

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра «Биология, природопользования и экологической безопасности»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.02.02 Современные методы очистки сточных вод**

**Направление подготовки : 05.04.06 Экология и природопользование**

**Профиль образовательной программы:** Экологический мониторинг и безопасность окружающей среды

**Форма обучения:** заочная

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1 Основные показатели загрязненности. Особенности сточных вод различного происхождения. Общие принципы очистки сточных вод.</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция № 2 Механические и физико-химические методы очистки.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Лекция № 3 Классификация методов биологической очистки. Показатели работы очистных сооружений и их сравнение.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ (не предусмотрено РУП).....</b>	<b>8</b>
<b>3. Методические материалы по выполнению практических занятий .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Основные показатели загрязненности. Особенности сточных вод различного происхождения. Общие принципы очистки сточных вод.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Практическое занятие № ПЗ-2-3 Механические и физико-химические методы очистки.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Практическое занятие № ПЗ-4 Аэробная биологическая очистка. Активный ил, биопленки и биообрастания.....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Практическое занятие № ПЗ-5 Очистка в аэротенках.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Методические материалы по выполнению семинарских занятий (не предусмотрено РУП).....</b>	<b>9</b>

# **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

## **1. 1 Лекция № 1 (2 часа).**

**Тема:** Основные показатели загрязненности. Особенности сточных вод различного происхождения. Общие принципы очистки сточных вод.

### **Вопросы лекции:**

#### **1. Химический состав сточных вод**

#### **2. Количественные методы определения состава сточных вод**

### **Краткое содержание вопросов**

Воды, отводимые после использования их в процессе бытовой и производственной деятельности человека, называются сточными. *Сточные воды* представляют собой сложные гетерогенные смеси, содержащие примеси органического и минерального происхождения, которые находятся в не растворённом, коллоидном и растворённом состоянии. Степень загрязнения сточных вод оценивается концентрацией, т. е. массой примесей в единицу объёма мг/л или г/м<sup>3</sup>.

Можно принять, что минеральные загрязнения в бытовых сточных водах находятся: в виде нерастворённых веществ – 5%, суспензий – 5%, коллоидов – 2% и растворимых веществ – 30%. Для органических веществ эти проценты соответственно следующие: нерастворимые – 15%, суспензии – 15%, коллоиды – 8% и растворимые – 20% .

*Минеральные соединения* представлены солями аммония, фосфатами, хлоридами, гидрокарбонатами и другими соединениями. Бытовые сточные воды имеют обычно слабощелочную реакцию среды (рН=7,2 – 7,8). Токсический эффект некоторых распространённых загрязнителей гидросферы представлен на диаграмме 1, где степень токсичности: 0 – отсутствует; 1 – очень слабая; 2 – слабая; 3 – сильная; 4 – очень сильная. Органические вещества бытовых сточных вод можно разделить на две группы: безазотистые и азотосодержащие вещества. Основная часть безазотистых органических веществ представлена углеводами и жирами. Азотосодержащие органические соединения представлены белками и продуктами их гидролиза.

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.

Особую форму примеси бытовых сточных вод представляют микроорганизмы. Иногда присутствуют и болезнетворные формы микроорганизмов (бактерии и вирусы).

2. Сточные воды, например, гальванических цехов по ремонту бытовых приборов образуются в результате протекания технологических процессов нанесения металлических покрытий: никелирования, хромирования, меднения при обработке деталей автомашин, различных посудо – хозяйственных изделий. Гальваническая обработка изделий происходит в технологических ваннах, растворы которых содержат  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{CrO}_3$  – хромовый ангидрид]. Сточные воды гальванических цехов предприятий по ремонту электробытовых приборов также содержат в своём составе шестивалентный хром ( $\text{Cr}^{6+}$ ) и хромовую кислоту. Сточные воды, содержащие в своём составе хроматы, медь, цинк, никель, ионы тяжёлых металлов.  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  даже в незначительных количествах угнетающе действуют на живые организмы. Поэтому содержание указанных ионов в сточных водах, сбрасываемых в водоёмы или поступающих на биологические сооружения, не должны превышать значения ПДК для соответствующих ионов и подлежат обязательному контролю. Все указанные выше ионы количественно можно определить, используя фотоколориметрический метод анализа

## **.Лекция № 2 ( 2 часа)**

**Тема:** Механические и физико-химические методы очистки.

### **Вопросы лекции:**

1. Механическая очистка сточных вод
2. Физико-химическая очистка сточных вод

### **Краткое содержание вопросов**

1. Производственные сточные воды почти всегда наряду с растворенными в них загрязняющими веществами содержат не растворенные примеси: твердые (взвеси) или жидкие (эмulsionи); поэтому первой ступенью должна быть очистка их от нерастворенных загрязнений. Для выделения последних наиболее распространены методы механической очистки – процеживание, отстаивание и фильтрование.

