

РАЗДЕЛ III. ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.

Глава 1. Состав и свойства осадков сточных вод.

В процессах механической, биологической и физико-химической очистки сточных вод на очистных сооружениях образуются различного вида осадки, содержащие органические и минеральные компоненты.

В зависимости от условий формирования и особенностей отделения различают осадки первичные и вторичные.

К первичным осадкам относятся грубодисперсные примеси, которые находятся в твердой фазе и выделены из воды такими методами механической очистки, как процеживание, седиментация, фильтрация, флотация, осаждение в центробежном поле. К вторичным осадкам относятся примеси, первоначально находящиеся в воде в виде коллоидов, молекул и ионов, но в процессах биологической или физико-химической очистки воды или обработки первичных осадков образуют твердую фазу.

Составы осадков по размеру частиц отличаются большой неоднородностью. Их размеры колеблются от 10 мм и более до частиц коллоидной и молекулярной дисперсности.

Осадки первичные.

Осадок сырой - задерживается первичными отстойниками. В бытовых сточных водах эти осадки представляют собой студенистую, вязкую суспензию с кисловатым запахом. Органические вещества в них составляют 75...80% и быстро загнивают, издавая неприятный запах. Влажность осадка при самотечном удалении после 2-часового отстаивания принимается 95%, а при удалении из отстойника плунжерными насосами 93...94%. Механический состав осадков из первичных отстойников отличается большой неоднородностью. Величина отдельных частиц колеблется от 10 мм и более до частиц коллоидной и молекулярной дисперсности.

Осадки вторичные.

Активный ил, задерживаемый вторичными отстойниками после аэротенков, представляет биоценоз микроорганизмов и простейших, обладает свойством флокуляции. Структура активного ила представляет хлопьевидную массу бурого цвета. В свежем виде активный ил почти не имеет запаха или пахнет землей, но, загнивая, издает специфический гнилостный запах. По механическому составу активный ил относится к тонким суспензиям, состоящим на 98% по массе из частиц размерами меньше 1 мм. Активный ил аэротенков отличается высокой влажностью 99,2...99,7%. Биоплёнка, отделяемая во вторичных отстойниках после биофильтров, менее обводнена; ее влажность в среднем - 96%.

Осадки сброженные в анаэробных условиях. Структура осадка сброженного в метантенках, двухъярусных отстойниках и других сооружениях анаэробного сбраживания мелкая и однородная, цвет - почти черный или темно-серый. Осадки отличаются высокой текучестью, выделяют запах сургуча или асфальта. В метантенках распад осадков сопровождается выделением большого количества газа — метана, весьма ценного для использования.

Осадки из аэробных стабилизаторов. Степень распада органического вещества при аэробной стабилизации значительно меньше, чем при анаэробных процессах, но оставшаяся часть достаточно стабильна. После аэробной стабилизации осадки уплотняются в отстойниках за 5...15 ч до влажности 96...98%. При стабилизации бактерии *coli* гибнут на 95%, но яйца гельминтов не исчезают, поэтому осадки после аэробной стабилизации нуждаются в обеззараживании.

Бактериальная заселенность осадков. В осадках, как и в сточной воде, можно найти многие формы бактерий. Бактериальная заселенность осадков на порядок выше, чем сточных вод. Осадки бытовых стоков содержат большое количество яиц гельминтов.

Химический состав. Знание химического состава осадков необходимо для определе-

ния наиболее рациональных путей их использования и обработки. В табл. 1.1 дан общий химический состав осадков городских сточных вод.

Таблица 1.1.

Общий химический состав осадков, % к абсолютно сухому веществу

Типы осадков	Зола	Альфа-целлюлоза	Гемицеллюлоза	Белки, гуматы (*)	Жиры	Общий азот	Фосфор
Первичные сырые	15...35	5,5...5	5...7	15...21	18...26	3,2...3,8	1,4...2,5
Первичные сброженные в метантенках:							
мезофильный процесс	28...40	2,8...9	5,8...9	35	7,6...9	3...4,3	2,4...4,8
термофильный процесс	40...42	1,6	6,0	28	9	3,8	4,9
Активный ил из вторичных отстойников после аэротенков	25...30	0,8...2	2,6...2,2	30...35	7,11...14	7,3...6,8	5,4

*) Примечание: В сырых осадках в основном присутствуют белковые вещества, а в сброженных – гуминовые соединения.

Осадки сточных вод это суспензии, в которых дисперсной фазой являются твердые частицы органического и минерального происхождения, а дисперсионной средой – вода с растворенными в ней веществами.

Свойства суспензии во многом зависят от содержания в ней воды. Общее влагосодержание в осадках принято определять понятием "влажность".

Влажность – содержание массы воды в 100 кг осадка, выраженное в процентах:

$$P = 100 \times (m_0 - m_{\text{сух}}) / m_{\text{ос}}, \quad (1.1)$$

или

$$P = 100 \left(1 - \frac{m_{\text{сух}}}{W_o \rho_{\text{ос}}} \right), \quad (1.2)$$

где m_o , $m_{\text{сух}}$ – масса исходного осадка и сухой остаток, кг;

W_o – объем осадка, м³;

$\rho_{\text{ос}}$ – плотность осадка, кг/м³.

Нестабильность осадка, проявляющаяся в способности к загниванию, бактериальная заселенность и многие другие свойства обусловлены органическими веществами, находящимися в его составе. Косвенная оценка органической части твердой фазы осадка выполняется по показателю "зольность".

Зольность – содержание минеральной части в сухом осадке, выраженное в процентах:

$$S = 100 \times (m_{\text{зол}} / m_{\text{сух}}), \quad (1.3)$$

где $m_{\text{зо}}$ – масса золы, оставшаяся после сжигания сухого остатка, кг.

Обработка осадков, выделяемых в процессах очистки сточных вод, проводится с це-

лю получения конечного продукта, наносящего минимальный ущерб окружающей среде, или пригодного для утилизации в производстве.

Эта цель достигается осуществлением трех основных процессов в различных технологических последовательностях: *стабилизацией* – придающей осадкам способность не выделять вредные продукты разложения при длительного хранения; *обезвоживанием* – обеспечивающим минимальный объем осадков; *обеззараживанием* – делающим осадок безопасным по санитарно-бактериологическим показателям.

Глава 2. Стабилизации осадков сточных вод и активного ила в анаэробных и аэробных условиях.

Стабилизация первичных и вторичных осадков достигается путем разложения органической части до простых соединений или продуктов, имеющих длительный период ассимиляции окружающей средой. Эффект стабилизации осадка может быть получен разными методами – биологическими, химическими, физическими, а также их комбинацией. Целесообразность применения того или иного метода стабилизации определяется рядом условий, главными из которых являются вид осадков, их количество, возможность и условия дальнейшего использования, наличие территории для их размещения.

Наибольшее распространение получили методы биологической анаэробной и аэробной стабилизации.

Биохимия и микробиология анаэробного метанового сбраживания.

Биохимия и микробиология анаэробного метанового сбраживания сложнее, чем аэробных процессов. До настоящего времени нет полной ясности относительно роли и степени участия в нем разных групп микроорганизмов, однако, в отличие от активного ила, биоценоз метантенка представлен только бактериями.

Согласно современным представлениям процесс анаэробного метанового сбраживания включает четыре взаимосвязанные фазы, осуществляемые разными группами бактерий.

1. *Фаза ферментативного гидролиза* осуществляется быстро растущими факультативными анаэробами, выделяющими экзоферменты, при участии которых осуществляется гидролиз нерастворенных сложных органических соединений с образованием более простых растворенных веществ. Оптимальное значение pH для развития этой группы бактерий находится в интервале 6,5...7,5.

2. *Фаза кислотообразования* (кислотогенная) сопровождается выделением летучих жирных кислот, аминокислот, спиртов, а также водорода и углекислого газа. Фаза осуществляется быстрорастущими, весьма устойчивыми к неблагоприятным условиям среды бактериями.

3. *Ацетатогенная фаза* превращения ЛЖК, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту осуществляется двумя группами ацетатогенных бактерий. Первая группа, образующая ацетаты с выделением водорода из продуктов предшествующих фаз процесса, называется ацетатогенами, образующими водород. Вторая, также образующая ацетаты, использует водород для восстановления диоксида углерода, называется ацетатогенами, использующими водород.

4. *Метаногенная фаза*, осуществляемая медленно растущими бактериями, являющимися строгими анаэробами, весьма чувствительными к изменениям условий среды, особенно к снижению pH менее 7,0...7,5 и температуры. Разные группы метаногенов образуют метан двумя путями:

- расщеплением ацетата: $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_4 + \text{CO}_2$
- восстановлением диоксида углерода: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$

По первому пути образуется 72% метана, по второму - 28%.

Таким образом, анаэробное разложение органических веществ осуществляется сообществом микроорганизмов, составляющих трофическую цепь первичных и вторичных анаэробов. В отличие от трофических цепей микроорганизмов в аэробных условиях, где взаимоотношения между группами организмов характеризуются отношением "жертва – хищник", для трофических систем при метановом сбраживании характерно использование продуктов одних групп бактерий другими. Первичные факультативные анаэробы осуществляют фазы гидролиза и кислотообразования, вторичные – фазы ацетатогенеза и метаногенеза на субстратах, образующихся первичными анаэробами.

Все фазы анаэробного сбраживания имеют важное значение, однако очевидно, что последующие фазы не могут начаться, пока для них не будут подготовлены условия предыдущим ходом процесса. Поскольку ацетатогены и особенно метаногены имеют более низкие скорости роста по сравнению с гидролитическими бактериями и более чувствительны к условиям процесса, то фаза образования метана оказывается существенно зависимой от этих условий.

Эффективность процесса анаэробного сбраживания оценивается по степени распада органического вещества, количеству и составу образующегося биогаза, которые, в свою очередь, определяются химическим составом осадка, а также такими основными технологическими параметрами процесса, как *доза загрузки метантенка, температура, влажность* загружаемого осадка. Кроме того, существенную роль играют такие факторы, как режим загрузки и выгрузки осадка, система его перемешивания и др.

В органическом веществе основную часть (до 80%) составляют жиры, белки и углеводы. Именно за счет их распада образуется все количество выделяющегося биогаза, в том числе 60...65% за счет распада жиров, остальные 40...35% приходятся примерно поровну на долю углеводов и белков. Отсюда следует, что при сбраживании осадков первичных отстойников, содержащих больше жиров, образуется больше газа, чем при сбраживании активного ила, в котором больше белков. Даже при очень длительной продолжительности пребывания осадка в метантенке указанные компоненты органического вещества распадаются не полностью. Имеется максимальный предел сбраживания и, следовательно, максимальный выход газа с единицы распавшегося вещества, которые существенно различаются у жиров, белков и углеводов (табл. 2.1). Различен и состав выделяющегося газа.

Таблица 2.1

Показатели биогаза и пределы распада при анаэробном сбраживании углеводов, жиров и белков.

Уравнение распада	Предел распада по газу	Удельный выход газа мкг	Состав газа, %	
			CH ₄	CO ₂
Углеводы + H ₂ O = 3CH ₄ + 3CO ₂	62,5	0,790	50	50
Жиры + H ₂ O = 2CH ₄ + CO ₂	70,0	1,250	68	32
Белки + H ₂ O = 2CH ₄ + 2CO ₂ + H ₂ S + NH ₃	48,0	0,704	71	29

Пределы распада не зависят от температуры, но скорости распада каждого компонента с повышением температуры возрастают.

Диапазон температур, при котором возможно образование метана в анаэробных микробных процессах довольно широк. В природе метан образуется при температурах от 0 до 97°C. Различают три основные температурные зоны жизнедеятельности микроорганизмов:

психрофильная – до 20°C; *мезофильная* – от 20 до 40°C; *термофильная* – от 50 до 70°C. В каждой зоне биохимические процессы осуществляет свои адаптированные ассоциации микроорганизмов. При переходе от психрофильных температур к мезофильным и далее к термофильным период адаптации к каждому режиму обычно заканчивается за 10...20 суток, благодаря тому, что, например, мезофильное сообщество всегда включает до 10% термофильных микроорганизмов, а психрофильное такое же количество мезофильных.

Наибольшее практическое применение в обогреваемых метантенках нашли два температурных режима: мезофильный 32...35°C и термофильный 52...55°C.

В не обогреваемых сооружениях (септиках, двухъярусных отстойниках, осветлителях-перегнивателях) анаэробное брожение происходит в психрофильной зоне при температурах, определяемых климатическими условиями.

Термофильный режим сбраживания имеет преимущества перед мезофильным, т.к. позволяет уменьшить объемы сооружений, кроме того, обеспечивает глубокое обеззараживание осадков не только от патогенной микрофлоры, но и от гельминтов. Однако недостатком термофильного сбраживания является низкая водоотдающая способность сброженного осадка, что требует его промывки при последующем механическом обезвоживании. В свою очередь мезофильный режим сбраживания не обеспечивает обеззараживания осадка, требует больших объемов метантенков, но позволяет получить сброженный осадок, лучше поддающийся последующему обезвоживанию.

На процесс брожения оказывают ингибирующее действие некоторые органические и неорганические вещества, которые могут содержаться в осадках в значительных концентрациях. К ним, в первую очередь, относятся тяжелые металлы, сульфиды, синтетические поверхностно-активные вещества, хлорированные углеводороды.

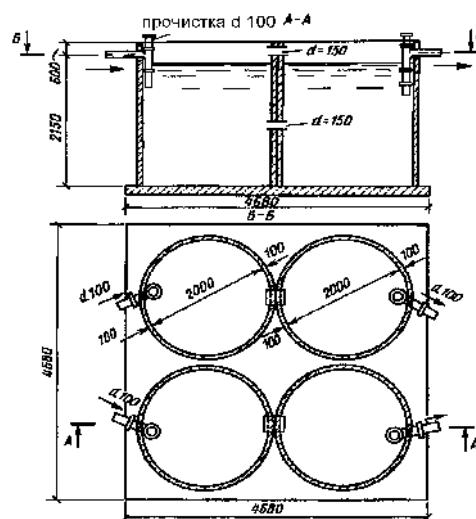
2.1. Сооружения для стабилизации осадка в анаэробных условиях

При небольшом количестве осадков применяют септики и двухъярусные отстойники, в которых биологический процесс разложения органической массы происходит экстенсивно под влиянием внешних условий. Интенсивный процесс минерализации требует создания специальных условий, оптимально обеспечивающих все его фазы. Для его осуществления применяют метантенки и аэробные минерализаторы.

