех недель.

Водные грибы - *Nematosporangium*, *Fusarium*. Ветвящихся гифы грибов могут выносить кислые стоки и прикрепляются на бортах аэротенков.

*Opercularia* почти постоянно присутствует в созревшем иле. Характерным является состояние ресничной зоны организма: в хорошем иле - ресничная зона раскрыта, движения ресничек активные; при неблагоприятных условиях - ресничная зона замкнута. При увеличении нагрузки оперкулярия сжимается и инцистируется.

*Vorticella microstoma* развивается в перегруженных илах с недостаточным содержанием растворенного кислорода.

*Vorticella convallaria*, *Carchesium*, *Epistylis* развиваются в заметных количествах в нитрифицирующем иле. При регенерации ила появление этих инфузорий характеризует восстановление первоначальных свойств ила.

При недостатке растворенного кислорода вортицеллы отрываются от стебелька и образуют особую свободно плавающую форму «телотрох» с венчиком ресничек на заднем конце.

Цисты инфузорий образуются при неблагоприятных условиях, т. е. при резкой смене состава сточной воды (поступление промышленных стоков) или при недостатке питательных веществ.

*Aspidisca* - распространенная, почти постоянно присутствующая в иле брюхо-ресничная инфузория. Чаще всего является положительным признаком для оценки качества ила. Отсутствие ее в летнем иле связано с нитрификацией.

*Paramaecium caudatum* - одна из форм, наиболее выносливых к недостатку кислорода; характерна для плохого ила. Как и другие свободно плавающие инфузории, они встречаются при большом количестве бактерий, находящихся во взвешенном состоянии при разложении ила.

*Podophrya* - при плохой работе сооружений, с залежами ила.

*Nematodes* (круглые черви) - часто на биофильтрах, а на аэротенках встречаются в заметных количествах в недостаточно аэрируемом иле, с зонами залежей. Единичные экземпляры могут встречаться в нормальном иле аэротенков.

*Aelosoma*, *Nais* (малощетинковые черви) в заметных количествах могут развиваться в илах с устойчивой нитрификацией, на биофильтрах. Обычный представитель ила лабораторных экспериментальных установок.

Коловратки (*Philodina*, *Monostyla*, *Cathypna* и др.) находятся в активном состоянии при хорошем обеспечении растворенным кислородом, в нитрифицирующем иле, но оказываются в сжатом состоянии при неблагоприятных условиях.

*Hydracarina* (водные клещи) встречается в аэротенках в голодающем иле.

*Psychoda* и др. личинки насекомых - обычны на биофильтрах.

*Cyclops* отсутствует в обычном иле, но развивается в заметных количествах в голодающем иле.

### ***Б) Характеристика илов***

Удовлетворительно работающий (хороший) ил. Большое разнообразие простейших по видовому составу при небольшом количественном преобладании какого-либо из видов.

Постоянное наличие *Aspidisca*, *Zoogloea*. Все организмы достаточно подвижны, находятся в оживленном состоянии. Плотный компактный хлопкок ила. Ил быстро оседает в виде крупных тяжелых хлопьев. Вода над илом прозрачная.

Ил из регенератора:

а) При хорошей регенерации (рис. 1).

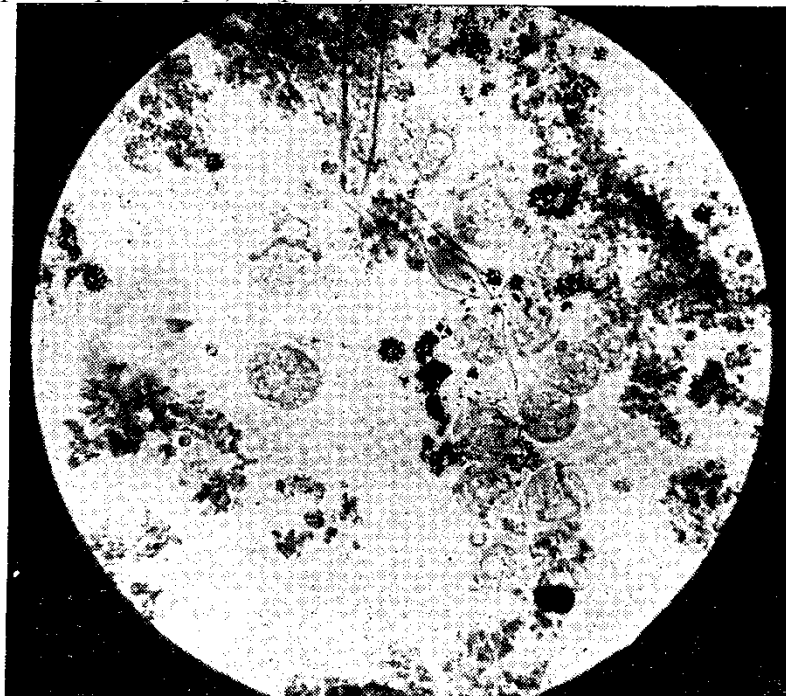
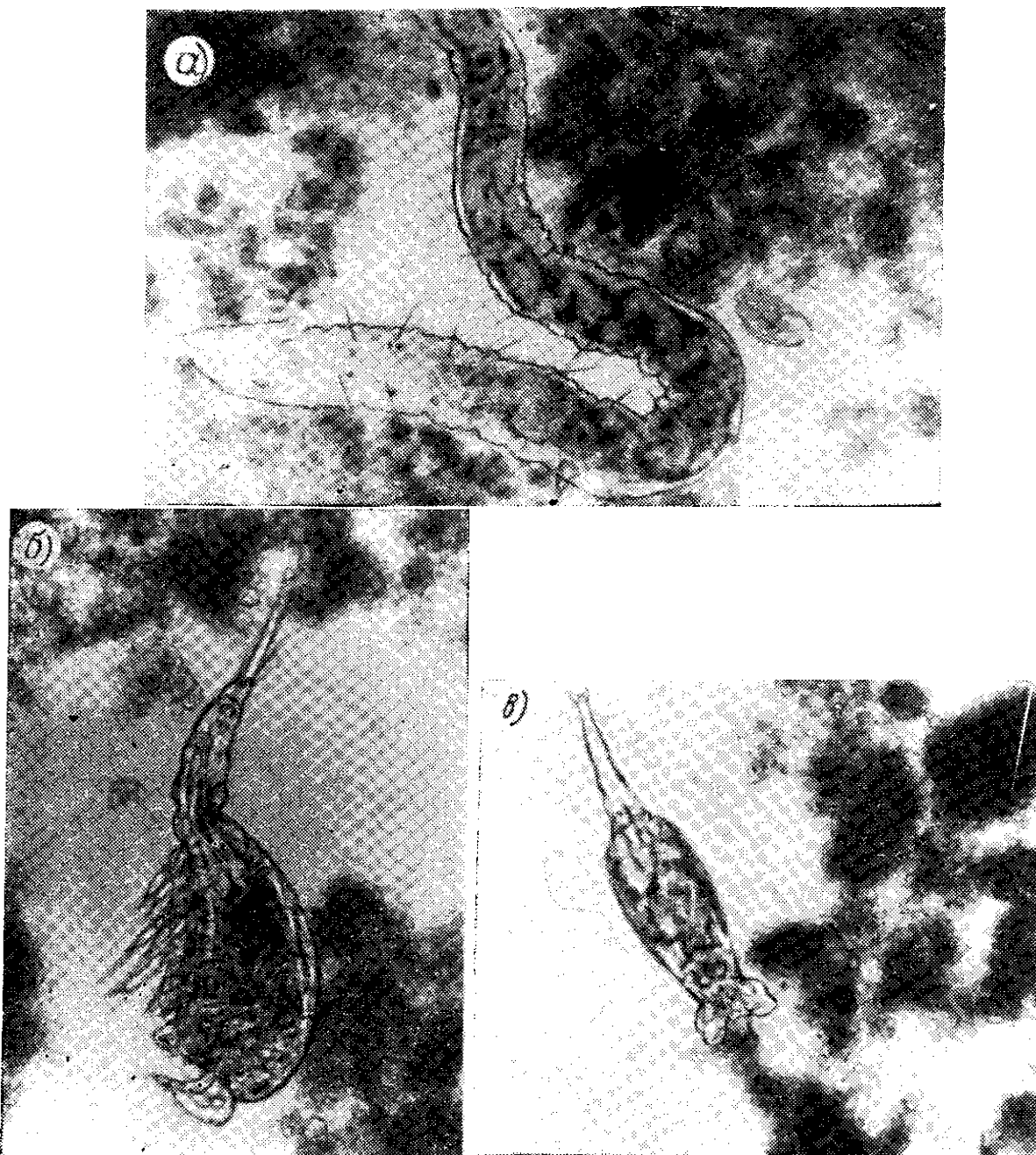


Рис.1. Хорошо регенерированный активный ил

Количественное преобладание сидячих инфузорий (*Carchesium*, *Vorticella convallaria*) над свободно плавающими инфузориями. Увеличение количества сидячих инфузорий и зооглей по сравнению с илом в аэротенке. Организмы подвижные. Хлопок ила крупный, хорошо осаждается. Вода над илом прозрачная; исчезает сера в клетках нитчатых серобактерий.



а - Aelosoma; б - Cyclops; в – Pililodina  
Рис. 2. Нитрифицирующий ил

б) при глубокой регенерации. Преобладание крупных свободно плавающих инфузорий. Увеличение размеров *Vorticella* и *Opeglularia*. Распад хлопка ила на более мелкие хлопья. Вода над илом имеет мелкую неоседающую муть.

Голодающий ил. Мелкие размеры простейших, организмы становятся прозрачными, пищеварительные вакуоли их исчезают, частично инфузории превращаются в цисты. Коловратки образуют цисты позже, чем инфузории. Зооглеи и хлопья ила прозрачные. Вода над илом имеет мелкую неоседающую муть.

Нитрифицирующий ил (рис. 2). Постоянное присутствие в заметных количествах коловраток *Callidina*, *Rotaria* и других видов.

Количественное преобладание сидячих инфузорий (*Vorticelia convallaria*, *Carche slum*), крупных амёб, *Arcella*. Пышное развитие *Zoogloea Ramigera*. Возможно присутствие в больших количествах малощетинковых червей *Aelosoma*. Ил рыхлый, выплывает после осаждения.

*Перегруженный ил.* Малое качественное разнообразие видов при количественном преобладании двух-трех. Большое количество бесцветных жгутиковых, мелких амёб, *Lionotus* и других мелких инфузорий. Присутствие иногда в заметных количествах *Podophrya*, *Chilodon*, *Nematodes*, *Vorticella microstoma*, *Opercularia*.

Присутствие иногда нитчатых бактерий *Sphaerotilus* и *Beggiatoa*. Ил загрязнен разнообразными включениями: органические аморфные частицы, мышечные волокна, мусор, остатки кухонных отходов. Хлопки ила темные, плотные. Вода над илом с опалесценцией.

*Ил при сбросе промышленных стоков, не адаптированный.* Уменьшение разнообразия видов, преобладает один-два. Измельчение организмов, особенно *V.convallaria*, *Opercularia*, *Carchesium* при увеличении их общего количества или при резком уменьшении общего количества в зависимости от степени токсичности стока. Неподвижное состояние ресничек инфузорий; замкнутый ресничный диск *Opercularia*. Ил мелкий, загрязнен включениями промышленных стоков, может иметь цветные частицы, осаждается плохо. Вода над илом мутная.

*Ил при недостатке кислорода.* *Vorticella* раздуваются в виде шара, некоторые лопаются и исчезают. *Opercularia* — с замкнутым ресничным диском, неподвижные. Коловратки неподвижные, застывшие в вытянутом состоянии, отмирающие. Большое количество разнообразных жгутиковых. Из инфузорий почти исключительное господство *Pararnaesiurn caudatum* как очень выносливой формы к недостатку кислорода, способной оживленно плавать в гниющем иле. Хлопки ила распадаются. Вода над илом мутнеет.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

### «Определение содержания аммонийного азота в воде аэротенка»

#### Методические указания.

В природной воде аммиак образуется при разложении азотсодержащих органических веществ. Он хорошо растворим в воде с образованием гидроксида аммония.

Содержание ионов аммония в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мкг/дм<sup>3</sup> в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано с процессами биохимической деструкции белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины (под действием фермента уреазы). Основным источником поступления ионов аммония в водные объекты являются хозяйственно-бытовые сточные воды, животноводческие фермы, поверхностный сток с сельхозугодий при использовании аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности.

В стоках промышленных предприятий содержится до 1, в бытовых стоках – 2 – 7 мг/дм<sup>3</sup> аммония; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежедневно поступает до 10 г азота аммонийного на одного жителя.

При переходе от олиготрофных к мезо- и эвтрофным водоемам возрастают как абсолютная концентрация ионов аммония, так и их доля в общем балансе связанного азота.

#### Содержание аммонийного азота в водоемах с различной степенью загрязненности.

Степень загрязненности (классы водоемов)	Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>
Очень чистые	0,05
Чистые	0,1
Умеренно загрязненные	0,2 – 0,3
Загрязненные	0,4 – 1,0
Грязные	1,1 – 3,0



Очень грязные	> 3,0
---------------	-------

Присутствие ионов аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм<sup>3</sup> снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Токсичность ионов аммония возрастает с повышением рН среды.

Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесса загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

В подземных водах аммиак появляется в результате жизнедеятельности микроорганизмов. В анаэробной среде аммиак образуется при восстановлении азотсодержащих органических веществ. Повышенное содержание аммиака в поверхностных водах объясняется спуском в них бытовых сточных вод и некоторых промышленных вод, содержащих значительные количества аммиака или солей аммония. Вследствие жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий содержание аммиака в водоемах снижается при одновременном образовании нитратов.

*Оборудование.* Фотоэлектроколориметр со светофильтром ( $\lambda = 400$  нм). Кюветы с толщиной поглощающего свет слоя - 10 мм.

*Химическая посуда.* Колбы мерные вместимостью 50 см<sup>3</sup>; пипетки мерные вместимостью 1, 5, 10 см<sup>3</sup> с делением на 0,1 см<sup>3</sup>, колбы плоскодонные вместимостью 100 см<sup>3</sup>.

*Выполнение измерений.*

Методика предназначена для измерения содержания массовой концентрации ионов аммония с 0,005 до 4,0 мг/дм<sup>3</sup> в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера.

*Порядок проведения работы.*

Метод определения основан на построении градуировочного графика при помощи серии растворов, полученных смешением рабочих растворов в соотношениях, указанных в таблице ниже.

Для получения растворов заданной концентрации используют рабочий раствор хлорида аммония. 1 см<sup>3</sup> раствора содержит 0,005 мг ионов аммония.

