

**ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОГО  
ИЛА В АЭРОТЕНКАХ  
ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
МЕТОДОМ  
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО  
АНАЛИЗА**

**Выполнили: Бодулина Мария  
Батыгина Юлия**

**Вода - единственный природный ресурс, который затрагивает все аспекты человеческой жизни. Жизнь на земле зародилась в воде, и эта связь между жизнью и водой остается неразрывной.**

Все мы понимаем, какое это сокровище-река?

И как оно уязвимо, это сокровище!

Можно заново построить разрушенный город.

Можно посадить новый лес, выкопать пруд.

Но реку, если она умирает, как и всякий

Живой организм, сконструировать заново нельзя.

В.Песков

**Цель нашей работы – изучение микробиологического состава активного ила и возможность использования его для более полной очистки сточных вод.**

### **Задачи работы:**

- Исследование простейших активного ила, изучение их биологии, выявление видов – индикаторов.
- Определение зависимости между видовым и количественным составом активного ила при обработке химическими реагентами.
- Определение типов активного ила по их видовому и количественному составу.
- Овладение методом гидробиологического анализа.
- Изучение системы очистных сооружений биологической очистки воды, работы аэротенков.

# Очистные сооружения биологической очистки сточных вод г. Козьмодемьянска

- Приемные камеры
- Здание решеток
- Песколовки
- Измерительный лоток
- Распределительная камера
- Первичные отстойники
- Аэротенки
- Вторичные отстойники
- Контактные резервуары
- Иловые уплотнители

# Аэротенки

**В аэротенках происходит биологическая очистка осветленных вод после первичных отстойников от загрязняющих веществ. Данный процесс происходит при непосредственном контакте сточных вод с организмами активного ила в присутствии растворенного кислорода. Далее во вторичных отстойниках происходит отделение активного ила от очищенной воды.**

**Активный ил – это искусственно выращиваемый биоценоз при аэрации осветленных сточных вод, населенный бактериями, простейшими и многоклеточными животными, которые трансформируют загрязняющие вещества и очищают сточные воды в результате впитывания, окисления, поедания.**

**Окисление органических загрязняющих веществ в аэротенках происходит за счет жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, образующих хлопьевидные скопления – активный ил.**

**К факторам, определяющим работу аэротенков относятся:**

- - наличие питательных веществ;
- - содержание растворенного кислорода в иловой смеси;
- - присутствие токсикантов;
- - температура.

# Гидробиологический анализ активного ила

Гидробиологический анализ активного ила состоит из следующих этапов:

- визуальное исследование ила в стеклянном цилиндре;
- определение видов, подвидов организмов (для мелких жгутиконосцев, колоний бактерий ограничиваются более высокими систематическими рангами);
- определение численности каждого вида одним из методов количественного счета в зависимости от требуемой точности выводов;
- описание функционального состояния, особенностей внутреннего строения, морфологических изменений у индикаторных организмов;
- определение размеров некоторых характерных биоиндикаторов проводится в том случае, если при микроскопическом исследовании выявляется их заметное измельчение, а также для уточнения видовой диагностики;
- распределение биоиндикаторов на характерные группы организмов, присутствующих в данной пробе ила (основные критерии распределения – это пищевые потребности биоиндикаторов, их отношение к концентрации растворенного кислорода, адаптационно-экологическая пластичность, понимаемая как способность существовать и приспосабливаться в широком диапазоне изменений окружающей среды, устойчивость к воздействию токсичных сточных вод);
- итоговая оценка биоценоза, отнесение его к одному из определенных типов, характеристика установленного типа;
- подготовка гидробиологического заключения.

# Особенности визуального наблюдения

- Измеряют осадок ила по объему в цилиндре объемом  $1 \text{ дм}^3$  за 30 минут отстаивания, скорость осаждения, цвет хлопьев активного ила.
- Запах ила должен быть болотный, без преобладания запаха каких-либо химических веществ.
- После 30-минутного отстаивания описывают внешний вид надильной воды. Она должна быть прозрачная, не окрашенная, не опалесцирующая.
- Для характеристики седиментационных свойств активного ила используют иловый индекс. Иловый индекс – это объем, занимаемый одним граммом активного ила за 30 минут отстаивания в литровом цилиндре. условно принято считать для очистных сооружений искусственной биологической очистки оптимальными значения илового индекса от 90 до  $120 \text{ см}^3/\text{г}$ .

