



**КОМПЛЕКСЫ СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРМЕНТНО-КАВИТАЦИОННОГО
МЕТОДА ОЧИСТКИ ВОДЫ И ПЕРЕРАБОТКИ ИЛОВОГО ОСАДКА**

Вертикальные сооружения закрытого типа, предлагаемые компанией «Экотор», позволяют сократить занимаемые площади в 10-100 раз по сравнению с классическими сооружениями, а также уменьшить санитарно-защитную зону с 500 до 30 метров за счет исключения эмиссии вредных выбросов. Высокая степень заводской готовности делает этот тип очистных сооружений незаменимыми в жилых и производственных застройках городов и посёлков, не имеющих свободных площадей.

В основе технологических решений, вертикальных комплексов очистных сооружений, лежит биологическая очистка с применением ферментно-кавитационного метода. Что позволяет интенсифицировать биохимические процессы биоценоза активного ила и значительно повысить окислительную способность всей системы и процессов, протекающих при очистке сточных вод и обработке иловых осадков.

Очистка сточной воды в вертикальных комплексах сооружений, как и в классических схемах, представляет последовательную схему, включающую: предварительную механическую очистку, удаление песка, устранение дефицита кислорода, усреднение стока по концентрации и расходу.

Ликвидации застойных зон проводится при помощи непрерывной циркуляции сточной воды, с применением стандартного оборудования и высокоэффективной аэрационной системы, позволяющей вести минерализацию легкоокисляемой органики.

В процессе циркуляции, очищаемая вода обрабатывается кавитацией низкой интенсивности, генерализуемой турбоджеттами. Последние обеспечивают условия для снижения числа кавитации путем создания специального гидравлического режима. При этом число кавитации снижается до 0,05 (в сравнении с обычным режимом - число кавитации в насосе достигает до 4-6). Затем, под напором, очищаемая вода проходит через аэрационное устройство, насыщается кислородом воздуха из атмосферы с образованием водовоздушной смеси. Вследствие этого происходит тщательное перемешивание, повышение концентрации кислорода в смеси и интенсивное окисление органических загрязнений.

Прошедшие предварительную стадию очищаемые воды, поступают в емкости биореакторов, где для окисления загрязнений используется как свободноплавающий ил, так и биологическая пленка на закрепленной загрузке. Биореактор работает по принципу башенных аэротенков-вытеснителей с применением комплексной системы аэрации, и

постоянной циркуляцией жидкости. Это позволяет иметь в смеси достаточное количество рабочих аэробов и ферментов, которые за счет экзо- и эндоферментных реакций ведут интенсивное окисление и разложение органических веществ в очищаемой воде. Под воздействием кавитации низкой интенсивности активный ил обычно переходит во вспухшую форму, которая из рабочего биоценоза постоянно выводит балластные микроорганизмы, за счет чего значительно повышается общая окислительная способность активного ила в следствии нитчатой разветвленной формы и его большой площади соприкосновения с загрязнениями.

Отделение ила от очищаемой воды и глубокая доочистка ведется по ступенчатой схеме в седиментаторах. Последние применяются и для осветления очищаемой воды, отделения твердой фазы от жидкой (активного ила от воды), а также для более глубокого окисления и разложения трудноокисляемых органических веществ. Седиментаторы работают по принципу восходящие нисходящих потоков, имеют в составе модули с закрепленной объемной биологической загрузкой. Обеспечивают глубокое окисление – доочистку, а также отделение, свободноплавающего активного ила от очищаемой воды и его задержку путем многократных последовательных процессов флокуляции частиц вспухшего ила с помощью биологически активной пленки за счет разноименности зарядов и их гравитационного осаждения. При перекачке в биореакторы флокулы активного ила разрушаются и тем самым переходят в первоначальное хлопьевидное состояние и процесс повторяется.

Для снижения энергетических затрат процесс аэрации ведется в вертикально расположенных емкостях, это позволяет довести концентрацию растворенного кислорода в иловодной смеси до 18-20 мг/л, так как высокое парциальное давление ведет к увеличению растворимости кислорода в воде. Тем самым происходит не только активное биологическое, но и химическое окисление субстрата кислородом.

Интенсивное насыщение кислородом иловой смеси продлевают окислительные процессы и на избыточную биомассу, которая при классическом биохимическом процессе образует большой отход в виде избыточного активного ила, а при очистке сточных вод предлагаемым методом минимизируется количество отходов с получением ферментно-активного субстрата, который, в последствии, используется как окислитель органических соединений в иловом осадке. Для малых сооружений (до 1000 м³/сут.) возможна работа и без избыточной биомассы, то есть избыточный активный ил в процессе многократной циркуляции и под воздействием, на него, кавитации разбивается в ферментную коллоидную массу и может сбрасываться в голову сооружений, тем самым в дальнейшем являясь «улучшителем» процесса очистки.

