

*Микробиологические  
методы  
очистки воды  
Лекция 6*

## ***Необходимость вторичных отстойников***

В 1883-1884 гг. Сорби и Дюпре показали, что процессы самоочищения в реке связаны с жизнедеятельностью микроорганизмов. Это открытие в биологии позволило химику Дибдину, работавшему в Лондоне вместе с Сорби и Дюпре, предсказать принципы и механизм обеспечения биологической очистки в первичных отстойниках и аэротенках. Дибдин записал в 1887 г.:

**«По всей вероятности, правильное направление в очистке сточной жидкости (при отсутствии подходящей почвы) состояло бы в том, чтобы сначала выделить осадок, а затем к осветленной жидкости прибавить разводку специфических всевозможных организмов, специально культивируемых для этой цели, потом выдержать жидкость в течение достаточного времени, энергично ее аэрируя, и, наконец, спустить в реку в состоянии действительно очищенном. В сущности, задача только в этом, и она несовершенно выполняется на полях орошения».**

В 1912-1913 гг. Фуллер (G.J. Fowler) теоретически обосновал очистку сточных вод в свободном объеме с использованием аэрации. В лаборатории Фуллера работали два молодых аспиранта химика Ардерн и Локетт (E. Ardern and W.T. Lockett), которые в 1914 г. провели эксперименты на открытом воздухе в деревянных бочках, на дне которых укладывались пористые керамические пластины и через них подавался воздух. Бочки-аэротенки работали в периодическом режиме, в них добавлялись микроорганизмы из реки (Ardern and Lockett, 1922/23; Lockett, 1928). В условиях опыта достигалось снижение окисляемости, аммонийного и белкового азота на 90-94 % с одновременной глубокой нитрификацией сточных вод. Но на это требовалось продолжительное время пребывания сточных вод в бочках, не менее пяти недель.

К удивлению химиков, регулярно измеряющих качество воды в бочке, когда при повторном ее заполнении (с оставшейся на дне «грязью» из микроорганизмов) процесс очистки резко ускорился, и его продолжительность составила несколько часов. Таким образом, Ардерн и Локетт экспериментально показали, что в результате использования возвратного ила можно получить ускорение эффекта очистки с пяти недель до нескольких часов. Огромной заслугой Ардерна и Локетта следует считать то, что именно они предложили использовать не периодическое заполнение сооружений, а проточную систему очистки сточных вод и обосновали возможность компенсации при этом потерь микроорганизмов активного ила путем его отстаивания и возврата в систему очистки.

**Микробиологические методы очистки воды**

# **Функции вторичных отстойников и их отличия от первичных отстойников**

Функциями вторичных отстойников являются:

- **эффективное разделение ила и очищенной воды,**
- **обеспечение аэротенков повышенной дозой ила.**

Эти процессы, как правило, являются наиболее критическими на действующих сооружениях биологической очистки.

Вторичные отстойники устанавливаются после биофильтров для задержания нерастворенных (взвешенных) веществ (представляющих собой частицы отмершей биологической пленки) и после аэротенков для отделения активного ила от очищенных сточных вод. В качестве вторичных применяют горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники.

Основная масса активного ила, отстоявшегося во вторичном отстойнике, должна перекачиваться снова в аэротенк. Однако активного ила осаждается больше, чем нужно для повторного использования, поэтому его избыточное количество следует отделять и направлять на утилизацию. Избыточный ил при влажности 99,2 % составляет 4 дм<sup>3</sup>/сут на одного жителя и имеет большую влажность, чем сырой осадок из первичного отстойника, что увеличивает общий объем осадка.

## **Основные отличия вторичных отстойников от первичных:**

- у вторичных отстойников нет устройства для сбора и удаления масел, нефтепродуктов и других плавающих веществ;
- как правило, применяется разная система откачки осадка (илососы во вторичных отстойниках на крупных станциях и эрлифты на сооружениях небольшой производительности);
- осадок или непродолжительно хранится во вторичных отстойниках, или непрерывно возвращается в аэротенки.