Для задержания крупных загрязнений применяют процеживание через решета и сита. Для выделения веществ, находящихся в воде в виде грубодисперсных взвесей – про-

стое отстаивание. Тонкодисперсные нерастворенные загрязнения отстаивают с предварительной коагуляцией при помощи химических реагентов (коагулянтов и флокулянтов), образующих в воде хлопья. Последние захватывают при осаждении или сорбируют нерастворенные тонкодисперсные загрязнения и выделяются вместе с ними в осадок.

Другим приемом выделения из сточной воды нерастворенных загрязнений является фильтрование. Применяют зернистые, а иногда микрофильтры.

В схеме механической очистки, сочетающейся с последующей биологической очисткой, должны быть решетки для удаления крупных загрязнений, песковолки для удаления песка и других минеральных примесей и отстойники для выделения грубодисперсных взвешенных веществ.

2. Физико-химическая очистка включает разнообразные методы: коагуляция, флотация, а в последнее время широко используется ионный обмен. Эти методы, как правило, требуют использования дорогостоящих реагентов, однако используются в виду их эффективности, а иногда невозможности решить задачу очистки другим способом. Этот метод широко используют для очистки многокомпонентных промышленных сточных вод с малой концентрацией загрязнений.

Химическая очистка применяется когда другие способы неэффективны и выделение загрязнений возможно только в результате химических реакций (конденсации, окисления, нейтрализации). Они требуют большого расхода реагентов и обычно используются в сочетании с другими методами. Однако в ряде случаев применение химического метода очистки является необходимым и единственным.

### **1.3 Лекция № 3 (2 часа)**

**Тема 3:** Классификация методов биологической очистки. Показатели работы очистных сооружений и их сравнение.

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Аэробный метод
2. Анаэробный метод
3. Показатели работы очистных сооружений

#### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

Биологическая очистка сточных вод может производиться в аэробных или анаэробных условиях. Аэробные методы, получившее наибольшее распространение, для жизнедеятельности которых необходимо присутствие в воде свободного кислорода.

При анаэробной очистке, то есть без доступа воздуха, органические вещества разрушаются анаэробными микроорганизмами.

1. Аэробный метод основан на разрушении органических загрязнений в очистных сооружениях под действием биоценоза, т. е. комплекса всех бактерий и простейших микроорганизмов, развившихся в данном сооружении. Окисление органических загрязнений производственных сточных вод происходит преимущественно под воздействием бактерий, благодаря их способности вырабатывать ферменты. Энергия, получаемая микроорганизмами в процессе превращения окисляемых веществ, используется ими для синтеза живого вещества клетки. Степень использования органических веществ для синтеза различна и зависит от вида окисляемого вещества.

Разрушение органических веществ называют биохимическим окислением. Некоторые органические вещества способны легко окисляться, а некоторые не окисляются совсем или окисляются очень медленно. Интенсивность и эффективность биологического окисления различных органических соединений зависит от многих факторов: например класса и структуры соединения, размера молекулы, наличия функциональных групп, а также от видового состава бактерий биоценоза активного ила или биопленки, длительности их адаптации и пр. Окисление веществ, существующих в природе, обычно не представляет затруднений – длительность адаптации микроорганизмов составляет несколько часов. Синтетические вещества часто окисляются с трудом, и длительность адаптации составляет более полугода. Вещества, находящиеся в коллоидном или мелкодисперсном состоянии, окисляются с меньшей скоростью, чем вещества, растворенные в воде.

Наличие функциональных групп способствует биологическому окислению органических соединений, а наличие разветвленных углеводородных цепей, наоборот, повышает устойчивость соединений к биологическому окислению. Наличие двойной связи в некоторых случаях облегчает биологическое разложение соединений, хотя многие соединения поддаются распаду при длительной адаптации микроорганизмов или практически не разрушаются. Спирты (одно-, двух- и трехатомные) и многие их производные, а также вторичные спирты хорошо биологически окисляются, третичные спирты более устойчивы к окислению. Некоторые органические вещества не подвергаются биологической деструкции. К ним относятся: меламин, нитроформ, ортопаранитрохлорбензолы, гексахлорбензол, гексахлорбутан, оксихинолин, пикриновая кислота, 1,3-гексохлорбутан, дихлорметан, 2-3-дихлор-1,4нафтохинон, 1,2-дихлорэтан, 1,2,3,4-тетрахлорбензол, циклогексан и др. Аэробные процессы биологической очистки могут

протекать в природных условиях и в искусственных сооружениях. В естественных условиях очистка происходит на полях орошения, полях фильтрации и биологических прудах. Искусственными сооружениями являются аэротенки и биофильтры разной конструкции. В искусственных сооружениях процессы очистки протекают с большей скоростью, чем в естественных условиях.

