

АЭРОТЕНК С ПРОДЛЕННОЙ АЭРАЦИЕЙ

Т.Х.КАРИМОВ, К.М.КАДЫРОВ

E.mail. ksucta@elcat.kg

Айлана чөйрөнү коргоонун глобалдуу проблемасынын бири таза суу жана суу сактагычтарды кир заттардан сактап калуу. Ошонун негизинде тез арада жогорку денгээлде тазалоочу системаларды киргизүү болуп эсептелет. Ар кандай завод фабрикадан чыккан кир сууларды тазалоо, кайра иштетүү менен техникалык жана сугарууга жарактуу кылуу маселеси каралып чоң мааниге ээ. Негизги татаалчылыгы суунун составындагы түрдүү кошулмалардын санынын көптүгү, колдонулган суунун жана составынын күндөн күнгө өсүшү болуп эсептелет. Азыркы күндө колдонулган сууларды тазалоонун бирден бир эффективдүү методу бактерия менен тазалоо. Бул метод өзүнүн экономикалык, экологиялык жактан эффективдүүлүгүн, тазалоо сапаты жогору экенин көрсөтүп турат.

Проблема охраны окружающей среды требует ускоренного внедрения высокоэффективных систем защиты водоемов от загрязнений.

Проблема очистки промышленных стоков и подготовки воды для технических и хозяйственно-питьевых целей с каждым годом приобретает все большее значение. Сложности очистки связаны с чрезвычайным разнообразием примеси в стоках, количество и состав которых постоянно изменяются вследствие появления новых производств и изменения технологии существующих.

В настоящее время метод очистки сточных вод активным илом является наиболее универсальным и широко применяемым при обработке стоков. Использование технического кислорода, высокоактивных симбиотических иловых культур, стимуляторов биохимического окисления, различного рода усовершенствованных конструкций аэротенков, аэрационного оборудования и систем отделения активного ила позволило в несколько раз повысить производительность метода биологической очистки. Значительные резервы скрыты также в области интенсификации массообмена.

The Problem guard surrounding ambiances requires speed introduction and high – quality systems of protection reservoirs from contamination.

The Problem peelings industrial sewer and preparation of water for technical and economic-drinking integer since each year gains all greater importance. The Difficulties peelings are said with exceeding variety admixture in sewer, amount and composition which constantly changes in effect of the appearance new production and change to technologies existing.

At present method peelings sewages by active silt is the most universal and broadly applicable when processing sewer. Use the technical oxygen, high – activity silts of the cultures, facilitator of the biochemical oxidation, different sort advanced design air tank, equipment and systems of the branch active silts have allowed in several times raise capacity of the method biological peelings. The Significant reserves hidden also in the field of intensive mass to exchange.

Для полной биологической очистки сточных вод малых населенных пунктов в искусственно созданных условиях могут применяться

- аэрационные установки, работающие по методу полного окисления (аэротенки продленной аэрации);
- аэрационные установки с аэробной стабилизацией избыточного активного ила;
- циркуляционные окислительные каналы;
- капельные биофильтры.

Аэрационные установки на полное окисление рекомендуется применять для очистки сточных вод с расходом до 700 м³/сут. Механическая очистка производится только на решетках-дробилках. Установки существуют в двух вариантах: строящиеся на месте из сборного или монолитного железобетона и серийные установки заводского изготовления (марки КУ, БИО и др.).

Аэрационные установки с аэробной стабилизацией активного ила применяются при расходах стоков более 200 м³/сут. Механическая очистка предусматривается такая же, как для аэротенков с продленной аэрацией. Такие установки изготавлиются на заводах серийно.

Циркуляционные окислительные каналы – наиболее дешевые и простые из всех сооружений биологической очистки в искусственно созданных условиях. Они применяются в районах с расчетной температурой не ниже -25 °С в случаях, когда установки заводского изготовления применять нецелесообразно.

Капельные биофильтры допускается применять в особых случаях, сточные воды предварительно должны пройти механическую очистку в септиках или в решетках,

песколовках и двухъярусных отстойниках. В средней полосе России биофильтры располагают в зданиях, что обуславливает их высокую строительную стоимость.