Септики являются комбинированными сооружениями, в которых происходит осветление сточной воды и сбраживание (перегнивание) выпавшего осадка.

Взвешенные вещества, содержащиеся в сточной воде, выпадают в осадок, накапливающийся на дне септика. Осадок представляет собой частицы преимущественно органического происхождения. Под действием анаэробных микроорганизмов органическая часть осадка превращается в газы и минеральные соединения. Влажность осадка, сброженного в септике, составляет 90%.

Септики выполняют из сборного железобетона (рис. 2.1)



На рис. 2.1. показан типовой двухъярусный отстойник.

Перегнивший осадок, хранящийся на дне камер септиков, периодически выгружается и вывозится ассенизационными автомашинами. При необходимости обеззараживания сточных вод, выходящих из септика, устраивают камеру для контакта обеззараживающего агента со сточной водой. Размеры камеры в плане принимают не менее $0,75 \times 1$ м. Септики – простейшие по конструкции сооружения. В этом их главное преимущество. В то же время упрощенная конструкция не позволяет осуществлять процесс стабилизации интенсивно и при большом количестве осадков. Процесс сбраживания осадка в септиках не достигает метановой фазы.

Двухъярусные отстойники служат для осветления сточных вод, уплотнения и сбраживания выпавшего осадка. Они применяются на станциях пропускной способностью до 10 тыс. м³/сут (рис. 2.2).

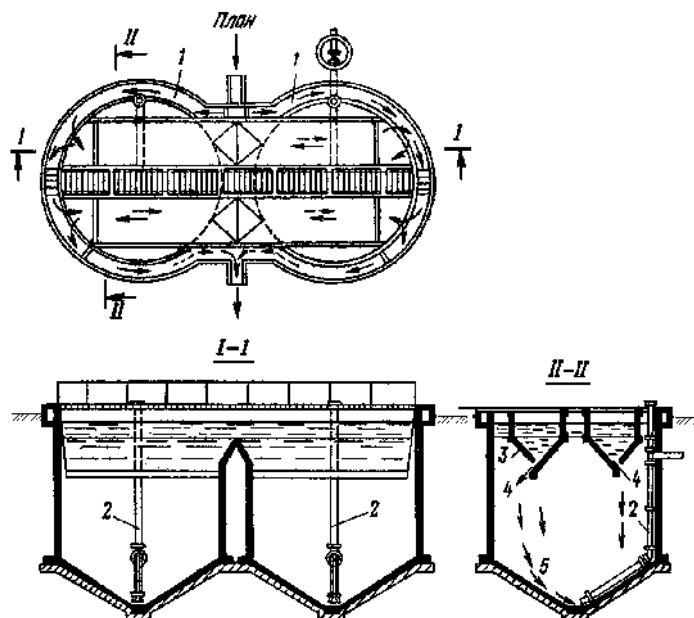


Рис. 2.2. Парный двухъярусный отстойник с двумя желобами:

1 - распределительный лоток; 2 - выгрузочная иловая труба; 3 - осадочный желоб; 4 - выгрузочно-загрузочная щель; 5 - камера сбраживания осадка

Осадочные желоба, по которым протекает сточная вода, выполняют функции горизонтального отстойника. В них происходит выпадение оседающих взвешенных веществ. Выпавший осадок сползает по наклонным стенкам нижней части желоба в щель шириной 0,15 м и далее попадает в иловую камеру.

Осадок, попавший в иловую камеру двухъярусного отстойника, под воздействием анаэробных микроорганизмов минерализуется в психрофильных условиях по двухстадийному процессу. Первая стадия — кислое брожение включает первые три фазы процесса анаэробного сбраживания, в результате которой сложные органические вещества (белки, жиры и углеводы) расщепляются до кислот жирного ряда. Затем процесс переходит во вторую стадию — фазу метанового брожения, являющуюся при правильной эксплуатации отстойника постоянной. Продуктами этой стадии минерализации являются метан, диоксид углерода и частично сероводород. Распад органических веществ при сбраживании осадка в двухъярусных отстойниках принимают 40%.

Сбраживание осадка в двухъярусных отстойниках при нормальной их работе идет без выделения дурно пахнущих газообразных продуктов; зрелый осадок имеет характерный слабый запах асфальта или сургуча. Сброженный ил удаляют из септической камеры снизу (как в вертикальных отстойниках) через иловую трубу диаметром 200 мм под гидростатический напором 1,5...1,8 м, считая от центра отверстия иловой трубы до уровня воды. Влажность выгружаемого осадка в среднем 90...92%.

Искусственный подогрев осадка в двухъярусных отстойниках обычно не предусматривается. В большинстве случаев для них характерен температурный интервал от 10 до 15° С. Поэтому для созревания осадка требуется от 60 до 180 дней. Для предохранения иловой части двухъярусных отстойников от охлаждения их заглубляют в землю или обсыпают со всех сторон землей. Поверхность сооружений на зиму следует утеплять.

Наряду с достоинствами, присущими двухъярусным отстойникам, они имеют и недостатки. Основным недостатком двухъярусных отстойников является большой объем иловой части, что существенно увеличивает стоимость сооружения. Большая глубина отстойников делает невыгодным их применение при высоком уровне грунтовых вод.

Метантенки.

Метантенки представляют собой герметичные вертикальные резервуары с коническим или плоским днищем, выполненные из железобетона или стали.

В настоящее время разработаны типовые проекты метантенков полезным объемом 500...4000 м³ и диаметром 10...20 м. Для крупных очистных станций разработаны индивидуальные проекты метантенков с полезным объемом 6000...9000 м³.

Схема метантенка представлена на (рис. 2.3). Уровень осадка поддерживается в узкой горловине метантенка, что позволяет повысить интенсивность газовыделения на единицу поверхности бродающей массы и предотвратить образование плотной корки.

При разработке конструкций метантенков значительное внимание уделяется теплоизоляции резервуаров и обеспечению газонепроницаемости купола.

За рубежом внимание разработчиков было направлено на поиск такой формы резервуара, которая обеспечила бы максимальный рабочий объем при минимальной поверхности, чтобы сократить материалоемкость и теплотери при строительстве и эксплуатации метантенков. В результате появился ряд конструкций (рис. 2.4), построенных и эксплуатируемых на различных очистных сооружениях. Корпусы метантенков выполнены из железобетона с предварительно напряженной арматурой. В качестве утеплителей могут быть использованы пенополиуретан, минеральная вата, стекловолокно. Ранее для сокращения затрат на теплоизоляцию стенок метантенка применяли обваловку грунтом, либо ограждающие конструкции, создающие воздушную прослойку между несущей и утепляющей стенками метантенка.

Теплоизоляция купола метантенков выполняется из различных теплоизолирующих материалов. Например, на Ново-Курьяновской станции аэрации газо- и теплоизоляция железобетонного перекрытия метантенков выполнена из 4...5 слоев перхлорвиниловой массы, уложенной по всей его поверхности и покрытой цементной стяжкой. Далее уложен слой шлака толщиной 500 мм, покрытый цементной стяжкой, а затем – трехслойная рулонная кровля.

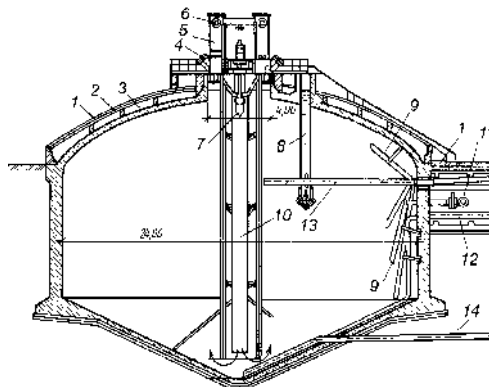


Рис. 2.3. Схема метантенка Ново-Курьяновской станции аэрации:

1—битумная обмазка; 2 — клинкерная кладка; 3 — теплоизоляция; 4—контрольный люк; 5— газосборная горловина; 6— труба для отвода газа; 7 — механический смеситель; 8 —переливная труба; 9—выпуск осадка с разных уровней; 10— направляющая труба для циркуляции иловой смеси; 11 — трубопровод для подачи пара на обогрев; 12 — труба выпуска сброженного осадка; 13 — труба подачи осадка; 14 — труба для опорожнения метантенка.

Основными конструктивными элементами метантенков, выполняющими определенные технологические функции, являются: система подачи осадков на сбраживание и выгрузки стабилизированного осадка; система подогрева; система перемешивания бродящей массы; система сбора и отвода выделяющегося газа.

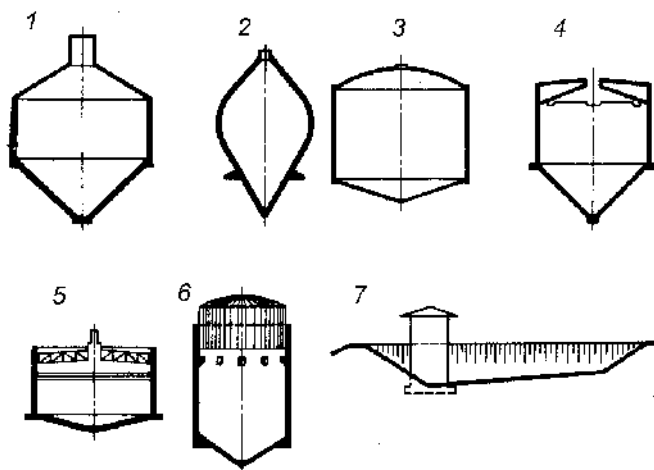


Рис. 2.4. Конструкции метантенков:

1-3 - с неподвижным незатопленным перекрытием; 4 - с неподвижным затопленным перекрытием; 5-6 - с подвижным (плавающим) перекрытием; 7 - открытый.

Система подачи и выгрузки осадков. Наиболее рациональной является эксплуатация метантенков по прямоточной схеме, при которой загрузка и выгрузка осадков происходит одновременно и непрерывно (или с минимальными перерывами). Такой режим создает бла-

гоприятные температурные условия в метантенке, так как исключается охлаждение бродящей массы вследствие залповых поступлений более холодных сырого осадка и избыточного ила. Кроме этого обеспечивается равномерность газовыделения в течение суток.

В различных конструкциях метантенков подача осадка на сбраживание может осуществляться либо через общую для всех метантенков загрузочную камеру, либо насосом непосредственно в каждый метантенк. Осадок подают в верхнюю зону метантенка, а выгружают из самой нижней точки днища. Максимальное удаление друг от друга трубопроводов подачи и выгрузки предотвращает попадание несброженного осадка в выгружаемую массу. Кроме того, при постоянной выгрузке сброженной массы из нижней части удастся замедлить процесс накопления песка, который вместе с осадком из первичных отстойников попадает в метантенк.

Система подогрева осадков. В метантенках тепло расходуется непосредственно на подогрев загружаемого осадка до необходимой расчетной температуры, на возмещение потерь тепла, уходящего через стенки, днище и перекрытие метантенка, на возмещение потерь тепла, уносимого с отводимым из метантенка газом.

В отечественной практике подогрев осадка наиболее часто осуществляют острым паром. Пар низкого давления с температурой 110...112⁰С подается во всасывающую трубу насоса при подаче и перемешивании осадка или непосредственно в метантенк через паровой инжектор. Инжекторы устанавливаются в каждом метантенке. Забирая в качестве рабочей жидкости осадок из метантенка и подавая смесь его с паром снова в метантенк, паровой инжектор обеспечивает и подогрев осадка, и частичное перемешивание бродящей массы.

За рубежом получили распространение спиральные теплообменники типа “осадок-осадок” и “вода - осадок”.

Обобщенная принципиальная схема подогрева осадка для анаэробного сбраживания представлена на (рис. 2.5).

Установка на линии выпуска сброженного осадка рекуперативного теплообменника типа “осадок-осадок” обеспечивает использование теплоты сброженного осадка для частичного подогрева осадка, подаваемого в метантенк, что сокращает расход энергии котельной установки на сбраживание осадков. Применение на второй ступени подогрева теплообменника типа “вода-осадок” обеспечивает дополнительный нагрев осадка. Наиболее эффективно применение этой схемы подогрева при термофильном сбраживании осадков.

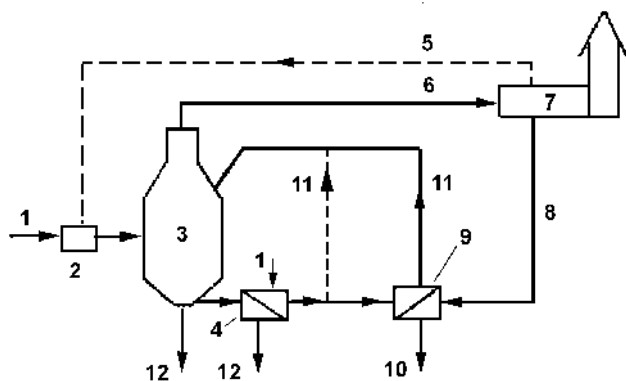


Рис. 2.5. Принципиальная схема подогрева осадка для анаэробного сбраживания:

1 – загрузка осадка; 2 — паровой инжектор; 3 - метантенк; 4 — теплообменник “осадок-осадок”; 5 - пар; 6 - биогаз; 7 - котельная; 8 — горячая вода; 9 — теплообменник “вода-осадок”; 10 - охлажденная вода; 11 — подогретый осадок; 12 - сброженный осадок.

Система перемешивания бродящей массы. Перемешивание бродящей массы обеспе-

чивает ее однородность во всем объеме метантенка. Специальные системы перемешивания используют для этой цели циркуляционные насосы, пропеллерные мешалки или перемешивание с помощью газа.