# Фиксация и окрашивание простейших активного ила

При рассматривании внутреннего строения организмов можно обездвиживать их с помощью фиксации или наркоза. Обычно используют для фиксации этанол (1-2 капли у покровного стекла), формалин 4-10%-ный водный раствор. При передозировке этих препаратов организмы сильно деформируются, сжимаются.

# Методы количественного учета организмов

## Условные баллы

### и частота встречаемости организмов

Частота встречаемости	Цифровое обозначение частоты встречаемости (баллы)
единично	1
мало	2
порядочно	3
много	4
масса	5

Частота встречаемости	Кол-во экз-ов одного вида	Цифровое обозначение частоты встреч-ти, баллы
очень редко	1	1
редко	1-3	2
нередко	4-10	3
часто	10-20	5
очень часто	20-40	7
масса	10-100	9

**О.Г. Никитиной был предложен многоступенчатый метод подсчета откалиброванной капли. Подсчет проводится в три этапа, но для оперативного контроля можно ограничиться двумя первыми.**

- **Используется увеличение 100х. на предметное стекло микропипеткой наносится калибровочная капля (объем 0,01 см<sup>3</sup>) предварительно хорошо перемешанной иловой смеси и покрывается покровным стеклом 9х9 мм. Препарат укрепляется в препаратоводителе. Начиная от левого верхнего угла покровного стекла просматривается весь препарат, осторожно перемещаемый слева направо до конца, затем на одно поле зрения вниз и справа налево. Необходимо внимательно следить за тем, чтобы ни одно поле зрения не было пропущено.**
- **Использовать увеличение 70х. На предметное стекло наносится капля хорошо перемешанной иловой смеси объемом 0,1 см<sup>3</sup> и покрывается покровным стеклом 24х24. Также, как и на первом этапе, просматриваются все без исключения поля зрения. Подсчитываются только те организмы, которые не встречались на первом этапе.**
- **Используется увеличение 100х. Со дна склянки пипеткой отбирается произвольное количество осевшего ила и зажимается между двумя предметными стеклами. Получается большой препарат, где ил представлен очень обильно. Учитываются организмы, встречающиеся единично.**

# Приготовление микропрепарата (Батыгина Юлия)



# Количественный учет организмов (Бодулина Мария)



# Организмы активного ила

В биоценозах активного ила присутствуют представители шести отделов микрофлоры: бактерии, грибы, диатомовые, зеленые, синезеленые, эвгленовые микроводоросли и девяти таксономических групп микрофауны: жгутиконосцы, саркодовые, инфузории, первичнополостные и вторичнополостные черви, брюхоресничные черви, коловратки, тихоходки, паукообразные.

Активный ил представляет собой сложную экологическую систему, организмы которой находятся на разных трофических уровнях. Гетеротрофные бактерии, водоросли, сапрофитные грибы и сапрофитные простейшие – первичные поедатели – составляют I трофический уровень. Голозойные простейшие – II, а отдельные виды нематод, хищные коловратки, сосущие инфузории, тихоходки, хищные грибы – III трофический уровень

# Типы питания простейших активного ила

**Сапрозойный тип** – это I тип гетеротрофного питания. Способ питания характеризуется тем, что питательные вещества поступают в тело организмов осмотически через поверхность тела. Пищей могут служить только растворенные и частично разложившиеся органические вещества (например, промежуточные продукты распада белков: пептон или аминокислоты). Эти вещества потребляют сапрозойные простейшие и бактерии между ними существует конкуренция за питательные вещества, что отражается на структурных особенностях биоценоза активного ила.