# Оценка эффективности работы вторичных отстойников

Работу вторичных отстойников оценивают по **выносу взвешенных веществ, концентрации возвратного ила и влажности осадка**. Эти показатели характеризуют их основные функции:

- **отделение очищенной воды от активного ила;**
- **уплотнение ила.**

Управление работой вторичных отстойников - важная задача эксплуатирующей службы, поскольку **эффективность вторичного отстаивания непосредственно влияет на ход биохимического окисления в аэротенках** и, в значительной мере, **определяет содержание взвешенных веществ в очищенных водах, т.е. потери биомассы активного ила, и, соответственно, его прирост.**

На эффективность работы вторичных отстойников влияет:

- **гидродинамические потоки;** вторичные отстойники более чувствительны к нагрузкам по объему и неравномерности притока сточных вод, чем первичные, так как они более нагружены из-за циркулирующего потока возвратного ила, а ил является более подвижным и легче загнивающим осадком, чем сырой;
- **тип применяемого отстойника и используемая система сбора осадка;**
- **характеристики активного ила** (зольность, седиментация, флокуляция отдельных хлопьев) и разнообразные **биологические процессы** (денитрификация, гниение, пенообразование и т.д.).

При значительной неравномерности притока сточных вод угрозой для удовлетворительной работы вторичных отстойников представляет нарушение седиментационных свойств активного ила. Чем больше коэффициент неравномерности притока сточных вод на сооружениях, тем меньшие значения илового индекса должны поддерживаться или применяться более совершенные конструкции вторичных отстойников. Однако на практике эти требования не реализуются. Большой коэффициент неравномерности притока характерен для поселковых небольших сооружений; как правило, из-за недостатка биогенов в очищаемых сточных водах на таких сооружениях наблюдаются неудовлетворительные седиментационные свойства активного ила, а применяются наиболее часто самые несовершенные конструкции — вертикальные отстойники.

**Микробиологические методы очистки воды**

# *Факторы, влияющие на осаждаемость активного ила во вторичных отстойниках*

Осаждаемость активного ила во вторичных отстойниках может быть недостаточной в случаях, когда в сточных водах, поступающих на обработку

- высока доля инертных к биохимическому окислению загрязняющих веществ, поступающих от промышленных предприятий, характеризуемых показателем ХПК;
- низкое содержание органических веществ, характеризуемых показателем БПК или ХПК в фильтрованной пробе;
- не хватает азота или фосфора;
- присутствуют в большом количестве токсиканты: металлы, органические химические вещества, пестициды, нефтепродукты и т.п.;
- повышена кислотность сточных вод.

Все перечисленные факторы будут создавать угрозу развития вспухания активного ила, а значит, нарушения седиментационных свойств ила, поэтому при проектировании очистных сооружений для таких сточных вод должны быть предусмотрены наиболее совершенные конструкции вторичных отстойников.

На стадии проектирования сооружений также нужно оценивать ориентировочно ожидаемую неравномерность притока сточных вод.

Неравномерность притока сточных вод оценивается путем расчета коэффициента неравномерности.

# Коэффициент неравномерности притока сточных вод

Существует несколько расчетных формул коэффициента неравномерности поступления сточных вод.

Коэффициент суточной неравномерности притока сточных вод ( $K_{сут}$ ) рассчитывается по формуле

$$K_{сут} = Q_{\max} / Q_{\text{ср}},$$

где  $Q_{\max}$  — максимальный суточный приток сточных вод, выбранный за месячный период, м<sup>3</sup>/сут;  $Q_{\text{ср}}$  — средние значения притока сточных вод за месяц, м<sup>3</sup>/сут.

Пример:  $K_{сут}$  для сооружений г. Липецка:

$$K_{сут} = 16970 \text{ м}^3/\text{сут} / 13660 \text{ м}^3/\text{сут} = 1,24$$

Коэффициент часовой неравномерности притока сточных вод ( $K_{\text{час}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{час}} = q_{\max} / q_{\text{ср}},$$

где  $q_{\max}$  — максимальный часовой приток в течение суток, а сутки выбраны (не менее чем из 10 дней) с максимальной гидравлической нагрузкой, м<sup>3</sup>/ч;  $q_{\text{ср}}$  — среднечасовой приток из максимального притока за месяц ( $q_{\text{ср}} = Q_{\max} / 24$ ), м<sup>3</sup>/час.