С помощью циркуляционных насосов обеспечивается рециркуляция бродящей массы со дна в верхнюю часть метантенка. Обязательным условием применения такой системы является наличие в конструкции метантенка конусного днища, что предотвращает образование мертвых зон. Перемешивание ведется до тех пор, пока не произойдет полный обмен бродящей массы.

В некоторых конструкциях отечественных метантенков для перемешивания используются пропеллерные мешалки, устанавливаемые под уровнем осадка, в трубе, расположенной в центральной части метантенка.

Использование принципа газолифта для перемешивания осадка предполагает забор осадка из-под купола метантенка или из газгольдера и введение его через вертикальные трубки в метантенк. Увеличение глубины подачи газа при одинаковом его расходе повышает эффективность перемешивания.

Система сбора и отвода газа. Для сбора газа на горловине метантенка устанавливают газовые колпаки. Для транспортирования газ прокладывается специальная газовая сеть из стальных труб с усиленной противокоррозионной изоляцией.

В процессе сбраживания осадков выделение газа неравномерно. Для поддержания постоянного давления в газовой сети на тупиковых концах ее устанавливают аккумулирующие газгольдеры. Мокрый газгольдер состоит из резервуара, заполненного водой, и колокола, перемещающегося на роликах по вертикальным направляющим. Вес колокола уравнивается противодавлением газа. Благодаря этому при изменении объема газа под колоколом давление в газгольдере и газовой сети остается постоянным. Образующийся в метантенках газ используют как топливо. При невозможности сбора газа, предусматривают его сжигание, используя специальное устройство – газовую свечу.

Расчет метантенков.

заключается в определении необходимого их объема в зависимости от количества поступающего в них сырого осадка и избыточного активного ила.

Для расчета метантенков предварительно необходимо определить количество загружаемых осадков по сухому и беззольному веществу. Расчет количества беззольного вещества сырого осадка $O_{бз}$, т/сут, и избыточного активного ила $I_{бз}$, т/сут, ведут по формулам:

$$O_{бз} = O_{сух} \times (1 - S_{ос}) \quad (2.1)$$

$$I_{бз} = I_{сух} \times (1 - S_{ил}), \quad (2.2)$$

где $S_{ос}$ и $S_{ил}$ - зольность осадка и ила соответственно.

Необходимый объем метантенков, m^3 , определяется в зависимости от объема фактической влажности смеси сырого осадка и активного ила по формуле

$$W = M_{общ} \times 100 / D, \quad (2.3)$$

где D - суточная доза загрузки в метантенк, %, принимаемая по табл. 2.2.

Таблица 2.2

Суточная доза загрузки осадка в метантенк						
Режим сбраживания	сбра-	Доза загрузки в метантенк, %, при влажности осадка, %				
		93	94	95	96	97

Мезофильный	7	8	8	9	10
Термофильный	14	16	17	18	19

Выход газа R_r , м³ на 1 кг беззольного вещества загружаемого осадка, составляет

$$R_r = R_{\text{lim}} - k_r \times D \quad (2.4)$$

где R_{lim} — максимально возможное сбраживание беззольного вещества осадка, %; k_r — коэффициент, зависящий от влажности осадка, принимаемый по табл. 2.3.

Величину R_{lim} следует определять в зависимости от химического состава осадка по формуле, %:

$$R_{\text{lim}} = 100 \times (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot У + 0,34 \cdot Б), \quad (2.5)$$

где Ж, У и Б - содержание соответственно жиров, углеводов и белков, г, на 1 г беззольного вещества осадка.

При отсутствии данных о химическом составе осадков для ориентировочных расчетов принимают: для осадка из первичных отстойников $R_{\text{lim}} = 53\%$ и для избыточного активного ила $R_{\text{lim}} = 44\%$. Для смеси осадка с активным илом значение R_{lim} следует определять по среднеарифметическому соотношению компонентов по беззольному веществу.

Таблица 2.3

Значения коэффициента k_r .

Температура сбраживания, °С	Значения k_r при влажности загружаемого осадка, %				
	93	94	95	96	97
33	1,05	0,89	0,72	0,56	0,4
53	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

При наличии в сточных водах поверхностно-активных веществ (ПАВ) суточную дозу загрузки, принятую по табл. 5.2.3, необходимо уточнять по формуле:

$$O = 10 \times D_{\text{пав}} / C_{\text{пав}} [(100 - P_{\text{см}})], \quad (2.4)$$

где $C_{\text{пав}}$ — содержание ПАВ в осадке, мг/г сухого вещества осадка, определяемое по табл. 5.2.5; $D_{\text{пав}}$ — предельно допустимая загрузка ПАВ рабочего объема метантенка в сутки, принимаемая равной 40 г/м³ для алкилбензолсульфонатов с прямой алкильной цепью; 85 г/м³ — для других "мягких" и промежуточных анионных ПАВ; 65 г/м³ — для анионных ПАВ в бытовых сточных водах).

Если суточная доза, определенная по формуле (2.4) менее указанной в табл. 2.2 для заданной влажности осадка, то объем метантенка необходимо откорректировать с учетом дозы загрузки. Если суточная доза равна или превышает приведённую в табл. 2.4, то корректировка не производится.

Кроме определения объема метантенка, производится расчет вспомогательных устройств, приспособлений для перемешивания и подогрева осадка, газового хозяйства и пр.

Таблица 2.4

Содержание ПАВ в осадках сточных вод		
Исходная концентрация ПАВ в сточной воде мг/дм	Содержание ПАВ, мг/г сухого вещества осадка	
	осадок из первичных отстойников	избыточный активный ил
10	9	5
15	13	7
20	17	7
25	20	12
30	24	12

Аэробные стабилизаторы.

Аэробная стабилизация осадков сточных вод – процесс окисления эндогенных и экзогенных органических субстратов в аэробных условиях. В отличие от анаэробного сбраживания аэробная стабилизация протекает в одну стадию.

Аэробной стабилизации может подвергаться неуплотненный и уплотненный избыточный активный ил и его смесь с осадком первичных отстойников. При стабилизации только активного или процесс можно рассматривать как завершающую ступень очистки сточных вод, когда при минимуме растворенных питательных веществ происходит самоокисление клеточного вещества микроорганизмов.

Степень распада органического вещества и продолжительность процесса зависят от соотношения количеств сырого осадка и активного ила, концентрации органических веществ, интенсивности аэрации, температуры и пр. Процесс аэробной стабилизации обычно происходит в психрофильно-мезофильной зоне жизнедеятельности микроорганизмов при температуре от 10 до 42 °С и затухает при температуре менее 8 °С. Степень распада органических веществ изменяется в среднем от 10 до 50 %, при этом жиры распадаются на 65...75%, белки – на 20...30%, а углеводы практически не распадаются. В процессе аэробной стабилизации при мезофильных температурах наблюдается на 70...90% снижение содержания кишечной палочки и других патогенных бактерий и вирусов, однако при этом яйца гельминтов не погибают.

Продолжительность процесса от 2...5 суток для неуплотненного ила, 6...7 суток для смеси неуплотненного ила и осадка из первичных отстойников до 8...12 суток для смеси уплотненного ила и осадка. Удельный расход воздуха составляет 1...2 м³/ч на 1 м³ объема стабилизатора при интенсивности аэрации не менее 6 м³/(м²ч).

Аэробная стабилизация осадков проводится обычно в сооружениях типа аэротенков глубиной 3...5 м. Использование других емкостей, построенных на станциях аэрации, например переоборудованных отстойников, уплотнителей и неиспользуемых метантенков может привести к ухудшению эффективности процесса и увеличению расхода электроэнергии.

Отстаивание и уплотнение аэробно стабилизированного осадка следует производить в течение 1,5...5 ч в отдельно стоящих илоуплотнителях или в специально выделенной зоне внутри стабилизатора. Влажность уплотненного осадка 96,5...98,5%. Отделенная иловая вода должна направляться в аэротенки.

Процесс аэробной стабилизации может осуществляться по нескольким схемам (рис. 5.2.6).

Простейшей является схема, применяемая на очистных сооружениях при отсутствии первичных отстойников (схема "а"). При этом избыточный активный ил поступает в стабилизатор непосредственно из вторичных отстойников или после илоуплотнителей. Возможна совместная стабилизация осадка из первичных отстойников с уплотненным активным илом (схема "б").

Перспективными являются схемы анаэробно-аэробной обработки смеси осадка и ила (схема "в"). Анаэробный реактор работает как обычный одноступенчатый метантенк, в котором при увеличении продолжительности сбраживания достигается глубокая стабилизация органического вещества с высоким выходом газа. Мезофильное сбраживание в течение 6 суток с последующей аэробной стабилизацией в течение 3 – 4 суток позволяет значительно улучшить водоотдающие свойства осадка. При сочетании термофильного сбраживания с аэробной минерализацией достигается обеззараживание осадка и хорошие показатели влагоотдачи.

Аэробная стабилизация осадков обеспечивает получение биологически стабильных продуктов, хорошие показатели влагоотдачи, простоту эксплуатации и низкие строительные стоимости сооружений. Однако значительные энергетические затраты на аэрацию ограничивают целесообразность использования этого процесса на очистных сооружениях производительностью более 50 – 100 тыс. м³/сут. Аэробно стабилизированные осадки могут содержать возбудителей инфекционных заболеваний, и требуют обеззараживания.

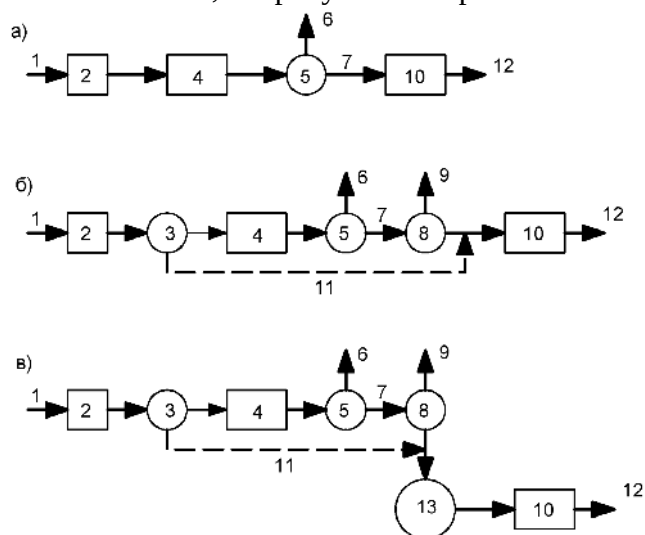


Рис. 2.6. Схемы аэробной стабилизации осадка:

1 - подача сточной воды; 2 - решетка и песколовка; 3 - первичный отстойник; 4 - аэротенк; 5 - вторичный отстойник; 6 - очищенные сточные воды; 7 - избыточный активный ил; 8 - уплотнитель; 9 - иловая вода; 10 - стабилизатор; 11 - осадок из первичного отстойника; 12 - стабилизированный осадок; 13 –метантенк.

Глава 3. Обезвоживание осадков сточных вод.

Обезвоживание осадков на иловых площадках.

Иловые площадки являются старейшими сооружениями обработки осадка сточных вод. Они предназначены для естественного обезвоживания осадков, образующихся на станциях биологической очистки сточной воды. В настоящее время, в эпоху интенсивного внедрения сооружений механического обезвоживания осадка, иловые площадки сохраняют свое значение. Привлекательность этих сооружений объясняется простотой конструкций и легко-

стью эксплуатации по сравнению с фильтр-прессами, вакуум-фильтрами, сушильными установками.

Иловые площадки в большей степени, чем другие сооружения и системы очистки сточных вод и обработки осадка, зависят от климатических, природных факторов.

По степени использования природных процессов площадки можно разделить на две основные категории: иловые площадки *естественного* обезвоживания и сушки и площадки *интенсивного* обезвоживания и сушки.

К первой категории относятся площадки, в которых используются природные процессы испарения и декантации без существенного изменения по сравнению с теми же процессами, происходящими в естественной среде. Как правило, это площадки на естественном основании с поверхностным отводом воды и площадки-уплотнители.

Ко второй категории относятся площадки, в которых определенные факторы природного цикла видоизменены и интенсифицированы. Как правило, это площадки с искусственным основанием и дренажем, подогревом, созданием вакуума в дренажной системе, искусственным водонепроницаемым покрытием.

Применение того или иного вида площадок зависит от местных условий: специфики климата, наличия дополнительных источников энергии, свободных площадей.

Площадки естественного обезвоживания и сушки. На площадках естественного природного цикла осадок обезвоживается в процессе уплотнения и последующего отвода иловой воды, а так же подсыхания.

Иловые площадки состоят из карт, окруженных со всех сторон валиками (рис. 3.1). Размеры карт и число выпусков определяют, исходя из влажности осадка, дальности его разлива и способа уборки после подсыхания.

Иловые площадки на естественном основании проектируются на хорошо фильтрующих грунтах при залегании грунтовых вод на глубине не менее 1,5 м от поверхности карт и только тогда, когда допускается фильтрация иловой воды в грунт. Если глубина залегания грунтовых вод меньше 1,5м, то необходимо понижение их уровня.

Дальность разлива осадка с влажностью около 97% может составлять 75...100 м. При этом целесообразно строить площадки размером 100х100 м. Дальность разлива осадка с влажностью 93...95% может составлять 20...25 м, в этом случае ширина карт будет ограничена 40...50 м при двустороннем напуске. Узкие площадки предпочтительнее при планировке на территории, имеющей хорошо выраженный уклон.