**Голозойный тип** – это II-ой тип гетеротрофного питания, при котором организмы получают сырой материал (белки, жиры и углеводы), поглощая цитоплазму других организмов. Голозойный тип питания предполагает развитие органоидов, служащих для захвата пищи. Одними из первых голозойных в биосинтезе активного ила появляются мелкие жгутиконосцы рода *Vodo*. Захват твердой пищи у них осуществляется при помощи органов движения – жгутиков. Внутрь пища поступает через пищевой бугорок – участок голый цитоплазмы, расположенных у основания жгутика, который при помощи вызываемого им водоворота подгоняет пищевые частицы к пищевому бугорку. Пищевые частицы поступают в пищеварительную вакуоль, где и происходит их усвоение.

# Этапы биологической очистки воды

- На первой стадии, сразу же после смешения сточных вод с активным илом, на его поверхности происходят адсорбция загрязняющих веществ и их коагуляция. Таким образом, на первой стадии очистки загрязняющие вещества в сточных водах удаляются благодаря механическому изъятию их активным илом из воды и началу процесса биоокисления наиболее легко разлагающейся органики. На первой стадии за 0,5-2 часа содержание органических загрязняющих веществ снижается на 50-60%.
- На второй стадии полной биологической очистки продолжается биосорбция загрязняющих веществ и идет их активное окисление экзоферментами (ферментами, выделяемыми активным илом в окружающую среду). Благодаря снизившейся концентрации загрязняющих веществ, начинает восстанавливаться активность ила, которая была подавлена к концу первой стадии очистки. Продолжительность этой стадии различна в зависимости от состава очищаемых сточных вод и составляет от 2 до 4 часов.
- На третьей стадии очистки происходит окисление загрязняющих веществ эндоферментами, доокисление сложноокисляемых соединений, превращение азота аммонийных солей в нитриты и нитраты, регенерация активного ила. Именно на этой стадии происходит образование полисахаридного геля, выделяемого бактериальными клетками. Скорость потребления кислорода вновь возрастает. Общая продолжительность процесса в аэротенках составляет 6-8 часов для бытовых и может увеличиваться до 10-20 и более часов при совместной очистке бытовых и производственных сточных вод. Продолжительность третьей стадии, таким образом, составляет от 4-6 часов при очистке бытовых сточных вод и может удлиниться до 15 часов.

# Биоценоз активного ила

- Он формируется из наиболее устойчивых к данным сточным водам бактериальных штаммов с соответствующими пищевыми потребностями, видовое разнообразие простейших определяется степенью разложения органических загрязняющих веществ.
- Богатое видовое разнообразие организмов активного ила свидетельствует о благополучии биологической системы аэротенка, высокой эффективности очистки и устойчивости биоценоза к повреждающему воздействию токсичных сточных вод.
- Характер реакции биоценоза активного ила на неблагоприятное воздействие проявляется в снижении видового разнообразия. Чувствительные к неблагоприятному воздействию виды могут исчезнуть совсем или резко снизить численность, в то время как устойчивые становятся еще обильнее. Если действие неблагоприятного фактора нарастает или долго сохраняется, затрагиваются все новые виды биоценоза и, в результате, при минимальном видовом разнообразии наблюдается максимальная численность наиболее устойчивых видов.

## По восстановительному потенциалу и устойчивости к действию токсикантов активный ил делится на три группы

- Относительно устойчивые биоценозы, Как правило, такие биоценозы восстанавливаются естественным путем и в достаточно короткие сроки.
- Слабоустойчивые, но с высоким потенциалом естественного восстановления.
- Неустойчивые биоценозы. Возвращение их в исходное состояние требует длительного времени или вообще невозможно естественным путем и необходимо выполнять комплекс работ по его восстановлению

## По интенсивности последствий после воздействия токсичных сточных вод нарушения подразделяются на три степени:

- Слабо нарушенные биоценозы – инцистируется, погибает и исчезает из биоценоза менее 30% видов гидробионтов.
- Среднее нарушение – исчезает 50% видов.
- Сильно нарушенные – уничтожается более 50% видов простейших или он погибает полностью.