Пример:  $K_{\text{час}} = 800 \text{ м}^3/\text{час} / 707 \text{ м}^3/\text{час} = 1,13$

Общий коэффициент неравномерности притока сточных вод рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{сут}} \cdot K_{\text{час}}$$

Пример:  $K_{\text{общ}} = 1,24 \cdot 1,13 = 1,40$

## Гидравлическая нагрузка на вторичные отстойники

Гидравлическую нагрузку на вторичные отстойники следует рассчитывать с учетом илового индекса, выноса ила, концентрации ила в выходящей из аэротенков воде и типа отстойников по формуле:

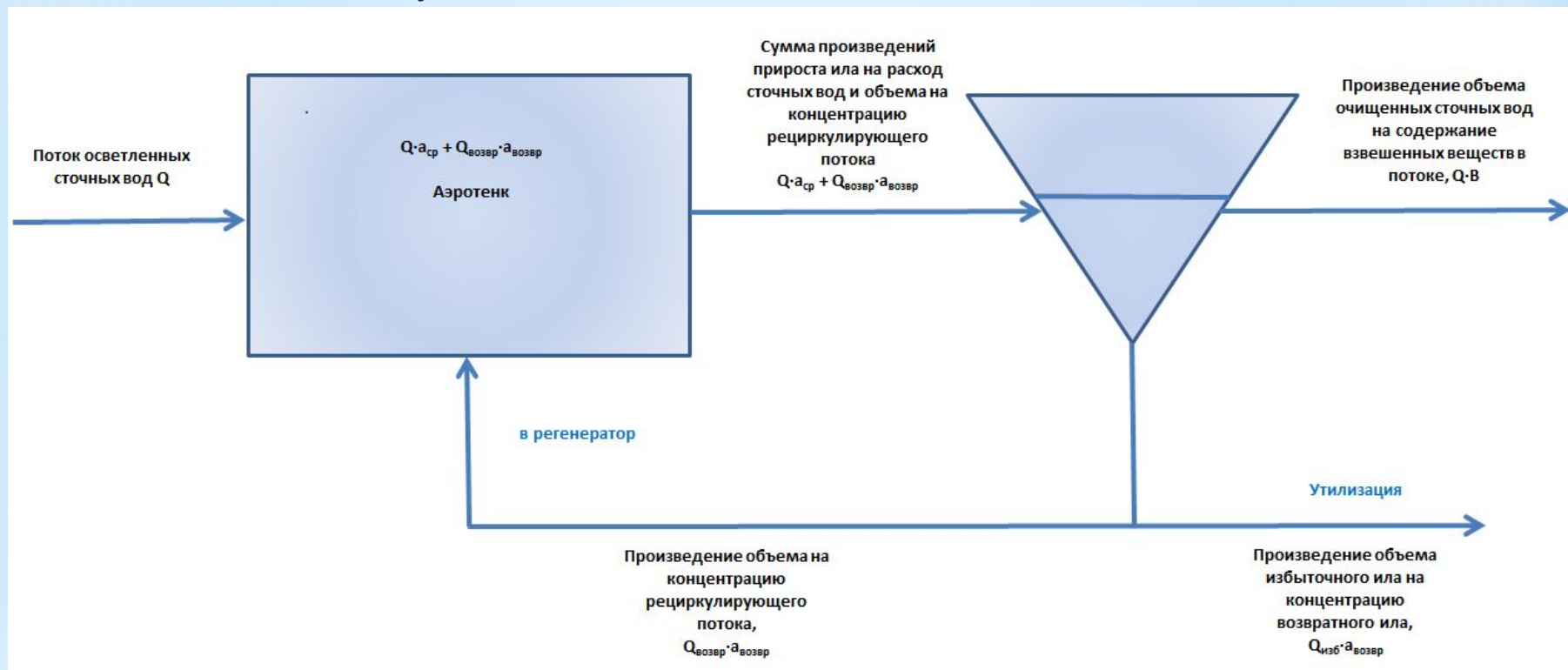
$$N = \frac{4,5KH^{0,8}}{(0,1Ia)^{0,5-0,016b}}$$

где  $K$  — коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимаемый для радиальных отстойников равным 0,4, вертикальных — 0,35, вертикальных с периферийным выпуском — 0,5, горизонтальных — 0,45;  $H$  — глубина проточной части в отстойнике, м;  $I$  — иловой индекс в выходящей из аэротенков воде,  $\text{см}^3/\text{г}$ ;  $a$  — доза ила в выходящей из аэротенков воде или в сборном канале,  $\text{г}/\text{дм}^3$ ;  $b$  — содержание взвешенных веществ в очищенной воде после вторичных отстойников,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ .

Пример:  $K = 0,4$ ,  $H = 6$  м,  $a = 1,5$   $\text{г}/\text{дм}^3$ ,  $I = 100$   $\text{см}^3/\text{г}$ ,  $b = 15$   $\text{мг}/\text{дм}^3$

$$N = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 6^{0,8}}{(0,1 \cdot 100 \cdot 1,5)^{0,5}} = 29 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

# Схема распределения гидравлической нагрузки и биомассы ила на разных участках биологической очистки



Вторичные отстойники являются наиболее чувствительным звеном к перегрузкам, как по объему потока сточных вод, так и по включенной в него биомассе.