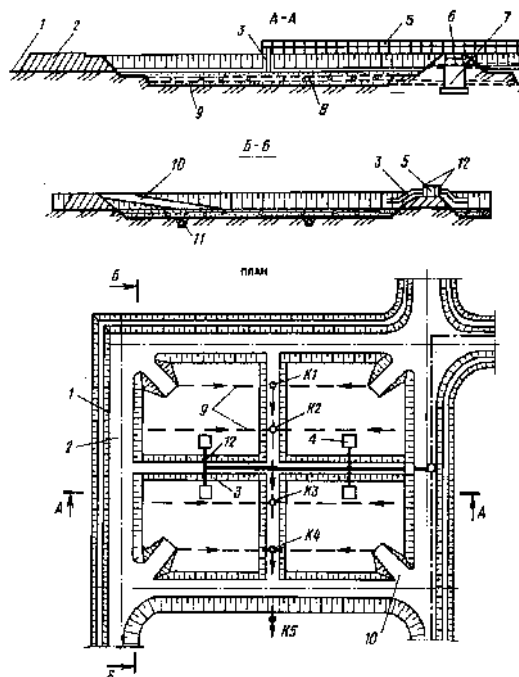


Рис. 3.1. Иловые площадки на естественном основании с дренажом:

1 - кювет ограждающей канавы; 2 - дорога; 3 - сливной лоток; 4 - щит под сливным лотком; 5 - разводящий лоток; 6 - дренажный колодец; 7 - сборная дренажная труба; 8 - дренажный слой; 9 - дренажные трубы; 10 - съезд на карту; 11 - дренажная канава; 12 - шиберы; К1- К5 - колодцы.

Рабочую глубину карт назначают $0,7...1$ м, высоту ограждающих валиков — на $0,3$ м выше рабочего уровня осадка на карте, уклон разводящих труб или лотков — не менее $0,01$, число карт — не менее четырех.

Подсушенный осадок сгребается бульдозерами или скреперами, нагружается в автомашины и отвозится. Влажность подсушенного осадка 75% .

Для съезда на карты автотранспорта и средств механизации на иловых площадках устраиваются дороги с пандусами.

При плотных и водонепроницаемых грунтах устраиваются иловые площадки на естественном основании с трубчатым дренажом, укладываемым в дренажные канавы. Искусственное дренирующее основание иловых площадок должно составлять не менее 10% их площади.

Наибольшее распространение получили иловые площадки на естественном основании каскадного типа с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды.

Иловые площадки каскадного типа на естественном основании и поверхностным отводом воды через колодцы-монахи, установленные в торцах карт, являются иловыми площадками переходного типа (рис. 3.2). Стенки колодцев-монахов со стороны карт представляют собой дренажные стенки из двойной арматурной сетки с гравийной загрузкой крупностью $15...20$ мм. После заполнения карт иловой площадки осадком и слива отделившейся иловой водой дальнейшее обезвоживание осадка осуществляется путем испарения с поверхности оставшейся влаги.

Усовершенствованным вариантом площадок каскадного типа являются площадки-уплотнители. Иловые площадки-уплотнители представляют собой прямоугольные железобетонные резервуары (карты) с отверстиями, расположенными в продольной стенке на разных глубинах и перекрытыми шиберами. Для выпуска иловой воды, выделяющейся при отстаи-

вании осадка, по высоте продольных стен карт-резервуаров устраивают отверстия, перекрываемые шиберами. Иловую воду направляют для очистки в голову сооружений по аналогии с иловыми площадками с отстаиванием и поверхностным удалением воды.

Нагрузка на иловые площадки на естественном основании в зависимости от их типа и вида осадка составляет от 0,8 до 2,3 м³/(м²год).

Одним из методов, ускоряющих естественную сушку осадка на иловых площадках, является процесс ворошения. При этом удаляется растительный покров и разрушается поверхностная корка, что способствует ускоренному подсушиванию осадка в теплое сухое время и более глубокому промораживанию в зимнее.

Недостатком площадок естественного природного цикла является их полная зависимость от климатических факторов.

Иловые площадки интенсивного обезвоживания и сушки можно подразделить на традиционные и усовершенствованные. К первой категории относятся иловые площадки с искусственным дренажом, ко второй - площадки с созданием вакуума в дренажной системе, искусственным водонепроницаемым покрытием, с продувкой воздухом и нагревом.

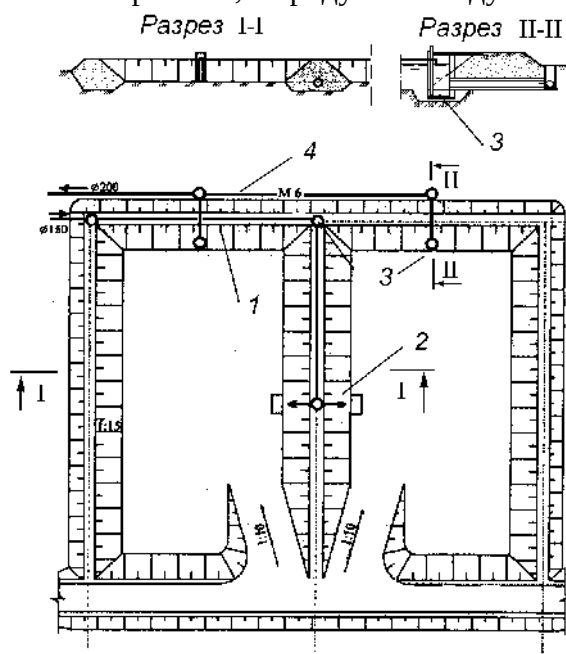


Рис.3.2. Иловые площадки на естественном основании без дренажа с поверхностным отводом иловой воды:

1 - распределительный трубопровод; 2 - сливной лоток; 3 - колодец-монах; 4 - трубопровод иловой воды.

Иловые площадки с искусственным дренажом проектируются с целью получения чистого фильтрата и повышения скорости обезвоживания. Фильтрация через горизонтальную дренажную систему может осуществляться фильтрующими панелями с отверстиями или через дренажные трубы.

Для интенсификации процесса сушки осадка предлагается продувка его воздухом непосредственно на площадке.

За рубежом иловые площадки часто защищают от атмосферных осадков прозрачным покрытием. Такое покрытие может существенно улучшить работу площадок, особенно в условиях холодного и влажного климата. Опыт показал, что в некоторых случаях устройство покрытия позволяет на 33% снизить площадь, необходимую для сушки осадков.

В нашей стране закрытые площадки, остекленные по типу оранжерей, рекомендуется

применять в курортных районах для экономии площадей и снижения интенсивности запахов. Нагрузка по сброженному осадку из метантенков на таких площадках около $10 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ год})$.

Асфальтированные иловые площадки с центральным дренажем и подогревом применяются в США. Тепловая энергия, получаемая при сжигании биогаза очистных сооружений, используется для нагрева воды, которая циркулирует в трубах, расположенных в заасфальтированной части площадок. Иловые площадки подогреваются, но не закрыты. Для кондиционирования осадков применяются полиэлектролиты. Время подсушки осадка в среднем составляет 5 суток и увеличивается до 12 суток в период дождей. Годовая нагрузка на иловые площадки по сухому веществу колеблется от 89 до $210 \text{ кг} / (\text{м}^2 \text{ год})$.

Одним из современных направлений повышения производительности иловых площадок является обработка осадка органическими полиэлектролитами перед подачей его на иловые площадки. Это существенно сокращает продолжительность процесса обезвоживания и улучшает показатели подсушенного осадка. Метод кондиционирования осадка органическими полиэлектролитами в настоящее время широко применяется в ФРГ. Исследования показали, что для условий средней полосы России нагрузка на иловые площадки составляет $4,5 \dots 5 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ год})$.

Механическое обезвоживание осадков.

Для очистных станций средней и большой пропускной способности обезвоживание осадков на иловых площадках часто оказывается невозможным из-за отсутствия свободных земельных площадей для их устройства. В городах с развитой инфраструктурой использование процессов естественной сушки осадков нерационально, как с экономической, так и с экологической точек зрения. В настоящее время механическое обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах и центрифугах является оптимальным методом их переработки.

Подготовка осадка для механического обезвоживания

Осадки, образующиеся на очистных сооружениях населенных мест, характеризуются неудовлетворительными показателями водоотдачи, что затрудняет применение процессов их механического обезвоживания. Для увеличения водоотдачи необходимо изменить структуру осадка. Изменение структуры осадков приводит к количественному перераспределению форм связи влаги в сторону увеличения содержания свободной воды за счет уменьшения доли связанной. Такое изменение структуры осадков позволяет добиваться более глубокого и быстрого их обезвоживания. Процессы подготовки осадков к обезвоживанию называют *кондиционированием*.

Методы кондиционирования подразделяются на реагентные и безреагентные.

Реагентные методы предполагают использование для обработки осадков неорганических реагентов (хлорное железо, сернокислое железо, известь) или органических высокомолекулярных соединений (полиэлектролитов). Те и другие приводят к увеличению водоотдачи осадков.

На рис. 3.2 приведена схема обработки осадков перед механическим обезвоживанием. Из уплотнителя осадок влажностью 94...96% удаляется плунжерными насосами. Перед подачей на вакуум-фильтр или фильтр-пресс осадок подвергается коагулированию. В качестве реагентов обычно применяют хлорное железо или сернокислое окисное железо и известь в виде 10%-ного раствора. Средняя доза железа составляет 4...6% массы сухого вещества осадка, а извести – 10...15 %. Частицы осадка объединяются хлопьями гидроксида железа в крупные агрегаты. В результате такой обработки удельное сопротивление осадка значительно снижается и осадок легче отдает воду. Кондиционирование осадков минеральными реагентами имеет ряд существенных недостатков, к которым относятся: большой массовый расход; высокая коррозионная активность; трудности с транспортировкой и хранением; внесение

большого количества (до 40%) дополнительных веществ.

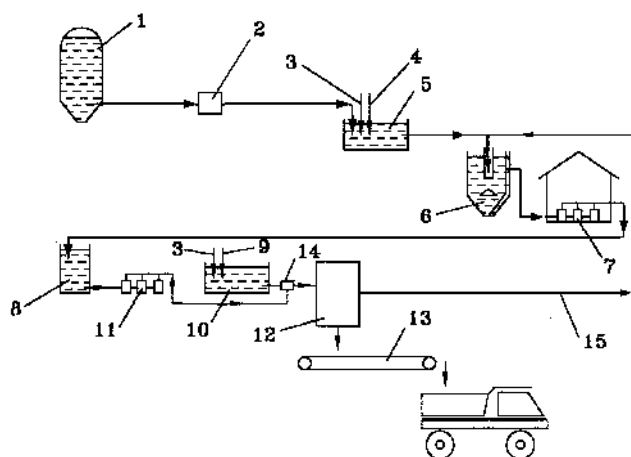


Рис. 3.2. Схема подготовки осадка перед механическим обезвоживанием:

1 – метантенк; 2 – дробилка; 3 – подача воды; 4 – подача сжатого воздуха; 5 – промывка осадка; 6 – уплотнитель; 7 – плунжерные насосы; 8 – резервуар уплотненного осадка; 9 – подача коагулянта; 10 – отделение коагулирования; 11 – винтовые (шнековые) насосы; 12 – фильтр-пресс; 13 – транспортер обезвоженного осадка; 14 – смеситель коагулянта с осадком; 15 – отвод фильтрата.

Однако эти проблемы разрешимы при использовании органических высокомолекулярных реагентов полиэлектролитов (ПЭ).

На рис. 3.3 приведена схема одностадийного приготовления и дозирования ПЭ, поступающего в сухом виде из бункера 8. В одностадийной схеме резервуар для растворения ПЭ может являться резервуаром для его дозирования и хранения на период использования раствора (до 2 сут). На крупных сооружениях для хранения и дозирования используется двухстадийное приготовление. По этой схеме на первой ступени приготовления получают раствор с концентрацией 0,5...1,0%, а затем производится дополнительное разбавление водой, вводимой с помощью эжектора во всасывающую линию насоса-дозатора осадка, до рабочей концентрации (0,1...0,2%).

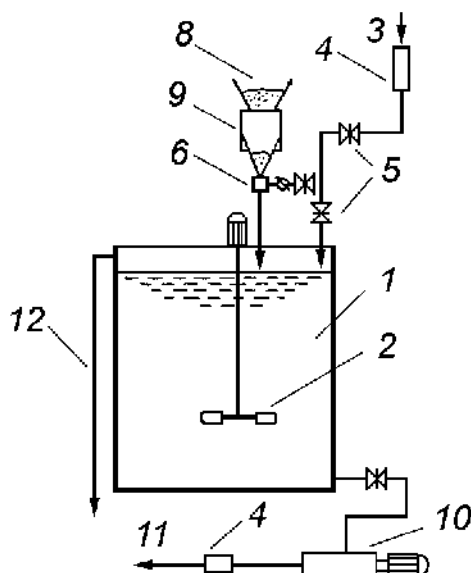


Рис. 3.3. Схема установки по одностадийному растворению и дозированию фло-

кулянта:

1 - растворно-расходный бак; 2 - мешалка; 3 - подача воды-растворителя; 4 - индукционный расходомер; 5 - электрифицированные задвижки; 6 - диспергатор; 7 - манометр; 8 - бункер флокулянта; 9 - дозатор; 10 - винтовой насос; 11 - подача готового рабочего раствора; 12 - переливы в сборный бак.

Безреагентное кондиционирование осуществляется в основном методами тепловой обработки осадков.

Сущность метода *тепловой обработки осадков* состоит в его прогревании в реакторе при температуре 140...200°C в течение определенного времени. Схема установки тепловой обработки осадка дана на рис. 3.4. Исходный осадок после нагревания в теплообменнике обработанным осадком подается в реактор. В реакторе осадок выдерживается 60...75 мин при давлении 1,2...2 МПа. Для догрева осадка в реакторе используется острый пар.

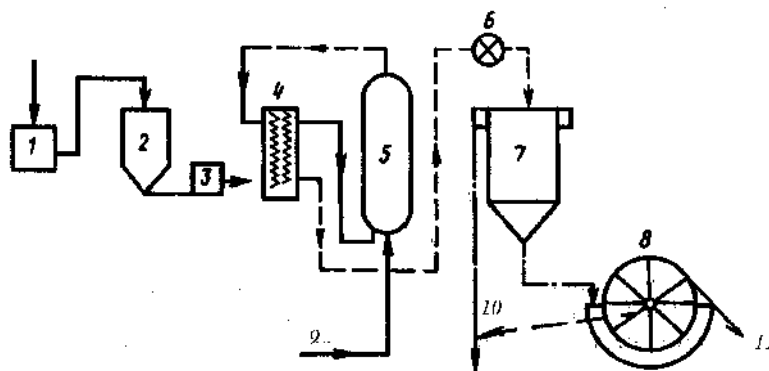


Рис. 3.4. Схема тепловой обработки и механического обезвоживания осадков городских сточных вод:

1 – дробилка; 2 – резервуар дробленого осадка; 3 – насос; 4 – теплообменник; 5 – реактор; 6 – дросселирующее устройство; 7 – уплотнитель; 8 – вакуум-фильтр; 9 – подача пара; 10 – отвод иловой воды и фильтрата; 11 – отвод кека.