# Характеристика ила

- Удовлетворительно работающий ил. В нем большое разнообразие простейших по видовому составу при небольшом количественном преобладании какого-либо из видов. Все организмы достаточно подвижны в оживленном состоянии.
- Голодающий ил. Мелкие размеры простейших, организмы становятся прозрачными, пищеварительные вакуоли их исчезают, частично инфузории превращаются в цисты.
- Нитроцифирующий ил. Постоянное присутствие в заметных количествах коловраток. Количественное преобладание прикрепленных инфузорий, крупных амеб.
- Перегруженный ил. Малое качественное разнообразие при количественном преобладании двух-трех. Большое количество бесцветных жгутиковых, мелких амеб и других мелких инфузорий.
- Ил при сборе промышленных стоков. Уменьшение преобладания видов. Измельчение организмов при увеличении их общего количества или при резком уменьшении общего количества в зависимости от степени токсичности стока.
- Ил при недостатке кислорода. Большое разнообразие жгутиковых. Коловратки неподвижные, застывшие в вытянутом состоянии, отмирающие.

## Методика увеличения количественного и видового разнообразия микроорганизмов в активном иле аэротенков

- Для улучшения биологической очистки сточных вод в аэротенках и повышения активности микроорганизмов проводят обработку активного ила химическими реагентами (янтарная, лимонная и аскорбиновая кислоты, марганец сернокислый, медь сернокислая).
- В результате данной обработки в активном иле формируются бактерии, хорошо приспособленные к повышенным содержаниям загрязняющих веществ в сточных водах. Кроме того это приводит к улучшению седиментационных (седиментация–осаждение под действием силы тяжести) свойств активного ила, то есть после поступления воды из аэротенков во вторичные отстойники активный ил лучше и быстрее оседает.

# Расчет показателей свойств активного ила

- Определение дозы ила по объему

$$V = v * 10, \text{ где } V - \text{ доза ила по объему, см}^3/\text{дм}^3$$

$v$  - объем ила в цилиндре,  $\text{см}^3$   
 $10$  - переводной коэффициент,  $\text{дм}^3$

- Определение дозы ила по массе

$$m (\text{г}/\text{дм}^3) = 10 * (m_2 - m_1), \text{ где } m - \text{ доза ила по массе}$$

$m_1$  – масса пустого бюкса, г  
 $m_2$  – масса бюкса с высушенным осадком, г.

- Определение илового индекса

$$I = V / m, \text{ где } I - \text{ иловый индекс } \text{см}^3/\text{г}$$

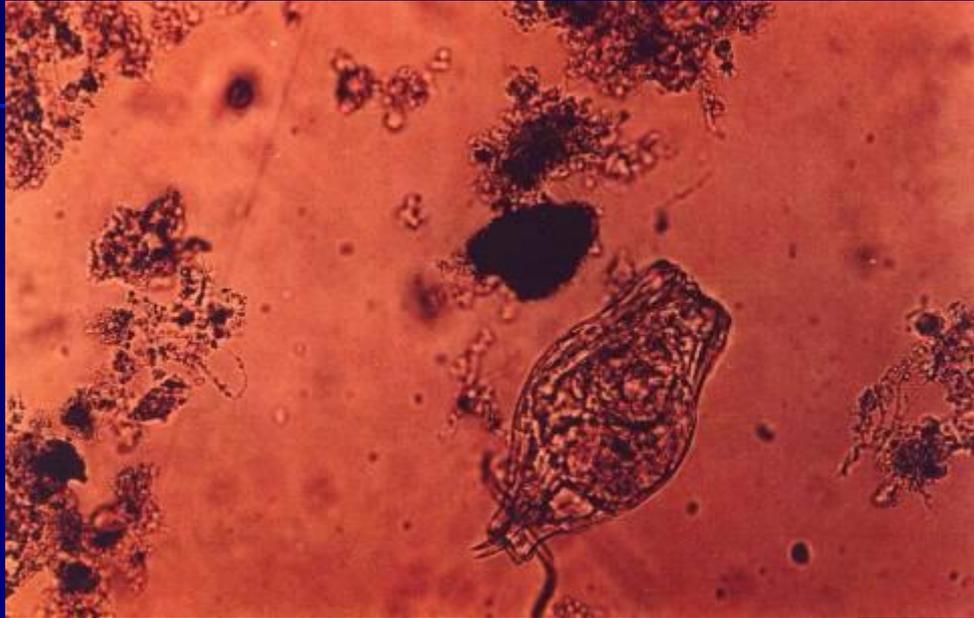
$V$  – доза ила по объему,  $\text{см}^3 / \text{дм}^3$   
 $m$  – доза ила по массе,  $\text{г} / \text{дм}^3$