При расчетах гидравлической нагрузки на поверхность отстойника и водослив по расчетным формулам (1) и (2) необходимо учитывать дополнительно объем рециркулирующего потока возвратного ила:

$$N = q/F, \quad (1)$$

где  $q$  – часовой или максимальный часовой приток сточных вод на один отстойник (или все работающие),  $m^3/час$ ,  $F$  – площадь отстойника,  $m^2$ ;

$$N_{вод} = Q_{ср.сут}/L, \quad (2)$$

где  $Q_{ср.сут}$  – среднесуточный или среднечасовой расход переливающегося потока сточных вод через водослив водоприемных лотков на все отстойники или на один,  $m^3/сут$  или  $m^3/ч$ ;  $L$  – длина водослива,  $m$ .

**Микробиологические методы очистки воды**



# *Условия пребывания активного ила во вторичных отстойниках*

Сточные воды во вторичных отстойниках находятся, как правило, несколько дольше, чем в первичных, их время отстаивания составляет от 1,5 до 2,5 ч. В отличие от сырого осадка **активный ил** более чувствителен к слеживанию, и его **время нахождения во вторичных отстойниках не должно быть более 30-40 мин**, что требует применения более совершенной системы сбора и откачки ила со дна отстойника и из приемков.

Активный ил в отстойниках наиболее подвержен процессу гниения в уплотненном слое, где создаются практически аноксидные условия. **Высота уплотненного слоя** в отстойнике в зависимости от режима отгрузки осадка может составлять **от 0,2 до 2,0 м в вертикальных отстойниках** и **от 0,5 до 1,0 м в радиальных**.

В процессе эксплуатации вторичных отстойников очень важно установить и поддерживать оптимальную высоту слоя стояния ила. В зимний период высота слоя ила может составлять 25 % от глубины отстойника, а в летний — не более 10 %. При накоплении ила в отстойниках и превышении оптимальной высоты слоя стояния ила, уменьшается влажность возвратного ила, но увеличивается его концентрация, что может способствовать избыточному выносу взвешенных веществ. Чрезмерно частый выпуск избыточного ила из отстойника и чрезмерно активная циркуляция возвратного ила приводят к увеличению влажности избыточного ила, что увеличивает необходимые объемы сооружений по обработке и утилизации осадка.

Другими словами, если изымать ил из вторичного отстойника больше оптимального количества, то в аэротенк возвращается избыточный объем воды, если меньше, то много осевшего ила собирается в отстойнике и снижается качество очищенной воды. Поэтому задают технологический режим работы вторичного отстойника так, чтобы уровень нахождения ила соответствовал предусмотренному проектом.

# Доза возвратного ила и конструкция контрольных эрлифтов

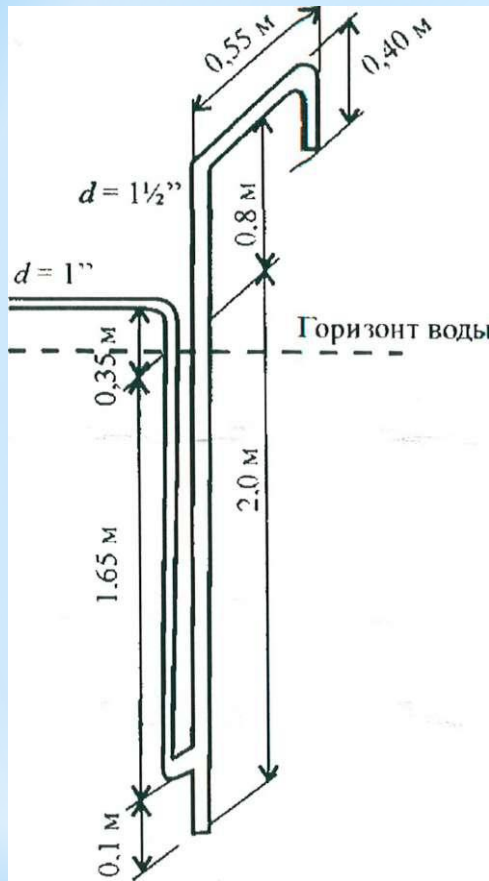


Схема контрольного эрлифта вторичного отстойника

Своевременность удаления осадка во вторичных отстойниках контролируется по уровню уплотненного слоя в отстойниках с помощью специальных датчиков с фотоэлементами или кустарно изготовленных контрольных эрлифтов.