Благодаря возможности поддерживать высокую концентрацию растворенного кислорода ($O_2=18-20$ мг/л) и низко-кавитационного воздействия успешно решаются проблемы изъятия из сточных вод биогенных веществ путем перевода их в твердую фазу, что подтверждается теоретическими разработками и математическим обоснованием («Mogens Henze Biological and Cemical Processes» Москва. Мир 2004 г.). Кроме того, комплексное химико-физическое воздействие, на очищаемую сточную воду, позволяет избавиться от патогенной и паразитарной флоры за счет высокой концентрации

растворенного кислорода и использования режима кавитации низкой интенсивности (всхлопывание пузырьков воздуха в воде, образуя миниводородный взрыв). Центры кавитации образуются на крупных микроорганизмах, яйцах гельминтов и самих паразитах, которые в силу своих размеров являются ядрами кавитации, что приводит к разрыву их оболочек и уничтожению. Для жизнедеятельности рабочих аэробов данный режим не опасен, так как размеры их на порядок меньше, и режим кавитации низкой интенсивности ведет к стимуляции их роста. А при высоких нагрузках - приводит к вспухшей структуре рабочего субстрата, увеличению способности окислять органические вещества и биогены, использовать комплексные соединения тяжелых металлов для построения собственного клеточного вещества и доведение этих соединений до безопасного природного состояния.

В процессе вторичного отстаивания через закрепленную загрузку происходит отделение вспухшего ила за счет флокулирования и одновременно глубокая биологическая очистка (доочистка). Затем инерционно-гравитационное осаждение в несколько ступеней. Далее активный ил возвращается в аэротенки для последующих циклов работы.

Технологическая схема вертикальных очистных сооружений

Очистка сточной воды представляет собой последовательную схему, включающую:

- предварительную механическую очистку;
- удаление грубых включений при помощи решеток, и задержание песка и крупных взвесей при помощи песколовков;
- подачу сточной воды насосом или самотеком в емкость усреднителя, в котором осуществляется устранение дефицита кислорода в воде (ее подготовка к биологической очистке). А также в усреднителе параллельно происходит и усреднение поступающих сточных вод по концентрации и расходу.

Ликвидации застойных зон проводится при помощи непрерывной циркуляции сточной воды, с применением насосного оборудования, аэрационной системы, представленной эжекторами и отражателями. Также на данном этапе происходит окисление легкоокисляемой органики за счет свободноплавающего ила.

В процессе циркуляции, очищенная вода, перед поступлением в полость насоса подвергается обработке кавитацией низкой интенсивности, генератором которой являются турбоджеты. Последние обеспечивают условия для снижения числа кавитации путем создания специального гидравлического режима, число кавитации снижается до 0,05 (в сравнении с обычным режимом - число кавитации в насосе достигает до 4-6). Затем, под напором, очищаемая вода проходит через эжектор, насыщается кислородом воздуха из атмосферы с образованием водовоздушной смеси. Вследствие этого происходит тщательное перемешивание, повышение концентрации кислорода в смеси и интенсивное окисление органических загрязнений.

Избыточное количество очищаемой воды, по переливным трубопроводам, поступает в емкости биореакторов, где для очистки используется как свободноплавающий ил, так и биологическая пленка на закрепленной загрузке. Биореактор работает по принципу

башенных аэротенков-вытеснителей с применением эжекторной аэрации, и постоянной циркуляцией жидкости. Это позволяет иметь в смеси достаточное количество рабочих аэробов и ферментов, которые за счет экзо- и эндоферментных реакций ведут интенсивное окисление и разложение органических веществ в очищаемой воде. Под воздействием кавитации низкой интенсивности активный ил переходит во вспухшую форму. Из ила автоматически выводятся балластные микроорганизмы, при этом значительно повышается общая окислительная способность активного ила за счет нитчатой разветвленной формы и его большой площади соприкосновения с загрязнениями.