- Определение количества организмов активного ила

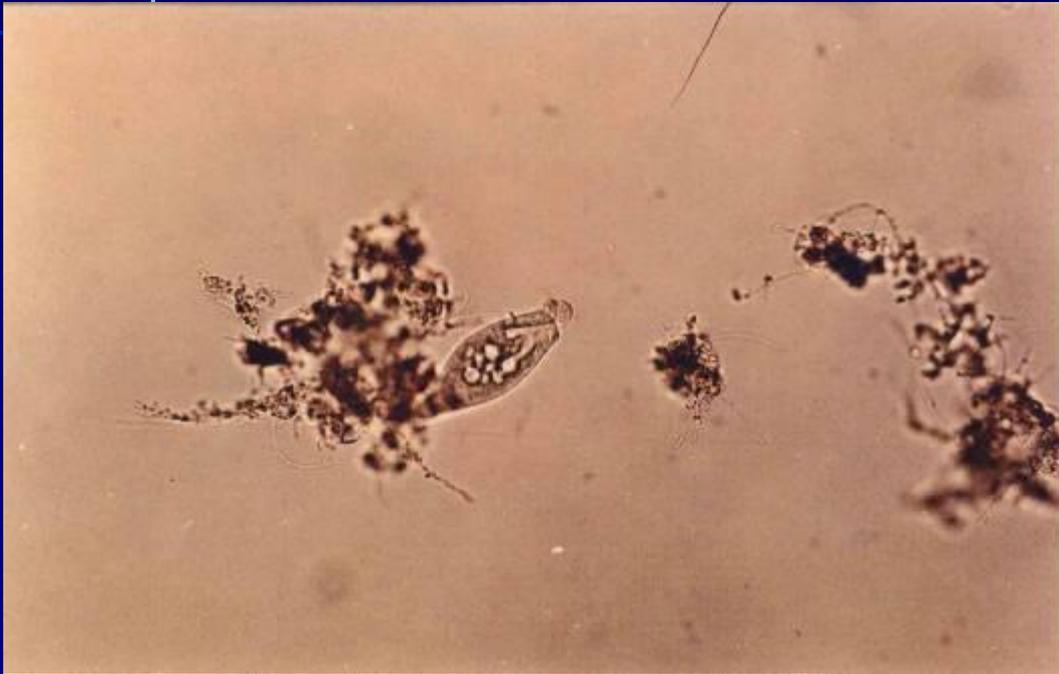
$$K = \frac{\text{Э}}{V_{\text{кап}} * m}, \text{ где } K - \text{ количество организмов в пробе}$$

$\text{Э}$  - количество экземпляров  
 $V$  - объем капли (0,01мл)  
 $m$  – доза ила по массе