**Одновременно** с образцами растворов определяют оптическую плотность исследуемой пробы воды. Полученные значения оптической плотности вносят в таблицу.

Для приготовления серии растворов используют мерные колбы вместимостью 50 см<sup>3</sup>. Раствор в каждой колбе соответствует определенной концентрации ионов аммония.

Используются кюветы с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм. *Контрольной жидкостью* служит дистиллированная вода. Оптическая плотность каждого из растворов измеряется при  $\lambda = 400$  нм.

Полученные значения оптической плотности вносят в таблицу.

№ колбы	0	1	2	3	4	5
Объем NH <sub>4</sub> Cl, см <sup>3</sup>	0	8,0	16,0	24,0	32,0	40,0
Концентрация раствора NH <sub>4</sub> Cl, мг/дм <sup>3</sup>	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
Оптическая плотность, D	-					

№ исследуемого образца	№ 1	№ 2	№ 3
Оптическая плотность D исследуемого образца воды			

Градуировочный график строят, откладывая на оси абсцисс величину концентрации ионов-аммония каждого раствора, а по оси ординат соответствующее ему значение оптической плотности, измеренной фотоэлектроколориметром.

По градуировочному графику определяют концентрации ионов-аммония исследуемых проб воды, соответствующих данному значению оптической плотности.

Полученное значение концентрации ионов-аммония выражают в мг/дм<sup>3</sup>.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

«Определение содержания нитритного азота в воде аэротенка»

### Методические указания.

Методика предназначена для измерения массовой концентрации нитрит-ионов от 0,02 до 0,3 мг/дм<sup>3</sup> в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом с применением реактива Грисса.

*Принцип метода.*

Определение основано на способности нитритов диазотировать сульфаниловую кислоту и на образовании красно-фиолетового красителя диазосоединения  $\alpha$ -нафтиламином. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации нитритов.

*Оборудование:* фотоэлектроколориметр КФК-3,  $\lambda = 520$  нм, кюветы с длиной поглощающего слоя – 10 мм.

*Химическая посуда:* колбы мерные, вместимостью 50 см<sup>3</sup>, пипетки вместимостью 1, 2, 5, 10 см<sup>3</sup>.

*Построение калибровочного графика.*

В мерные колбы вместимостью 50 см<sup>3</sup> вносят 0, 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16; 20; 30 мл стандартного рабочего раствора № 2, разбавляют каждый раствор до метки дистиллированной водой и перемешивают. Получают растворы с концентрацией нитритов 0 (холостой раствор); 0,02; 0,04; 0,08; 0,16; 0,32; 0,4; 0,6 мг/дм<sup>3</sup>.

Из мерных колб растворы переливают в конические колбы. В каждую коническую колбу с раствором вносят по 2 мл реактива Грисса и тщательно перемешивают. Через 40 мин определяют оптическую плотность при длине волны 520 нм, в кювете с длиной поглощающего слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения используют холостой раствор. Данные вносят в таблицу.

С, мг/дм <sup>3</sup>	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	0,4	0,6
Д							

При построении градуировочного графика по горизонтальной оси откладывают значение концентрации, а по вертикальной – соответствующие им значения оптической плотности. Следует убедиться в том, что зависимость концентрации от оптической плотности – линейная.

*Выполнение измерений.*

В мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup> наливают пробу анализируемой воды. Пробу переливают в коническую колбу для проведения анализа и добавляют 2 см<sup>3</sup> реактива Грисса. Выдерживают 40 минут и определяют оптическую плотность пробы. Результат определения находят либо по градуировочному графику.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

«Определение содержания нитратного азота в воде аэротенка»

### Методические указания.

*Цель работы* – определение содержания нитрат-ионов в пробе природной (очищенной сточной) воды.

Методика предназначена для выполнения измерений концентрации нитрат-ионов от 0,1 - 10 мг/дм<sup>3</sup> в природных и очищенных сточных водах фотометрическим методом.

*Принцип метода.*

Метод основан на взаимодействии нитрат-ионов с салициловой кислотой в сернокислой среде с образованием смеси

3-нитросалициловой и 5-нитросалициловой кислот, соли которых в щелочной среде окрашены в желтый цвет.

*Оборудование:* фотоэлектроколориметр КФК-3, кюветы с толщиной поглощающего слоя - 30 мм, баня водяная.

*Химическая посуда:* чашки выпарные фарфоровые; пробирки колориметрические, вместимостью 10 см<sup>3</sup>; колбы мерные вместимостью 50, см<sup>3</sup>; пипетки вместимостью 1, 2, 5, 10 см<sup>3</sup>.

*Построение калибровочного графика.*

В 8 пронумерованных пробирок вместимостью 10 см<sup>3</sup> отбирают последовательно пипеткой 0,0, 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 10,0 см<sup>3</sup> рабочего раствора калия азотнокислого и доводят объем до 10 см<sup>3</sup> (10,0 9,9; 9,5; 9,0; 8,0; 6,0; 4,0 см<sup>3</sup>) дистиллированной водой. Содержание нитрат-ионов в растворах соответственно равно 0,0 (холостой раствор), 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 10,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Растворы из пробирок переносят в выпарительные фарфоровые чашки, добавляют по 1 см<sup>3</sup> 0,5%-ного раствора салицилата натрия и выпаривают на водяной бане досуха. После охлаждения сухой остаток в фарфоровой чашке смачивают 1 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты и оставляют на 10 минут. Затем содержимое чашки разбавляют 15 - 20 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и переносят количественно в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup>, обмывая стенки чашки дистиллированной водой. В каждую колбу приливают по 7 см<sup>3</sup> раствора гидроокиси натрия и охлаждают колбу в холодной воде. Доводят до метки дистиллированной водой и полученный окрашенный раствор сразу фотометрируют при  $\lambda = 410$  нм в кюветах с толщиной слоя 30 мм. В качестве раствора сравнения используют холостой раствор. Данные вносят в таблицу 1.

Таблица 1.

С, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0	∴0	10,0
Д							

*Построение градуировочного графика.*

Градуировочный график строят в координатах: оптическая плотность – содержание нитрат-ионов в пробе. Следует убедиться в том, что зависимость концентрации от оптической плотности – линейная.

Рассчитывают по графику коэффициент факторизации  $F$ , для чего по графику снимают значение  $C$  для средней части графика и соответствующую этой концентрации оптическую плотность  $D$ .

$$F = \frac{C}{D}$$

Если при построении градуировочного графика будет установлено, что зависимость  $C$  от  $D$  не линейная, коэффициент факторизации  $F$  определять не следует. Определение концентрации при этом проводят по графику.

*Выполнение измерений.*

Для анализа используют фильтрат. Пробу объемом 10 см<sup>3</sup> обрабатывают так же, как описано в «Построении калибровочного графика».

*Обработка результатов измерений.*

Содержание нитрат-ионов ( $X$ ), мг/дм<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$X = C \cdot 1000 / V$$

где  $C$  – содержание нитрат-ионов, найденное по калибровочному графику, мг;  
 $V$  – объем пробы, взятой для анализа, см<sup>3</sup>.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

### «Определение содержания фосфатов в воде аэротенка»

#### Методические указания.

Фосфор – важнейший биогенный элемент, чаще всего лимитирующий развитие продуктивности водоемов. Поэтому поступление избытка соединений фосфора в виде минеральных удобрений с поверхностным стоком с полей (с 1 га орошаемых земель выносится 0,4 – 0,6 кг фосфора), со стоками с ферм (0,01 – 0,05 кг/сут на одно животное), с недоочищенными или неочищенными бытовыми сточными водами (0,003 – 0,006 кг/сут на одного жителя), а также с некоторыми производственными стоками приводит к резкому неконтролируемому приросту растительной биомассы водного объекта (особенно в непроточных и малопроточных водоемах). Происходит изменение трофического статуса водоема, сопровождающееся перестройкой всего водного сообщества и ведущее к преобладанию гнилостных процессов (к возрастанию мутности, солености, концентрации бактерий).

Один из вероятных аспектов процесса эвтрофикации – рост синезеленых водорослей (цианобактерий), многие из которых токсичны. Выделяемые этими бактериями вещества относятся к группе фосфор- и серосодержащих органических соединений – нервно-паралитических ядов. Действие токсинов синезеленых водорослей может проявляться в возникновении дерматозов, желудочно-кишечных заболеваний, а в особенно тяжелых случаях – при попадании большой массы водорослей внутрь организма – может развиваться паралич.

*Фосфор органический.* Природные соединения органического фосфора поступают в водные объекты в результате процессов жизнедеятельности и посмертного распада водных организмов, обмена с донными отложениями и присутствуют в поверхностных водах в растворенном, взвешенном и коллоидном состоянии.

*Фосфор минеральный* – поступает в природные воды в результате выветривания и растворения пород, содержащих ортофосфаты (апатиты и фосфориты) и поступления с поверхности водосбора в виде орто-, мета-, пиро- и полифосфат-ионов (удобрения, синтетические моющие средства и т.п.), а также образуются при биологической деструкции остатков животных и растительных организмов. Избыточное содержание фосфатов в воде может быть отражением присутствия в водном объекте примесей удобрений, компонентов хозяйственно-бытовых сточных вод, разлагающейся биомассы.

Основной формой неорганического фосфора при значениях рН водоема больше 6,5 является ион  $\text{HPO}_4^{2-}$  (около 90 %). В кислых водах неорганический фосфор присутствует преимущественно в виде  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

*Концентрация фосфатов в природных водах обычно очень мала – сотые, редко десятые доли миллиграммов фосфора в 1 дм<sup>3</sup>, в загрязненных водах она может достигать нескольких миллиграммов в 1 дм<sup>3</sup>.*

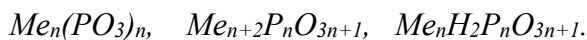
*Подземные вода содержат обычно не более 100 мкг/дм<sup>3</sup> фосфатов; исключение составляют воды в районах залегания фосфорсодержащих пород.*

Содержание соединений фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям, поскольку оно зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ. Минимальные концентрации фосфатов в поверхностных водах наблюдаются обычно весной и летом, максимальные – осенью и зимой, в морских водах – соответственно весной и осенью, летом и зимой. Общее

токсическое действие солей фосфорной кислоты возможно лишь при весьма высоких дозах и чаще всего обусловлено примесями фтора.

*В методике оценки экологической ситуации рекомендован норматив содержания растворимых фосфатов в воде – 50 мкг/дм<sup>3</sup>.*

**Полифосфаты.** Полифосфаты можно описать следующими химическими формулами:



Полифосфаты применяются для умягчения воды, обезжиривания волокна, как компонент стиральных порошков и мыла, ингибитор коррозии, катализатор в пищевой промышленности.

Полифосфаты малотоксичны. Токсичность полифосфатов объясняется их способностью к образованию комплексов с биологически важными ионами, особенно с кальцием.

*Установленное допустимое остаточное количество полифосфатов в воде хозяйственно-питьевого назначения составляет 3,5 мг/дм<sup>3</sup> (лимитирующий показатель вредности – органолептический).*

**Выполнение измерений.**

К 50 мл пробы исследуемой воды прибавляют 1 мл молибдата аммония, через 5 минут добавляют 4 капли раствора олова. Через 15 минут измеряют оптическую плотность полученного раствора при длине волны 690 нм по отношению к холостому раствору. Холостой раствор готовится на дистиллированной воде с добавлением соответствующих реактивов.

Содержание фосфат-ионов в мг/дм<sup>3</sup> находят по градуировочному графику.

**Построение градуировочного графика.**

Для построения градуировочного графика в мерных колбах объемом 50 мл готовят образцы для градуировки с массовой концентрацией фосфат-ионов от 0,5 до 1,0 мг/дм<sup>3</sup>. Для этого используют рабочий раствор с концентрацией фосфатов 0,01 мг в 1 миллилитре. Состав и количество образцов для градуировки приведены в таблице.

№ колбы	0	1	2	3	4	5	6
Объем рабочего раствора, мл	0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Концентрация фосфатов в градуировочных растворах, мг/л	0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Д, оптическая плотность раствора							

Используя полученные значения, строят градуировочный график: по оси ординат откладывают значение оптической плотности, по оси абсцисс – величину концентрации образца, мг/л.

**Обработка результатов измерений.**

Содержание фосфат-ионов (мг/дм<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{C \cdot 50}{V},$$

где  $C$  – концентрация фосфат-ионов, найденная по градуировочному графику, мг/см<sup>3</sup>,

$50$  – объем, до которого была разбавлена проба,

$V$  – объем пробы, взятый для анализа, см<sup>3</sup>.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12 «Определение БПК в воде аэротенка»

### Методические указания.

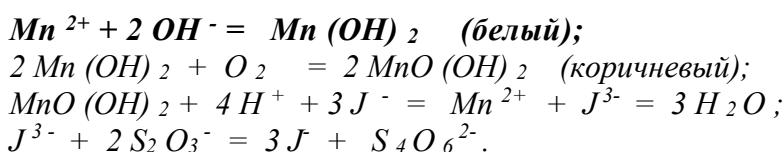
Метод используется для определения растворенного кислорода и расчета БПК в поверхностных и нормативно-очищенных водах.

Растворенный кислород в поверхностных водах находится в виде молекул  $O_2$ . Растворимость его растет с понижением температуры, ростом минерализации и повышением давления.

### **Принцип метода.**

Определение кислорода основано на реакции растворенного кислорода с гидроксидом марганца (II) в щелочной среде. Гидроксид марганца, количественно связывая растворенный в воде кислород, переходит в нерастворимое соединение четырехвалентного марганца коричневого цвета.

При подкислении раствора в присутствии избытка йодида калия образуется йод, количество которого эквивалентно содержанию растворенного кислорода и учитывается титрованием раствором тиосульфата:



*Оборудование:* Весы аналитические, штатив для титрования.

*Химическая посуда:* Пипетки вместимостью 10 см<sup>3</sup>, колбы мерные вместимостью 100, 500, 1000 см<sup>3</sup>, цилиндры мерные вместимостью 10, 50, 100, 500 см<sup>3</sup>, бюретки вместимостью 25 см<sup>3</sup>, кислородные склянки вместимостью 100 – 200 см<sup>3</sup> с притертыми пробками точно определенного объема.

*Определение точного объема кислородных склянок (калибрование).*

Чтобы определить объем склянки для фиксации кислорода, ее моют, высушивают, взвешивают вместе с пробкой на технических весах с точностью до 0,01 г. Затем наполняют склянку дистиллированной водой до краев и закрывают стеклянной пробкой так, чтобы под пробкой не оставалось пузырьков воздуха. Обтирают склянку досуха и снова взвешивают с точностью до 0,01 г. Разность масс дает массу воды в объеме склянки, которую для перевода на объем следует разделить при температуре воды 15 °С на 0,998, при 20 °С – на 0,997 и при 25 °С на 0,998.