В процессе тепловой обработки происходит распад органических веществ, в основном белков, их растворение и переход твердой фазы осадков в жидкую. При этом изменяется структура осадков, их зольность и частично химический состав, достигаются улучшение водоотдачи и обезвреживание осадков. При тепловой обработке удельное сопротивление осадков снижается до значений, позволяющих обезвоживать осадки на вакуум-фильтрат и фильтр-прессах без обработки химическими реагентами. Тепловой обработке могут подвергаться как сброженные, так и сырые осадки.

Одним из достоинств метода тепловой обработки является полная стерильность обработанного осадка. При механическом обезвоживании такого осадка образуется кек влажностью 55...70%, что позволяет исключить термическую сушку осадка.

К недостаткам метода относятся сложность конструкции реактора, большие энергетические затраты и высокая концентрация органических веществ в иловой воде и фильтрате, которые необходимо направлять на биологическую очистку. При тепловой обработке выделяются дурно пахнущие газы, требующие предварительной очистки перед выбросом их в атмосферу.

3.1. Процессы и оборудование для механического обезвоживания осадков.

Процессы и аппараты, применяемые для обезвоживания осадков сточных вод, можно

классифицировать по виду механического воздействия на их структуру:

- ✓ обезвоживание осадков под действием разряжения;
- ✓ обезвоживание осадков под действием давления;
- ✓ обезвоживание осадков в поле центробежных сил.

Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах.

Вакуум-фильтры для обезвоживания осадков нашли наибольшее распространение по сравнению с другими аппаратами. На них можно обрабатывать практически любые виды осадков.

Барабанный вакуум-фильтр – вращающийся горизонтально расположенный барабан, частично погруженный в корыто с осадком (Рис. 3.5). Барабан имеет две боковые стенки: внутреннюю сплошную и наружную перфорированную, обтянутую фильтровальной тканью. Пространство между стенками разделено на 16...32 секции, не сообщающиеся между собой. Каждая секция имеет отводящий коллектор, входящий в торце в цапфу, к которой прижата неподвижная распределительная головка. В зоне фильтрования осадок фильтруется под действием вакуума. Затем осадок просушивается атмосферным воздухом. Фильтрат и воздух отводятся в общую вакуумную линию. В зоне съема осадка в секции подается сжатый воздух, способствующий отделению обезвоженного осадка от фильтровальной ткани. Осадок снимается с барабана ножом. В зоне регенерации ткань продувается сжатым воздухом или паром. Для улучшения фильтрующей способности ткани через 8...24 ч работы фильтр регенерируют — промывают ингибированной кислотой или растворами ПАВ. Выпускаются барабанные вакуум-фильтры с фильтрующей поверхностью от 2,5 до 40 м².

Для работы вакуум-фильтров необходимо вспомогательное оборудование: вакуум-насосы, воздухопроводы, ресиверы, центробежные насосы и устройства, обеспечивающие постоянное питание вакуум-фильтра.

Схема установки барабанного вакуум-фильтра и вспомогательного оборудования показана на рис. 3.6. Осадок на вакуум-фильтр подается через дозатор. Фильтрат вместе с воздухом из вакуум-фильтра отводится к ресиверу. В ресивере происходит разделение фильтрата и воздуха. Для создания вакуума применяют мокровоздушные вакуум-насосы.

Фильтрат из ресивера удаляется центробежным насосом и направляется в уплотнители, так как содержит остаточные реагенты, способствующие лучшему уплотнению.

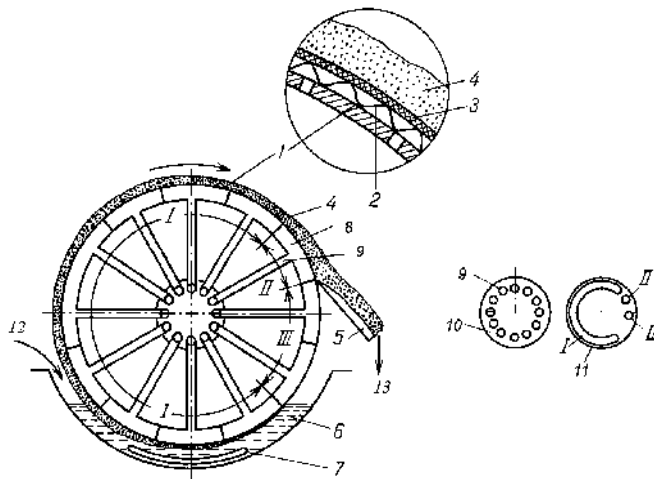


Рис. 3.5. Барабанный вакуум-фильтр:

1 – перфорированный барабан; 2 – латунная сетка; 3 – фильтровальная ткань; 4 – слой осадка; 5 – нож для съема кека; 6 – резервуар для осадка; 7 – качающаяся мешалка; 8 – каме-

ры барабана; 9 – соединительные трубки; 10 – вращающаяся часть распределительной головки; 11 – неподвижная часть распределительной головки; 12 – подача осадка на обезвоживание; 13 – отведение кека; I – зона фильтрования и отсоса фильтрата; II – зона съема кека; III – зона регенерации фильтровальной ткани.

Обезвоживание осадков сточных вод на фильтр-прессах.

Фильтр-прессы имеют широкое распространение для обезвоживания осадков сточных вод. Их применяют для обработки сжимаемых аморфных осадков. По сравнению с вакуум-фильтрами, на фильтр-прессах получают осадки с меньшей влажностью. Фильтр-прессы применяют в тех случаях, когда осадок направляют после обезвоживания на сушку или сжигание или когда необходимо получить осадки для дальнейшей утилизации с минимальной влажностью.

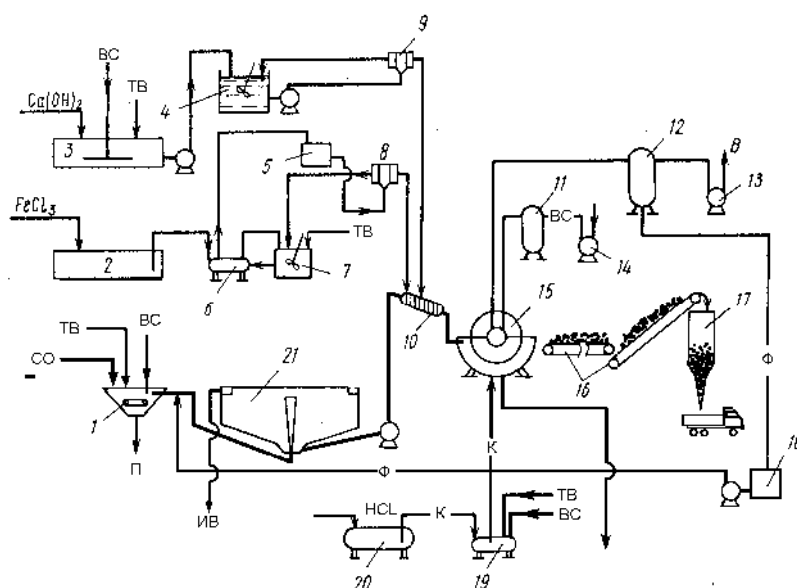


Рис. 3.6. Схема вакуум-фильтрации осадка с предварительной промывкой, уплотнением и кондиционированием минеральными реагентами:

1 - промывная камера; 2 - емкость для хранения хлорного железа; 3 - растворный бак извести; 4,5 - расходные баки; 6 - мерник; 7 - растворный бак; 8,9 - дозаторы; 10 - смесители; 11 - ресивер; 12 - ловушка фильтрата; 13 - вакуум-насос; 14 - воздуходувка; 15 - вакуум-фильтр; 16 - транспортеры; 17 - бункер для осадка; 18 - бак для фильтрата; 19 - растворный бак-мерник; 20 - цистерна для хранения ингибированной соляной кислоты; ВС - воздух сжатый; К - кислота; П - песок; ИВ - сливная вода от илоуплотнителя; СО - сброженный осадок; ТВ - техническая вода; Ф - фильтрат.

В настоящее время все большее распространение получают мембранно-камерные фильтр-прессы. Мембранно-камерный фильтр-пресс представляет собой блок вертикальных плит, имеющих каналы и покрытых тканью для поддержания кека. Плиты смонтированы в корпусе, верхние опоры которого соединены двумя массивными горизонтальными направляющими. Общая рабочая поверхность фильтровальных мембран 500...800 м².

В технологический блок фильтр-пресса (рис. 3.7) входит целый комплекс вспомогательного оборудования. Работа этого комплекса контролируется и управляется центральным компьютером. Учитывая необходимость точной дозировки реагента и регулируемой подачи

осадка на различных технологических фазах, используются специальные объемные насосы с регулируемым приводом.

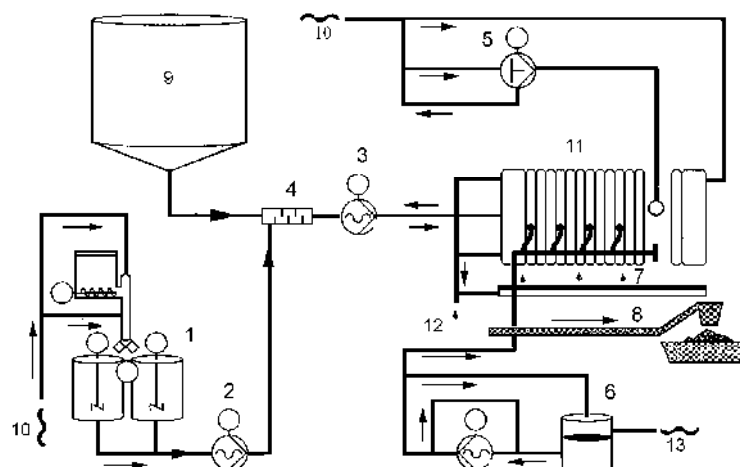


Рис. 3.7. Технологическая схема механического обезвоживания осадков на мембранно-камерном фильтр-прессе:

1 – система приготовления флокулянта; 2 – система дозирования флокулянта; 3 – система подачи осадка; 4 – система смешения осадка с флокулянт; 5 – система промывки фильтровального полотна; 6 – система дожима мембран; 7 – система отвода капельных утечек и воды от промывки ткани; 8 – система отвода обезвоженного осадка; 9 – резервуар исходного осадка; 10 – подача воды питьевого качества; 11 – мембранно-камерный фильтр-пресс; 12 – отвод фильтрата; 13 – подача технической воды.

Кондиционированный осадок подается на фильтр-пресс насосами при возрастающем давлении. Давление фильтрования поднимается до 1,5 МПа. Период подачи осадка и образования слоя кек обычно составляет 20...30 мин. Длительность выгрузки около 15 мин. Общая продолжительность фильтроцикла в среднем составляет 90 мин. При влажности исходного осадка 94...97%, снимается кек влажностью 68...70%.

Результаты эксплуатации фильтр-прессов на очистных сооружениях показали их надежность, высокую производительность и удобство обслуживания.

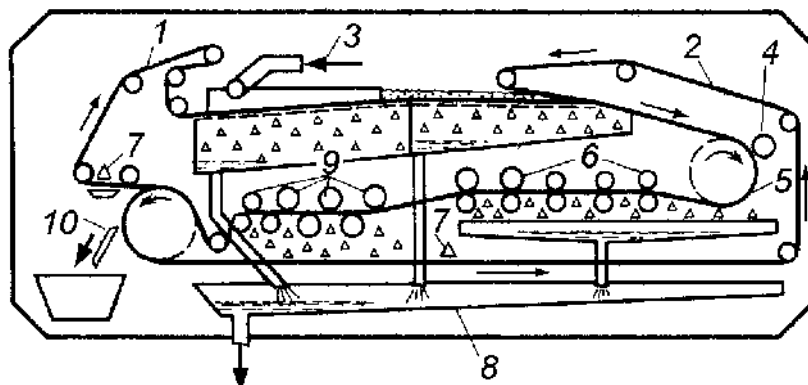


Рис. 3.8. Схема ленточного фильтр-пресса Лпр-10-1,2-001

1 и 2 – верхняя и нижняя фильтровальные ленты; 3 – подача осадка; 4 – прижимной

ролик; 5 – фильтрующий барабан; 6 – система отжимных шаров; 7 – система промывки лент; 8 – поддон для сбора фильтрата; 9 – система отжимных валов; 10 – нож для отделения осадка.

В отличие от вакуум-фильтров, процесс фильтр-прессования осадков в камерных фильтр-прессах периодический.

Применяются также ленточные фильтр-прессы. Они относительно просты и по конструкции и в эксплуатации. Принципиальная схема горизонтального прессы показана на рис. 3.8.

Пресс имеет верхнюю и нижнюю фильтровальные ленты. Фильтрация и отжим осуществляются в пространстве между этими лентами. Обезвоженный осадок срезается ножом 10 и сбрасывается в конвейер. Фильтровальная лента непрерывно промывается водой 7. Фильтрат и промывная вода отводятся из поддона 8. Существуют также конструкции вертикальных ленточных фильтр-прессов. Большинство ленточных фильтр-прессов конструктивно сочетают гравитационный ленточный фильтр и барабанный пресс. Процесс обезвоживания осадка непрерывный.

Центрифугирование осадков

Центрифугирование осадков – разделение твердой и жидкой фаз в поле центробежных сил. Достоинствами этого метода являются простота, экономичность и управляемость процессом. После обработки на центрифугах получают осадки низкой влажности.