Аэротенк представляет собой резервуар, в котором медленно движется смесь активного ила и очищаемой сточной жидкости. Для лучшего и непрерывного контакта они постоянно перемешиваются путем подачи сжатого воздуха или с помощью специальных приспособлений. Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов-минерализаторов в аэротенк должен непрерывно поступать воздух. Активный ил представляет собой биоценоз микроорганизмов-минерализаторов, способных сорбировать на своей поверхности и окислять в присутствии кислорода воздуха органические вещества сточной жидкости. Хороший активный ил имеет компактные хлопья средней крупности.

Эффект очистки в аэротенках, качество и окислительная способность активного ила определяются составом и свойствами сточных вод, гидродинамическими условиями перемешивания, температурой и активной реакцией среды, наличием элементов питания и другими факторами.

Способ биологической очистки сточных вод в аэротенках заключается в переработке аэробными микроорганизмами органических веществ, приводящей к их частичной или полной минерализации в присутствии кислорода воздуха, подаваемого в аэротенк (аэрационный бассейн).

Различают пять фаз работы и развития активного ила в аэротенках:

I фаза: биосорбция органики хлопьями активного ила. Одновременно начинается прирост массы активного ила;

II фаза: биохимическое окисление легко окисляемых углеродсодержащих органических веществ с выделением энергии, используемой микроорганизмами для синтеза клеточного вещества активного ила – фаза логарифмического роста.

III фаза: синтез клеточного вещества активного ила при замедленной скорости процесса – стационарная фаза.

IV фаза: отмирание или постепенное уменьшение массы ила – фаза эндогенного дыхания.

V фаза: фаза глубокого самоокисления ила. Здесь происходят процессы нитрификации и денитрификации с дальнейшей деградацией и минерализацией активного ила.

Для очистки сточных вод малых населенных пунктов представляет интерес фаза замедленного роста, в которой прирост ила сдерживается количеством органических загрязнений, находящихся в сточных водах, и фаза эндогенного дыхания, сопровождающаяся распадом ила. В фазе замедленного роста прирост ила по отношению

к количеству поступивших органических загрязнений заметно сокращается. Придерживая низкие нагрузки на ил, можно существенно снизить прирост ила, производить его удаление периодически и тем самым упростить обработку.

Такой прием обработки ила называется *аэробной стабилизацией* ила. При этом стабилизация может осуществляться либо непосредственно в аэротенках, либо в отдельных резервуарах – аэробных стабилизаторах.

Отказавшись от первичного отстаивания и создав условия для развития активного ила в указанной форме, можно получить достаточно простую схему очистки сточных вод, которая сводится к освобождению воды от крупных отбросов, аэрации ее с активным илом и вторичному отстаиванию. Способ очистки стоков в аэротенках при низких нагрузках называется *методом полного окисления*, или *продленной аэрацией*.

Активный ил в стадии полного окисления имеет специфические свойства: бедный видовой состав простейших (6...8 видов), малое общее количество микроорганизмов (7...8 тыс. шт. в 1 мл), низкое потребление кислорода и меньшая окислительная способность, дегидрогеназная активность и окислительно-восстановительный потенциал.

Процесс очистки сопровождается глубокой нитрификацией и минерализацией ила. Минерализованный ил имеет сравнительно низкое удельное сопротивление фильтрации, равное $(26,3...73)10^{10}$ см/г, легко отдает воду и не загнивает.

Таблица 1

Рекомендуемые расчетные параметры аэротенков продленной аэрации

– продолжительность аэрации, ч	24...72
– продолжительность отстаивания, ч	2,5...2
– концентрация ила в аэротенке по сухому веществу, г/л	3..6
– нагрузка на ил по беззольному веществу, г БПК _{полн} /г ила сут.	0.15...0.18
– объемная нагрузка, г БПК _{полн} /м ³ сут.	600
– скорость окисления органических веществ, г БПК _{полн} /г ила сут.	0,15
– прирост ила, г ила/г БПК _{полн}	0,45
– зольность ила	0,35
– возраст ила, сут.	10...40
– влажность ила из отстойника, %	98
– влажность ила из аэротенка, %	99,4
– удельный расход кислорода, мг O ₂ /мг снятой БПК _{полн}	1,25

При небольших количествах стоков аэротенки совмещают с отстойниками (*аэротенки-отстойники*), однако могут применяться и отдельные схемы очистки.