*Определение точной концентрации стандартного раствора тиосульфата натрия.*

В колбу для титрования вносят 80 - 90 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, 10 см<sup>3</sup> стандартного раствора бихромата калия, добавляют 1 г сухого KI и 10 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты. Раствор перемешивают, выдерживают 5 мин в темном месте и титруют пробу раствором тиосульфата натрия до появления слабо желтой окраски. Затем добавляют 1 см<sup>3</sup> раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски. Повторяют титрование и, если расхождение между величинами объемов титранта не более 0,05 см<sup>3</sup>.

Точную концентрацию раствора тиосульфата натрия находят по формуле:

$$C_m = \frac{C_d \cdot V_d}{V_m},$$

где  $C_m$  – концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/дм<sup>3</sup> эквивалента;  $C_d$  – концентрация раствора бихромата калия, моль/дм<sup>3</sup> эквивалента;  $V_m$  – объем раствора тиосульфата натрия, пошедший на титрование, см<sup>3</sup>;

$V_d$  – объем раствора бихромата калия, взятый для титрования, см<sup>3</sup>.

*Порядок проведения работы.*

Перед отбором пробы для определения растворенного кислорода кислородную склянку предварительно ополаскивают и затем наполняют исследуемой водой. После заполнения склянки до горлышка ее наполнение продолжают до тех пор, пока не выльется приблизительно 100 см<sup>3</sup> воды, т.е. пока не вытеснится вода, соприкасавшаяся с воздухом,

находящимся в склянке. Склянка должна быть заполнена пробой до краев и не иметь внутри – под пробкой и на стенках - пузырьков воздуха.

В склянку, заполненную пробой воды, вводят отдельными пипетками 1 см<sup>3</sup> раствора сульфата марганца (при вместимости склянки до 150 см<sup>3</sup>) и 1 см<sup>3</sup> щелочного раствора йодида калия (при вместимости склянки до 150 см<sup>3</sup>). Пипетки погружают каждый раз до половины склянки и по мере выливания раствора поднимают вверх. Затем быстро закрывают склянку стеклянной пробкой таким образом, чтобы в ней не оставалось пузырьков воздуха и содержимое тщательно перемешивают.

Склянки с зафиксированными пробами помещают в темное место для отстаивания (не менее 10 минут и не более 24 часов).

После того, как отстоявшийся осадок будет занимать менее половины высоты склянки, к пробе приливают 5 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты, погружая при этом пипетку до осадка (не взмучивать) и медленно поднимая ее вверх по мере опорожнения. Вытеснение из склянки части прозрачной жидкости для анализа значения не имеет.

Склянку закрывают пробкой и содержимое тщательно перемешивают. Отбирают 50 см<sup>3</sup> раствора (пипетку предварительно ополаскивают этим раствором), переносят его в коническую колбу для титрования вместимостью 250 см<sup>3</sup>. Раствор титруют стандартным раствором тиосульфата натрия (если предполагается, что содержание кислорода менее 3 мг/дм<sup>3</sup> – из микробюретки) до тех пор, пока он не станет светло-желтым. Затем прибавляют 1 см<sup>3</sup> свежеприготовленного раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски.

*Обработка результатов измерений.*

Содержание растворенного кислорода (С<sub>х</sub>) в мг/дм<sup>3</sup> определяют по формуле:

$$C_x = \frac{8,0 \cdot C_T \cdot V_T \cdot V \cdot 1000}{50 \cdot (V - V_1)}$$

где С<sub>Т</sub> - молярная концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/дм<sup>3</sup> эквивалента, V<sub>Т</sub> - объем раствора тиосульфата натрия, пошедший на титрование, см<sup>3</sup>, V - вместимость кислородной склянки, см<sup>3</sup>; V<sub>1</sub> - суммарный объем растворов сульфата марганца и йодида калия, добавленных в склянку при фиксации растворенного кислорода, см<sup>3</sup>; 8,0 - масса миллиграмм-эквивалента кислорода, мг.

Расчет БПК производится по разности содержания растворенного кислорода в день отбора проб и на 5 и 7 день.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13** «Определение ХПК в воде аэротенка»

### **Методические указания.**

Сущность метода заключается в обработке пробы воды серной кислотой и бихроматом калия при заданной температуре в присутствии сульфата серебра — катализатора окисления, и сульфата ртути (II), используемого для снижения влияния хлоридов, и определении значений ХПК в заданном диапазоне концентраций путем измерения оптической плотности исследуемого раствора при заданном значении длины волны с использованием градуировочной зависимости оптической плотности раствора от значения ХПК.

Значения ХПК в диапазоне от 10 до 160 мгО/дм<sup>3</sup> включительно определяют путем измерения оптической плотности раствора при длине волны (440 + 20) нм.

Значения ХПК в диапазоне от 80 до 800 мгО/дм<sup>3</sup> включительно определяют путем измерения оптической плотности раствора при длине волны (600 + 20) нм.

Значения ХПК в диапазоне от 80 до 160 мгО/дм<sup>3</sup> включительно допускается определять как при длине волны (440 + 20) нм, так и при длине волны (600 + 20) нм.

### **Средства измерений, вспомогательное оборудование, реактивы, материалы**

Фотометр, спектрофотометр или фотометрический анализатор (далее — анализатор), снабженный адаптером для измерений оптической плотности воды и водных растворов, непосредственно находящихся в реакционных сосудах, в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм.

Реакционные сосуды из термостойкого стекла (пробирки с завинчивающимися крышками вместимостью от 10 до 15 см<sup>3</sup>), предназначенные для обработки проб воды и измерений оптической плотности воды и водных растворов.

Нагревательный блок (термореактор), предназначенный для нагревания реакционных сосудов, обеспечивающий поддержание температуры содержимого реакционных сосудов (150 ± 5) °С.

Перемешивающее устройство, например магнитная мешалка, эксикатор или ультразвуковая ванна.

Весы лабораторные, колбы мерные вместимостью 25, 50, 1000 см<sup>3</sup>, цилиндры мерные, стаканы химические термостойкие вместимостью 1000 см<sup>3</sup>, пипетки градуированные; Вода дистиллированная. Кислота серная. Сульфат ртути (II). Сульфат серебра. Калий двуххромовокислый (бихромат калия). Бумага фильтровальная лабораторная.

### **Порядок проведения измерений**

Одновременно анализируют не менее двух аликвотных порций пробы воды (параллельные пробы). Объем отбираемой аликвотной порции пробы воды — 2 см<sup>3</sup>. Допускается увеличение объема пробы воды до 4 см<sup>3</sup>.

Заполняют реакционные сосуды реагентом.

Проводят визуальный осмотр реакционных сосудов и их содержимого. При обнаружении в сосуде трещин, повреждений любого типа или признаков зеленой окраски раствора, реакционный сосуд не используют.

Включают нагревательный блок, нагревают его до 150 °С и выдерживают при этой температуре не менее 10 мин.

Снимают крышку с реакционного сосуда и сразу же вносят в него дозатором или мерной пипеткой пробу воды, при необходимости предварительно тщательно перемешанной.

На реакционный сосуд плотно навинчивают крышку и перемешивают его содержимое, осторожно переворачивая несколько раз. Вытирают внешнюю поверхность реакционного сосуда фильтровальной бумагой. Помещают реакционный сосуд в нагревательный блок и выдерживают в течение (120 ± 10) мин.

Осторожно, например специальными захватами, вынимают реакционные сосуды из нагревательного блока и охлаждают при комнатной температуре до температуры не выше 60 °С. Перемешивают содержимое, переворачивая реакционные сосуды. Затем охлаждают реакционные сосуды до комнатной температуры. Реакционные сосуды, в которых произошло визуально заметное уменьшение объема содержимого, для измерений не используют. Анализ пробы воды в этом случае повторяют.

Если раствор после охлаждения прозрачен, то измеряют оптическую плотность пробы воды при рабочей длине волны 440 нм, используя реагент, или при 600 нм, используя реагент.

Если раствор мутный, то ему дают отстояться, затем измеряют его оптическую плотность как описано выше. Если после отстаивания раствор остается мутным, то анализ пробы воды повторяют, предварительно разбавив ее дистиллированной водой.

### **Обработка результатов измерений**

По значению оптической плотности раствора, для каждой аликвотной порции пробы воды, используя градуировочную зависимость, определяют значение ХПК.

Если значение ХПК выходит за пределы диапазона построения градуировочной зависимости, то испытания повторяют либо разбавив пробу дистиллированной водой, либо используя реагент для работы с другим диапазоном значений ХПК.



Если проба воды подвергалась в процессе измерений разбавлению, то полученное значение ХПК умножают на коэффициент разбавления пробы воды  $K_p$ , который вычисляют по формуле

$$K_p = \frac{V_p}{V_a}, \quad (1)$$

где  $V_p$  — объем пробы воды после разбавления,  $\text{см}^3$ ;

$V_a$  — объем аликвотной порции пробы воды до разбавления,  $\text{см}^3$ .

За результат измерения принимают среднеарифметическое значение не менее двух параллельных определений ХПК пробы воды  $X$ ,  $\text{мгО/дм}^3$ , при выполнении условия

$$X_{\max} - X_{\min} \leq 0,01 \bar{X}r, \quad (2)$$

где  $X_{\max}$  — максимальное значение ХПК из двух параллельных определений,  $\text{мгО/дм}^3$ ;

$X_{\min}$  — минимальное значение ХПК из двух параллельных определений,  $\text{мгО/дм}^3$ ;

$r$  — относительное значение предела повторяемости по таблице 1, %.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14

«Моделирование биоплато (сорбция тяжёлых металлов)»

### Методические указания.

Использование биофильтров является широко распространенной технологией очистки вод, как в составе системы доочистки после очистных сооружений, так и в качестве самостоятельной фильтрующей системы. Технология предусматривает создание искусственных ветландов, или биоплато, которые представляют собой блоки с почвенно-грунтовой смесью и водными растениями. Они устанавливаются в прибрежной зоне в точках поступления в водоем поверхностного стока и осуществляют очистку поступающей воды. За счет потери скорости водного потока в осадок выпадают взвешенные частицы, а за счет фильтрации через грундово-растительный слой, а также благодаря микробному сообществу из воды удаляются загрязняющие вещества и биогенные элементы.

В зарубежной литературе подобные конструкции носят названия «constructed wetlands», в русском языке нет общепринятого эквивалента этому термину. В научной литературе встречаются такие определения, как «биоплато», «биоинженерные сооружения», «биологические» и «ботанические площадки», нередко используется простая транслитерация выражения «constructed wetlands». Можно отметить, что в основе строения практически всех биоплато лежат четыре основных элемента: водонепроницаемый слой, фильтрующий слой, макрофиты, инженерные коммуникации для распределения стоков по площади биоплато и регулирования уровня воды в нем.

Можно выделить следующие базовые типы искусственных ветландов:

1. Системы поверхностного потока (free water surface, или FWS) — представляют собой затопленные площадки, внешне похожие на естественные болота с открытой водой, на которых по дну высажены водные растения (рис. 1). Вода самотеком проходит сквозь стебли и листья растений.

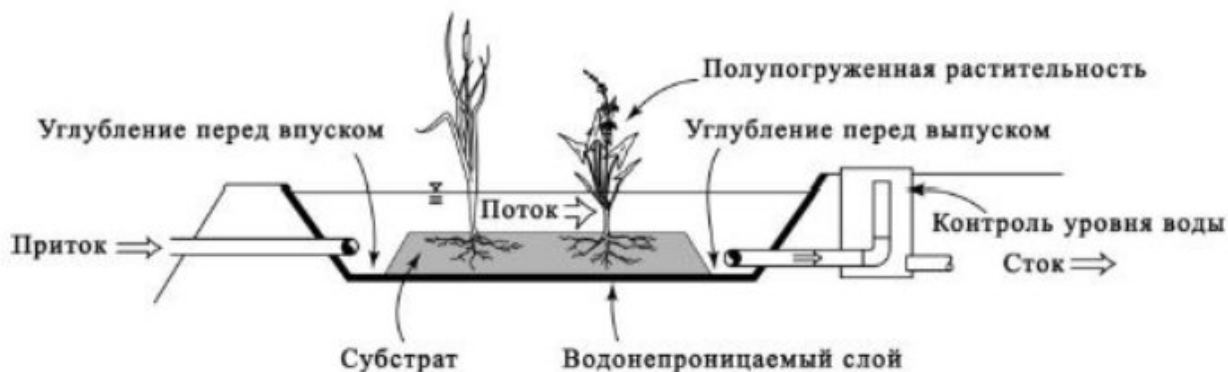


Рис.1 – Схема организации биоплата по типу поверхностного потока

2. Системы горизонтального подповерхностного потока (horizontal subsurface flow, или HSSF) – представляют собой плато, заполненное фильтрующим материалом из гравия, мелких камней, песка, почвы и т.п., на котором высажены водные растения (рис. 2). Вода подается на поверхность биоплата, при этом участки постоянно открытой воды отсутствуют, и проходит через фильтрующую среду, заполненную корневой системой растений, в горизонтальном направлении ниже уровня поверхности субстрата.

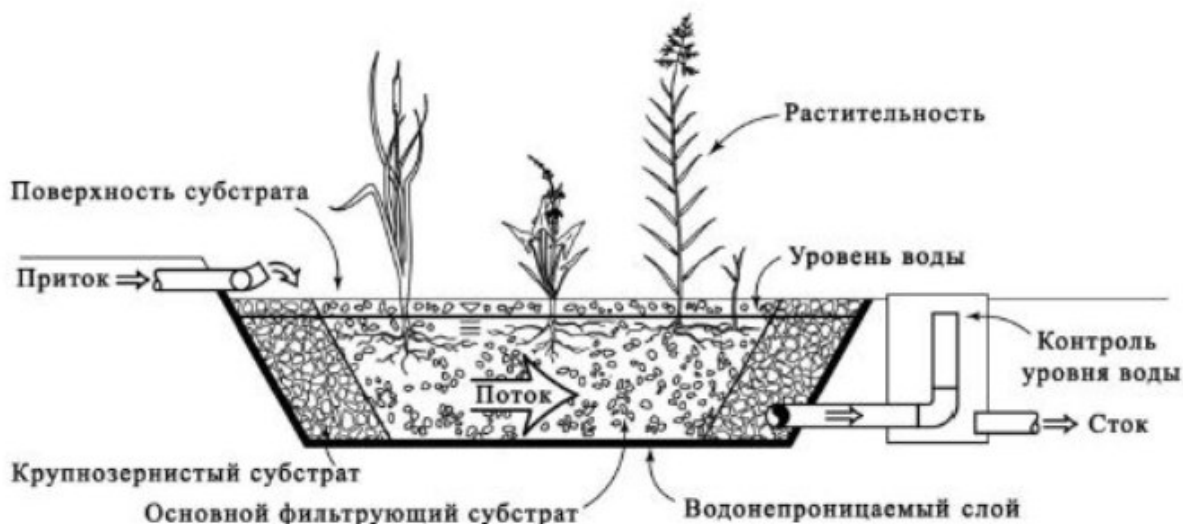


Рис. 2. Схема организации биоплата по типу вертикального потока

3. Системы вертикального потока (vertical flow, или VF) – похожи на предыдущий вариант, также представляют собой плато, заполненное фильтрующим материалом, на котором высажены водные растения. Вода периодически подается на поверхность биоплата и фильтруется в вертикальном направлении через субстрат и корневую систему растений (рис.3). Стоит отметить, что системы горизонтального подповерхностного потока, из-за конструктивных особенностей препятствующих поступлению кислорода, имеют ограничение в отношении очистки вод от аммонийного азота. Организация гибридных биоплата (VF+HSSF) может решить эту проблему, обеспечивая комплексную систему процессов нитрификации-денитрификации (рис. 4).