Эрлифты изготавливаются из труб диаметром 25 мм или больше, устанавливаются в отстойниках стационарно так, чтобы всасывающий конец был опущен ниже уровня сточных вод в отстойнике на необходимую глубину до предельно допустимого слоя стояния осадка.

Эрлифт непрерывно подает с уровня всасывающего конца небольшую струю сточных вод. Если сточные воды, выходящие из эрлифта, прозрачные и не включают концентрированный активный ил, то отстойник работает удовлетворительно. Если эрлифт подает уплотненный ил, то это значит, что уровень стояния ила дошел до всасывающего конца эрлифта и необходима очередная отгрузка избыточного ила или усиление циркуляции возвратного. Эксплуатация таких контрольных эрлифтов очень проста и удобна, если активный ил не включает мусора, который может засорять этот эрлифт.

Оптимальный уровень стояния осадка можно контролировать по значениям дозы возвратного ила.

При дозе возвратного ила  $4-6 \text{ г/дм}^3$  вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников составляет около  $15 \text{ мг/дм}^3$ , при дозе возвратного ила выше  $6 \text{ г/дм}^3$  - вынос увеличивается от 15 до  $20 \text{ мг/дм}^3$ . Существенное увеличение выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников (до  $40 \text{ мг/дм}^3$ ) происходит при достижении концентрации возвратного ила  $8 \text{ г/дм}^3$ , которая, по-видимому, является пороговой для типовых сооружений, очищающих городские сточные воды.

На каждом очистном сооружении следует экспериментально установить оптимальную дозу возвратного ила, при которой максимально возможное количество ила возвращалось бы в систему очистки при обеспечении минимального выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников.

## Корреляционная зависимость между концентрацией возвратного ила и дозой по объему

Поскольку определение дозы возвратного ила по сухому веществу в лаборатории занимает достаточно длительное время, это определение выполняется не чаще одного раза в сутки, а для оперативного контроля необходимо установить корреляционную зависимость между дозой возвратного ила по массе и дозой ила по объему: *ПРИМЕР*

Доза возвратного ила	
по массе, г/дм <sup>3</sup>	по объему, см <sup>3</sup> /дм <sup>3</sup>
3,1	300
2,9	280
2,1	220
1,2	100
0.75	90

Определение дозы ила по объему очень простая 30-минутная процедура, ее могут выполнять ежедневно (два или три раза в сутки) операторы и руководствоваться этими данными для принятия решений по отгрузке избыточного ила или по интенсивности циркуляции возвратного ила при эксплуатации вторичных отстойников.

Контролировать нагрузки по взвешенным веществам на вторичные отстойники необходимо также по концентрации активного ила в поступающих в них сточных водах. Оптимально, если доза ила в выходящей из аэротенка воде составляет не более 1,5-2,0 г/дм<sup>3</sup>. Тогда вынос взвешенных веществ из вторичного отстойника составит от 5 до 10 мг/дм<sup>3</sup> при прочих благоприятных условиях.

Кроме того, контролировать работу вторичного отстойника необходимо по выносу взвешенных веществ (при хорошей работе он составляет менее 10 мг/дм<sup>3</sup>), по влажности удаляемого осадка (норма 99,4-99,7 %) и по содержанию растворенного кислорода. Для нормальной работы вторичного отстойника концентрация растворенного кислорода в нем должна составлять не менее 2 мг/дм<sup>3</sup>. При соблюдении этого условия возвратный ил поступит в аэротенк хорошего качества и сразу приступит к активному окислению загрязняющих веществ. Если концентрация растворенного кислорода во вторичном отстойнике меньше, чем критическая 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, то может происходить гниение и всплывание ила на поверхность отстойника, ухудшается состояние возвратного ила и нарушается работа регенераторов.

# *Регламентирование удаления активного ила из вторичных отстойников*

Потребление кислорода во вторичных отстойниках меньше, чем в аэротенках, так как нагрузка на ил невелика. Однако в случае промстоков (с большой концентрацией загрязняющих веществ в виде суспензий и коллоидов, которые адсорбируются илом и плохо окисляются в аэротенках), при условии залеживания ила во вторичном отстойнике, загрязняющие вещества продолжают окисляться в нем. При этом токсины и продукты анаэробного распада и метаболизма во вторичных отстойниках отводятся плохо, и ил загнивает.