Отделение ила от очищаемой воды и глубокая доочистка ведется в две ступени в седиментаторах. Последние применяются и для осветления очищаемой воды, отделения твердой фазы от жидкой (активного ила от воды), а также для более глубокого окисления и разложения трудноокисляемых органических веществ. Седиментаторы работают на принципе восходяще нисходящих потоков, имеют в составе модули с закрепленной объемной загрузкой с наращенной биопленкой. Обеспечивают глубокое окисление – доочистку, а также отделение, свободноплавающего активного ила от очищаемой воды и его задержку путем многократных последовательных процессов флокуляции частиц вспухшего ила с помощью биологически активной пленки за счет разноименности зарядов и их гравитационного осаждения. Периодически осуществляется возврат флокул активного ила в биореактор, где при перекачке эффективно происходит процесс разрушения флокул и переход задержанного ила в первоначальное хлопьевидное состояние.

Особенности процесса очистки сточных вод

Образующиеся, на всех биологических очистных сооружениях, иловые осадки сточных вод, представляют серьезнейшую проблему, в части загрязнения и заражения болезнетворными бактериями атмосферного воздуха, почвы и водного бассейна.

Применяемые классические технологии обработки илового осадка не дают гарантий безопасности его дальнейшего использования. При складировании образовавшиеся иловые осадки занимают большие площади, наблюдается распространение неприятного запаха, также следует отметить, что растет опасность распространения эпидемий.

Предлагаемая схема очистки сточных вод предусматривает также и обработку образующегося илового осадка, которая ведется в ферментно-кавитационном реакторе. Принцип действия реактора подобен действию аэробного стабилизатора. Процесс аэробный и ведется в смеси избыточного активного ила с сырым осадком и основан на методе ферментно-кавитационного воздействия на смесь. Он включает обработку кавитацией низкой интенсивности, глубокое насыщение кислородом воздуха образуя иловодовоздушную смесь, обеззараживание, отстаивание, уплотнение и выгрузку стабилизированного осадка. А в случае наличия недопустимо высокого количества тяжелых металлов применяется прерывистое воздействие переменным током, разложение органических веществ, нейтрализацию тяжелых металлов и полную минерализацию илового осадка сточных вод.

Обработанный аэробным ферментно-кавитационным методом сырой осадок и избыточный активный ил может быть использован в качестве удобрения в сельском хозяйстве, промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, в лесных и декоративных питомниках, а также для целей биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов твердых бытовых отходов. По своим качествам он отвечает требованиям ГОСТ Р.17.4.3.07-2001. «Охрана природы. Почвы. Требованиям к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений», а также требованиям СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения».

Ферментно-кавитационный метод при простоте в эксплуатации и значительном энергосбережении, дает качественное протекание процесса стабилизации илового осадка и получение продукта торфообразной структуры, не имеющего неприятного запаха, с образованием различных форм гуминовых веществ - способствующих созданию устойчивых групп комплексонов для связывания ионов тяжелых металлов путем перевода из подвижной в неподвижную форму. А также достигается: уменьшение беззольного вещества до 50 %; низкая концентрация, по БПКп, возврата надильной воды, что дает возможность ее подачи в голову сооружений и является улучшителем очистки вновь поступающей сточной воды за счет ее насыщенности ферментами. В результате процесса получаемый осадок является биологически стабильным, безвредным в санитарном отношении с полной дегельминтизацией. Вследствие проведенных процессов, осадок характеризуется высокой степенью влагоотдачи, негигроскопичностью - при попадании атмосферных осадков торфяная структура не нарушается. Осадок не гигроскопичен, не впитывает влагу и не превращается в грязь при попадании на него атмосферных осадков.

Технологический процесс ферментно-кавитационной обработки иловых осадков, не требует подвода дополнительных теплоносителей, отпадает необходимость в строительстве и эксплуатации оборудования обеззараживания стабилизированных осадков и газового хозяйства.

Предотвращение аварийных ситуаций и контроль работы установки

Очищенная вода подвергается обработке с использованием установок ультрафиолетового обеззараживания. На случай чрезвычайных ситуаций технологической схемой предусматривается дополнительное обеззараживание сточной воды раствором гипохлорита натрия. Для этого применяется комплекс пропорционального дозирования гипохлорита натрия. В состав комплекса входят:

- дозировочный насос;
- водяной счетчик;
- специальная емкость для раствора гипохлорита натрия.