Для отделения минерализованного ила от жидкой фазы после аэротенков могут применяться вертикальные отстойники круглого или прямоугольного сечения. Процесс

разделения иловой смеси зависит от продолжительности отстаивания (не менее 1,5 ч при максимальном расходе сточных вод и иловом индексе менее 100 см/г), гидравлической нагрузки и глубины зоны отстаивания.

Институтом ЦНИИЭП инженерного оборудования разработаны проекты типовых очистных сооружений с аэротенками продленной аэрации и двумя вариантами систем аэрации: механической и пневматической. Пропускная способность станций – 100,200,400 и 700 м³/сут.

Очистные сооружения с пневматической аэрацией (типовые проекты 902-2-189...902-2-191, 902-2-154) состоят из приемной камеры, здания решеток, блока аэротенков и отстойников, контактных резервуаров, производственно-вспомогательных зданий и иловых площадок. Эти станции предназначены для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод с доведением БПК_{полн} до 20-25 мг/л.

Однокоридорный аэротенк сблокирован с вертикальным квадратным отстойником (рис.1). Подача воздуха в аэротенках осуществляется воздуходувками типа 1А через систему дырчатых труб. Для обеззараживания применяются хлорная известь или жидкий хлор.

Очистная станция с механической аэрацией (типовые проекты 902-2-149...902-2-151) включает приемную камеру, лоток с решеткой и водосливом для измерения расхода, иловую камеру для смешения сточных вод с активным илом, блок аэротенков и вертикальных отстойников, контактные резервуары, производственно-вспомогательное здание и иловые площадки. Сооружения рассчитаны для очистки стоков до БПК_{полн} и содержания взвешенных веществ до 15 мг/л, а в случае доочистки – до 5-6 мг/л. Аэротенки оборудованы механическими поверхностными аэраторами с вертикальным валом типа МП. Доочистка может производиться на каркасно-засыпных фильтрах. Обеззараживание очищенных стоков осуществляется установками на жидком хлоре или электролизными установками. Принципиальная схема очистки по типовому проекту 902-2-150 приведена на рис.2.

Аэробная стабилизация ила осуществляется в открытых сооружениях типа аэротенков. Основными параметрами для инженерных расчетов являются требуемая продолжительность стабилизации и удельный расход кислорода, которые в основном зависят от температуры и возраста ила. Продолжительность аэрации для неуплотненного активного ила – 2...5 сут, диапазон температур – 8...35 °С, расход воздуха – 1...2 м³ /ч на 1 м³ вместимости стабилизатора, интенсивность аэрации должна быть не менее 6 м³/(м²ч).

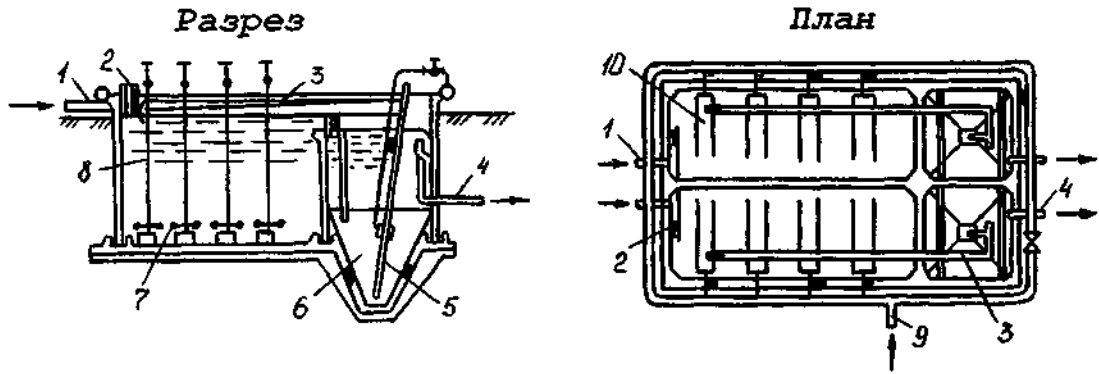


Рис.1. Блок аэротенков и вторичных отстойников:

1 – подача сточных вод, 2 – решетки, 3 – трубопровод возвратного ила, 4 – отвод очищенной сточной воды, 5 – эрлифт, 6 – отстойник, 7 – дырчатые трубы, 8 – воздушные стояки, 9 – подача воздуха, 10 – аэротенк

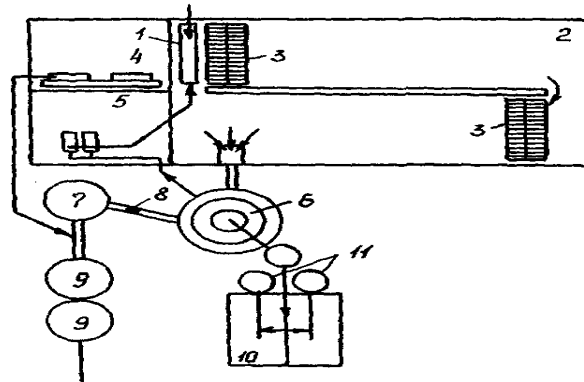


Рис.2. Принципиальная схема очистных сооружений канализации производительностью 150 м³/сут.:

1 – распределительный лоток, 2 – аэротенк, 3 – механический аэратор, 4 – баки с раствором хлорной извести, 5 – помещение для насосов возврата ила, 6 – вторичный отстойник, 7, 8, 11 – колодцы, 9 – контактные резервуары, 10 – иловые площадки

Расчет аэротенков продленной аэрации

1. Рассчитывается объем зоны аэрации:

---определяется продолжительность аэрации t_{at} :

$$t_{at} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i(1-S)P},$$

где L_{en} – БПК_{полн} поступающей сточной воды, L_{ex} – БПК_{полн} очищенных сточных вод, a_i – доза ила, S – зольность ила, P – удельная скорость окисления;

– определяется объем аэротенка.

2. *Рассчитывается аэрационная система:*

I. Пневматическая система

– определяется удельный расход воздуха q_{air} :

$$q_{air} = \frac{q_0(L_{en} - L_{ex})}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)},$$

где q_0 – удельный расход кислорода воздуха, K_1 – коэффициент, учитывающий тип аэратора, K_2 – коэффициент, зависимый от глубины погружения аэраторов, K_3 – коэффициент качества воды, K_T – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, C_a – растворимость кислорода воздуха в стоках, C_o – средняя концентрация кислорода в аэротенке;

– проверяется значение интенсивности аэрации, которое должно находиться между минимальным и максимальным табличными значениями;

– рассчитывается расход воздуха, затем подбираются тип и необходимое количество воздуходувок.

II. Механическая система

– подбираются количество и тип аэраторов по паспортной производительности по кислороду.

3. *Рассчитывается объем отстойника или отстойной зоны. Расчет аэротенков с аэробной стабилизацией активного ила*

1. *Рассчитывается аэротенк:*

– выбор типа аэрационного сооружения (аэротенк-смеситель или аэротенк-вытеснитель) и режима его работы (с регенерацией ила или без нее) по величине БПК_{полн};

– принимается доза активного ила a_t и иловый индекс J ;

– рассчитывается коэффициент рециркуляции R_i :

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J} - a_i}.$$

Аэротенки без регенерации

– для аэротенков-вытеснителей определяется БПК_{полн} стоков с учетом рециркуляции активного ила L_{mix} :

$$L_{mix} = (L_{en} + L_{ex} R_i) / (1 + R_i)$$

– определяется необходимая продолжительность аэрации:

– для *аэротенков-вытеснителей* t_{atv} :

$$t_{av} = \frac{1 + \varphi \cdot a_i}{P_{\max} C_o a_i (1 - S)} \left[(C_o + K_o)(L_{mix} - L_{ex}) + K_L C_o L_n \frac{L_{en}}{L_{ex}} \right] K_p$$

где φ – коэффициент ингибирования, P_{\max} – максимальная скорость окисления, K_o – константа, характеризующая влияние кислорода, K_L – константа, характеризующая свойства органических загрязнений, K_p – коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания;

– для *аэротенков-смесителей* t_{atm} :

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i (1 - S) P}$$

– рассчитывается нагрузка на активный ил q_i :