Следовательно, степень рециркуляции ила из вторичного отстойника в случае промышленных токсичных сточных вод должна определяться только скоростью оседания ила во вторичном отстойнике, что обеспечивает минимальный период нахождения ила в бескислородных условиях.

Вторичные отстойники принципиально отличаются от первичных по свойствам веществ, в них отстаивающихся. Если в первичных отстойниках осадок может некоторое время лежать без загнивания, то во вторичных даже небольшие залежи осадка дают гниение и ухудшение режима аэрации по всей системе. Гниющий возвратный ил расстраивает систему очистки и в результате ее эффект существенно снижается.

Поэтому система удаления ила из вторичных отстойников должна предусматривать работу в условиях ежедневных пиковых нагрузок, а не среднесуточных и осуществляться круглосуточно, а не периодически, что иногда допускается на поселковых сооружениях небольшой производительности в целях экономии электроэнергии.

# *Влажность избыточного и возвратного ила*

Влажность отгружаемого и возвратного ила может изменяться в достаточно широких пределах от 99,2 до 99,7 %, что соответствует содержанию сухого вещества в иле от 3 до 8 г/дм<sup>3</sup>. Результаты определений влажности и сухого вещества возвратного ила должны соответствовать друг другу, что является косвенной проверкой правильности выполненных измерений.

Пример.

Если влажность осадка составляет 99,2 %, то масса сухого вещества осадка (в г/дм<sup>3</sup>) должна составлять

$$0,8\% * 1000/100 = 8 \text{ г/дм}^3$$

# *Системы удаления активного ила из отстойников*

Наиболее совершенная система сбора осадка у радиальных вторичных отстойников, которая подразделяется на систему с илоскребами и илососами. В сравнении с горизонтальными отстойниками скребки или илососы у радиальных отстойников на одной центральной основе реже выходят из строя, чем цепные или тележечные механизмы. Ил в радиальных отстойниках собирается и извлекается быстрее и равномернее, чем в горизонтальных.

Время пребывания ила на дне радиального отстойника зависит от скорости движения скребкового устройства, количества крыльев или илососов, а также от расстояния между скребками по радиусу до илового приямка или от длины крыльев илососов. Наличие залежей ила на днище периферийной части отстойника влияет на увеличение выноса взвешенных веществ, так как гидравлические потоки сточных вод, поступающие из центральной трубы, направлены к периферии отстойника и вымывают осевший у стенок ил на поверхность отстойника.

В радиальных отстойниках из-за неровности днища или из-за наличия зон залежей осадка (илосос не доходит до периферийной зоны отстойника нарушена поверхность скребков и т.д.) осадок может неравномерно накапливаться на дне отстойника в определенных зонах, что является причиной его брожения и всплывания, а также причиной ухудшения свойств возвратного ила. В таких случаях отстойник опорожняется, залежи очищаются, а причины по возможности устраняются.

Иногда ликвидация залежей ила требует серьезной реконструкции отстойников. Например, если илосос не доходит до борта несколько метров, только в центре отстойника осадок хорошо удаляется, а на периферии наблюдаются постоянные залежи ила. Этот недостаток может быть исправлен заменой илососов на илоскребы.

Наиболее частая причина ухудшения качества очистки сточных вод — избыточный вынос активного ила из вторичных отстойников. Причины этого многообразны, а воздействующие факторы взаимосвязаны так, что трудно выделить из них основные и второстепенные. Избыточный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников не только вызывает ухудшение качества очистки, но и приводит к нарушению самого процесса очистки и ухудшению качества утилизируемого осадка (повышение его влажности). В результате избыточной потери ила уменьшается его необходимый прирост, что приводит к снижению окислительной мощности азротенков, понижению уровня метаболизма активного ила и его устойчивости к неблагоприятному влиянию промышленных сточных вод.