Центрифугирование осадков производится с применением минеральных коагулянтов или ПЭ. При использовании ПЭ обезвоженный осадок имеет меньшую влажность, центрифуга – большую разделяющую способность, а образующийся фугат – меньшую загрязненность.

Работа центрифуг характеризуется такими показателями как производительность, эффективность задержания сухого вещества и влажность обезвоженного осадка (кека). Показатели работы центрифуги зависят от геометрических размеров ротора, скорости его вращения, диаметра сливного цилиндра, влажности осадка, плотности и дисперсионного состава его твердой фазы и других факторов.

В отечественной практике для обработки осадков сточных вод применяют серийные, непрерывно действующие осадительные центрифуги типа ОГШ (рис. 3.9).

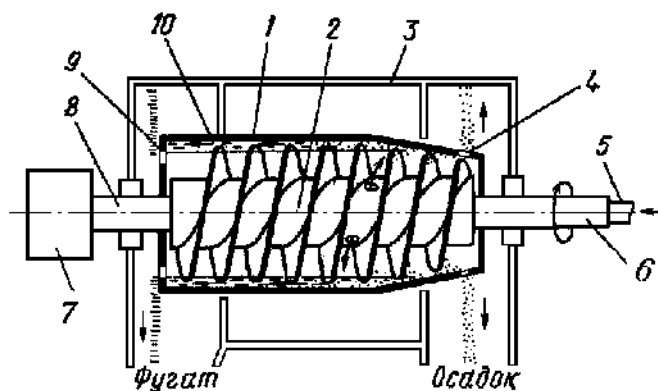


Рис. 3.9. Принципиальная схема устройства центрифуги типа ОГШ

1 - цилиндроконический ротор; 2 - шнек; 3 - неподвижный кожух; 4 - разгрузочные окна для осадка; 5 - питающая труба; 6 - вал ротора; 7 - планетарный редуктор; 8 - вал шнека; 9 - сливные окна для фугата; 10 - жидкостный объем ротора.

Основными элементами центрифуги являются конический ротор со сплошными стен-

ками и полый шнек. Ротор и шнек вращаются в одну сторону, но с разными скоростями. Под действием центробежных сил твердые частицы осадка отбрасываются к стенкам ротора и вследствие разности частоты вращения ротора и шнека перемещаются к отверстию в роторе, через которое обезвоженный осадок (кек) поступает в бункер. Отделившаяся жидкая фаза (фугат) отводится через отверстия, расположенные с противоположной стороны ротора. В настоящее время налажен выпуск центрифуг этого типа с расчетной производительностью по суспензии до 30 м³/ч.

Технико-экономические расчеты и эксплуатационные данные показывают, что применение центрифуг для обработки осадков сточных вод экономически целесообразно для станций пропускной способностью 70...100 тыс. м³/сут.

Виброфильтрация осадков.

Применение виброфильтров для обработки осадков сточных вод ограничено из-за относительно высокой влажности поступающих осадков и низкой эффективности задержания твердой фазы. В качестве безнапорных виброфильтров для обработки осадков городских сточных вод могут использоваться вибрационные грохоты, после замены на них просеивающей поверхности фильтровальной сеткой с размером отверстия 0,1...0,3 мм. Схема виброфильтра дана на рис. 3.10.

Исходный осадок через распределительный лоток 1, служащий для равномерной загрузки фильтрующего элемента, подается на верхнее сито 5. Под действием инерционных сил осадок перемещается к лотку для отвода твердой фазы 7. Более мелкие частицы осадка проходят через отверстия в верхнем сите и попадают на вибрирующее нижнее сито 6, имеющее ячейки меньшего размера. Фильтрат собирается в поддоне 8, из которого отводится по трубе в сборник фильтрата. Обезвоженный осадок с верхнего и нижнего сит по вибрирующему лотку подается на дальнейшую обработку.

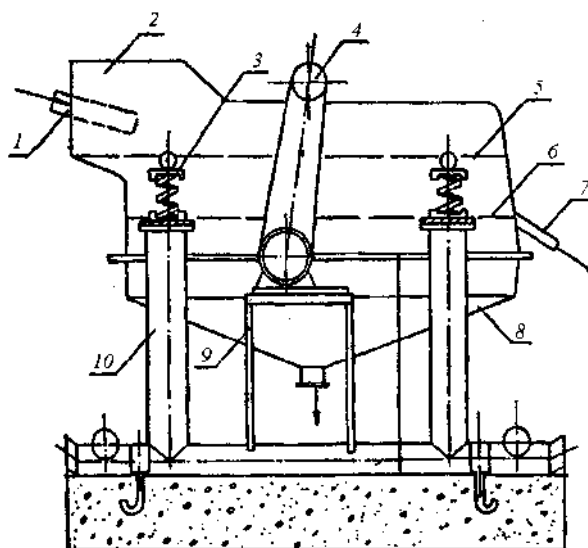


Рис. 3.10. Схема установки виброфильтра:

1 - распределительный лоток; 2 - короб; 3 - амортизатор; 4 - вибратор; 5 - сито верхнее; 6 - сито нижнее; 7 - лоток отвода твердой фракции; 8 - поддон; 9 - электродвигатель; 10 - поддерживающая рама.

Для уменьшения потерь твердой фазы с фильтратом разделение осадка на виброфильтрах целесообразно осуществлять в две фазы. Первую фазу - сгущение - ведут при частоте

колебаний 20...50 Гц и ускорении 10...50 м/с². Вторая фаза – обезвоживание — идет при тех же значениях частоты колебаний, но с увеличением ускорения до 98,1 м/с².

В связи с большим содержанием взвешенных веществ в фильтрате необходимо предусматривать его обработку, аналогично обработке фугата при безреагентном обезвоживании осадков на центрифугах.

Сопоставление методов и аппаратов для механического обезвоживания осадков (табл. 3.1) показывает, что каждый из них имеет определенные преимущества и недостатки.

Таблица 3.1.

Сопоставление методов механического обезвоживания осадков сточных вод.

Оборудование	Преимущества	Основные недостатки
Вакуум-фильтры	Возможность обработки осадков без выделения песка и распространения запаха; сокращение топливно – энергетических расходов на термосушку; отсутствие быстроизнашивающихся узлов	Применение минеральных реагентов, вакуум-насосов; периодические замены фильтровальной ткани, повышенный расход электроэнергии
Камерные и рамные фильтр-прессы	Низкая влажность обезвоженного осадка и топливно-энергетические расходы на термосушку и сжигание	Низкая удельная производительность (с единицы поверхности); повышенный расход реагентов; периодичность действия; необходимость замены фильтровального полотна по мере износа
Ленточные фильтр-прессы	Отсутствие быстроизнашивающихся деталей и узлов; сокращение расхода электроэнергии; отсутствие необходимости выделения крупных включений и песка из осадков	Повышенные габариты по сравнению с центрифугами; возможность распространения запаха; увеличенные по сравнению с вакуум-фильтрами топливно-энергетические расходы на термосушку; необходимость периодической замены фильтровальной ткани
Центрифуги	Компактность установок, возможность работы по безреагентным схемам и с применением ПЭ	Необходимость извлечения из осадков крупных включений и песка, периодической наплавки или замены шнеков; повышенные по сравнению с вакуум-фильтрами топливно-энергетические расходы на термосушку
Виброфильтры	Простота конструкции, отсутствие быстроизнашивающихся деталей и узлов	Невысокая степень обезвоживания, значительные потери твердой фазы с фильтратом, низкая удельная производительность

При выборе оборудования для обезвоживания осадков сточных вод большое значение

имеет увязка их параметров и режима работы со всей технологической схемой обработки и утилизации осадков, а также с работой сооружений по очистке сточных вод. Например, если сточные воды содержат значительное количество песка и предполагается использовать в качестве реагентов молотую известь, известь в виде известкового молока, теста или карбидного шлама с последующей термосушкой, то для обезвоживания рационально применять вакуум-фильтры. Использование такого осадка возможно на кислых почвах в качестве удобрения.

При обезвоживании осадка, сброженного в термофильных условиях с последующей утилизацией в качестве удобрения, целесообразно применять центрифуги или ленточные фильтр-прессы. Центрифуги и ленточные фильтр-прессы можно эффективно применять также на очистных сооружениях пропускной способностью до 100 тыс. м³/сут с последующим компостированием или химическим обеззараживанием обезвоженного осадка.

Если применяется тепловая обработка осадка перед его обезвоживанием или сжигание обезвоженного осадка, то для обезвоживания осадков целесообразно применять фильтр-прессы.

Выбор схемы и технологической схемы обработки осадков должен производиться на основании технико-экономических обоснований с учетом конкретных местных условий, свойств осадков, обеспеченности реагентами, топливом и технологическим транспортом, возможности и эффективности утилизации переработанного осадка и т.п.

Глава 4. Обеззараживание осадков сточных вод.

Исследования санитарного состояния осадков, образующихся в процессах очистки сточных вод населенных мест, показывают, что не только первичные, но и сброженные в мезофильных условиях смеси содержат большое количество гельминтов и патогенных микроорганизмов. Попадая в благоприятные условия, яйца гельминтов проходят инвазионную стадию развития и становятся способными заражать людей и животных.

Во многих случаях задача обеззараживания осадков решается в основных процессах их обработки, например при термофильной стабилизации, тепловой обработке, термосушке и сжигании. Как самостоятельная она ставится в случае дальнейшего их использования в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения. Широкое практическое применение для этих целей получили биотермические, термические и химические методы обеззараживания осадков.

Биотермическая обработка осадков сточных вод.

Биотермический процесс разложения органических веществ осадков, осуществляемый под действием аэробных микроорганизмов с целью стабилизации, обеззараживания и подготовки осадков к утилизации в качестве удобрения называется *компостированием*.

Компостирование позволяет существенно сократить топливно-энергетические расходы на обеззараживание осадков и улучшить их санитарно-гигиенические показатели (вследствие гибели болезнетворных микроорганизмов, яиц гельминтов и личинок мух). В процессе жизнедеятельности аэробных микроорганизмов происходит потребление и расход органических веществ, поэтому биотермический процесс наиболее эффективен при компостировании сырых несброженных осадков. Возможно применение процесса биотермической обработки в сочетании с анаэробным сбродом осадков в мезофильных условиях.

Процесс компостирования эффективно идет при влажности осадков не превышающей 60...80% и оптимальном соотношении углерода и азота C:N = 20:1 ... 30:1.

Для создания пористой структуры осадка, достижения требуемой влажности и необходимого соотношения углерода и азота, обеспечивающих проведение биотермического процесса в аэробных условиях, осадок смешивают с наполнителем. В качестве разрыхляющей и влагопоглощающей добавки используют размолотую древесную кору, листья, солому, дре-

весные опилки, торф, сухой осадок и другие подобные компоненты.

Процесс компостирования состоит из двух фаз. Первая фаза продолжается в течение 1...3 недель и сопровождается интенсивным развитием микроорганизмов, а температура осадка повышается до 50...80° С. При этом происходит обеззараживание осадка и сокращение его массы.

Вторая фаза — созревание компоста — более длительная. Она продолжается от двух недель до 3...6 мес. и сопровождается развитием простейших и членистоногих организмов, понижением температуры до 40° С и ниже. Повышение температуры окружающего воздуха интенсифицирует процесс разложения органических веществ.

В результате проведения процесса биотермической обработки получают компост в виде сыпучего материала влажностью 40...50%. Готовый компост не имеет запаха, не загнивает и является хорошим удобрением.

Основные технологические операции процесса компостирования приведены на рис. 4.1.

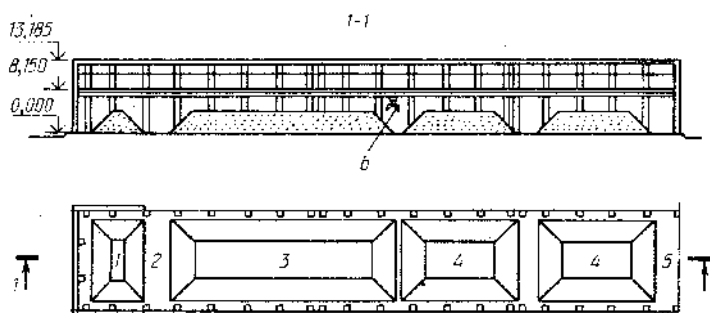


Рис. 4.1. Типовое сооружение компостирования осадка:

1 - закрытая площадка для хранения присадочного материала; 2 - площадка для погрузки готового компоста; 3 - площадка дозревания; 4 - площадка компостирования; 5 - площадка смешения осадка с присадочным материалом; 6 - кран.

В последние годы разработаны и применяются различные способы компостирования осадков, среди которых можно выделить три основных: компостирование грядами, компостирование статическими кучами и механическое компостирование. Технологические операции процесса во всех системах компостирования аналогичны.

Процесс компостирования грядами проводится на открытых площадках с естественной вентиляцией и периодическим ворошением смеси для обеспечения аэробных условий. Смесь осадка с добавками размещается в грядах треугольного сечения обычно с основанием от 1,8 до 4,6 м и высотой от 0,9 до 1,5 м.

Способ компостирования статическими кучами получил наибольшее распространение. Отличие его от компостирования грядами заключается в формировании неподвижных куч (штабелей) на площадках с водонепроницаемым покрытием (асфальтированных или бетонных).

Штабели насыпаются трапециевидной формы с использованием средств механизации, например, козлового крана или бульдозера-экскаватора. Высота штабеля 3...5 м, шириной внизу от 6 до 12 м, длина не ограничивается. В основание штабеля укладывают перфорированные трубы для принудительной подачи воздуха. По контуру площадки устанавливают лотки для сбора поверхностного стока.

Для осуществления способа механического компостирования в качестве основного оборудования используются разнообразные конструкции механизированных реакторов-смесителей. Продолжительность процесса компостирования в механизированных реакторах

смесителях в среднем 7 суток.

4.1. Термическое обеззараживание осадков.

При термическом режиме 52...56°C в течение 5 мин погибают многие патогенные бактерии, при температуре 62...74°C и времени экспозиции до 30 мин отмирают вирусы. Поэтому термическая пастеризация опасных в санитарном отношении осадков является обязательной стадией их обработки, особенно в технологических процессах, предусматривающих утилизацию осадка.