Водяной счетчик стационарно монтируется на трубопроводе выхода очищенной сточной воды из блока доочистки. Дозировочный насос и емкость раствора гипохлорита натрия хранятся в помещении оператора. В штатном режиме очистные сооружения работают с обеззараживанием сточной воды на ультрафиолетовой установке, комплекс пропорционального дозирования гипохлорита натрия не задействован. При возникновении

эпидемии (или при наступлении других чрезвычайных ситуаций) малогабаритный насос вместе с емкостью доставляется из помещения оператора к блоку биологической очистки, устанавливается на специальной опоре, подключается к электросети и водяному счетчику. И по показаниям последнего осуществляется забор раствора гипохлорита натрия из емкости и его пропорциональное дозирование в трубопровод сточной воды через специальный фитинг впрыска. После ликвидации чрезвычайной ситуации дозировочный насос промывается чистой водой, демонтируется и возвращается на хранение. Очистные сооружения переводятся в штатный режим работы с обеззараживанием сточной воды на ультрафиолетовой установке.

Для управления работой установки предусматривается приборный контроль температуры и давления поступающей сточной воды в напорных линиях всех насосов, расхода очищенной сточной воды с показаниями на местных приборах и с выводом показаний на центральный щит управления в помещении операторской. Также предусматривается контроль, дистанционное управление и светозвуковая сигнализация состояния всех насосов и обеззараживающей установки на центральном щите управления в помещении операторской.

Аналитический контроль работы очистных сооружений осуществляется путем проведения анализов очищенной сточной воды на содержание загрязнений: нитритов, нитратов, взвешенных веществ, фосфатов, аммонийного азота, СПАВ, БПК, ХПК. Частота проведения анализов – три раза в месяц.

Процессы, протекающие в ходе эксплуатации очистных сооружений и проблемы, связанные с ними

При эксплуатации очистных сооружений в атмосферу могут выделяться находящиеся в сточных водах в растворенном виде вредные вещества и вещества, не относящиеся напрямую к вредным, но имеющие неприятные запахи и которые могут причинять ущерб окружающей среде и здоровью людей. В «классических» очистных сооружениях имеются открытые поверхности неочищенной сточной воды значительной площади (усреднители, отстойники, аэротенки, иловые поля), служащие источниками выделения в атмосферу вредных веществ и неприятных запахов. Наиболее интенсивно выделяются вредные вещества и неприятные запахи вследствие барботирования воздуха по всей площади аэротенков и малого коэффициента использования кислорода воздуха вследствие неэффективности простого барботажа, при котором массопередача кислорода из барботируемых пузырьков воздуха в окружающую сточную воду крайне незначительна. В комплексе очистных сооружений вертикального типа все процессы усреднения сточных вод, биологической очистки, доочистки, осаждения и отделения избыточного илового осадка осуществляются в закрытых вертикальных очистных аппаратах, открытые водные поверхности отсутствуют. Насыщение сточной воды осуществляется эжекторами за счет подсоса воздуха напорной струей воды и динамического дробления и диспергирования подсосываемого воздуха в сточной воде с достижением микропузырьков с очень высокой поверхностью массопередачи и высокой степенью адсорбции и растворения кислорода. Вследствие этого коэффициент использования кислорода воздуха в 8-10 раз выше по

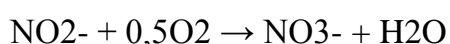
сравнению с простым аэрированием в «классических» очистных сооружениях, соответственно меньше расход воздуха и вынос паров сточной воды с воздухом в атмосферу.

В ходе биологической очистки сточной воды осуществляются процессы деструкции органических веществ в аэробных условиях под воздействием простейших микроорганизмов. Находящиеся в сточной воде микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности деструктируют органические загрязнения при одновременном потреблении кислорода. Процесс идет до образования безвредных конечных продуктов углекислого газа и воды с одновременным образованием новых микроорганизмов.

Одновременно с процессом аэробной деструкции органических веществ осуществляются процессы удаления соединений азота. В неочищенных бытовых сточных водах основная масса азота находится в виде аммонийного азота, который подвергается последовательно процессам нитрификации и денитрификации. Процесс нитрификации заключается в преобразовании аммонийного азота в нитраты и осуществляется в две стадии:



На этой стадии азот аммонийный переводится в нитриты с образованием воды и кислоты.

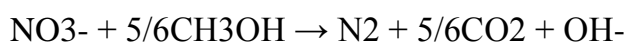


На этой стадии нитриты переводятся в нитраты с образованием воды

Суммарно процесс нитрификации выражается следующим уравнением:



Процесс денитрификации заключается в преобразовании нитратного азота в свободный азот (газ), выделяющийся из сточной воды в атмосферу, и выражается условно следующим уравнением:



Процесс денитрификации аналогичен процессу аэробной деструкции органических соединений, только роль кислорода выполняет нитраты (NO_3^-).

В данном уравнении в качестве органического соединения приведен метанол, однако может быть любое другое органическое вещество, содержащее углерод, водород и кислород.