– для *аэротенков-вытеснителей*:

$$q_i = \frac{24(L_{mix} - L_{ex})}{a_i (1 - S) t_{atv}}$$

- для *аэротенков-смесителей*:

$$q_i = \frac{24(L_{mix} - L_{ex})}{a_i (1 - S) t_{atm}}$$

– проверяется соответствие предварительно заданного илового индекса полученной нагрузке на ил. Если соответствия нет, расчет повторяют, принимая иловый индекс, соответствующий нагрузке;

– рассчитывается необходимый объем аэротенка (для вытеснителей учитывается рециркуляционный расход) и выбираются его геометрические размеры согласно выбранному типу и конструкции;

– определяется удельный расход воздуха, рассчитывается интенсивность аэрации и проверяется на максимальную и минимальную границы;

– подбирается аэрационное оборудование и определяется прирост ила P_i :

$$P_i = 0.8C_{cdp} + 0.3L_{en},$$

где C_{cdp} – концентрация взвешенных веществ в стоках.

Аэротенки с регенерацией:

– определяется БПК_{полн} стоков с учетом рециркуляции активного ила L_{mix} ;

– определяется необходимая продолжительность аэрации t_{at} :

$$t_{at} = \frac{2.5}{\sqrt{a_i}} \lg \frac{L_{mix}}{L_{ex}};$$

– рассчитывается доза активного ила в регенераторе a_r :

$$a_r = a_i \left(\frac{1}{2R_i} + 1 \right);$$

– определяется общая продолжительность окисления загрязнений:

$$t_o = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i a_i (1 - S) P},$$

где значение P определяется по формуле для аэротенков-смесителей при дозе ила a_i ;

– продолжительность регенерации t_r равна:

$$t_r = t_o - t_{at};$$

– время пребывания сточных вод в системе "аэротенк-регенератор" t_{ar} :

$$t_{ar} = (1 + R_i)t_{at} + R_i t_r;$$

– рассчитывается средняя доза ила в системе "аэротенк-регенератор" a_r :

$$a_{ar} = \frac{(1 + R_i)t_{at}a_i + R_i t_r a_r}{t_{ar}};$$

– рассчитывается нагрузка на ил по средней дозе и проверяется на соответствие с табличным значением илового индекса;

– рассчитывается объем аэротенка и регенератора;

– дальнейший расчет аналогичен расчету аэротенков без регенерации.

Рассчитывается стабилизатор активного ила:

– расчет ведется аналогично аэротенкам с учетом приведенных выше ограничений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отличительная особенность аэротенка как сооружения биологической очистки заключается в том, что процесс очистки можно регулировать до необходимой по местным условиям степени. Чем длительнее процессы аэрации, чем больше воздуха и активного ила, тем лучше очищается вода.

При выборе типа очистных сооружений рекомендуется аэротенк с продленной аэрацией, который можно широко применять на территории Кыргызской Республики, так как он является наиболее эффективным, отличается от других сооружений экономическим, экологическим показателем при очистке сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоров Н.Ф., Шифрин С.М. Канализация. – М., 1998. – С.23-25.
2. Грулер И. Очистные сооружения малой канализации /Пер. с нем. под ред. В.А.Шпицберга. – М.: Стройиздат, 1980. – С. 18-24.
3. Водоотведение и очистка сточных вод /С.В.Яковлев, Ю.В.Воронов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2002. – С. 298-300.
4. Яковлев С.В., Ласков Ю.М. Канализация. – М.: Стройиздат, 1978. – С. 55-56.
5. Деменкова Т.П., Иванин В.П., Исаков В.Г., Эль А.М. Курьяновская станция аэрации. – М.: ЗАО НВП ИНСОФТ, 1998. – С. 100-101.
6. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты. – М.: Издательство литературы по строительству, 1971. – С. 98-102.
7. Павлова Н.Н., Иванов В.Г. Расчет сооружений для очистки сточных вод: Методические указания для курсового и дипломного проектирования. – Л., 1978. – С. 5-7.
8. Дикаревский В.С., Иванов В.Г., Павлова Н.Н. Проектирование и расчет аэротенков. Методические указания для курсового и дипломного проектирования. – СПб., 1991. – С.320-321.