2. Анаэробный метод редко применяется для очистки производственных вод. С помощью этого метода трудно достичь полного разрушения органических загрязнений сточных вод из-за образования большого количества промежуточных продуктов брожения. Анаэробные методы используют для сбраживания осадков, образующихся при биологической очистке производственных сточных вод, а также как первую ступень очистки очень концентрированных промышленных сточных вод, содержащих органические вещества, которые разрушаются анаэробными бактериями в процессах брожения. В зависимости от конечного вида продукта различают следующие виды брожения: спиртовое, пропионовокислое, молочнокислое, метановое и др. Конечными продуктами брожения являются: спирты, кислоты, ацетон, газы брожения (диоксид углерода, метан водород).

Применяют преимущественно процесс метанового брожения. Процесс этот очень сложный и многостадийный. Проводят его в метантенках – герметически закрытых резервуарах, оборудованных приспособлениями для ввода несброшенного и отвода сброшенного осадка. Основными параметрами аэробного сбраживания являются температура, регулирующая интенсивность процесса, доза загрузки осадка и степень его перемешивания. Процессы сбраживания ведут в мезофильных (30-35°C) и термофильных (50-55°C) условиях. Полного сбраживания органических веществ в метантенках достичь нельзя. Все вещества имеют свой предел сбраживания, зависящий от их химической природы. В среднем степень распада органических веществ составляет около 40%.

3. Сточные воды, направляемые на биохимическую очистку, характеризуются величиной БПК и ХПК. БПК – это биохимическая потребность в кислороде, или количество кислорода, использованного при биохимических процессах окисления органических веществ (не включая процессы нитрификации) за определенный промежуток времени (2, 5, 8, 10, 20, суток), в мг кислорода на 1мг вещества. ХПК – химическая потребность в кислороде, то есть количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде. ХПК также выражают в мг кислорода на 1 мг вещества.

БПК является мерой содержания только тех органических соединений, которое могут служить активным субстратом для микроорганизмов. Присутствие в пробе веществ, не подвергающихся биохимическому распаду, не отражается на определяемой величине БПК. Этим БПК отличается от ХПК, которое является количественной характеристикой присутствия всех органических соединений. При соотношении  $\text{БПК}_{\text{полн}}/\text{ХПК}$  в поступающей на очистку воде  $>0,5-0,7$  сточные воды целесообразно очищать биологическим способом.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**

**ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ не предусмотрено РУП**

## **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **3.1 Практическое занятие № 1 (2 часов).**

**Тема 1:** « Основные показатели загрязненности. Особенности сточных вод различного происхождения. Общие принципы очистки сточных вод» .

**3.1.1 Задание для работы:** Ориентироваться в особенностях сточных вод в зависимости от их химического состава.

**3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:** Объяснение нового материала, презентация по теме вопроса, закрепление материала.

**3.1.3 Результаты и выводы:** изучение уровня загрязненности сточных вод позволяет сделать выбор способа очистки.

### **3.2 Практическое занятие №2-3 ( 4 часов).**

**Тема:** «Механические и физико-химические методы очистки»

**3.2.1 Задание для работы:** обосновать необходимость этапов механической и физико-химической очистки сточных вод

**3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:** Объяснение нового материала, презентация по теме вопроса, закрепление материала.

**3.2.3 Результаты и выводы:** Этапы механической и физико-химической очистки необходимы для обеспечения нормальной работы биологической очистки сточных вод, в особенности если речь идет о промышленных сточных водах. Сами по себе эти методы не могут обеспечить оптимального уровня очистки сточных вод.

### **3.3 Практическое занятие № 4 ( 2 часов).**

**Тема:** «Аэробная биологическая очистка. Активный ил, биопленки и биообрастания».

**3.3.1 Задание для работы:** Изучить атлас простейших активного ила, иметь представление о микрофлоре активного ила и оптимальных условиях аэробной очистки

**3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:** Объяснение нового материала, презентация по теме вопроса, закрепление материала.

**3.3.3 Результаты и выводы:** На очистных сооружениях необходим тщательный контроль за работой сооружений аэробной очистки и видовым составом активного ила.

#### **3.4 Практическое занятие № 5 ( 2 часов).**

**Тема:** «Очистка в аэротенках»

**3.4.1 Задание для работы:** Изучить современные реакторы - аэротенки и технологический процесс их работы, с использованием СНИПов.

**3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:** Объяснение нового материала, презентация по теме вопроса, закрепление материала. Изучение СНИПов

**3.4.3 Результаты и выводы:** Работа аэротенков зависит от многих показателей – формы, объема аэротенка, системы аэрации и т.д. В последние годы появились эффективные реакторы, обеспечивающие оптимальную деструктивную активность активного ила.

### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ не предусмотрено РУП**