Обеззараживание радиационным термическим нагреванием обезвоженных осадков проводят на установках по дегельминтизации (рис. 5.2.19), состоящая из ленточного конвейера с приемным бункером и газовых горелок инфракрасного излучения.

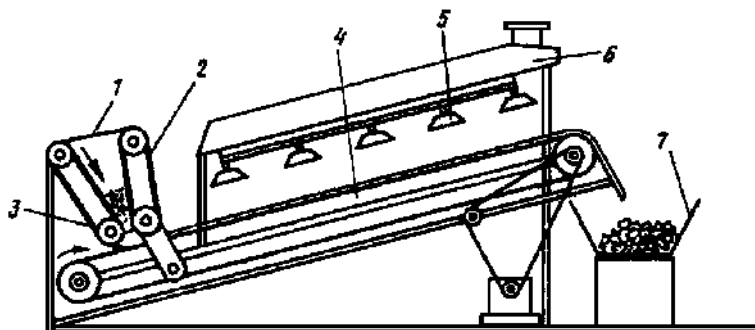


Рис. 4.2. Схема установки по дегельминтизации осадков.

1 - приемный бункер; 2 - подвижные стенки бункера; 3 - регулировочные валы; 4 - металлическая лента конвейера; 5 - газовые горелки инфракрасного излучения; 6 - вытяжной зонт; 7 - конвейер обработанного осадка

Для создания слоя осадка толщиной 10...25 мм бункер оборудован подвижными стенками и регулировочными валами. Температура прогревания осадка регулируется скоростью движения ленты, числом работающих горелок и толщиной слоя осадка. При движении по конвейеру осадок нагревается до температуры 60...65 °C.

4.2. Химическое обеззараживание осадков.

Для химического обеззараживания осадков применяют известь, аммиак, тиазон, формальдегид и мочевины. Остаточное содержание в осадках названных веществ предотвращает реактивацию патогенных микроорганизмов и поддерживает стабильность осадков. Химическим методом можно осуществлять обеззараживание как жидких, так и обезвоженных осадков сточных вод.

Добавление к осадкам извести повышает величину pH до 10 и более, они теряют запах, в них подавляется развитие санитарно-показательных микроорганизмов (кишечной палочки и энтерококка). Однако щелочная среда не оказывает существенного влияния на яйца гельминтов. Деструкция и гибель яиц гельминтов происходит при введении в осадки только негашеной извести, которая наряду с увеличением щелочности осадков повышает их температуру.

В последние годы получают распространение способы обеззараживания осадков химическими веществами, которые применяются либо для удобрения почвы, либо для уничтожения вредных почвенных микроорганизмов или сорняков. К таким веществам относятся аммиак (аммиачная вода), формальдегид и др.

Применение извести, аммиака, тиазона, формальдегида и мочевины позволяет исполь-

зовать двойное их действие — на осадки и почву, что приводит к снижению эксплуатационных затрат на обеззараживание осадков и подготовку их к утилизации в качестве удобрения. Однако доза внесения осадков, обработанных химическими веществами, должна устанавливаться с учетом их действия на окружающую среду.

Общая характеристика процессов обеззараживания осадков сточных вод приведена в табл. 4.1. На крупных станциях аэрации целесообразно применение термической сушки механически обезвоженных осадков, позволяющей сократить транспортные расходы и получить удобрение из осадков в виде сыпучих материалов. Для сокращения топливно-энергетических расходов на станциях аэрации пропускной способностью до 20 тыс. м³/сут целесообразно применение камер дегельминтизации, до 50 тыс. м³/сут — методов химического обеззараживания. В случаях, когда осадок не подлежит утилизации в качестве удобрения, может применяться сжигание с использованием получаемого тепла. Существенное снижение топливно-энергетических и транспортных расходов достигается при использовании методов, обладающих комплексностью в решении задач обработки осадков, например, термофильное сбраживание (стабилизация и обеззараживание), термосушка (обезвоживание и обеззараживание), биотермической обработка (стабилизация, обезвоживание и обеззараживание) и др.

Таблица 4.1.

Показатели методов обеззараживания осадков сточных вод

Процесс	Расход теплоты, МДж на 1 м ³ обезвоженного осадка	Влажность после обработки, %	Преимущества	Основные недостатки
Обработка в камерах дегельминтизации	600...700	60...70	Простота эксплуатации, невысокий расход топлива	Относительно высокие влажность и стоимость транспортировки осадка
Термическая сушка в сушилках со встречными струями	1900...2800	35...40	Сокращаются транспортные расходы, упрощается утилизация как удобрения, так и топлива	Высокий расход топлива, потребность в квалифицированном персонале, необходимость очистки отходящих газов
Биотермическая обработка (компостирование)	-	45...50	Сокращаются топливно-энергетические и транспортные расходы, готовится качественное удобрение	Необходимость устройства площадок с водонепроницаемым покрытием и применения наполнителей (бытовых отходов, готового компоста, торфа, опилок и т. п.)
Сжигание с использованием получаемой теплоты	-300...+1800	-	Значительно сокращаются транспортные расходы, возможно по луче-	Необходимость эффективной очистки отходящих газов, потребность в квалифицированном персонале

			ние дополни- тельной теплоты	
--	--	--	---------------------------------	--

4.3. Термическая сушка осадков сточных вод.

Термическая сушка предназначена для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод, предварительно обезвоженных на вакуум-фильтрах, центрифугах или фильтр-прессах. Этот прием упрощает задачу удаления осадков с территорий очистных станций и их дальнейшей утилизации.

Осадок после термической сушки представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов, сухой сыпучий материал.

Наиболее распространен конвективный способ сушки, при котором необходимая для испарения влаги тепловая энергия непосредственно передается высушиваемому материалу теплоносителем - сушильным агентом. В качестве сушильного агента могут использоваться топочные газы, перегретый пар или горячий воздух.

Применение топочных газов предпочтительно, так как процесс сушки осадков производится при относительно высоких температурах ($500\ldots 800^{\circ}\text{C}$) и это позволяет уменьшить габариты сушильных установок и расход энергии на транспортирование отходящих газов.

Сушилки конвективного типа можно разделить на два типа. В сушилках первого типа осадок не смешивается с потоком сушильного агента. Наиболее известный вид сушилок этого типа – барабанные. Во втором типе сушилок частицы осадка перемещаются и перемешиваются потоком сушильного агента. К этому типу относят сушилки со встречными струями, а также сушилки с кипящим и фонтанирующим слоем.

Любая сушильная установка состоит из сушильного аппарата и вспомогательного оборудования — топки с системой топливоподачи, питателя, циклона, скруббера, тягодутьевых устройств, конвейеров и бункеров, контрольно-измерительных приборов и автоматики.

Барабанные сушилки работают по схеме с прямоточным движением осадка и сушильного агента, в качестве которого применяют топочные газы. На рис. 5.2.20 показана сушилка барабанного типа.

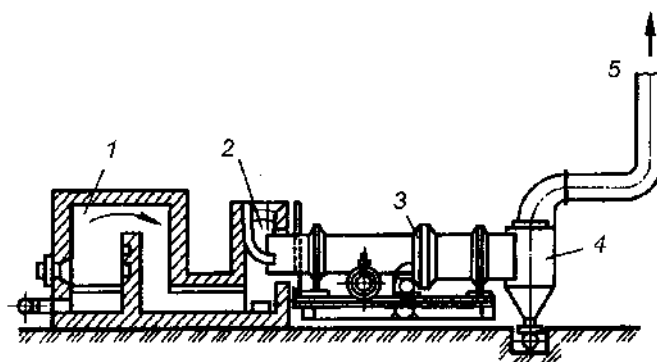


Рис. 4.3. Барабанная сушилка:

1 - топка; 2 и 4 - загрузочная и выгрузочная камеры; 3 - барабан; 5 – отвод дымовых газов.

Сушильный агрегат состоит из топки, сушильной камеры и вентиляционного устройства. Со стороны входа находится загрузочная камера 2, а со стороны выхода — разгрузочная камера 4. Топка расположена со стороны входа в сушильную камеру. Для отсоса отработавших газов устанавливают вентилятор. Барабан установлен наклонно к горизонту с углом $3\ldots 4^{\circ}$, опирается на катки и имеет привод, от которого осуществляется вращение. Температура топочных газов на входе в сушилку $600\ldots 800^{\circ}\text{C}$, на выходе из нее - $170\ldots 250^{\circ}\text{C}$. Влаж-

ность поступающего в барабан осадка должна быть не более 50%, иначе он будет прилипать к внутренней поверхности барабана. Для снижения влажности поступающего в барабан осадка к нему необходимо добавлять ранее высушенный осадок.

После сушки в барабанной сушилке осадок не загнивает, не содержит гельминтов и патогенных микроорганизмов, имеет влажность 20...30%. Барабанные сушилки имеют большую единичную производительность, но малое напряжение по влаге, что обуславливает их большие габариты, массу и металлоемкость. Они имеют низкий КПД, требуют высоких капитальных затрат и относительно сложны в эксплуатации.

Сушилки со встречными струями. Основными элементами сушильной установки (рис. 4.4) являются аппарат со встречными струями, который выполнен в виде двух горизонтальных разгонных труб, врезанных в вертикальную пневмотрубу, и воздушно-проходной сепаратор.

Обезвоженный осадок подается ленточным конвейером 11 и шнековыми питателями 13 в сушильный элемент со встречными струями 14, выполненный в виде двух труб, врезанных в вертикальный стояк 16. Сушка производится по ретурной схеме, т.е. с добавкой высушенного осадка к осадку, подаваемому на сушку. Выгрузка высушенного гранулированного осадка производится из аэрофонтанного аппарата 17. Смешивание кека с ретуром производится в шнековом питателе, обеспечивающем подачу однородной по составу и влажности смеси.

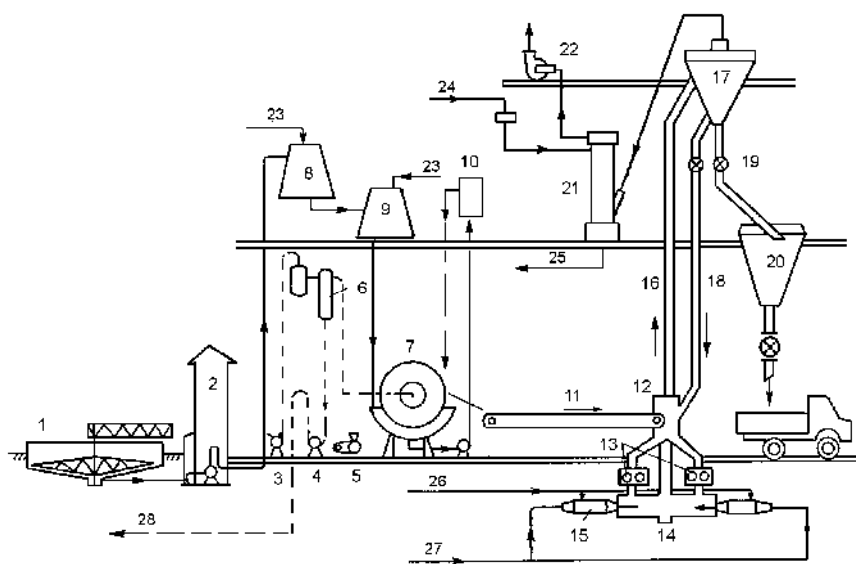


Рис. 4.4. Схема установки для термической сушки механически обезвоженных осадков в сушилке со встречными струями:

1 – осадкоуплотнитель; 2 – насосная станция; 3 – вакуум-насос; 4 – насос для откачки фильтрата; 5 – компрессор; 6 – ресивер; 7 – вакуум-фильтр; 8, 9 – смесители; 10 – емкость для ингибированной кислоты; 11 – ленточный конвейер для подачи осадка; 12 – приемная камера; 13 – двухвалковые шнековые питатели; 14 – сушильная камера с разгонными трубами; 15 – камеры сгорания; 16 – вертикальный стояк; 17 – сепаратор воздушно-проходного типа; 18 – трубопровод ретура; 19 – шлюзовые затворы; 20 – подача сухого осадка в бункер готового продукта; 21 – водяной скруббер; 22 – вентилятор; 23 – подача реагентов; 24 – подача воды; 25 – отвод шлама; 26 – подача газа; 27 – подача воздуха; 28 – отвод фильтрата.

Окончательная сушка осадка проходит в сепараторе воздушно-проходного типа

(аэрофонтане) 17. В нем увеличивается время контакта сушильного агента с осадком и происходит классификация частиц. Крупные частицы осадка через шлюзовой затвор 19 поступают в бункер готового продукта, а мелкие частицы потоком сушильного агента увлекаются в водяной скруббер 21.

Сушилки со встречными струями имеют производительность 0,7...3 т/ч по испаряемой влаге. Эти сушилки по сравнению с барабанными сушилками позволяют сократить капитальные затраты в 3...4 раза, а эксплуатационные на 15%.

В последние годы широкое применение получили сушилки с подвижным слоем. В сушилке с фонтанирующим слоем (рис 4.5) влажный осадок с помощью питателя подается в сушильную камеру.

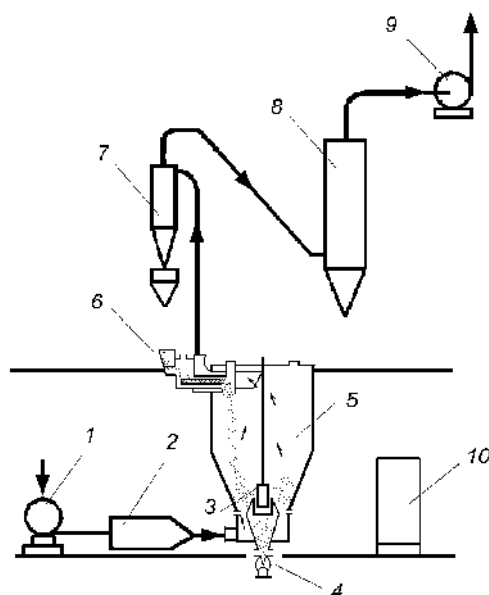


Рис 4.5. Схема установки для сушки осадка в сушилке с фонтанирующим слоем:

1 – воздуходувка; 2 – топка; 3 – переливной порог; 4 – разгрузочное устройство сухого осадка; 5 – сушильная камера; 6 - загрузочный бункер осадка; 7 - батарейный циклон; 8 – мокрый скруббер; 9 – дымосос; 10 – пульт управления с контрольно-измерительными приборами.