**Микробиологические методы очистки воды**

# *Основные факторы, вызывающие избыточный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников*

1. Гидравлические перегрузки, которые обусловлены превышенным (в сравнении с проектным) объемом сточных вод, поступающих на очистку; конструктивными несовершенствами вторичных отстойников (например, отклонение уровня переливных гребней от горизонтальной плоскости) или неудовлетворительной эксплуатацией вторичных отстойников (неравномерное распределение потоков между всеми работающими отстойниками, разрушение водопереливов, засорение переливных гребней, поломки центральной трубы и неправильная установка отражательного щита). Возможно и сочетание перечисленных причин.
2. Неравномерное поступление сточных вод на очистные сооружения и возникновение гидравлических пиковых перегрузок.
3. Превышение удельных нагрузок на активный ил по содержанию растворенных органических загрязняющих веществ, в результате чего происходит неэффективное окисление их в аэротенках и процесс доокисления продолжается во вторичных отстойниках, в условиях отсутствия кислорода, что приводит к загниванию активного ила, диспергированию хлопьев и их выносу из отстойников.
4. Воздействие токсичных сбросов, приводящее к дефлокуляции хлопьев ила, блокированию дыхательных ферментов у организмов, нарушению процесса биологического окисления загрязняющих веществ, что в совокупности приводит к возрастанию кислородпоглощаемости ила и нарушает процесс отстаивания во вторичных отстойниках.
5. Недостаток кислорода в аэротенках и вторичных отстойниках. В аэротенках недостаток растворенного кислорода в иловой смеси приводит к снижению окислительной способности активного ила и повышенной потребности его в кислороде во вторичных отстойниках. При недостатке растворенного кислорода во вторичных отстойниках активный ил будет загнивать, хлопья ила диспергироваться, всплывать и выноситься из отстойников.
6. Перегрузка по массе взвешенных веществ на вторичный отстойник. Рабочую нагрузку по взвешенным веществам необходимо постоянно поддерживать меньшую, чем максимальная расчетная, что непосредственно связано со своевременным удалением осевшего ила из вторичного отстойника и постоянным поддержанием оптимальной концентрации возвратного ила.

# Основные факторы, вызывающие избыточный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников

Рабочая нагрузка на вторичный отстойник рассчитывается по формуле

$$N_{\text{раб}} = 10^3 * \frac{q_{\text{вход}} - q_{\text{возвр}}}{F} * a < N_{\text{max}}$$

где  $N_{\text{раб}}$  - рабочая нагрузка на вторичный отстойник по взвешенным веществам,  $(\text{г/ч}) \cdot \text{м}^2$ ;  $q_{\text{вход}}$  — расход сточных вод, поступающих на отстойник,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $q_{\text{возвр}}$  — расход циркуляционного ила (из вторичного отстойника в регенераторы),  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $F$  — площадь рабочей поверхности вторичного отстойника,  $\text{м}^2$ ;  $a$  — доза активного ила,  $\text{г/дм}^3$ ;  $N_{\text{max}}$  — расчетная максимальная нагрузка на вторичный отстойник.

7. Образование залежей ила на дне вторичного отстойника, что может быть обусловлено неровностями дна отстойника, плохой работой илососов, несвоевременным удалением, а также задержкой ила в системе без его отгрузки на утилизацию в случае отсутствия или экономии площадей иловых площадок.

8. Нарушение флокуляционных и седиментационных свойств активного ила. Нарушение седиментации (осаждаемости) активного ила характеризуется иловым индексом. Нарушение флокуляции активного ила — это нарушение процесса объединения хлопьев ила при отстаивании. При 30-ти минутном отстаивании иловой смеси в  $1000 \text{ см}^3$  цилиндре в случае нормальной флокуляции активного ила все его частицы оседают одновременно, плавно, объединяясь (слипаясь) между собой в момент осаждения; Надилловая вода остается прозрачной, без мелких диспергированных хлопьев ила. При нарушении флокулообразования каждая отдельная частичка активного ила осаждается со свойственной ей скоростью сама по себе, независимо от других частиц. Надилловая вода мутная, содержит много отдельных частиц ила.



# Основные факторы, влияющие на седиментационные характеристики ила

Состав сточных вод	Соотношение сложноокисляемых, инертных и легкоокисляемых органических веществ в сточных водах; сбалансированное содержание биогенных веществ; t, pH; наличие токсикантов, восстановителей
Основные технологические характеристики системы биологической очистки	Режим смешения или вытеснения (в смесителях чаще возникает вспухание ила), наличие регенерации: время пребывания, возраст ила; аэробность системы (режим аэрации и перемешивания); доза ила

а). Вспухание ила, т.е. увеличение его объема за счет чрезмерного разрастания нитчатых форм организмов (хламидобактерий, сапрофитных грибов, цианобактерий). Увеличение выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников в результате накопления нитчатых микроорганизмов в активном иле составляет от 30 до 400 % от нормы и зависит от интенсивности вспухания и технических возможностей вторичных отстойников отделить плохо седиментирующую иловую смесь от очищенной воды.