# Простейшие активного ила (Коловратки)



# Простейшие активного ила (Одиночные прикрепленные инфузории)



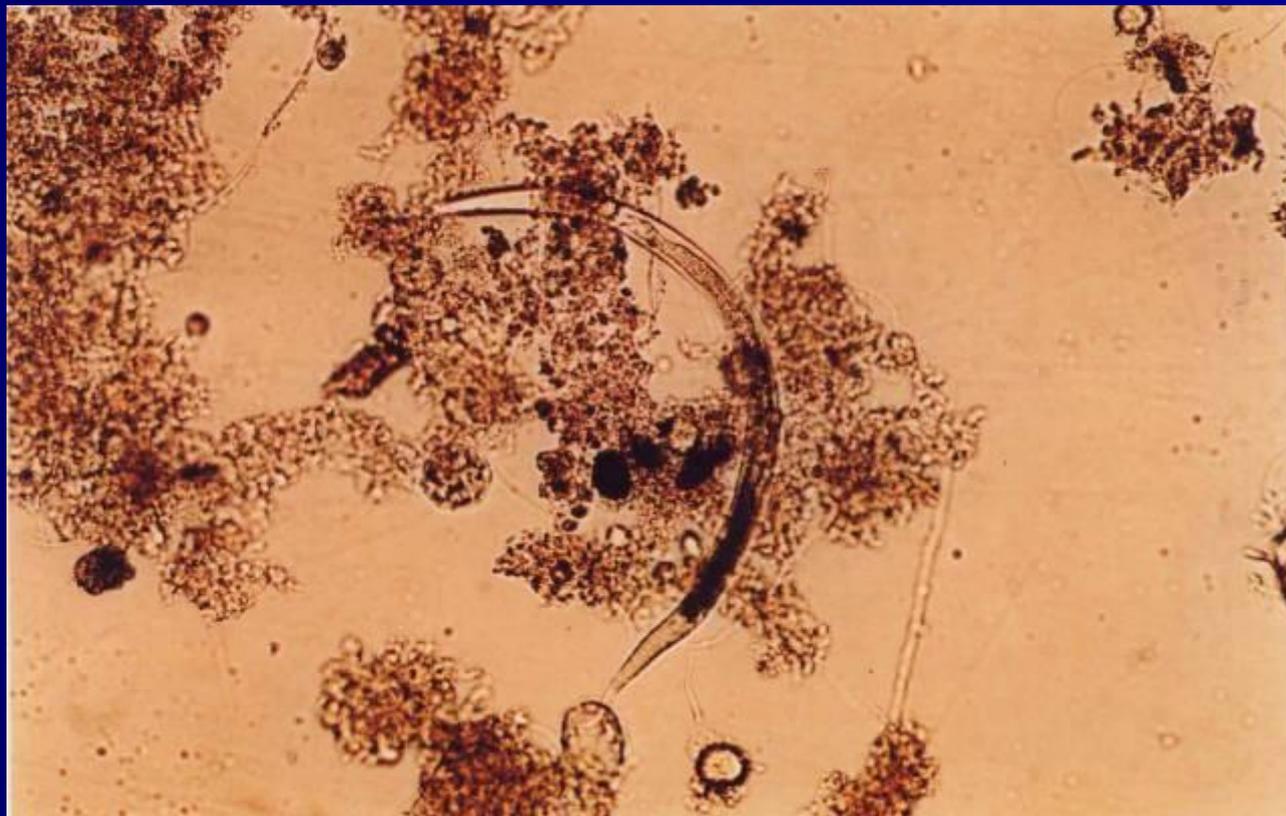
**Простейшие активного ила (выдвинутые из перистома  
диски у зооидов инфузории *Opercularia* sp.)**