Теплоноситель, поступающий в ее нижнюю часть через газораспределительную решетку, подхватывает частицы влажного осадка, увлекает их за собой и фонтаном отбрасывает к стенкам камеры. Частицы осадка сползают по боковым поверхностям конуса к решетке, где вновь подхватываются потоком теплоносителя. Таким образом, происходит циркуляция осадка в сушильной камере. Высушенный осадок выгружается через разгрузочное устройство.

Сушилки с кипящим слоем используют для сушки относительно небольших объемов обводненных осадков, когда это экономически целесообразно. Например, для сушки активного ила и использования его в качестве кормовой добавки к рациону сельскохозяйственных животных. Сушка таких осадков требует большого расхода теплоты на испарение влаги. Поэтому температура теплоносителя не бывает более 250°C. Для быстрого снижения содержания влаги осадка при относительно низкой температуре необходима большая поверхность испарения. Поэтому камера сушилки загружается инертным материалом - носителем. В качестве инертного носителя используют кварцевый песок, стеклянные шарики, фторопластовую крошку.

Инертный носитель покоится на газораспределительной опорной решетке, через кото-

рую подается газ-теплоноситель (рис. 4.6).

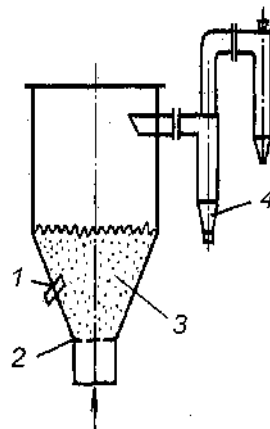


Рис. 4.6. Схема сушилки с кипящим слоем инертного носителя:

1 - форсунка; 2 - газораспределительная опорная решетка; 3 – слой инертного материала и осадка; 4 - циклон.

При определенной скорости газового потока инертный носитель приходит во взвешенное состояние, создавая кипящий или псевдооживленный слой.

Осадок через форсунку впрыскивается в этот слой, сорбируется на частицах инертного носителя и высушивается. Вместе с газовым потоком частицы высушенного осадка выносятся из сушилки в циклон, где происходит их разделение.

4.4. Сжигание осадков сточных вод.

Сжигание осадков осуществляют, если их утилизация в исходном виде невозможна или экономически нецелесообразна.

Сжигание — это процесс окисления органической части осадков до нетоксичных газов (диоксид углерода, водяные пары и азот) и золы. Перед сжиганием осадки должны быть или механически обезвожены, или подвергнуты термической сушке, или пройти оба этих процесса.

Возможное присутствие в газах при сжигании осадков токсичных компонентов может вызвать серьезные трудности при очистке этих газов перед выбросом их в атмосферу.

Процесс сжигания осадков состоит из следующих стадий:

нагревание, сушка, отгонка летучих веществ, сжигание органической части и прокаливание для выгорания остатков углерода.

Возгорание осадка происходит при температуре 200...500°C. Прокаливание зольной части осадка завершается его охлаждением. Температура в топке печи должна быть в пределах 700...900°C.

Установки для сжигания осадков должны обеспечивать полноту сгорания органической части осадка и утилизацию теплоты отходящих газов.

Для сжигания осадков наибольшее распространение получили многоподовые печи и печи кипящего слоя.

Многоподовая печь. Корпус многоподовой печи (рис. 4.7) представляет собой вертикальный стальной цилиндр, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом. Топочное пространство печи разделено по высоте на семь — девять горизонтальных подов. В центре печи имеется вертикальный вал, на котором укреплены горизонтальные фермы гребковых устройств. Каждый под имеет отверстия, расположенные у одного пода на периферии, а у другого - в центральной части.

Осадок подается конвейером через загрузочный люк в верхнюю камеру печи, перемещается гребками к пересыпному отверстию, сбрасывается на лежащий ниже под и т.д. Вертикальный вал и фермы гребковых механизмов выполняются полыми и охлаждаются воздухом, подаваемым вентилятором.

На верхних подах осадок сушится, на средних - органическая часть осадка сгорает при температуре 600...950°C, а на нижних — охлаждается зола перед сбросом в бункер. Из печи газы отводятся в мокрый пылеуловитель и дымососом выбрасывается в атмосферу.

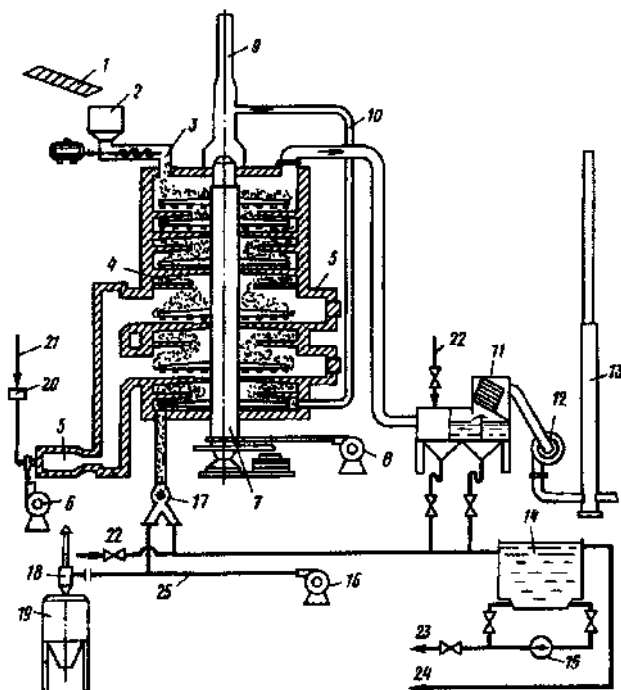


Рис. 4.7. Схема сжигания осадков во многоподовой печи

1 - конвейер ленточный; 2 - бункер загрузки осадка; 3 - шнековый питатель; 4 - многоподовая печь; 5 - наружная топка; 6 - дутьевой вентилятор; 7 - вал; 8 - вентилятор охлаждения; 9 - атмосферная труба; 10 - рециркуляционный трубопровод; 11 - мокрый пылеуловитель; 12 - дымосос; 13 - дымовая труба; 14 - сборник золы; 15 - насос перекачки золовой воды; 16 - вентилятор пневмотранспорта; 17 - шлюзовой питатель; 18 - циклонный разгрузитель; 19 - бункер выгрузки золы; 20 - газорегуляторная установка; 21 - трубопровод топливного газа; 22 - водопровод; 23 - золопровод; 24 - трубопровод водоотведения; 25 - воздуховод.

Многоподовые печи просты и надежны в эксплуатации. К их недостаткам относятся высокая строительная стоимость, большие габариты, частый выход из строя гребковых устройств.

Печь кипящего слоя представляет собой вертикальный стальной цилиндр, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом. Внутри печи имеется топочная камера, конусная часть с воздухораспределительной беспровальной решеткой и куполообразным сводом (рис. 4.8).

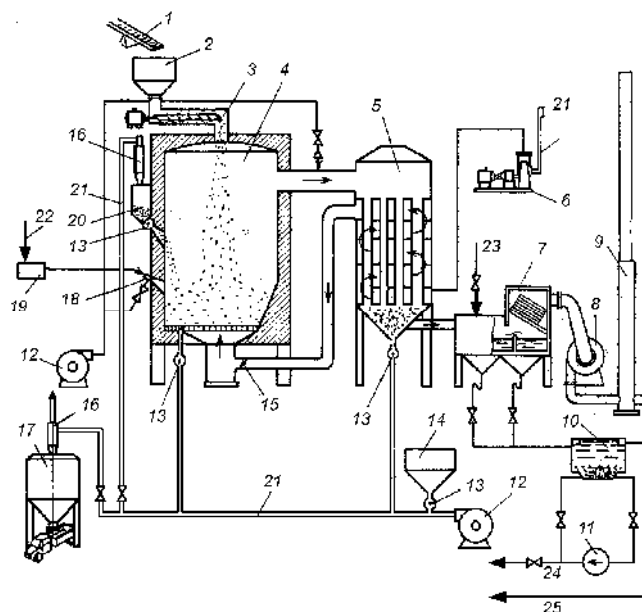


Рис. 4.8. Схема сжигания осадков в печи кипящего слоя:

1 - ленточный транспортер; 2 - бункер загрузки осадка; 3 - шнековый питатель; 4 - печь; 5 - рекуператор; 6 - воздуходувка; 7 - мокрый пылеуловитель; 8 - дымосос; 9 - дымовая труба; 10 - золовая емкость; 11 - насос перекачки золовой воды; 12 - вентилятор; 13 - шлюзово-вой питатель; 14 - бункер для песка; 15 - заслонка; 16 - циклонный разгрузатель; 17 - бункер выгрузки золы; 18 - газовая горелка; 19 - газорегуляторная установка; 20 - бункер-дозатор; 21 - воздуховод; 22 - трубопровод топливного газа; 23 - водопровод; 24 - золопровод; 25 - трубопровод водоотведения.

Обезвоженный осадок подается транспортером через загрузочный бункер в печь. Попадая в кипящий слой песка, температура которого $750...800^{\circ}\text{C}$, осадок интенсивно отдает влагу и измельчается. В кипящем слое происходит доиспарение влаги и горение осадка. Продолжительность процесса составляет $1...2$ мин. Образовавшаяся зола выносится из печи с потоком отходящих газов, которые по газопроводу поступают в рекуператор, затем в мокрый золоуловитель и далее дымососом выбрасываются в атмосферу. Основная масса воздуха на создание кипящего слоя и обеспечение горения подается воздуходувкой через рекуператор под колосниковую решетку печи. Если теплотворной способности осадка недостаточно для поддержания процесса горения, в печь через горелку вводится дополнительное топливо. Воздух на горение, вторичное дутье, а также на охлаждение газов в газопроводе подается вентилятором. Восполнение потерь песка в кипящем осуществляется из пескового бункера.

4.5. Утилизация осадков городских сточных вод.

Осадки, выделяемые при очистке сточных вод городов и населенных мест с малой долей неочищенных производственных стоков, по химическому составу относятся к ценным органо-минеральным смесям.

Осадки городских сточных вод целесообразно использовать главным образом в сельском хозяйстве в качестве азотно-фосфорных удобрений, содержащего необходимые для развития растений микроэлементы и органические соединения. Попадая в почву, осадок минерализуется, при этом биогенные и другие элементы переходят в доступные для растений соединения.

Эффективность утилизации осадков в качестве удобрений определяется комплексным

содержанием в них биогенных элементов, о количестве которых дают представление данные, полученные на основании обобщения опыта работы станции аэрации и опубликованных материалов (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Показатели осадков по содержанию биогенных элементов

Питательные вещества	Содержание биогенных веществ по сухому веществу, %			
	Осадок сырой	Осадок сброженный	Активный ил	Смесь осадка первичных и вторичных отстойников
Азот общий	1,6...6	1,7...7,5	2,4...10	2...8
Фосфор общий (P_2O_5)	0,6...5,2	0,9...6,6	2,3...8	1...7
Калий общий (K_2O)	0,1...0,6	0,2...0,5	0,3...0,4	0,2...0,5

Активный ил представляет наибольшую ценность как органическое удобрение особенно богатое азотом и усваиваемыми фосфатами. Содержание этих веществ в осадках определяется составом сточных вод и технологией ее очистки. Отношение общего органического углерода к азоту в среднем составляет 15:1. Накопления калия в почве не происходит, так как в осадках недостаточно этого элемента.

Минеральная часть осадков представлена в основном соединениями кальция, кремния, алюминия и железа (см. табл. 5.2). Поступление на очистные станции городов производственных стоков обуславливает присутствие в осадках ряда микроэлементов, таких как бор, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк.

Проведенные исследования показали, что микроэлементы повышают скорость многих биохимических реакций, протекающих в растениях, а их недостаток вызывает нарушение обмена веществ.

Внесение осадков значительно уменьшает кислотность почв и увеличивает содержание азота, гумуса и фосфора. Особенно благоприятно действует на кислые почвы осадок обработанный известью.

Содержание большого количества органических веществ (40...70% массы сухого вещества) позволяет использовать осадки в качестве рекультиванта почв, у которых потерян верхний плодородный слой, что особенно важно для сохранения плодородия в условиях широкого применения минеральных удобрений, ухудшающих структуру почв, и возвращения сельскому хозяйству земель после использования их промышленностью.

Наряду с применением осадков в агротехнике, перспективно использование их для получения кормовых добавок и препаратов для питания сельскохозяйственных животных, птиц, рыб и зверей ценных пород.

Во многих городах и населенных пунктах, обслуживаемых централизованными системами водоотведения, сточные воды содержат значительную долю разнообразных производственных стоков. Осадки, выделяемые в процессах очистки таких городских сточных вод, могут содержать вредные для растений и животных вещества (яды, химические соединения, радиоактивные вещества, сорняки). Микроэлементы (бор, марганец, медь, молибден, кобальт, цинк) при повышенных концентрациях также могут оказывать неблагоприятное воздействие на рост растений и качество сельскохозяйственной продукции. Поэтому возможность использования осадков в сельском хозяйстве должна быть оценена с учетом присутствия в них этих соединений.

Перспективным направлением утилизации осадков сточных вод является их переработка с целью получения продуктов, используемых в промышленном производстве и теплоэнергетике. Важно отметить, что для этого направления переработки осадков нет жестких ограничений по санитарным показателям и присутствию токсичных соединений. Благодаря этому возможно использование процессов утилизации осадков бытовых сточных вод в комплексе с переработкой других отходов населенных мест и промышленных предприятий.