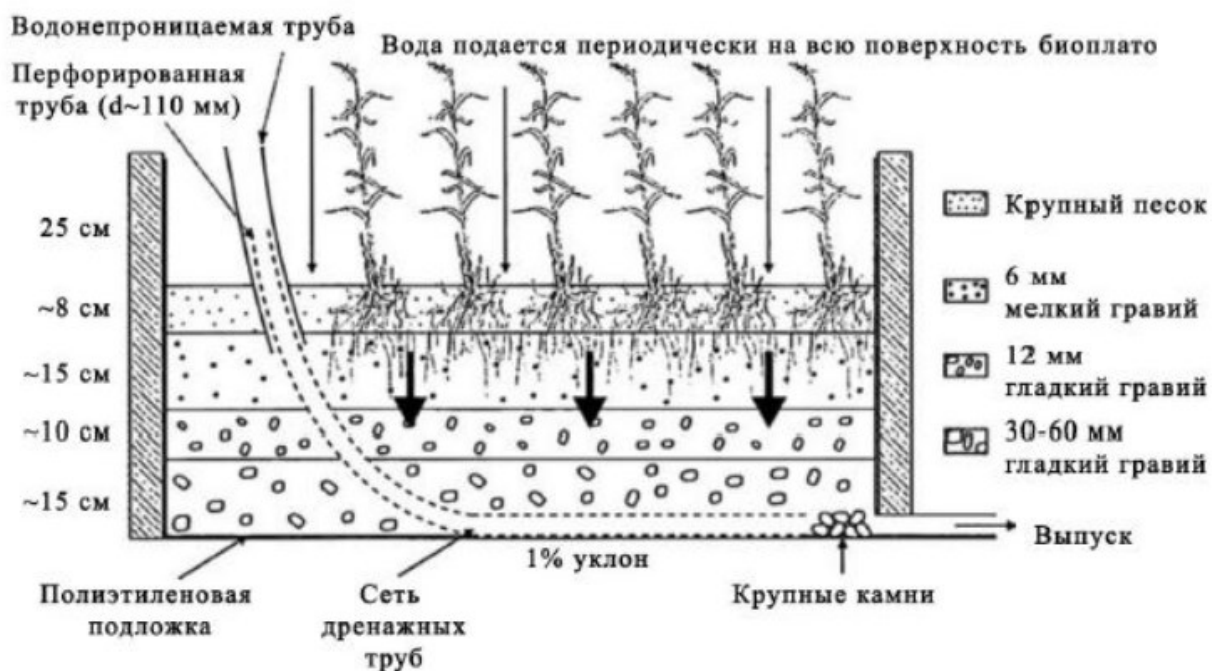


Рис. 3. Схема организации биофитодеградации по типу вертикального потока

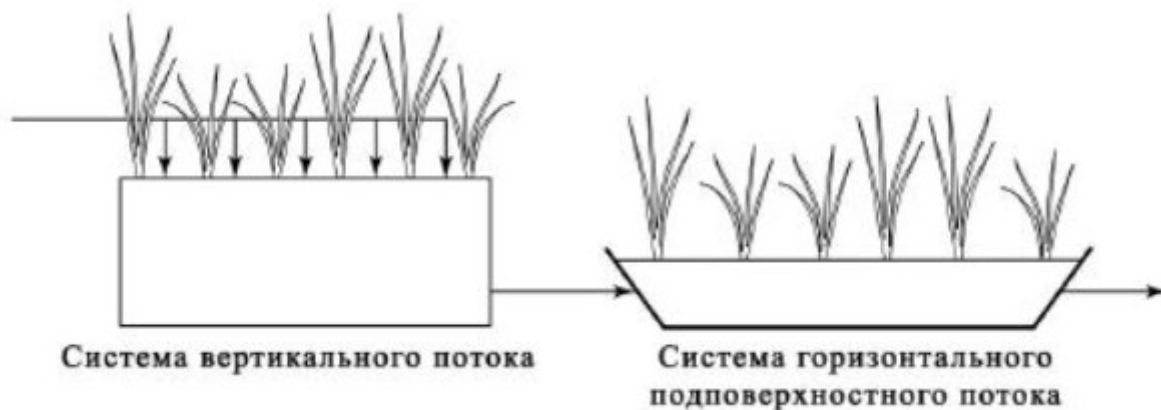


Рис. 4 – Пример использования в гибридной установке

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15

«Определение содержания меди в растениях-концентраторах»

### Методические указания.

#### Подготовка почвы к определению содержания подвижных форм соединений тяжелых металлов

**Оборудование.** Весы аналитические, колбы плоскодонные емкостью 100 см<sup>3</sup>, воронки, бумажный фильтр с белой лентой.

**Ход работы.** Пробу 5 г помещают в колбу, приливают 50 см<sup>3</sup> ацетатно-аммонийного буферного раствора с рН 4,8. Раствор взбалтывают в течение 1 ч. Далее проводят фильтрацию через сухой фильтр белая лента раствора в чистую колбу. В полученном фильтрате определяют подвижные формы соединений Mn, Zn, Cu, Cd, Pb

#### Определение содержания меди фотометрическим методом с использованием диэтилдиокрбамата свинца

**Оборудование.** Пипетка, делительная воронка объемом 200 см<sup>3</sup>, фотоэлектроколориметр, кюветы с толщиной просвечивающего слоя 2 см.

Ход работы. Аликвоту 20 см<sup>3</sup> вытяжки помещают в делительную воронку, добавляют 5 см<sup>3</sup> 5%-го раствора лимоннокислого аммония, 2 капли индикатора фенолфталеина и нейтрализуют разбавленным раствором аммиака. Затем из бюретки приливают 15 см<sup>3</sup> раствора диэтилдитиокарбамата свинца в четыреххлористом углероде и энергично встряхивают в течении 2 минут. После разделения фаз органический слой сливают в кювету. Фотометрируют экстракт при длине волны 436 нм относительно четыреххлористого углерода.

Калибровочную шкалу готовят в интервале концентраций меди от 0 до 2 мкг в 15 см<sup>3</sup> ССl<sub>4</sub>. По результатам измерения оптической плотности стандартных растворов строят градуировочный график.

Концентрацию меди в исследуемых растворах находят по градуировочному графику и рассчитывают содержание элемента в почве по формуле:

$$Cu \text{ мкг/кг} = \frac{C \times V_1}{V_2 \times m} \quad (4)$$

где С - концентрация меди, мкг/15 см<sup>3</sup>, найденная по графику;

V<sub>1</sub> – объем исходной вытяжки, мл;

V<sub>2</sub> – объем аликвоты, мл;

m – навеска почвы, г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

«Определение содержания свинца в растениях-концентраторах»

### Методические указания.

#### Подготовка почвы к определению содержания подвижных форм соединений тяжелых металлов

Оборудование. Весы аналитические, колбы плоскодонные емкостью 100 см<sup>3</sup>, воронки, бумажный фильтр с белой лентой.

Ход работы. Пробу 5 г помещают в колбу, приливают 50 см<sup>3</sup> ацетатно-аммонийного буферного раствора с рН 4,8. Раствор взбалтывают в течение 1 ч. Далее проводят фильтрацию через сухой фильтр белая лента раствора в чистую колбу. В полученном фильтрате определяют подвижные формы соединений Mn, Zn, Cu, Cd, Pb

#### Определение содержания свинца фотометрическим методом с использованием дитизона

Оборудование. Пипетка, делительная воронка объемом 100 см<sup>3</sup>, фотоэлектроколориметр, кюветы с шириной поглощающего слоя 1 см, мерные колбы емкостью 25 см<sup>3</sup>.

Ход работы. В делительную воронку помещают аликвоту 25 см<sup>3</sup> исследуемого раствора, приливают 10 см<sup>3</sup> 10%-го раствора лимоннокислого аммония и 2 капли индикатора тимолового синего и нейтрализуют 10%-м раствором аммиака до рН 9-10. Затем добавляют 5 см<sup>3</sup> 0,001%-го раствора дитизона в ССl<sub>4</sub> и встряхивают. Экстрагирование повторяют до прекращения изменения окраски раствора дитизона. В делительную воронку с экстрактами приливают 10 см<sup>3</sup> 0,02 М НСl и встряхивают, чтобы реэкстрагировать свинец в водную фазу. Водный раствор переносят в третью делительную воронку. Органическую фазу промывают бидистиллированной водой [17].

К водному раствору свинца приливают 5 см<sup>3</sup> 10%-го лимоннокислого аммония и нейтрализуют аммиаком до рН 9. Добавляют 5 см<sup>3</sup> 0,001%-го раствора дитизона в ССl<sub>4</sub> и встряхивают. После разделения фаз органический слой сливают в мерную колбу и повторяют экстрагирование дитизоната свинца до прекращения изменения окраски раствора дитизона. Экстракты объединяют, доливают до

метки чистым  $\text{CCl}_4$  и перемешивают. Оптическую плотность измеряют при длине волны 520 нм относительно чистого  $\text{CCl}_4$  [17].

Калибровочную шкалу готовят в интервале концентраций свинца от 0 до 50 мкг в 25 см<sup>3</sup> раствора. По результатам измерения оптической плотности стандартных растворов строят градуировочный график (рисунок Б.4).

Концентрацию свинца в исследуемых растворах находят по градуировочному графику и рассчитывают содержание элемента в почве по формуле:

$$P_b \text{ мкг/кг} = \frac{C \times V_1}{V_2 \times m}, \quad (3)$$

где  $C$  - концентрация свинца, мкг/25 см<sup>3</sup>, найденная по графику;

$V_1$  – объем исходной вытяжки, мл;

$V_2$  – объем аликвоты, мл;

$m$  – навеска почвы, г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17

### «Моделирование биоплато (сорбция биогенных элементов)»

#### Методические указания.

Использование биофильтров является широко распространенной технологией очистки вод, как в составе системы доочистки после очистных сооружений, так и в качестве самостоятельной фильтрующей системы. Технология предусматривает создание искусственных ветландов, или биоплато, которые представляют собой блоки с почвенно-грунтовой смесью и водными растениями. Они устанавливаются в прибрежной зоне в точках поступления в водоем поверхностного стока и осуществляют очистку поступающей воды. За счет потери скорости водного потока в осадок выпадают взвешенные частицы, а за счет фильтрации через грундово-растительный слой, а также благодаря микробному сообществу из воды удаляются загрязняющие вещества и биогенные элементы.

В зарубежной литературе подобные конструкции носят названия «constructed wetlands», в русском языке нет общепринятого эквивалента этому термину. В научной литературе встречаются такие определения, как «биоплато», «биоинженерные сооружения», «биологические» и «ботанические площадки», нередко используется простая транслитерация выражения «constructed wetlands». Можно отметить, что в основе строения практически всех биоплато лежат четыре основных элемента: водонепроницаемый слой, фильтрующий слой, макрофиты, инженерные коммуникации для распределения стоков по площади биоплато и регулирования уровня воды в нем.

Можно выделить следующие базовые типы искусственных ветландов:

1. Системы поверхностного потока (free water surface, или FWS) –представляют собой затопленные площадки, внешне похожие на естественные болота с открытой водой, на которых по дну высажены водные растения (рис. 1). Вода самотеком проходит сквозь стебли и листья растений.

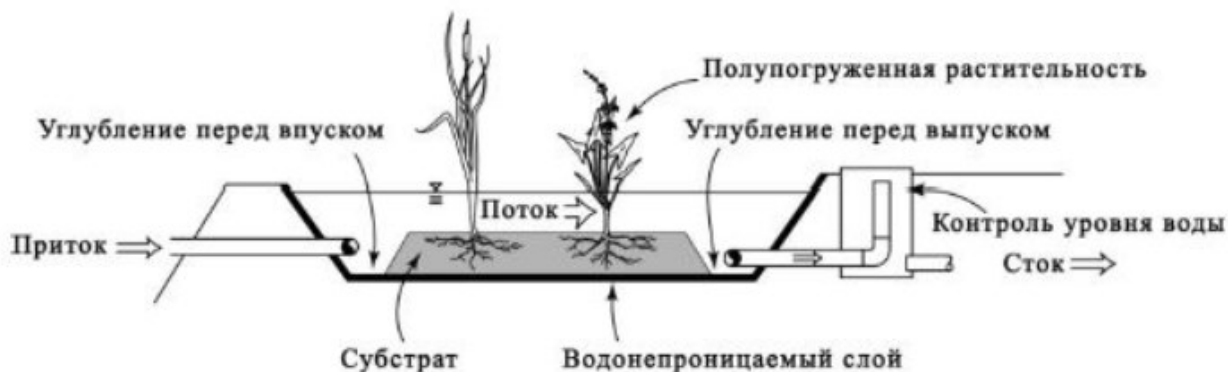


Рис.1 – Схема организации биофлота по типу поверхностного потока

2. Системы горизонтального подповерхностного потока (horizontal subsurface flow, или HSSF) – представляют собой плато, заполненное фильтрующим материалом из гравия, мелких камней, песка, почвы и т.п., на котором высажены водные растения (рис. 2). Вода подается на поверхность биофлота, при этом участки постоянно открытой воды отсутствуют, и проходит через фильтрующую среду, заполненную корневой системой растений, в горизонтальном направлении ниже уровня поверхности субстрата.