б). Всплывание ила на поверхность вторичных отстойников по причине денитрификации, вызываемой денитрифицирующими бактериями *Thiobacillus denitrificans*, *Pseudomonas fluorescens*, *Ps. auruginosa*. Денитрификация во вторичных отстойниках происходит на фоне глубокой нитрификации в аэротенках (особенно в летний период). В результате наблюдается разрыв хлопьев активного ила, лежащих на дне вторичного отстойника, газообразным азотом, их дефлокуляция на мелкие фрагменты и флотирование на поверхность отстойника. Для предупреждения всплывания ила в результате денитрификации следует провести мероприятия по подавлению глубокой нитрификации в аэротенках. Для этого необходимо снизить аэробность системы; увеличить нагрузки на активный ил снижением концентрации ила за счет увеличения объема избыточного ила и сокращением частоты выгрузки осадка из первичных отстойников.

в). Измельчение и вынос хлопьев активного ила из вторичных отстойников по причине поступления сточных вод промышленных предприятий, обладающих свойствами угнетать процесс флокуляции хлопьев активного ила или вызывать только их микрофлокуляцию без дальнейшего укрупнения (фенолсодержащие сточные воды; стоки целлюлозно-бумажной промышленности, производства антибиотиков и т.д.).

## Микробиологические методы очистки воды

# *Основные факторы, вызывающие избыточный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников*

9. Образование пены на поверхности вторичных отстойников. Образующаяся пена обладает большой вязкостью и достигает толщины от 0,5 до 30 см, иногда скверно пахнет. Пенообразование может быть вызвано несколькими причинами:

- отсутствие на сооружениях первичных отстойников или сборников масел, нефтепродуктов, жиров;
- сточные воды рыбных заводов, значительная доля в общем объеме очищаемых вод сточных вод мясокомбинатов, боен;
- сточные воды парфюмерных фабрик (варка мыла);
- сброс в канализацию реагентов, содержащих алюминий и используемых в водоподготовке питьевых вод;
- флокулянты, используемые для обработки осадка и попадающие в сточные воды с надиловой водой, подаваемой в поток поступающих на очистку сточных вод.

Перечисленные причины вызывают развитие актиномицетов *Nocardia amarae*, *N. asteroides*, *Rhodococcus sp.*, т.е. нитчатых ветвящихся бактерий с грибоподобной морфологией.

Актиномицеты формируют густую плотную пену, которая может довольно толстым слоем покрывать поверхность вторичного отстойника (рисунок) и способствовать избыточному выносу активного ила.

Актиномицеты выделяют летучие метаболиты (геосмин и 2-метилизоборнеол) подобно цианобактериям при цветении водоемов с сильным землисто-плесневым запахом. Образование пены происходит по причине выделения актиномицетами биологических поверхностно-активных веществ.

Для борьбы с пенообразованием на поверхности вторичных отстойников за рубежом применяются поверхностные скребки. Если пенообразование часто наблюдается на поверхности вторичных отстойников, необходимо устройство бункера для сбора пены с илопроводом и поверхностного скребка в виде доски, крепящейся к ферме илоскреба. Можно удалять пену с поверхности отстойника вручную при помощи дырчатых черпаков или сачков. Использование пеногасителей на сооружениях биологической очистки не оправдано, так как все они угнетают процесс кислород-переноса к клеткам активного ила.

Хорошие результаты подавления ценообразования и задержания пены в отстойниках дает применение водного гиацинта.

# Применение водного гиацинта для подавления пенообразования

Применение водного гиацинта (*Eichhornia crassipes*) в обычных условиях позволяет снизить запах, улучшить качество сточных вод за счет фильтрующей способности мощной корневой системы этого очень выносливого американского растения.

*Результаты опытно-экспериментальных работ по определению эффективности биологической доочистки водным гиацинтом биологически очищенных сточных вод на вторичных отстойниках БОС АООТ «Каустик» за период культивирования 1992-1993 гг.*

Показатели загрязнения сточных вод	Концентрация в исходной сточной воде, поступающей в отстойник, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрация в очищенной сточной воде, мг/дм <sup>3</sup>	Эффективность извлечения Эйхорнией, %
Общее солесодержание по прокаленному остатку	1892,0	1497,6	20
Азот аммонийный	23,5	19,9	15
Фосфор	12,1	11,8	5
Железо общее	0,5	0,48	2
Анилин	0,03	0,025	18
Взвешенные вещества	24,0	12,3	48
БПК <sub>5</sub>	14,8	11,3	24
Прозрачность	10 см	22 см	

Водный гиацинт в выносных лотках вторичного радиального отстойника. Очистные сооружения АООТ «Каустик», г. Волгоград