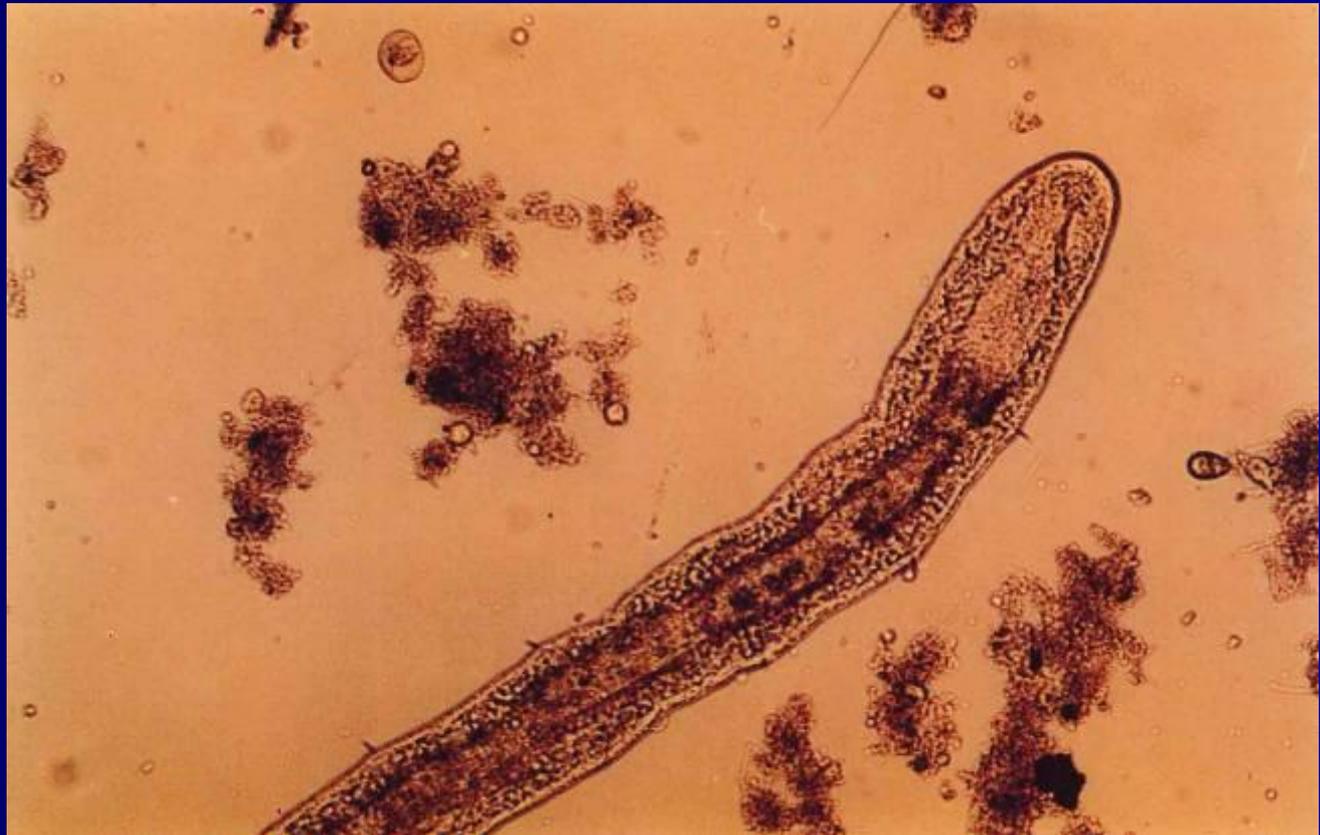
# Простейшие активного ила (колониальные формы прикрепленных инфузорий)



# Простейшие активного ила (круглый червь)



# Простейшие активного ила (малощетинковый червь)



# Выводы:

- В работе изучена система очистных сооружений.
- Более подробно изучена работа аэротенков, так как в них происходит биологическая очистка осветленных вод после первичных отстойников. Данная очистка осуществляется при помощи активного ила – это искусственно выращиваемый биоценоз при аэрации осветленных сточных вод, населенных бактериями, простейшими и многоклеточными организмами.
- В работе применяется гидробиологический анализ активного ила.
- Изучены систематические признаки организмов активного ила, их биология.
- Выявили организмы индикаторы: нематоды, коловратки, свободноплавающие инфузории, малощетинковые черви, прикрепленные инфузории.
- До проведения данной работы на ОСК города Козьмодемьянска было обнаружено 3 вида простейших. В результате проведенных исследований выявлено 9 видов: литонотус, вортицелла, оперкулярия, коловратка, аспедиска, сосущая инфузория, малощетинковый червь, серобактерии.
- Богатое видовое разнообразие организмов активного ила свидетельствует о благополучной системе аэротенков и высокой эффективности очистки. Характер реакции биоценоза активного ила на неблагоприятное воздействие проявляется в снижении видового разнообразия, в связи с чем можно выделить 6 типов активного ила
- Знание типа ила позволяет корректировать работу очистных сооружений
- Для улучшения биологической очистки сточных вод в аэротенках и повышении активности микроорганизмов проводят обработку активного ила химическими реагентами.
- Результаты количественного и качественного контроля оформили в виде таблицы.
- Данная работа позволяет контролировать качество очистки сточных вод на ОСК