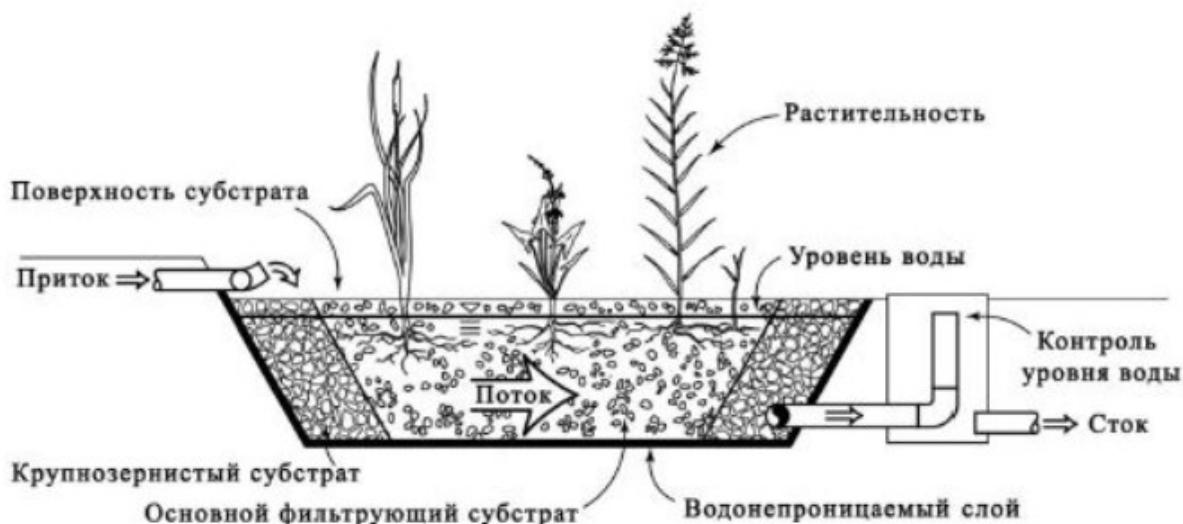


Рис. 2. Схема организации биофлота по типу вертикального потока

3. Системы вертикального потока (vertical flow, или VF) – похожи на предыдущий вариант, также представляют собой плато, заполненное фильтрующим материалом, на котором высажены водные растения. Вода периодически подается на поверхность биофлота и фильтруется в вертикальном направлении через субстрат и корневую систему растений (рис.3). Стоит отметить, что системы горизонтального подповерхностного потока, из-за конструктивных особенностей препятствующих поступлению кислорода, имеют ограничение в отношении очистки вод от аммонийного азота. Организация гибридных биофлота (VF+HSSF) может решить эту проблему, обеспечивая комплексную систему процессов нитрификации-денитрификации (рис. 4).

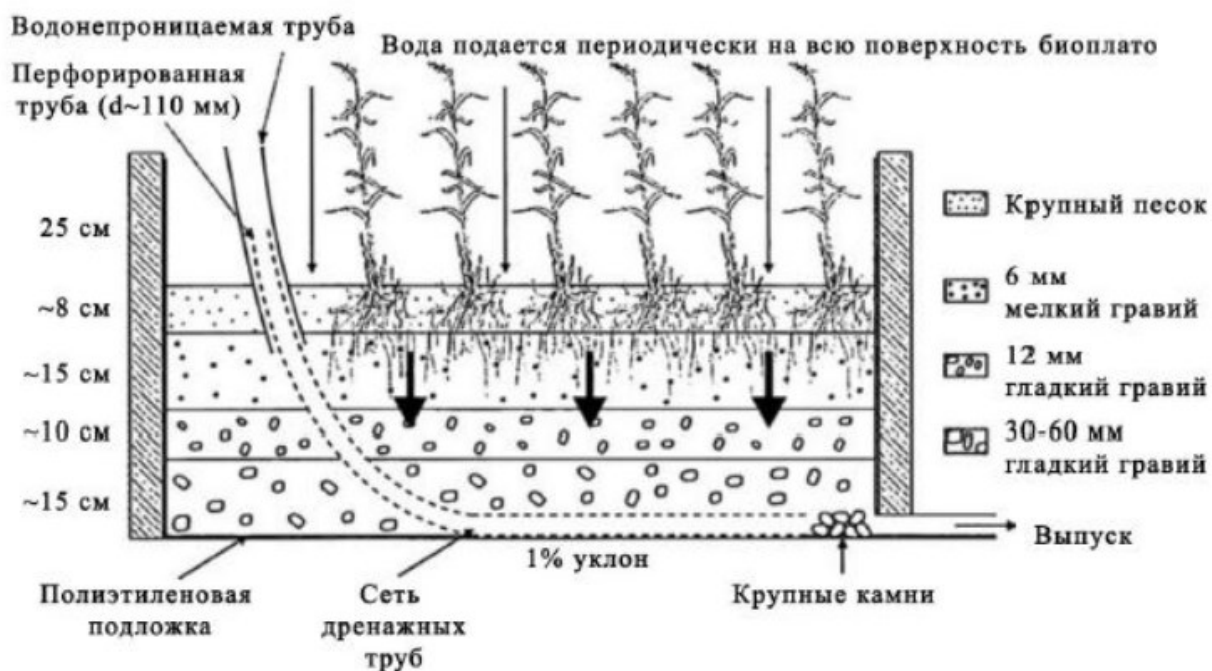


Рис. 3. Схема организации биофото по типу вертикального потока

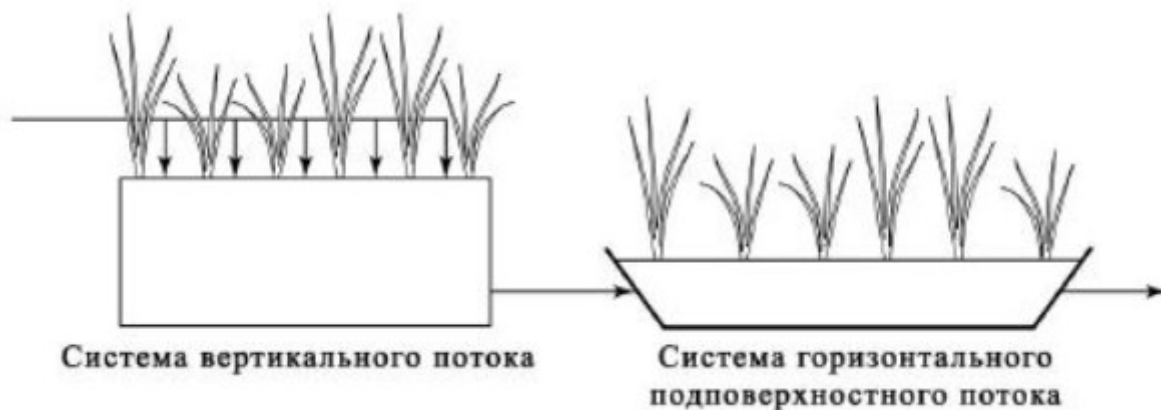


Рис. 4 – Пример использования в гибридной установке

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18

### «Определение хлорофилла в растениях-концентраторах»

#### Методические указания.

Навеску растительного материала (0,10 г) измельчают и тщательно растирают в ступке с небольшим количеством  $\text{CaCO}_3$  и 80% ацетона (2-3 мл), настаивают 2-3 мин. Полученный гомогенат сливают в стеклянный фильтр и фильтруют в стеклянную пробирку на 25 мл. Экстракцию повторяют до тех пор, пока стекающий фильтрат не станет бесцветным. Экстракт доводят до метки растворителем.

В вытяжке пиментов определяют оптическую плотность на спектрофотометре при длинах волн 663,646 и 470 нм.

Концентрацию пигментов в вытяжке рассчитывают по следующим формулам (формула Lichtenthaler, 1987, для определения хлорофиллов и каротиноидов в 80 %-м ацетоне):

$$C_{\text{chl a}} [\text{мг/л}] = 12,21 * D_{663} - 2,81 * D_{646}$$

$$C_{\text{chl b}} [\text{мг/л}] = 20,13 * D_{646} - 5,03 * D_{663}$$

$$C_{\text{car}} [\text{мг/л}] = (1000 * D_{470} - 3,27 * C_{\text{Chl a}} - 100 * C_{\text{Chl b}}) / 229$$

где  $D_{470}$ ,  $D_{646}$  и  $D_{663}$  – оптические плотности вытяжки при 470, 646 и 663 нм соответственно;

$C$  – концентрация пигмента в вытяжке, мг/л.

Установив концентрацию пигмента в вытяжке, определяют его содержание в исследуемой ткани с учетом объема вытяжки и массы пробы:

$$F [\text{мг/г сыр. массы}] = (V * C) / P$$

где  $F$  – Содержание пигмента в растительном материале, мг/г сыр. массы;

$V$  – объем вытяжки, л;

$C$  – концентрация пигмента, мг/л;

$P$  – навеска растительного материала, г.

Далее рассчитывают соотношение пигментов  $\text{Chl a}/\text{Chl b}$  и  $(\text{Chl a} + \text{b})/\text{car}$ .

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19

«Определение содержания азота в растениях-концентраторах»

### Методические указания.

Из колориметрических методов определения азота наиболее распространен метод Несслера, предложенный им в 1856 году. Метод очень чувствителен.

В основу этого метода положено взаимодействие иона аммония с щелочным раствором ртутноиодистого калия  $\text{K}_2\text{HgI}_4 + \text{KOH}$  с образованием нерастворимого иодиостомеркураммония (желтого цвета). При большой концентрации образуется желто-бурый осадок:



Главная составная часть реактива Несслера – комплексный иодомеркуриат  $\text{HgI}_4^{2-}$ . Он устойчив только в щелочной среде. В кислой среде - разрушается с выделением осадка ртути  $\text{HgI}_2$  кирпично-красного цвета, поэтому данную реакцию можно выполнять только в нейтральных или щелочных растворах. Образующийся иодистый меркураммоний в малых количествах дает коллоидный раствор желтого цвета. При большом содержании он выделяется из раствора в виде желто-бурого (красно бурого) осадка. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации  $\text{NH}_4$ , поэтому необходимо соблюдать порядок приливания реактивов. Предельно допустимая концентрация 0,002 мг в 1 мл.

Определению мешают катионы металлов, дающие в щелочной среде осадок. Для устранения этого в вытяжку перед добавлением реактива Несслера вносят комплексообразующий реактив (калийно-натриевую соль винной кислоты или сегнетову соль).

### 1. Методика определения

#### 1. Окисление органического вещества.

0,5 г или несколько больше (в зависимости от количества азота) суховоздушной пробы помещают в колбу Кьельдаля емкостью 100мл. Приливают 10мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  пл. 1,84 и размешивают содержимое колбы круговым движением до тех пор, пока вся почва не будет смочена кислотой, после чего проводят сжиганием по методу Кьельдаля (содержимое колбы после сжигания должно быть светлым).

По окончании сжигания колбу оставляют для охлаждения до комнатной температуры, затем осторожно разбавляют водой, обмывая стеклянную пробку, которой была закрыта колба Кьельдаля во время сжигания.



Переносят содержимое колбы вместе с минерализатом через воронку в мерную колбу емкостью 250 мл. Несколько раз тщательно обмывают колбу Кьельдаля дистиллированной водой, присоединяя промывные воды к раствору в мерной колбе. Доливают раствор в мерной колбе до метки дистиллированной водой и перемешивают, после чего оставляют колбу стоять до полного осветления раствора (2-3 часа, лучше на ночь).

**Разбавленный минерализат можно в дальнейшем использовать в лабораторных исследованиях при определении фосфора в почве.**

*Последующей операцией должно быть взятие аликвотной части отстоявшегося над осадком раствора для колориметрического определения аммонийного азота по Несслеру.*

2. Концентрацию общего азота в исследуемом растворе находят по калибровочному графику, используя эталонный раствор хлорида аммония, который получают разбавлением в соответствии с таблицей №1.

Содержание общего азота определяют по калибровочному графику, построенному по растворам с содержанием азота  $N_{mg}/50ml$ , которые готовят из стандартного раствора с содержанием азота  $0,01mg\ N$  в 1 мл.

Таблица 1

№ эталона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кол-во рабочего эталонного раствора, мл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N\ mg/50ml$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	1,0
Показания прибора										

Нейтрализуют кислый раствор 10% раствором NaOH, прибавляя 2-2,5 мл этого раствора, тщательно перемешивают и проверяют pH универсальной индикаторной бумажкой (раствор должен быть нейтральным или слабощелочным).

Прибавляют 2 мл реактива Несслера, доводят объем раствора до метки, хорошо перемешивают и через 10-15 минут колориметрируют на ФЭКе (синий светофильтр с длиной волны 400-425нм, кювета №20).

Необходимо также провести холостое определение без внесения азота.

### 3. Определение концентрации общего азота в исследуемом растворе:

Далее, не взмучивая осадка на дне колбы берут пипеткой отбирают 1-2 мл прозрачного раствора минерализата (аликвота) и помещают в мерную колбочку емкостью 50 мл. Прибавляют 2 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли, добавляют 20 мл дистиллированной воды и тщательно перемешивают (сегнетову соль вводят в раствор для связывания мешающих ионов, г.о. Са и Mg).

Нейтрализуют кислый раствор 10% раствором NaOH, прибавляя 2-2,5 мл этого раствора, тщательно перемешивают и проверяют pH универсальной индикаторной бумажкой (раствор должен быть нейтральным или слабощелочным).

Прибавляют 2 мл реактива Несслера, доводят объем раствора до метки, хорошо перемешивают и через 10-15 минут колориметрируют на ФЭКе (синий светофильтр с длиной волны 400-425нм, кювета №20).

4. Содержание азота в материале выразить в процентах на сухой вес по формуле:

$$X\% = \frac{C \cdot 100\%}{x \cdot 1000},$$

где : С – концентрация общего азота, мг/мл ( по калибровочному графику)  
x – масса почвы, соответствующая отобранной аликвоте, г (принять исходя из того, что объем минерализата 250 мл, объем аликвоты указан выше).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20

«Определение содержания фосфора в растениях-концентраторах»

### Методические указания.

Разложение пробы обработкой кислотами для определения фосфора по методу Гинзбург (как в определении азота).

Навеску почвы от 0,5 до 1,0 г взвешивают на лабораторных весах и переносят в колбу Кьельдаля или плоскодонную колбу вместимостью 100 мл. Почву смачивают несколькими каплями дистиллированной воды и приливают 8 мл концентрированной серной кислоты и 0,5-0,8 мл раствора с массовой долей хлорной кислоты 50%. Горло колбы закрывают маленькой воронкой, которая служит холодильником, и оставляют на 30-60 мин или на ночь. Разложение почвы кислотами в присутствии хлорной кислоты необходимо вести в защитных очках. Колбу ставят на колбонагреватель или на электрическую плитку в вытяжной шкаф и нагревают раствор до кипения. Разложение почвы ведут до тех пор, пока раствор над осадком почвы не станет бесцветным, после чего продолжают нагревание еще 5-10 мин. При полном разложении остаток почвы должен стать белесого цвета со слегка желтоватым или сероватым оттенком. После полного разложения почвы раствор охлаждают и в колбу осторожно по стенке приливают 20-30 мл дистиллированной воды. Суспензию перемешивают и вместе с остатком почвы переносят в мерную колбу вместимостью 200 или 250 мл. Колбу, в которой вели разложение, несколько раз обмывают теплой дистиллированной водой, приливая ее к основному раствору в мерной колбе. Раствор охлаждают до комнатной температуры, доливают до метки дистиллированной водой и перемешивают. Затем фильтруют раствор через сухой фильтр с белой лентой в чистую сухую колбу. Осадок не промывают и отбрасывают. В фильтрате определяют фосфор фотометрическим методом. Одновременно проводят контрольный анализ с одними реактивами без почвы.