Таким образом, в процессе очистки сточных вод образуются и выделяются в атмосферу только неопасные газы азот и углекислый газ, а также пары воды, уносимые с этими газами и остаточным воздухом.

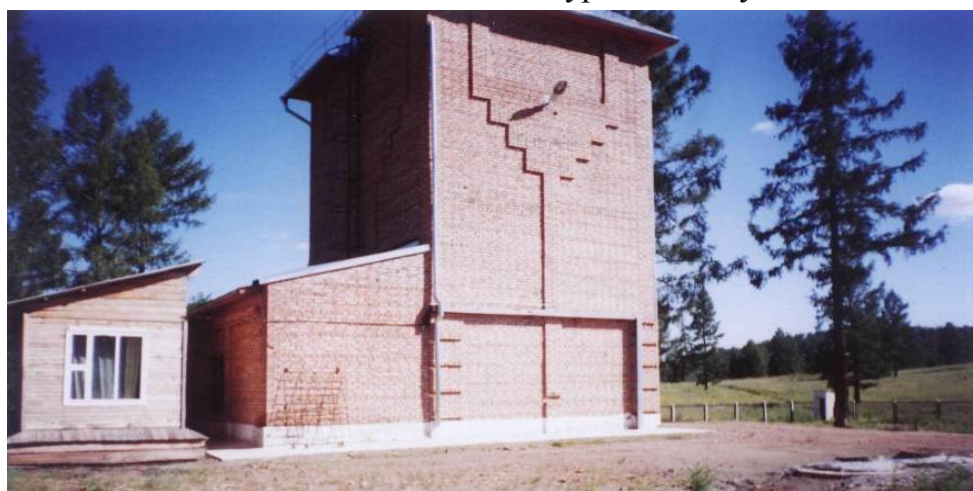
Ввиду закрытого исполнения, вертикальности объемов и интенсивного насыщения кислородом воздуха сточной воды, вредные запахи отсутствуют.

В соответствии с техническими условиями ТУ 4859-001-04111461-2004 для всех комплексных сооружений и установок очистки бытовых и промышленных сточных вод по

данной технологии установлена санитарно-защитная зона в размере от 15 до 30 м в зависимости от производительности. Это дает возможность размещения очистных сооружений в жилой и промышленной застройке, что, значительно более привлекательно в сравнении с классическими биологическими очистными сооружениями, для которых санитарная зона достигает до 500 м и более.

Архитектурно-планировочные решения

Простота и компактность сооружений дает возможность вписаться в любой городской или сельский пейзаж. Здание для установки располагается наземно, требуется фундаментная плита и ограждающие конструкции, которые могут выполняться по желанию Заказчика из различных материалов – кирпич, легкие ограждающие конструкции и т.д. Также здание может быть полным или в два уровня или утепление одних емкостей.



Сооружения очистки бытовых сточных вод производительностью 700 м³/сут.
Габариты здания 10,0x8,0 м



Сооружения очистки бытовых сточных вод производительностью 150 м³/сут.
Габариты установки 3,0 x3,0 м.



Сооружения очистки
бытовых сточных вод
производительностью
1000 м³/сут.
Габариты здания
10,0x12,0 м

Транспортировку установок полной заводской готовности осуществляется автотранспортом (установка производительностью 200 м³/сут)



Таким образом, преимуществами вертикальных сооружений с применением аэробно-кавитационного метода очевидны в следующем:

- соответствие качества сбрасываемых вод необходимым нормам:
БПКполн – 3,0 мг/л, ХПК – 30,0 мг/л, взвешенные вещества – 3,0 мг/л;
- минимизация образующихся отходов (количество избыточного активного ила возможно регулировать – как увеличивать его образование, в целях получения большего количества органо-минерального продукта, так и свести до практического нулевого уровня);
- получение ценного органо-минерального продукта для получения органо-минеральных удобений;
- низкое энергопотребление на очистку сточной воды и обработку илового осадка (0,3-0,4 кВт на кубический метр очищаемой воды);
- существенная экономия эксплуатационных затрат за счет простоты обслуживания, возможности полной автоматизации процесса управления, отсутствие реагентов, сокращения времени процесса очистки воды;
- снижение занимаемых площадей, за счет вертикального расположения технологических емкостей в 10-50 раз по сравнению с классическими технологиями;
- закрытое исполнение, сокращение санитарно-защитной зоны до 10-30 м, что позволяет использовать данный комплекс в жилых застройках;
- сжатые сроки строительства и сдачи в эксплуатацию за счет высокой заводской готовности.