### Определение фосфора по молибденофосфорной сини

Из фильтрата, полученного после разложения почвы по 4.3, берут 5 мл раствора и переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл, разбавляют дистиллированной водой до 3/4 объема колбы и медленно, при перемешивании круговыми движениями, в колбу вливают 16 мл смешанного молибденосурьмяного окрашивающего реактива, приготовленного по п.3.4. Через 1-2 мин добавляют 2 мл свежеприготовленного раствора с массовой долей аскорбиновой кислоты 1% и снова хорошо перемешивают круговыми движениями. Раствор доливают до метки дистиллированной водой, перемешивают и оставляют на 10-15 мин для образования устойчивой окраски. Оптическую плотность окрашенного раствора измеряют относительно нулевого раствора при длине волны 650 нм и выше. Одновременно проводят контрольный анализ на чистоту реактивов.

### **Обработка результатов**

#### **Расчет валового фосфора**

Для расчета валового фосфора в почве строят градуировочные графики. При построении графика по оси ординат откладывают величины измеренных оптических плотностей в растворах сравнения, приготовленных по пп.3.9 или 3.10, а по оси абсцисс - соответствующие массовые концентрации пятиоксида фосфора: для определения по

молибденофосфорной сини - 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 мкг/мл; для определения молибденованадатным методом - 1,0; 2,0; 10,0; 15,0; 20,0; 30,0 мкг/мл. Градуировочные графики строят в день анализа так, чтобы усредняющая линия проходила как можно ближе к точкам, полученным в результате единичного измерения растворов сравнения. По графику находят массовые концентрации пятиоксида фосфора во взятом для анализа растворе и вычисляют валовый фосфор в почве (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в процентах по формуле

$$P_2O_5 = \frac{c \cdot V_1 \cdot 100 \cdot V_3}{1000000 \cdot V_2 \cdot m} = \frac{c \cdot V_1 \cdot V_3}{10000 \cdot V_2 \cdot m}$$

где с - массовая концентрация пятиоксида фосфора, найденная по графику, мкг/мл;

V<sub>1</sub> - объем раствора после разложения почвы, мл;

V<sub>3</sub> - вместимость мерной колбы, мл;

V<sub>2</sub> - объем раствора, взятый на анализ, мл;

m - масса сухой почвы, г;

100 - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

1000000 - коэффициент пересчета микрограммов в граммы.

Из полученного результата вычитают результат контрольного анализа.

#### 4. Групповые и индивидуальные консультации

Слово «консультация» латинского происхождения, означает «совещание», «обсуждение».

Консультации проводятся в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания консультативной помощи при подготовке к промежуточной аттестации, участию в конференции и др.);
- если обучающемуся требуется помощь в решении спорных или проблемных вопросов возникающих при освоении дисциплины.

Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. В частности, если затруднение возникло при изучении теоретического материала, то конкретно укажите, что вам непонятно, на какой из пунктов обобщенных планов вы не смогли самостоятельно ответить.

Если же затруднение связано с решением задачи или оформлением отчета о лабораторной работе, то назовите этап решения, через который не могли перешагнуть, или требование, которое не можете выполнить.

#### 5. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Успешное освоение компетенций, формируемых учебной дисциплиной, предполагает оптимальное использование времени для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающегося - деятельность, которую он выполняет без непосредственного участия преподавателя, но по его заданию, под его руководством и наблюдением. Обучающийся, обладающий навыками самостоятельной работы, активнее и глубже усваивает учебный материал, оказывается лучше подготовленным к творческому труду, к самообразованию и продолжению обучения.

Самостоятельная работа может быть аудиторной и внеаудиторной. Границы между этими видами работ относительны, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется во время проведения учебных занятий по дисциплине (модулю) по заданию преподавателя. Включает в себя:

- выполнение самостоятельных работ, участие в тестировании;
- выполнение контрольных, практических и лабораторных работ;
- решение задач и упражнений, составление графических изображений (схем, диаграмм, таблиц и т.п.);
- работу со справочной, методической, специальной литературой;
- оформление отчета о выполненных работах;
- подготовка к дискуссии, выполнения заданий в деловой игре и т.д.

Внеаудиторная самостоятельная работа (в библиотеке, в лаборатории МГТУ, в домашних условиях, в специальных помещениях для самостоятельной работы в МГТУ и т.д.) является текущей обязательной работой над учебным материалом (в соответствии с рабочей программой), которая не предполагает непосредственного и непрерывного руководства со стороны преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа по дисциплине может включать в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам и др.) и выполнение необходимых домашних заданий;
- работу над отдельными темами дисциплины (модуля), вынесенными на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой;
- проработку материала из перечня основной и дополнительной литературы по дисциплине, по конспектам лекций;
- написание рефератов, докладов, эссе, отчетов, подготовка мультимедийных презентаций, составление глоссария и др.;
- другие виды самостоятельной работы.

Содержание самостоятельной работы определяется рабочей программой дисциплины. Задания для самостоятельной работы имеют четкие календарные сроки выполнения.

Выполнение любого вида самостоятельной работы предполагает прохождение обучающимся следующих этапов:

1. Определение цели самостоятельной работы.
2. Конкретизация познавательной (проблемной или практической) задачи.
3. Самооценка готовности к самостоятельной работе по решению поставленной или выбранной задачи.
4. Выбор адекватного способа действий, ведущего к решению задачи (выбор путей и средств для ее решения).
5. Планирование (самостоятельно или с помощью преподавателя) самостоятельной работы по решению задачи.
6. Реализация программы выполнения самостоятельной работы.
7. Самоконтроль выполнения самостоятельной работы, оценивание полученных результатов.
8. Рефлексия собственной учебной деятельности.

### **Работа с научной и учебной литературой**

Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к контрольным работам, тестированию, зачету.

В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);

- создавать конспекты (развернутые тезисы, которые).

Выбрав нужный источник, следует найти интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, а также одноименный раздел конспекта лекций или учебного пособия. В случае возникших затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным. Необходимо отметить, что работа с литературой не только полезна как средство более глубокого изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

## **1. Предмет, цели и задачи дисциплины «Экологическая биотехнология».**

Биотехнология – новая комплексная отрасль. История возникновения биотехнологии. Технологические основы биотехнологических производств.

### **Методические рекомендации:**

Экологическая биотехнология — это специальное применение биологических систем и процессов для решения задач охраны окружающей среды и рационального природопользования. Эти процессы включают утилизацию сельскохозяйственных, бытовых и промышленных отходов, очистку стоков и газо-воздушных выбросов, деградацию ксенобиотиков, получение эффективных и нетоксичных препаратов для борьбы с болезнями и вредителями культурных растений и домашних животных, а также создание альтернативных и безвредных для окружающей среды способов воспроизводства пищи, лекарственных препаратов, энергоносителей и добычи полезных ископаемых. Какие задачи сельскохозяйственного производства должна решать экологическая биотехнология? Прежде всего, биотехнология должна помочь сельскому хозяйству получить продукты питания с минимальным применением средств химизации. -- На основе генетической и клеточной инженерии необходимо создать высокоурожайные, болезнестойкие сорта культурных растений, что позволит исключить ядохимикаты. Важное место здесь отводится клеточной инженерии и меристемной технологии. -- На основе достижений современной генетики и биотехнологии представляется возможным изменить потребительские свойства сельскохозяйственных продуктов с тем, чтобы отпала необходимость применять для корма животных и птицы различные добавки химического или микробного синтеза (кормовые дрожжи, лизин, витамины и т.д.), производство которых связано с определенной экологической опасностью. -- Необходимо существенно расширить производство бактериальных удобрений (нитрагина, азотобактерина, агрофила, ризоагрила, биопанта-К и др.), биологических средств борьбы с болезнями растений и их вредителями, биологических консервантов кормов. -- Для повышения плодородия почвы необходимо применять органические удобрения, компосты и обезвреженные путем метанового брожения жидкие отходы животноводческих ферм. -- Биотехнология должна создать рациональные и безвредные для человека и среды процессы конверсии продуктов сельского хозяйства в более ценные товарные формы. То же касается химического сырья, которое можно превращать в биологически безвредные формы. -- Биотехнология призвана сыграть значительную роль при создании безотходных технологий и, конечно, при разработке различных схем очистки производственных стоков и твердых отходов. Биотехнологические процессы многолики по своим историческим корням и по своей структуре, они объединяют элементы фундаментальных наук, а также ряда прикладных отраслей, таких, как химическая технология, машиностроение, экономика. Научная многоликость биотехнологии в целом и её раздела, имеющего целью решение природоохранных задач, удивительна: они используют достижения наук биологического цикла, изучающих надорганизменный уровень (экология), биологические организмы (микробиология, микология), суборганизменные структуры (молекулярная биология, генетика). Через биологию на биотехнологию влияют химия, физика, математика, кибернетика, механика. Современные биотехнологии также остро нуждаются

в научно обоснованной проработке технологии и аппаратурном оформлении. Поэтому необходима органичная связь с техническими науками — машиностроением, электроникой, автоматикой. Общественные и экономические науки также имеют большое значение в развитии экологической биотехнологии, так как решаемые ею практические задачи имеют большое социально-экономическое значение для развития любого общества.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Какими принципами регламентируется выбор объектов биотехнологии?
2. Связь микробиологии с химическими технологиями.
3. Будущее сельскохозяйственной биотехнологии.
4. Внедрение биотехнологии в практику.
5. Наиболее старое и традиционное использование способностей микроорганизмов.
6. Перспективность и эффективность применения биотехнологических процессов.

## **2. Технологические системы в пищевой отрасли**

Загрязняющие факторы и специфика воздействия предприятий пищевой отрасли на компоненты окружающей среды

**Методические рекомендации:**

Производство продуктов питания является одним из самых интенсивно развивающихся секторов в обрабатывающей промышленности

Пищевая промышленность представлена следующими отраслями:

- 1) производство растительных и животных масел и жиров;
- 2) упаковка и консервирование животных и растительных продуктов;
- 3) производство молочных продуктов;
- 4) пивоварение и соложение;
- 5) кондитерские изделия и обработка сиропа;
- 6) бойни;
- 7) предприятия по промышленному производству крахмала;
- 8) предприятия по производству рыбной муки и рыбьего жира;
- 9) сахарные заводы.

Таким образом, технологические процессы пищевых производств весьма различны, что объясняется многообразием перерабатываемого сырья и изготавливаемой продукции. Это требует использования многих видов оборудования и осуществления самых разнообразных процессов: дробления, измельчения, нагрева, сушки, химической обработки, ароматизации, прессования и др.

При всем различии технологических процессов, оборудования и сырья все пищевые производства имеют общее: перерабатывается органическое сырье, готовая продукция используется в пищу, причем многие ее виды — без предварительной обработки (хлебные, кондитерские и колбасные изделия, многие молочные продукты, напитки и др.). Технологический процесс на предприятиях пищевой промышленности, качество сырья и готовой продукции находятся под постоянным наблюдением органов санитарного надзора, поскольку от их санитарного состояния непосредственно зависит здоровье населения. Предъявляются также высокие требования к метеорологическим условиям, и особенно к чистоте воздуха, в помещениях пищевых производств.

На пищевых предприятиях в связи с использованием многих видов сырья и видов его переработки имеют место практически все виды вредных выделений.

*Воздействие пищевых производств на водные ресурсы*

По степени интенсивности отрицательного воздействия предприятий пищевой промышленности на объекты окружающей среды первое место занимают водные ресурсы.

По расходу воды на единицу выпускаемой продукции пищевая промышленность занимает одно из первых мест среди отраслей народного хозяйства. Высокий уровень

потребления обуславливает большой объем образования сточных вод на предприятиях, при этом они имеют высокую степень загрязненности и представляют опасность для окружающей среды.

Сброс сточных вод в водоемы быстро истощает запасы кислорода, что вызывает гибель обитателей этих водоемов.

На предприятиях сахарной, крахмало-паточной, консервной, винодельческой отраслей основной объем сточных вод образуется при гидротранспортировке и мойке сырья. Для сточных вод этих отраслей характерен высокий показатель содержания взвешенных органических веществ. Этот осадок в течение многих лет накапливается в отстойниках и на полях фильтрации, что приводит к переполнению карт полей фильтрации и попаданию сточных вод в открытые водоемы.

При производстве продуктов пищевой и вкусовой промышленности, не содержащих сахара, например, производство жевательной резинки, образуется сточная вода, загрязненная большим количеством сахарозаменителей (сахарные спирты, аспартам). Также в сточной воде находятся ароматические вещества, такие как ментол.

Сточные воды мясоперерабатывающих предприятий содержат большое количество минеральных и органических примесей. Они представляют собой разбавленные эмульсии, отличающиеся высокой агрегативной и седиментативной устойчивостью. Очистка этих стоков представляет сложную задачу.

Состав сточных вод позволяет использовать их для орошения сельскохозяйственных культур, что решает задачи очистки и повышения плодородия почвы. Вместе с тем этот процесс дорогой, сложный и недостаточно эффективный (очистка сточных вод составляет 35-90 %). Радикальное решение проблемы - использование бессточных производств. Это направление - основное в совершенствовании водного хозяйства предприятий.

#### *Вопросы для самопроверки:*

1. Назовите основные загрязняющие вещества образуются от предприятий пищевой промышленности (ПП)?
2. Какова степень опасности загрязняющих веществ от предприятий ПП?

### **3. Основные принципы и понятия организации безотходных и малоотходных технологических систем**

Рациональное использование сырьевых ресурсов на предприятиях пищевой промышленности

#### **Методические рекомендации**

Отходы, образующиеся в результате использования одного природного ресурса, должны использоваться или служить сырьем для другого производства. Этот принцип фактически дополняет предыдущий, так как его можно сформулировать и несколько иначе — необходимо создание таких производственных комплексов, в которых образующие их предприятия утилизируют отходы друг друга.

Таким образом, рациональное природопользование и экологическая оптимизация промышленности предусматривают создание эколого-производственных комплексов, направленных на комплексное использование и полную утилизацию вовлекаемых в ресурсные циклы веществ (в том числе включение в замкнутый производственный цикл, необходимой для большинства процессов воды) и энергии, подобно тому, как в природе миллионы лет осуществляется естественный биогеохимический круговорот. Внедрение таких замкнутых циклов означало бы полностью безотходное производство. Однако в реальной жизни какое-то количество отходов неизбежно, поэтому необходимо стремиться к малоотходным и ресурсосберегающим производствам. Под безотходной (малоотходной) технологией подразумевается такой способ производства, при котором наиболее

рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле «сырье — производство — потребление — вторичные сырьевые ресурсы».

Основные направления развития малоотходных и ресурсосберегающих технологий следующие:

— все производственные процессы должны осуществляться при минимальном числе технологических этапов, поскольку на каждом образуются отходы и теряется сырье;

— технологические процессы должны быть непрерывны, что позволяет наиболее эффективно использовать сырье, оборудование и энергию;

— мощность технологического оборудования должна быть оптимальной, что определяет максимальный коэффициент полезного действия и минимальные потери;

— при разработке технологического оборудования необходимо предусматривать широкое использование автоматических систем, обеспечивающих оптимальное ведение технологических процессов и качество продукции, с минимальным выходом вредных веществ;

— выделяющаяся в различных технологических процессах теплота должна быть использована, что позволит сэкономить энергоресурсы и снизить тепловую нагрузку на окружающую среду.

Постепенный переход на малоотходные и ресурсосберегающие технологии в производстве приведет к значительному снижению нагрузки на окружающую среду и повышению эффективности природопользования.

К сожалению, современный технологический уровень не позволяет в короткие сроки осуществить переход к малоотходному хозяйствованию и ликвидировать негативные последствия развития производства. С учетом этого в различных отраслях промышленности могут реализоваться различные природоохранные мероприятия:

— инженерные мероприятия направлены на совершенствование существующих и разработку новых технологических процессов, материалов и машин с целью исключения или смягчения негативных воздействий на природную среду;

— технологические мероприятия позволяют изменить показатели и характеристики источников воздействия на биосферу, определяющие их интенсивность;

— организационные мероприятия связаны с совершенствованием управления, структуры и функционирования новых или действующих природно-промышленных систем;

— экологические мероприятия обеспечивают использование потенциала самоочищения или самовосстановления природной среды.

Таким образом, к основным направлениям рационального использования сырьевых ресурсов можно отнести:

- более тщательную и качественную подготовку сырья к его непосредственному использованию на пищевых предприятиях;
- правильную организацию транспортировки и хранения сырья — недопущение потерь и снижения качества;
- комплексное использование сырья;
- химизацию производства;
- использование отходов производства;
- вторичное использование сырья.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Какие основные принципы малоотходного производства?
2. Какие основные принципы безотходного производства?

#### **4. Загрязнение воздушной среды предприятиями пищевой промышленности**



Специфика воздействия предприятий отрасли на атмосферу. Источники выбросов. Виды и классификация выбросов. Основные методы очистки. Выбросы токсичных и неприятно пахнущих веществ (НПВ). Способы очистки воздуха от НПВ. Рассеивание выбросов. Скрубберы, фильтры. Биоскрубберы. Биореакторы с омываемым слоем.

### **Методические рекомендации**

Неприятно пахнущие вещества (НПВ) (запахи, дурнопахнущие вещества, одоранты) являются специфическим видом загрязнения окружающей среды, они образуются в большинстве технологических процессов переработки рыбного и животного сырья. Наиболее интенсивным источником образования и выброса в атмосферу НПВ в системе пищевых предприятий является производство сухих кормов происхождения (рыбная, «костная» мука и др) в цехах технических фабрикатов.

На заводах и в цехах по производству технических фабрикатов НПВ образуются в различных точках технологического процесса: при сушке, сырья выделяются с соковыми парами; при отключении (снижении давления) горизонтальных вакуумных котлов; при открывании и закрывании загрузочных крышек котлов; при их разгрузке; при упаковке рыбной муки и ее хранении на складе.

Неприятные запахи образуют многие соединения. В отходящих газах и вентиляционных выбросах обнаружено свыше 300 таких соединений. При производстве сухих кормов, технического жира образуются различные вещества (аммиак, сероводород, альдегиды, кетоны, меркаптаны и т. п.), вызывающие неприятный запах.

Мероприятия по защите воздушного бассейна для проектируемых, а также для действующих предприятий содержат комплекс защитных мер, который включает в себя архитектурно-планировочные, конструктивно-технологические мероприятия, рассеивание выбросов через высокие дымовые трубы, очистку вентиляционного воздуха, дымовых и технологических газов перед выбросом в атмосферу, контроль загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий.

Архитектурно-планировочные мероприятия особенно эффективны для вновь проектируемых предприятий. На стадии проектирования возможно предусмотреть оптимальное сочетание мероприятий с экономической и гигиенической точек зрения.

Остальной комплекс мероприятий направлен в основном на решение проблем охраны воздушного бассейна на действующих и реконструируемых предприятиях.

Конструктивно-технологические мероприятия включают разработку и применение технологий, обеспечивающих максимальное использование сырья, промежуточных продуктов и отходов производства по принципу безотходной или малоотходной технологии. К ним относятся также рекуперация растворителей, герметизация производственного оборудования, сокращение неорганизованных выбросов, применение малосернистого топлива (замена угля и нефти- газом) и т. п.

При существующих технологиях получения целевых продуктов и существующих способах очистки выбросов уменьшение концентраций опасных загрязнений в окружающей среде обеспечивают путем рассеивания загрязненных газов через высокие трубы на больших расстояниях от источников выброса.

В результате рассеивания, происходит снижение максимально возможной концентрации веществ в приземном слое атмосферы и удаление зоны максимального загрязнения.

Биоокисление— потребление загрязняющих веществ с помощью микроорганизмов или ассоциации микроорганизмов в аэробных условиях.

Биосорбция — сорбция вредных примесей из газов или жидкостей микроорганизмами, обычно закрепленными на специальных твердых носителях.

Биоскрубберы - это абсорбционные аппараты, в которых орошающей жидкостью служит водная суспензия активного ила с микроорганизмами. Обычно очищаемый газ

подается в скруббер снизу и проходит через насадку в противотоке к орошающему абсорбенту. Процессы разложения уловленных примесей протекают в реакторе-аэраторе. Для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов в систему непрерывно вводят необходимые питательные вещества.

#### *Вопросы для самопроверки:*

1. Виды фильтров, принцип их действия, конструкция, эффективность очистки.
2. Виды адсорберов, принцип их действия, конструкция, эффективность очистки
3. Виды биоскрубберов, принцип их действия, конструкция, эффективность очистки.
4. Виды биореакторов с омываемым слоем, принцип их действия, конструкция, эффективность очистки.
5. Что такое санитарно защитная зона предприятия?

### **5. Загрязнение водной среды предприятиями пищевой промышленности**

Рациональное использование водных ресурсов. Водооборотные системы предприятий пищевой промышленности. Условия сброса сточных вод в поверхностные водные источники. Расчет разбавления в водотоках.

#### **Методические рекомендации**

В отношении водопотребления и водоотведения пищевые производства занимают особое место. Во-первых, потому, что это производства, потребляющие большое количество воды, во-вторых, промышленные стоки пищевых предприятий содержат, как правило значительное количество биологических загрязнений, в первую очередь белковых веществ и веществ жировой природы и, следовательно требуют специфических методов очистки. Сточными называются воды, использованные на бытовые или производственные нужды и получившие при этом дополнительные примеси (загрязнения), изменившие их первоначальный химический состав или физические свойства, а также воды, стекающие с территории предприятия в результате выпадения атмосферных осадков.

Сточные воды, отводимые с территории промышленных предприятий, разделяются на три вида: производственные, бытовые, атмосферные. Производственные сточные воды - это воды, использованные в технологическом процессе. Они включают две основные категории: загрязненные и незагрязненные (условно чистые).

Загрязненные сточные воды могут содержать примеси: а) минеральные, б) органические, в) бактериальные, г) биологические. К минеральным загрязнениям относятся хлориды, нитраты, минеральные взвешенные вещества (песок, глина) растворенные в воде неорганические вещества и др. Органические загрязнения могут быть растительного и животного происхождения. К растительным относятся остатки растений, плодов, бумаги, растительных масел и пр. загрязнения животного происхождения относятся физиологические выделения людей и животных, остатки тканей животных, клеящие вещества и др. Бактериальные и биологические загрязнения по химическому составу являются органическими загрязнениями, но выделены в отдельную группу ввиду особого взаимодействия с другими видами загрязнений. Они представляют собой различные микроорганизмы: грибы, водоросли, бактерии.

Условно чистые воды образуются в результате эксплуатации охладительно-пастеризационных установок, аммиачных и воздушных компрессоров, конденсаторов и т.п. Эту категорию сточных вод необходимо направлять после соответствующей обработки (охлаждение, очистки и т.п.) в системы оборотного или повторного водоснабжения предприятия. Бытовые сточные воды – это воды от санитарных узлов производственных и непромышленных корпусов и зданий, душевых установок и т.п. Атмосферные сточные воды - дождевые и талые воды.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Назовите основные загрязняющие вещества в стоках от ПП.
2. Как классифицируются сточные воды?

**6. Современные биотехнологические принципы очистки сточных вод (СВ).  
Аэробные процессы очистки сточных вод. Анаэробные процессы очистки сточных вод**

Характеристика и состав СВ. Показатели СВ, направляемых на биологическую очистку, их роль и значение. Механизм анаэробного сбраживания. Режимы сбраживания. Метантенки. Параметры работы. Условия эксплуатации. Анаэробный биофильтр.

**Методические рекомендации:**

К сфере экологической биотехнологии относятся следующие основные направления:

- биологическая очистка сточных вод;
- биообработка твердых отходов (утилизация ила сточных вод, переработка ТБО, обезвреживание и ликвидация опасных промышленных отходов);
- биологическая очистка воздуха от ароматических веществ;
- биодеградация ксенобиотиков в окружающей среде;
- биологическая рекультивация почв, загрязненных отходами органической химии и нефтью;
- обеспечение возобновляемыми источниками энергии и сырья на основе органических отходов и биомассы (получение биогаза и других видов вторичного топлива, трансформация органических удобрений и др.);
- создание безопасных и эффективных средств биологической борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, альтернативных химическим пестицидам.

Успехи биотехнологии и получение новых форм микроорганизмов позволяют рассчитывать на применение их в целях экологической защиты: для нейтрализации твердых опасных отходов, разрушения ароматических соединений газовых выбросов, для очистки воды и почвы от нефтяного загрязнения, для биодеструкции стойких ксенобиотиков и пластмасс. Последнему, в частности, способствует встречный процесс создания нового поколения пластиков — биоразлагаемых.

Развитие промышленности ведет к образованию большого количества отходов, в том числе отходов, содержащих новые антропогенные компоненты. Методами биотехнологии эти отходы могут быть переработаны в полезные или безвредные продукты.

Сточные воды обычно содержат сложную смесь нерастворимых и растворимых компонентов различной природы и концентрации. Бытовые отходы, как правило, содержат почвенную и кишечную микрофлору, включая патогенные микроорганизмы.

Сточные воды сахарных, крахмальных, пивных и дрожжевых заводов, мясокомбинатов содержат в больших количествах углеводы, белки и жиры, являющиеся источниками питательных веществ и энергии.

Стоки химических и металлургических производств могут содержать значительное количество токсических и даже взрывчатых веществ. Серьезное загрязнение возникает при попадании в окружающую среду соединений тяжелых металлов, таких как железо, медь, олово и др.

Цель очистки сточных вод - удаление растворимых и нерастворимых компонентов, элиминирование патогенных микроорганизмов и проведение детоксикации таким образом, чтобы компоненты стоков не вредили человеку, не загрязняли водоемы.

Бактерии рода *Pseudomonas* практически всеядны. Например, *P. putida* могут утилизировать нафталин, толуол, алканы, камфару и др. соединения. Выделены чистые культуры микроорганизмов, способные разлагать специфические фенольные соединения,

компоненты нефти в загрязненных водах и т.д. Микроорганизмы рода *Pseudomonas* могут утилизировать и необычные химические соединения - инсектициды, гербициды и другие ксенобиотики. Генетически сконструированные штаммы микроорганизмов в будущем смогут решить проблему очистки сточных вод и почв, загрязненных пестицидами и другими антропогенными веществами. Пестициды поступают в окружающую среду после обработки сельскохозяйственных культур. Большинство из них расщепляются бактериями и грибами. Лучше всего биodeградация пестицидов удается, если микроорганизмы действуют сообща, в химических реакциях сопряженного метаболизма. При этом уже на первой стадии микробной трансформации токсичность большинства пестицидов утрачивается, что позволяет разрабатывать относительно простые биотехнологические методы борьбы с ними. Первичный гидролиз пестицидов можно проводить и с помощью ферментов, таких как гидролазы, эстеразы, фосфоэстеразы, ациламидазы. Пестициды из сточных вод можно удалять, используя иммобилизованные формы этих ферментов.

Биологические методы также применимы для очистки сточных вод нефтяной промышленности. Для этого применяют аэрируемые системы биоочистки с активным илом, содержащим адаптированное к компонентам нефти микробное сообщество. Скорость деградации зависит от качественного состава и концентрации углеводов, а также температуры и степени аэрации среды. Наиболее эффективно биodeградация осуществляется, когда нефть эмульгирована в воде.

В институте прикладной биохимии и машиностроения разработан отечественный препарат - биodeградант нефти и нефтепродуктов. Он позволяет утилизировать как сырую нефть, так и различные нефтепродукты: мазут, дизельное топливо, бензин, керосин, ароматические углеводороды. Микроорганизмы сообщества способны эффективно окислять широкий спектр углеводов нефти, в том числе и ароматические углеводороды, в широком диапазоне температур (8–35°C) и кислотности среды (pH 3.5–10.0) с оптимумом 6.5-7.5. Биопрепарат работает при высоком уровне загрязнения до 20%, с высоким содержанием тяжелых алифатических и ароматических углеводов.

Преимуществом данного препарата является то, что в сухой форме его получают по новой технологии распылительной сушки, что обеспечивает его низкую себестоимость при сохранении высокой активности (концентрация клеток в препарате 1010 кл/г). Производство и применение биопрепарата выгодно отличается сравнительно низкими себестоимостью и энергозатратами, легкой транспортировкой, отсутствием вторичных отходов, экологической безопасностью, связанной со способностью разлагать углеводороды нефти на экологически нейтральные соединения.

Азотсодержащие соединения (белки, аминокислоты, мочевины) могут быть удалены в биологическом процессе денитрификации-нитрификации. Биологическое удаление азота и фосфора, являющихся причинами эвтрофикации (зарастания озер микроводорослями, которые бурно размножаются, затем отмирают, давая пищу аэробным бактериям, потребляющим кислород, что приводит к замору рыбы) озер и каналов, находится в стадии экспериментов.

Тяжелые металлы затрудняют биологические процессы очистки стоков и отрицательно влияют на флору и фауну. Природные штаммы микроорганизмов не могут быть использованы для накопления этих металлов в силу их высокой токсичности. Однако, есть белок высших организмов - металлотионеин, который активно связывает различные тяжелые металлы. Ген, кодирующий синтез мышинового металлотионеина, клонирован в бактериях. Это открывает возможность получения белка в больших количествах с использованием иммобилизованных бактерий и его использования для связывания и экстракции тяжелых металлов.

Для очистки сточных вод пищевых производств наиболее эффективными являются

биологические методы. Это объясняется присутствием в производственном стоке органических загрязнений в основном естественного происхождения (белки, аминокислоты), которые легко "поедаются" микроорганизмами.

Бактериальное выщелачивание — процесс перевода нерастворимых в воде соединений металлов в растворенное состояние под действием специальных микроорганизмов.

Биоокисление — потребление загрязняющих веществ с помощью микроорганизмов или ассоциации микроорганизмов в аэробных условиях.

Метановое брожение — переработка органических отходов с помощью ассоциации метаногенных микроорганизмов в анаэробных условиях.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Что такое анаэробный биофильтр? Каковы его виды, принцип действия, конструкция, эффективность очистки?
2. Что такое метантенк? Каковы его виды, принцип действия, конструкция, эффективность очистки?

*Вопросы для самопроверки:*

1. Какие основные направления экологической биотехнологии?
2. Что такое биологическая очистка сточных вод?
3. Опишите биофильтры, их виды и конструкция.
4. Опишите аэротенки, их виды и конструкция.
5. Опишите биопруды, их виды и конструкция.

## **7. Биоочистка газовоздушных выбросов**

Биоскрубберы. Биореакторы с омываемым слоем.

### **Методические рекомендации**

Биоокисление — потребление загрязняющих веществ с помощью микроорганизмов или ассоциации микроорганизмов в аэробных условиях.

Биосорбция — сорбция вредных примесей из газов или жидкостей микроорганизмами, обычно закрепленными на специальных твердых носителях.

Биоскрубберы - это абсорбционные аппараты, в которых орошающей жидкостью служит водная суспензия активного ила с микроорганизмами. Обычно очищаемый газ подается в скруббер снизу и проходит через насадку в противотоке к орошающему абсорбенту. Процессы разложения уловленных примесей протекают в реакторе-аэраторе. Для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов в систему непрерывно вводят необходимые питательные вещества.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Виды биоскрубберов, принцип их действия, конструкция, эффективность очистки.
2. Виды биореакторов с омываемым слоем, принцип их действия, конструкция, эффективность очистки

## **8. Биотехнологическая утилизация твердых отходов. Переработка органических отходов с получением кормовых продуктов, гидролизатов, биологически активных веществ и добавок**

Аэробная стабилизация осадков сточных вод. Компостирование осадков сточных вод и твердых отходов.

**Методические указания**

Стабилизация первичных и вторичных осадков достигается путем разложения органической части до простых соединений или продуктов, имеющих длительный период ассимиляции окружающей средой. Эффект стабилизации осадка может быть получен разными методами – биологическими, химическими, физическими, а также их комбинацией. Целесообразность применения того или иного метода стабилизации определяется рядом условий, главными из которых являются вид осадков, их количество, возможность и условия дальнейшего использования, наличие территории для их размещения.

Наибольшее распространение получили методы биологической анаэробной и аэробной стабилизации. При небольшом количестве осадков применяют септики, двухъярусные отстойники и осветлители-перегниватели, в которых биологический процесс разложения органической массы происходит экстенсивно под влиянием внешних условий. Интенсивный процесс минерализации требует создания специальных условий, оптимально обеспечивающих все его стадии. Для его осуществления применяют метантенки и аэробные минерализаторы.

Септики, двухъярусные отстойники и осветлители-перегниватели. Септики являются комбинированными сооружениями, в которых происходит осветление сточной воды и сбраживание (перегнивание) выпавшего осадка. Септики обычно применяют при очистке небольших количеств сточных вод (до 25 м<sup>3</sup>/сут), поступающих от отдельно стоящих зданий или группы зданий. Последующей ступенью очистки сточной воды являются доля подземной фильтрации, песчано-гравийные фильтры, фильтрующие траншеи или колодцы.

Взвешенные вещества, содержащиеся в сточной воде, выпадают в осадок, накапливающийся на дне септика. Осадок представляет собой частицы преимущественно органического происхождения. Под действием анаэробных микроорганизмов органическая часть осадка превращается в газы и минеральные соединения.

#### *Вопросы для самопроверки:*

1. Аэробная стабилизация осадков сточных вод: условия проведения процесса, конструктивное исполнение аппаратов.
2. Компостирование осадков сточных вод и твердых отходов: аппаратурное оформление данной технологии, основные этапы процесса компостирования и условия протекания данных процессов.
3. Процесс анаэробного сбраживания.
4. Биотермического компостирование: оборудование необходимое для данного процесса, условия проведения процесса. Схемы аэрации и увлажнения компостируемого материала.

## **9. Эколого-экономический анализ вариантов создания и развития предприятий пищевого профиля**

Экономический механизм рационального использования природных ресурсов. Организация природоохранной службы на предприятиях пищевой отрасли

### **Методические указания**

Концепция безотходной технологии в некоторой степени условна. Под безотходной технологией понимается идеальная модель производства, которая в большинства случаев не может быть реализована в полной мере. Малоотходная технология как раз предполагает, что с развитием технического прогресса производство все более приближается к идеальной модели.

Исходя из определения безотходного производства, можно выделить следующие основные принципы создания безотходной технологии:

- комплексное использование материальных ресурсов;
- совершенствование существующих технологических процессов, обеспечивающих существенное снижение объёмов образования побочных продуктов и отходов;
- создание принципиально новых, экологически безопасных технологий, исключающих образование отходов;
- создание и совершенствование замкнутых систем промышленного водоснабжения с использованием образующихся отходов;
- вывод из эксплуатации устаревших основных фондов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Комплексное использование материальных ресурсов - основной принцип безотходного производства. Он обеспечивает наиболее полное экономически оправданное использование всех полезных компонентов, содержащихся в сырье, а также во вторичных материальных ресурсах. Полнота их извлечения и использования зависит от потребности в них общества и определяется уровнем развития техники и технологии производства.

Принцип комплексного использования материальных ресурсов может быть реализован путём выполнения следующих требований:

- ресурсосбережения, т.е. более полного использования сырья, топлива, тепловой и электрической энергии, других материальных ресурсов;
- повышения эффективности использования побочных продуктов путём дополнительной переработки, извлечения наиболее ценных компонентов;
- переработки всех видов отходов производства с получением товарной продукции

**Оценка уровня безотходности производства является очень сложной задачей.** Единых критериев безотходности для всех отраслей промышленности не существует.

Возможны следующие подходы для оценки степени безотходности производства:

- а) степень использования природных ресурсов;
- б) отношение выхода конечной продукции к массе поступившего сырья и полуфабрикатов;
- в) количество отходов, образующихся на единицу продукции.

Оценка уровня безотходности должна основываться на показателях, характеризующих степень замкнутости материально-технического потока на «входе» и «выходе» производства по отношению к окружающей среде. В зависимости от специфики отраслей эти показатели и методы их построения могут быть неодинаковыми. Различным может быть подход и при разработке оценочной системы уровня безотходности — ориентирующейся на стоимостные или натурально-вещественные показатели. Определение показателей в натурально-вещественном исчислении позволяет дать более достоверную (не подверженную влиянию цен и стоимостных структурных сдвигов) оценку уровня безотходности производства.

Степень замкнутости производства по отношению к окружающей среде определяется как отношение массы произведенной продукции к израсходованной на ее получение массе материально-сырьевых ресурсов.

В зависимости от специфики переработки сельскохозяйственного сырья оценивать уровень безотходности производства следует с учетом действия контрольных показателей водо-, земле- и энергоёмкости технологических процессов. Производства необходимо ранжировать в порядке занимаемого каждым из них места среди однотипных производств по уровню безотходности как относительно среднеотраслевого, так и наиболее прогрессивного отечественного и зарубежного технологического объекта. Возможно ранжирование технологий переработки сельскохозяйственного сырья по трем уровням:

- высший - технологии, соответствующие наиболее прогрессивным техническим решениям в стране и за рубежом;
- средний - технологии, не полностью соответствующие прогрессивным техническим решениям, однако, в результате модернизации достигается требуемый уровень безотходности и экологичности;
- низший - технологии, подлежащие выводу из производственного процесса и ликвидации в установленные сроки.

Наиболее важные направления в области повышения уровня экологичности пищевой и перерабатывающей промышленности АПК:

- переход от техногенного типа развития к устойчивому, для чего требуется экологизация всех отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности;
- разработка методов экологизации с учетом необходимости минимизации техногенного влияния процессов производства продуктов питания на окружающую среду;
- коренное улучшение материально-технической базы отраслей, оснащение предприятий оборудованием и техникой нового поколения, в том числе для высокоэффективной очистки выбросов и сбросов, переработки вторичного сырья и отходов;
- внедрение прогрессивных ресурсосберегающих малоотходных технологий комплексной переработки сырья, вторичных ресурсов и отходов (в большинстве отраслей такие технологии разработаны, но практически не реализованы);
- широкое привлечение федеральных, региональных бюджетных, внебюджетных и других видов инвестиций;
- совершенствование всей системы водного хозяйства предприятий: увеличение объемов оборотных и повторно используемых вод, снижение расхода свежей воды, уменьшение объема сточных вод, особенно загрязненных и сбрасываемых без очистки, с перспективным переходом на замкнутые циклы;
- пересмотр и доработка устаревшей нормативной документации в области вторичных ресурсов, отходов и экологии;
- оптимизация отраслевой структуры и размещения производств, направленная на создание агропромышленных объединений для комплексного использования всех видов материальных и энергетических ресурсов, минимизации образующихся отходов;
- углубленная кооперация со смежными отраслями экономики с целью более эффективного использования вторичного сырья и отходов;
- проведение системных научных исследований по созданию и применению новых методов и инструментов экологизации отраслей АПК, интегрированию экологических показателей в оценку вновь разрабатываемых технологий, процессов и оборудования;
- создание отраслевых систем экологического мониторинга, предусматривающих организацию экологических лабораторий (участков);
- разработка и внедрение стандартов серии ГОСТ Р ИСО 14000 «Управление окружающей средой», экологических программ развития предприятий.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Какие аспекты включает рациональное природопользование?
2. Какие направления в области повышения уровня экологичности пищевой Вы можете назвать и пояснить?
3. Какие основные направления природоохранной деятельности имеются на предприятиях пищевой промышленности?

## **10. Биорекультивация земель**

Рекультивация земель - это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель, а



также на улучшение условий окружающей среды.

Рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия нарушенных земель

В целях обеспечения рекультивации земель, снятия, сохранения и рационального использования плодородного слоя почвы, а также усиления контроля за своевременным восстановлением нарушенных земель и вовлечения их в хозяйственный оборот, Правительством Российской Федерации было принято постановление от 23.02.1994 N 140"О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы".

В соответствии с постановлением, рекультивация земель, нарушенных юридическими лицами и гражданами при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении всех видов строительных, геолого-разведочных, мелиоративных, проектно-изыскательских и иных работ, связанных с нарушением поверхности почвы, а также при складировании, захоронении промышленных, бытовых и других отходов, загрязнении участков поверхности земли, если по условиям восстановления этих земель требуется снятие плодородного слоя почвы, осуществляется за счет собственных средств юридических лиц и граждан в соответствии с утвержденными проектами рекультивации земель.

Порядок проведения рекультивации нарушенных земель определен совместным Приказом Минприроды РФ N 525, Роскомзема N 67 от 22.12.1995 "Об утверждении Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы", и предусматривает, что рекультивация земельных участков сельскохозяйственного назначения, требующих восстановления плодородия почв, осуществляется последовательно в два этапа: технический и биологический.

Технический этап предусматривает планировку, формирование откосов, снятие и нанесение плодородного слоя почвы, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, захоронение токсичных вскрышных пород, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего использования рекультивированных земель по целевому назначению или для проведения мероприятий по восстановлению плодородия почв (биологический этап).

Биологический этап включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы.

Так рекультивации подлежат земли нарушенные при:

- разработке месторождений полезных ископаемых открытым или подземным способом, а также добыче торфа;
- прокладке трубопроводов, проведении строительных, мелиоративных, лесозаготовительных, геолого-разведочных, испытательных, эксплуатационных, проектно-изыскательских и иных работ, связанных с нарушением почвенного покрова;
- ликвидации промышленных, военных, гражданских и иных объектов и сооружений;
- складировании и захоронении промышленных, бытовых и других отходов.

**Биологический этап рекультивации нарушенных земель и земельных участков (биологическая рекультивация земель и земельных участков):** Этап рекультивации земель и земельных участков, включающий комплекс агротехнических, биологических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению утраченного качественного состояния земель (в том числе плодородия) с учетом выбранного направления рекультивации для определенного целевого назначения и разрешенного использования.

Примечания

1 Биологический этап предусматривает комплекс агротехнических, фитомелиоративных и

иных мероприятий, направленных на восстановление экологических функций почв, биологической продуктивности и видового разнообразия экосистем. 2 При проведении биологической рекультивации земель и земельных участков используют ассортимент видов растений, рекомендованный специалистами по рекультивации земель для конкретного региона.

## **6. Методические рекомендации по подготовке обучающегося к промежуточной аттестации**

Учебным планом по дисциплине «Экология» предусмотрена следующая форма промежуточной аттестации: **экзамен**.

Промежуточная аттестация направлена на проверку конечных результатов освоения дисциплины.

При подготовке к экзамену целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

При повторении материала нежелательно использовать много книг. Основным источником подготовки к экзамену является конспект лекций. Следует запоминать термины и категории, поскольку в их определениях содержатся признаки, позволяющие уяснить их сущность и отличить эти понятия от других. В ходе подготовки обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания категорий и реальных профильных проблем. Подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала. В этот период полезным может быть общение обучающихся с преподавателями по дисциплине на групповых и индивидуальных консультациях.

Подготовку по билету на экзамене надо начинать с того, что помнится лучше всего. Однако, готовясь по одному вопросу, на отдельном листе нужно постоянно кратко записывать и те моменты, которые «всплывают» в памяти и по другим вопросам билета.

Во время экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также, с разрешения экзаменатора, справочной литературой.

По окончании ответа экзаменатор может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы.

Положительным будет стремление обучающегося изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам.