

РАЗДЕЛ 3. МЕТОДЫ И СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Тема 12. 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 определения наиболее рациональных путей их использования и обработки. В табл. 12.1 дан общий химический состав осадков городских сточных вод.

Таблица 12.1.

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:

$$P = 100 \times (m_0 - m_{\text{сух}}) / m_{\text{ос}}, \quad (12.1)$$

Или

$$P = 100 \left(1 - \frac{m_{\text{сух}}}{W_o \rho_{\text{ос}}} \right) \quad (10.2)$$

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:

$$S = 100 \times (m_{\text{зол}} / m_{\text{сух}}) \quad (12.3)$$

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

Обработка осадков, выделяемых в процессах очистки сточных вод, проводится с целью 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 длительном хранении; *обезвоживанием* – обеспечивающим минимальный объем осадков; *обеззараживанием* – делающим осадок

безопасным по санитарно-бактериологическим показателям.

Тема 13. Классификация методов обработки осадков

Осадки, образующиеся в процессе очистки сточных вод (песок из песколовков, осадок первичных отстойников, избыточный активный ил и др.), должны подвергаться обработке с целью обезвоживания, стабилизации, снижения запаха, обеззараживания, улучшения физико-механических свойств, обеспечивающих возможность их экологически безопасной утилизации или размещения (хранения или захоронения) в окружающей среде. Современная технологическая схема в обработки осадков включает следующие процессы: уплотнение (сгущение), стабилизация органической части осадков, кондиционирование, обезвоживание, утилизация ценных продуктов, ликвидация. Основные процессы, применяемые для обработки сточных вод, представлены на рис. 13.1. Уплотнение осадков сточных вод является первичной стадией их обработки и предназначено для уменьшения их объемов. Наиболее распространены гравитационный и флотационный методы уплотнения. Гравитационное уплотнение осуществляется в отстойниках-уплотнителях; флотационное – в установках напорной флотации. Применяется также центробежное уплотнение осадков в гидроциклонах, центрифугах и сепараторы. Перспективно вибрационное уплотнение путем фильтрования осадка сточных вод через фильтрующие перегородки или с помощью погруженных в осадок вибрационных устройств.

Стабилизация осадков используется для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества, что предотвращает загнивание осадков при длительном хранении на открытом воздухе (сушка на иловых площадках, использование в качестве сельскохозяйственных удобрений и т.п.). Стабилизация или минерализация органического вещества осадка может осуществляться в анаэробных условиях (метановое брожение) и в

аэробных условиях. Для стабилизации осадков промышленных сточных вод применяют, в основном, аэробную стабилизацию – длительное аэрирование осадков в сооружениях типа аэротенков, в результате чего происходит распад основной части биологически разлагаемых веществ, подверженных гниению.



Рис. 13.1. Классификация методов обработки осадка

Кондиционирование осадков проводят для разрушения коллоидной структуры осадка органического происхождения и увеличения их водоотдачи. Применяют в основном реагентный метод кондиционирования. Обезвоживание осадков сточных вод предназначено для получения осадка (кека) влажностью 50–80%. Обезвоживание осуществлялось в основном

сушкой осадков на иловых площадках. Однако низкая эффективность такого процесса, дефицит земельных участков в промышленных районах и загрязнение воздушной среды обусловили разработку и применение механического обезвоживания: вакуум-фильтрование, центрифугирование, фильтрпрессование, термическая сушка. При проектировании цеха механического обезвоживания иловые площадки предусматриваются как аварийные.

Методы кондиционирования подразделяются на:

- реагентные – минеральные (неорганические) реагенты, органические высокомолекулярные соединения (полиэлектролиты) и присадки;
- безреагентные – тепловая обработка осадка, замораживание и оттаивание осадков.

Реагентная обработка – самый распространенный способ кондиционирования. При ее применении происходит коагуляция – процесс агрегации тонкодисперсных и коллоидных частиц, образование крупных хлопьев с изменением форм связи влаги, что приводит к изменению структуры осадка и улучшению его водоотводящих свойств. Для реагентной обработки применяют минеральные и органические соединения – коагулянты, флокулянты и известь. Среди минеральных реагентов используют соли железа (Fe^{3+}), алюминия (Al^{3+}) и известь (CaO), которые вводят в обрабатываемый осадок в виде 10-процентных растворов. Наиболее эффективным является хлорное железо (FeCl_3), применяемое в сочетании с известью. Доза FeCl_3 составляет 5÷8%, извести – 15÷30% (по сухому веществу осадка). Известь также используют как самостоятельный коагулянт. Известь нейтрализует кислоты, образующиеся при гидролизе коагулянтов, и, вступая в химические реакции с кислотами и органическими веществами, находящимися в осадках, что сокращает расход основного реагента и предотвращает загнивание и, следовательно, распространение запаха осадка. Одновременно известь играет роль присадочного материала,

изменяющего структуру и повышает жесткость структурированного осадка. При обработке осадка хлорным железом в сочетании с известью в осадок вводится сначала хлорное железо, а затем известь. Если хлорное железо вводится в осадок после извести, то его расход увеличивается примерно в 1,3–1,5 раза.

Эффективность применения минеральных реагентов в значительной мере зависит от условий проведения процесса обработки осадка. Наилучшие результаты достигаются при соблюдении определенной последовательности ввода реагентов и периодов разрыва. Установлено, что продолжительность пребывания осадка в смесительных камерах должна составлять: в первой – 5–10 мин.; во второй – 5–10 мин.; в буферной камере – 15–30 мин. Дозы химических реагентов для коагулирования осадков зависят от удельного сопротивления осадков: чем оно выше, тем больше реагентов требуется для его снижения. Дозы реагентов, рекомендуемые для разных осадков и разных режимов стабилизации, различны.

Основное преимущество методов подготовки осадков без реагентов состоит в отсутствии их приобретения, доставки и приготовления. Не увеличиваются массы осадков и объемы отделяемой воды. Тепловая обработка – это нагревание осадков до температуры 170–220°C при давлении 1,2–2 МПа, соответствующем давлению насыщенны водяных паров при данной температуре, с выдержкой при указанных параметрах в течение 30–120 мин. в зависимости от свойства исходного осадка. В процессе тепловой обработке происходит распад органических веществ, в основном белков, их растворение и переход из твердой фазы осадков в жидкую. При этом изменяется структура осадков, их зольность и частично химический состав, достигается улучшение водоотдачи и обезвреживание осадков. Тепловой обработке могут подвергать как сырые, так и сброженные осадки. Процесс замораживания заключается в том, что при замораживании в интервале температур от -5 до -10°C часть связанной влаги переходит в свободную. При

этом значительно улучшается водоотдающая способность осадка и снижается его удельное сопротивление. При этом более низкое значение сопротивления осадков достигается путем медленного замораживания. Продолжительность процесса составляет 50÷120 мин. Осадок после замораживания и оттаивания обезвоживается механическим путем без применения дополнительных реагентов. Искусственное замораживание осадков может осуществляться в холодильных установках непосредственного контакта с применением панельных или барабанных льдогенераторов. Для искусственного замораживания 1 м³ осадка расходуется около 50 кВт электроэнергии. Осадок после оттаивания может обезвоживаться на вакуум-фильтрах ленточного типа или на иловых площадках с естественным основанием и дренажем. Основными параметрами замораживания осадка является температура теплопередающей поверхности, толщина замораживаемого слоя осадка, продолжительность контакта жидкого осадка с поверхностью замораживания. К основным недостаткам метода относятся продолжительность всего цикла подготовки осадка, что ограничивает производительность установок, и относительно большой расход электроэнергии.

Ликвидация осадков сточных вод применяется в тех случаях, когда утилизация их является невозможной или экономически нецелесообразной. Выбор рациональной технологической схемы обработки осадка является сложной инженерно-экономической и экологической задачей, но в любом случае технологическая схема строится на комбинации различных методов обработки осадков, так как технологические схемы обработки осадков зависят от многих факторов: свойств осадков, их количества, климатических условий, наличия земельных площадей и пр. В табл. 13.1 и 13.2 приведены наиболее распространенные методы обработки осадков, которые следует рассматривать как отдельные процессы в схеме полной обработки осадков.

Таблица 13.1

Методы обработки осадков

Метод	Результат обработки		
	обезвоживание	стабилизация	обеззараживание
Гравитационное уплотнение	+	-	-
Флотация	+	-	-
Анаэробное сбраживание:			
- мезофильное	-	+	-
- термофильное	-	+	+
Аэробная стабилизация	-	+	-
Компостирование	-	+	+
Сушка на иловых площадках	+	-	-
Вакуум-фильтрация	+	-	-
Фильтр-прессование	+	-	-
Центрифугирование	+	-	-
Тепловая обработка	-	+	+
Термическая сушка	+	+	+
Сжигание	+	+	+

Таблица 13.2.

1. Сгущение и уплотнение	Гравитационное уплотнение ИАИ
	Гравитационное совместное уплотнение ИАИ и ОПО
	Флотационное сгущение ИАИ
	Механическое сгущение с флокулянтom
	Барабанные сгустители
	Ленточные сгустители
	Сгущающие центрифуги

2. Механическая обработка	Процеживание на решетках (ситах)		
	Измельчение ГДП		
	Удаление песка в напорных гидроциклонах		
3. Стабилизация	Анаэробное метановое сбраживание	Технологии анаэробного сбраживания	Мезофильное сбраживание
			Термофильное сбраживание
			Двухфазное термофильно-мезофильное сбраживание
			Двухступенчатое сбраживание с промежуточной тепловой обработкой
			Сбраживание с рециркуляцией сгущенного сброженного осадка
		Оборудование для сбраживания	Теплообменники
			Спиральные
			«Труба в трубе»
			Оборудование для перемешивания метантенков
			Мешалки с вертикальным валом
			Пристенные мешалки
			Газовый эжектор
			Газгольдеры для усреднения расхода биогаза
			Газгольдер типа «колокол»
			Надувной газгольдер

			Сферический напорный газ- гольдер
		Технологии предобработки	Тепловая обработка
		осадка перед сбраживанием	УЗ обработка
			Щелочной гидролиз
		Технологии и оборудование для утилизации биогаза	Сжигание в котельной
			Когенерация
			Когенерация с использова- нием вырабатываемого вы- сокопотенциального тепла для сушки части образую- щегося осадка
			Непосредственная утили- зация в качестве топлива для сушки осадка
			Прямой привод воздухо- дувных агрегатов от газо- вых двигателей
			Использование в качестве высокооктанового и эколо- гически чистого моторного топлива
		Классическая аэробная стабилизация	
		Термофильная аэробная стабилизация (аэробное сбражива- ние)	
		Аэробная стабилизация с выделением тяжелых металлов в раствор	

	Аэробно-аноксидная стабилизация		
	Обработка ферментами		
	Термическая дегельминтизация		
	Реагентная дегельминтизация		
4. Обезвоживание	Механическое обезвоживание	Ленточные фильтр-прессы	
		Камерные фильтр-прессы	
		Шнековые прессы	
	Обезвоживание фильтрацией под собственным весом	Фильтрующие мешки	
		Геотубы	
	Обезвоживание осадков на иловых площадках		
5. Сушка	Термическая сушка	Прямая (конвективная) сушка	Многоподовая
			Сетчатая
			Псевдоожиженного (кипящего, фонтанирующего) слоя
			Барабанная (полый барабан)
			Барабанная (коаксиальные барабаны)
		Непрямая (контактная, кондуктивная) сушка	Вращающийся нагреваемый барабан
			Псевдоожиженного слоя
		Низкотемпературная сушка	
	Естественная (солнечная) сушка		
	Биосушка		

	Электроосмотическая сушка		
6. Стабилизация и обеззараживание обезвоженного осадка	Компостирование	Буртовое	
		Буртовое с полупроницаемым покрытием	
		Туннельное	
		Реакторное	
	Длительное вылеживание		
	Обработка негашеной известью		
	Термическая дегельминтизация		
	Реагентное обеззараживание		
	Вермикомпостирование		
7. Термическая утилизация и переработка	Огневой метод	Сжигание осадка	Многоподовые печи
			Барабанные печи
			Циклонные печи
			Печи с псевдоожиженным слоем
		Остеклование осадка (процесс Minergy)	
	Пиролиз	Газификация	
		Ожижение	
	Плазменный метод		
	Жидкофазное окисление («мокрое» сжигание)		
8. Очистка возвратных потоков от обработки осадка	Использование АНАММОКС-бактерий для удаления азота		
	Нитритация-денитритация		
	Осаждение фосфатов с получением удобрения		
9. Почвенная утилизация	Внесение в качестве удобрения		
	Использование в составе почвогрунтов		
	Получение фосфорного удобрения из золы от сжигания осадка		

10. Использование при производстве строительных материалов	Использование в производстве кирпича
	Использование в производстве цемента

Тема 14. Аэробная и анаэробная стабилизация осадков сточных вод

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

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. 12.1). Различен и состав выделяющегося

газа.

Таблица 14.1.

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.

Основные методы сбраживания представлены в таб.14.2

Таблица 14.2

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Анаэробное метановое сбраживание	Микробиальное разложение органического вещества (ОВ) без доступа кислорода	Практически не требует энергозатрат. Генерирует топливо - биогаз. Достижимо высокое разложение ОВ	Требует достаточно сложных сооружений. Потенциальная взрывоопасность биогаза.

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Классическая аэробная стабилизация	Микробиальное окисление ОВ с помощью кислорода	Простота процесса, практически аналогичного классической биологической очистке.	Низкая эффективность, большой объем сооружений. Высокое энергопотребление. Не обеспечивает гигиенизации осадка
Термофильная аэробная стабилизация (аэробное сбраживание)		Современная технология. Сокращенное время обработки, глубокий распад, полная гигиенизация	Высокое энергопотребление, необходимость очистки отходящих газов
Аэробная стабилизация с выделением тяжелых металлов в раствор	Аэробная обработка сброженного осадка с подкислением. В этих условиях Тиобациллы окисляют сульфиды и обеспечивают выделение тяжелых метал-	Удаление большинства тяжелых металлов (минимально - хром) из осадка. Резкое улучшение водоотдающих свойств	Потребность в серной кислоте и хлорном железе. Необходимость защиты емкостей от коррозии (рН 2,5-3.0), последующей нейтрализации фильтрата

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
	лов в раствор		
Аэробно-аноксидная стабилизация	Повторяющиеся циклы аэробной и анакисидной обработки осадка в стабилизаторе	Повышение эффективности аэробной стабилизации и улучшение последующее обезвоживание осадка. Практически полное прекращение возвратного потока азота	Высокая энергоемкость, характерная для аэробной стабилизации осадков. Увеличенное время обработки
Обработка ферментами	К осадку добавляются ферменты	Простота метода. Уменьшение объемов сооружений. Уменьшение количества обработанных осадков и загрязнения атмосферного воздуха	Высокая стоимость ферментов
Термическая дегельминтизация	Нагрев и выдерживание осадка при	Надежный способ. Может применяться	Существенные затраты тепла, даже при использовании рекуперации тепла.

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
	температуре, обеспечивающей гибель яиц гельминтов. Рекуперация части тепла от нагретого осадка входящему	вне зависимости от метода стабилизации и обезвоживания	Существенная металлоемкость
Реагентная дегельминтизация	Добавление в осадок и/или сточную воду реагентов, обеспечивающих инактивацию яиц гельминтов	Эффективность метода требует подтверждения для конкретных реагентов	Возможна высокая стоимость реагентов

Анаэробная стабилизация

Общее техническое описание. Обработываемый осадок подается в закрытые перемешиваемые реакторы - метантенки, в которых происходит анаэробный (бескислородный) процесс распада части органического вещества осадка с получением смеси метана и углекислого газа. Процесс требует поддержания определенной температуры. Выделяют 2 диапазона температур - мезофильный (33-38 °С) и термофильный (50-55 °С). Время обработки составляет 12-30 суток в мезофильном и 6 - 12 суток в термофильном. Обработанный осадок самотеком выгружается из метантенка.

Сбраживанию подвергают, как правило, смесь осадков первичных отстойников и избыточного активного ила, реже - только осадок первичных отстойников (при использовании отдельной технологии для избыточного активного ила), либо только избыточный активный ил (при очистке сточных вод без первичного осветления).

Технологическая эффективность. Распад органического вещества осадка составляет 35-60%, в зависимости от типа осадка, технологии и условий проведения процесса и наличия предобработки осадка, увеличивающей распад. Выход биогаза пропорционален распаду органического вещества, с коэффициентами пропорциональности 0,75-1,0, в зависимости от местных условий. При термофильном сбраживании обеспечивается необходимая для почвенной утилизации степень обеззараживания осадков, а также полная дегельминтизация.

Анаэробное сбраживание - один из наиболее благоприятных для окружающей среды процессов, используемых в коммунальном водоотведении. Позволяет трансформировать в биогаз нестабильное органическое вещество осадка, которое, в противном случае, разлагается в окружающей среде, требуя большого количества кислорода (при окислении в почве), либо выделяя парниковые газы (при захоронении, либо ином складировании). Выделенный биогаз представляет собой ценное топливо, эффективная утилизация которого (наряду с другими инженерными решениями) позволяет не только обеспечить нужную температуру в метантенках, но и обеспечить выработку энергии, на 50-70 (даже до 100%) покрывающей затраты сооружений очистки сточных вод на аэрацию. При этом в результате сжигания биогаза экономится природное топливо и существенно сокращается выброс парниковых газов.

Уменьшение количества сухого вещества осадка приводит к сокращению его объема, размещаемого в окружающей среде.

Различные химические и физико-химические процессы, происходящие

в анаэробных реакторах, приводят к связыванию тяжелых металлов в труднодоступные соединения, в том числе сульфиды.

Метод трансформирует часть органического вещества твердой фазы осадка в газовую фазу в виде метана и углекислого газа. Меньшая часть органического вещества, а также выделяющиеся при распаде азот и фосфор переходят в жидкую фазу (в иловую воду). Газовая фаза утилизируется при сжигании. Таким образом, единственным массовым газообразным продуктом трансформации твердой фазы является углекислый газ.

Распад органического вещества в жидкую фазу невелик и не превышает 2-4 % от входящего потока вещества. Более существенно выделение в жидкую фазу азота (около 15% от входящей нагрузки на очистные сооружения) и фосфора (около 10-15 %).

При нарушениях эксплуатации, а также при отсутствии систем сбора и очистки газовых выбросов из сооружений, связанных с метантенками (загрузочно-выгрузочные камеры, уплотнители, резервуары, газгольдеры и т.п.) возможно загрязнение атмосферного воздуха, в том числе дурнопахнущими веществами.

Применимость. Принципиальные ограничения отсутствуют (в животноводстве успешно эксплуатируются анаэробные реакторы объемом в сотни м³, в развивающихся странах - в м³), однако целесообразность применения следует рассматривать, начиная с очистных сооружений, обслуживающих 50 тыс. эквивалентных жителей. Как экономичный метод рекомендуется к применению, начиная с ЭЧЖ более 100 тыс. человек.

Метод требует существенной площади на территории очистных сооружений (но не более 10% от площади сооружений очистки сточных вод).

Факторы, влияющие на возможность реализации. Требуется значительных емкостей метантенков, создания газово-энергетического хозяйства (сооружения и оборудование по сбору, накоплению, очистке и

утилизации биогаза). Метантенки сооружаются как наземные емкости, поэтому (в отличие от подземных емкостей) любая неплотность в бетоне, либо в металлоконструкции приводит к утечке наружу.

Требует предварительной обработки осадка: желательно максимальное (но не выше 8-10% по сухому веществу) сгущение осадков, процеживание осадка первичных отстойников. Весьма желательно использование теплообменников для рекуперации тепла сброженного осадка.

Сами метантенки и все элементы газового хозяйства потенциально взрывоопасны и требуют квалифицированной эксплуатации.

Российские нормы, направленные на безопасную эксплуатацию метантенков, значительно усложняют (по сравнению с зарубежной практикой) все стадии применения метода, начиная с проектирования. Они же предписывают значительные разрывы (20 м) между группой метантенков и газгольдерами, а также другими сооружениями, либо проездами.

Периодически (даже при использовании эффективного перемешивания) необходима очистка метантенков от накапливающегося в них песка и корки. Даже с применением гидромеханизации это требует тяжелого ручного труда.

Использование более интенсивного термофильного сбраживания при времени обработки менее 10 суток возможно, но приводит к получению осадка с неудовлетворительными водоотдающими свойствами. Распространенным решением этой проблемы является проведение промывки сброженного осадка очищенной водой (т.е. смешение с этой водой с последующим разделением смеси в уплотнителях). Это требует дополнительных капитальных вложений, площади, а также может являться источником загрязнения атмосферы.

Термофильно-мезофильное анаэробное сбраживание

Цель технологии. Улучшить качество обработанного осадка при сокращении объема сооружений

Общее техническое описание. Осадок вначале подвергается термофильному сбраживанию (при температуре около 55 °С), а затем мезофильному (при температуре около 35 °С).

Повышение распада органического вещества осадка при сокращении объема сооружений и хорошем качестве обработанного осадка. Уменьшение количества обработанного осадка.

Дополнительное количество азота и фосфора, содержащаяся в твердой фазе осадка, переходит обратно в жидкую фазу. Предпочтительно на крупных и средних сооружениях. Факторы, влияющие на возможность реализации. Использование анаэробного сбраживания требует неукоснительной реализации требований промышленной безопасности (прежде всего, взрывобезопасности). Использование двухступенчатого процесса усложняет технологию, требует использования дополнительных теплообменников.

Классическая аэробная стабилизация

Общее техническое описание. Обрабатываемый осадок подается в аэрируемые тем или иным способом емкости (как правило, аналогичные аэротенкам, используемым для очистки сточных вод от органических загрязнений), в которых при температуре, как правило, в диапазоне 12-28 °С (соответствует температуре сточных вод) происходит аэробный процесс окисления органического вещества осадка первичных отстойников (при совместной стабилизации осадков) биомассой активного ила и самоокисление этой биомассы. Возможен также подогрев стабилизируемого осадка в зимнее время до 20-25 °С. Применима также аэробная стабилизация только ила (когда не используется первичное осветление, либо осадок обрабатывается по другой технологии).

Время стабилизации зависит от концентрации обрабатываемых осадков и составляет 25-50% от объема сооружений классической биологической очистки, от которых обрабатывается осадок.

Технологическая эффективность. Эффективность разложения органического вещества не превышает 60% от анаэробного сбраживания, т.е. составляет максимум 25-27%.

Аэробная стабилизация - чрезвычайно энергоемкий процесс, требует высокого расхода электроэнергии (50-100% от энергопотребления классической биологической очистки данных сточных вод). Энергозатраты не могут быть рекуперированы.

Метод не обеспечивает требуемой для почвенной утилизации степень обеззараживания осадков. Также не обеспечивается дегельминтизация.

Метод трансформирует часть твердого вещества в углекислый газ (выделяется с воздухом, выходящим из сооружения), т.е. в газовую фазу. Часть органического вещества (водорода и кислорода) выделяется в жидкую фазу (иловую воду) в виде воды. Таким образом, единственным экологически значимым массовым продуктом трансформации твердой фазы является углекислый газ.

При достаточной аэрации выделение загрязняющих и дурнопахнущих веществ невелико, при недостатке кислорода развиваются гнилостные процессы и выделение дурнопахнущих веществ существенно возрастает.

Выделяющиеся при распаде азот и фосфор переходят в жидкую фазу (в иловую воду). Выделение в жидкую фазу азота не превышает

10% от входящей нагрузки на очистные сооружения, фосфора - 5-10 %.

Применимость. Технически метод применим для сооружений любой производительности. Метод требует максимальной площади на территории очистных сооружений из всех технологий стабилизации осадка (кроме длительной стабилизации за счет вылеживания на площадках хранения).

Сооружения безопасны в эксплуатации и не требуют сложной эксплуатации. Метод увеличивает площадь сооружений биологической очистки на 15-30 % и затраты на электроэнергию на очистных сооружениях не менее, чем на 30-50% (большее значение - для совместной стабилизации

осадка первичных отстойников и ила).

Аэробная термофильная автотермичная стабилизация жидких осадков

Общее техническое описание. По биологическим основам процесс не отличается от обычной аэробной стабилизации, однако осуществляется другими группами аэробных гетеротрофных микроорганизмов - термофильными. По конструктивному оформлению и эффективности отличия процесса весьма существенны.

Обрабатываемый осадок подается в аэрируемые (как правило, с подачей сжатого воздуха в механические диспергаторы) закрытые реакторы, в которых происходит аэробный процесс биологического окисления органического вещества осадков. В процессе окисления концентрированных осадков (избыточный активный ил подлежит предварительному сгущению, оптимальная концентрация подаваемой смеси осадка 45-60 г СВ/л) выделяющаяся теплота нагревает теплоизолированный реактор до температур термофильного процесса - свыше 50 °C (аналогично процессу компостирования обезвоженных осадков). Такие условия позволяют не только в несколько раз ускорить проведение процесса по сравнению с обычной аэробной стабилизацией, но и до 1,5-1,8 раз повысить глубину распада органического вещества осадка.

Благодаря результатам процесса и схожему конструктивному оформлению данный метод часто именуют Аэробное термофильное автотермичное сбраживание (хотя процесс с микробиологической точки зрения сбраживанием не является).

Технологическая эффективность. Распад ОВ до 50-60%. Метод обеспечивает любую требуемую для почвенной утилизации степень обеззараживания осадков. Также обеспечивается полная дегельминтизация.

Термофильная аэробная стабилизация - наиболее энергоемкий процесс, требует наиболее высокого расхода электроэнергии. Это объясняется

пониженной эффективностью растворения кислорода воздуха (низкое значение так называемого альфа-фактора). Энергозатраты не могут быть рекуперированы.

Межсредовые воздействия аналогичны классической аэробной стабилизации. Как правило, отходящий воздух из стабилизаторов требует очистки от загрязняющих веществ, а в холодное время - также и охлаждения с каплеулавливанием.

Выделяющиеся при распаде азот и фосфор переходят в жидкую фазу (в иловую воду). Выделение в жидкую фазу азота не превышает

15% от входящей нагрузки на очистные сооружения, фосфора - 10-15%.

Технически метод применим для сооружений любой производительности. Метод достаточно компактен. Требует использования специальных реакторов, систем аэрации и системы автоматизации процесса.

Метод увеличивает затраты на электроэнергию на очистных сооружениях не менее, чем на 40-70% (большее значение - для совместной стабилизации осадка первичных отстойников и ила).

Обработанный методом аэробного термофильного сбраживания осадок обладает наилучшими водоотдающими свойствами, а также оптимален для использования (после обезвоживания) в качестве удобрения для любых целей и культур (при соблюдении требований по содержанию токсичных веществ).

Аэробная стабилизация с выделением тяжелых металлов в раствор

Цель технологии. Обеспечить одновременно со стабилизацией осадка выделение из него значительной части тяжелых металлов и повышенное удаление патогенных микроорганизмов

Общее техническое описание. К стабилизируемому осадку добавляется элементарная сера. В результате окислительных процессов, проводимых тионовыми (сероокисляющими) бактериями рН в сооружении снижается до значений около 2, что в результате обработки в течении нескольких суток обеспечивает уничтожение патогенов и растворение тяжелых металлов.

Разновидностью процесса является аэробная обработка анаэробно сброженного осадка, в этом случае восстановленные соединения серы присутствуют в осадке виде сульфидов тяжелых металлов. Для интенсификации процесса также могут добавляться кислота, хлорное железо (для снижения окислительно-восстановительного потенциала), а также сульфид железа и сера.

Единственная технология, позволяющая на 60-80 % удалять тяжелые металлы, содержащиеся в осадке и получать биоудобрение высокого класса. При обработке сброженного осадка достигаются его свойства, соответствующие аэробной обработке.

Предотвращение попадания тяжелых металлом с осадками сточных вод в окружающую среду.

Используются реагенты. Образуется (при дополнительной обработке) отход более высокого класса опасности (шлам, содержащий выделенные тяжелые металлы). Питательные вещества, находящиеся в осадке, не выделяются в жидкую фазу и остаются в твердой фазе.

Применимость практически в любых масштабах, однако сложность технологии дает преимущества использованию на средних и крупных сооружениях.

Необходима защита от коррозии сооружений, где производится процесс стабилизации, использование коррозионностойкого оборудования, включая обезвоживающее. Необходимо осуществлять осаждение выделенных тяжелых металлов и последующее отдельное обезвоживание полученного шлама. Может потребоваться подщелачивание обработанного осадка после обезвоживания.

Аэробно-аноксидная стабилизация осадков

Цель технологии. Повысить эффективность аэробной стабилизации в результате поддержания стабильного значения рН в биореакторе. Улучшить последующее обезвоживание осадка. Решить проблему азота,

выделяющегося при обычной аэробной стабилизации осадков

Общее техническое описание. Повторяющиеся циклы аэробной и аноксидной обработки осадка в стабилизаторе. В ходе аноксидной фазы происходит денитрификация нитратов, образовавшихся в аэробной фазе из аммонийного азота, выделяющегося в результате разложения органического вещества осадка. В результате денитрификации происходит повышение pH среды.

Повышение эффективности аэробной стабилизации и улучшение последующего обезвоживания осадка. Практически полное прекращение возвратного потока нитратного азота от сооружений обработки осадка.

Сокращение поступления азота в водные объекты (при отсутствии на очистных сооружениях удаления азота). Повышение эффективности удаления азота на сооружениях нитри-денитрификации. Сокращение количества обезвоженного осадка.

Применимость без ограничения по масштабу. Высокая энергоемкость, характерная для аэробной стабилизации осадков. Увеличенное время обработки

Аэробно-аноксидная стабилизация сброженного осадка

Цель технологии. Обеспечить удаление биогенных элементов из жидкой фазы сброженного осадка. Улучшить водоотдающие свойства интенсивно сброженного осадка перед последующим обезвоживанием.

Практически полное прекращение возвратного потока аммонийного азота от сооружений обработки осадка. Сокращение рецикла фосфатов.

Сокращение поступления азота в водные объекты (при отсутствии на очистных сооружениях удаления азота). Повышение эффективности удаления азота на сооружениях нитри-денитрификации. Сокращение количества обезвоженного осадка.

Применимость без ограничения по масштабу на сооружениях, эксплуатирующих метантенки. Высокая энергоемкость, характерная для

аэробной стабилизации осадков. Существенное время обработки. Необходимость сбора и очистки газовых выбросов. Технологии анаэробного сбраживания представлены в таблице 14.3.

Таблица 14.3

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Мезофильное сбраживание	Процесс осуществляется при 35-37 °С	Меньше затраты тепла на обогрев. Лучше водоотдающие свойства осадка	Высокое время обработки (от 15 суток) Менее глубокий распад
Термофильное сбраживание	Осуществляется при 50-55 °С	Минимальное время обработки (желательно - от 8 суток). Выше распад ОВ	Хуже водоотдающие свойства осадка. Больше затраты тепла. Выше загрязненность возвратных потоков
Двухфазное термофильно-мезофильное сбраживание	Две ступени, 3-5 суток на первой и 10-15 на второй	Распад выше на 5-8 % (абсолютных), чем при термофильном процессе, а водоотдающие свойства - как при мезофильном	Более сложная технология, требует хорошего управления, ниже надежность
Двухступенчатое сбраживание с промежуточной тепло-	Две полноценные ступени сбраживания, после 1-й -	Наиболее глубокий распад ОВ	Наиболее сложная технология, использование высокотемпературных процессов

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
вой обработкой	глубокое центробежное сгущение и термогидролиз		
Сбраживание с рециркуляцией сгущенного сброженного осадка	Сброженный осадок подвергается сгущению на центрифуге (с применением флокулянта) и возвращается обратно в метантенки	Увеличение соотношения Биомасса: Органическое вещество, несмотря на сокращение времени пребывания вновь загружаемого осадка, приводит к повышению глубины распада органического вещества	Требуется применение сгущающего оборудования и расход флокулянта.

Оборудование для процесса сбраживания представлено в табл. 14.4.

Таблица 14.4

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Теплообменники			
Спиральные	Теплопередача идет через спидет	Минимальная металлоемкость.	Больше подвержен засорению, особенно при

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
	ральную стенку	Простота прочистки. Может применяться для рекуперации тепла сброженного осадка	повышенном содержании ГДП в осадке
«Труба в трубе»	Теплопередача от внешней части («рубашки») к внутренней трубе	Конструкция проще в изготовлении. Меньше склонен к засорению	Может использоваться только для подогрева осадка горячей водой
Оборудование для перемешивания метантенков			
Мешалки с вертикальным валом	Осуществляется мешалкой, двигатель которой расположен на куполе («газовом колпаке») метантенка	Минимальная энергоемкость. Эффективное перемешивание как верхней, так и нижней зон. Простота обслуживания двигателя и редуктора	Сложность обслуживания вала и лопастей
Пристенные мешалки	Высокооборотная погружная ме-	Возможность извлечения мешалки	Высокая энергоемкость. Невысокая эффективность (ограниченная

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
	шланг с поточнонаправляющей трубой	целиком для обслуживания	зона перемешивания)
Газовый эжектор	Система компримирования и подачи биогаза в метантенк в эжектор	Эффективное перемешивание всего объема	Более сложное оборудование, работающее на биогазе
Газгольдеры для усреднения расхода биогаза			
«Колокол»	Емкость поднимается при увеличении давления биогаза	Простая в эксплуатации, надежная конструкция	Высокая металлоемкость
Надувной	Двухмембранная конструкция	Легкая, быстро устанавливаемая, некорродирующая конструкция	Уязвимость к внешним воздействиям
Сферический напорный	Жесткая металлическая конструкция	Стандартные емкости, применяемые в газовой промышленности. Высокая надежность, компактность	Необходимость использования компрессоров (обычно используют с перемешиванием биогазом)

Технологии предобработки осадка перед сбраживанием представлены в табл. 14.5.

Таблица 14.5

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Тепловая обработка	Разрушение ила, перевод в растворимую форму в процессе термогидролиза	Увеличение распада ОВ на 10-30% (здесь и ниже - в относительных процентах - от обычного процесса), выработки газа на 10-40%	Высокое потребление тепла, сложное высокоавтоматизированное оборудование
УЗ обработка	Разрушение структуры ила, высвобождение энзимов и частичное разрушение клеточных стенок	Увеличение распада на 5-15%, выработки газа на 10-30% Компактная реализация	Сложное оборудование, значительное потребление электроэнергии. Низкая пропускная способность одного модуля
Щелочной гидролиз	Разрушение клеточных стенок ила, перевод в растворимую форму в	Увеличение распада до 50%	Необходимость применения реагентов (щелочи и кислоты), высокое

	процессе обработки щелочью и при повышенном давлении		давление, специальное оборудование
--	--	--	------------------------------------

Технологии и оборудование для утилизации биогаза представлены в табл. 14.6.

Таблица 14.6

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Сжигание в котельной	Получение тепла в газовых специальных или двухтопливных котлах	Простота, использование стандартного оборудования, высокий КПД (80-85%). Не требуется очистка биогаза	Получение только тепловой энергии. При оптимизации теплового баланса будет образовываться избыточное количество тепла, особенно в теплое время года.
Когенерация	выработка электроэнергии и тепла в минитеплоэлектростанциях: ДВС или газовых турбинах	Получение электроэнергии и тепла в количествах, потребляемых ОСК. Хорошо отработанный метод. Высокий совокупный КПД	Необходима очистка биогаза, в том числе от кремниевых соединений. Дорогостоящее оборудование.
Когенерация с использованием	Отходящие газы от ДВС направ-	Позволяет одновременно реали-	Область применения ограничена (только

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
нием вырабатываемого высокопотенциального тепла для сушки части образующегося осадка	ляются не на получение тепла, а на сушку	зовать сушку осадка (его части) и получение электроэнергии. Передовая технология	совместно с сушкой)
Непосредственная утилизация в качестве топлива для сушки осадка	Биогаз сжигается как топливо в прямой сушке	Простое решение	Нет получения электроэнергии. Область применения ограничена (только совместно с сушкой)
Прямой привод воздушных агрегатов от газовых двигателей	Подача биогаза в ДВС, агрегированные с воздушовками	Максимальный суммарный КПД.	Необходима очистка биогаза, в том числе от кремниевых соединений. Низкая гибкость.
Использование в качестве высокооктанового и экологически чистого моторного топлива	Компримирование биогаза и использование для заправки (как правило) муниципального транспорта	Наиболее доходный метод.	Необходима очистка биогаза, в том числе от кремниевых соединений

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
плива			

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. 14.1.)

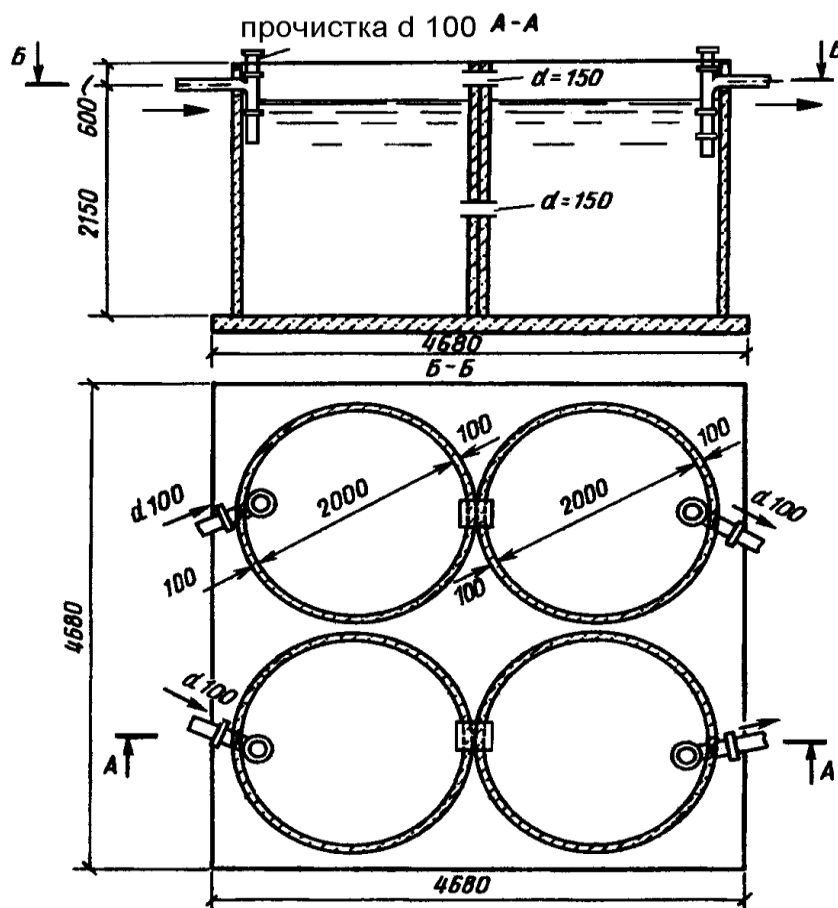


Рис.14.1. Септик

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. $\text{м}^3/\text{сут}$ (рис. 14.2.).

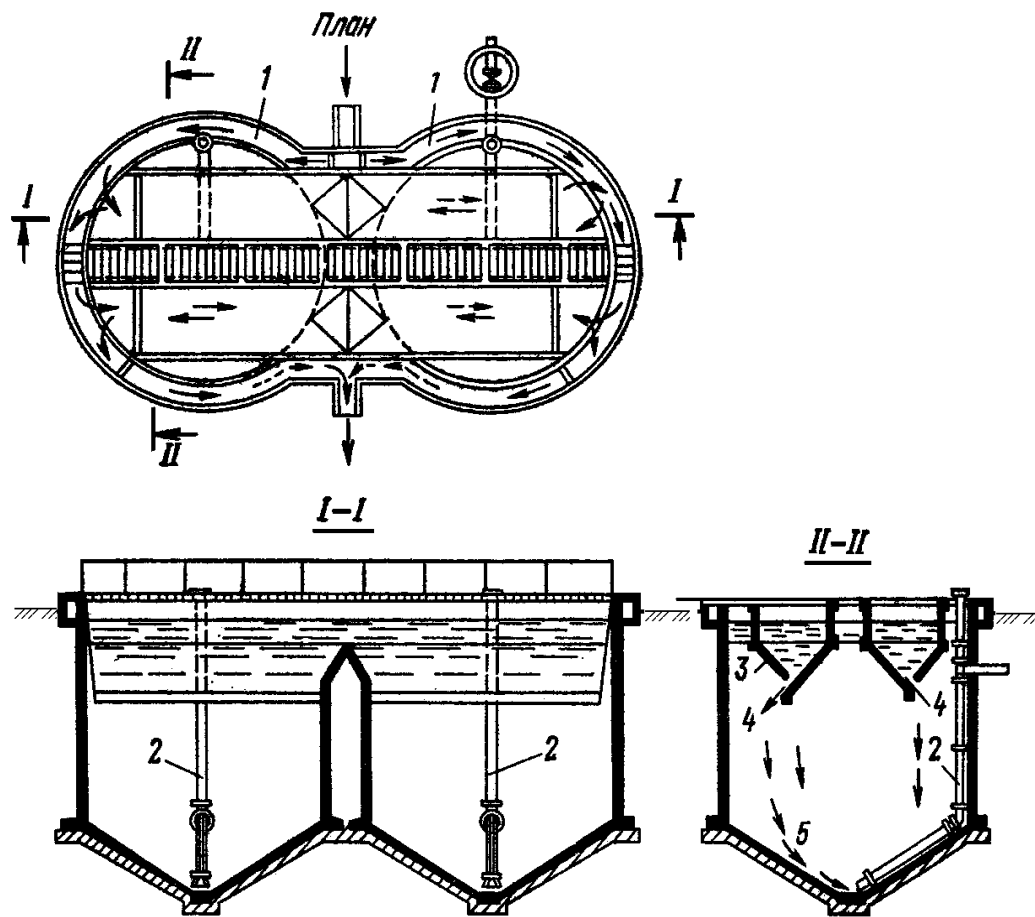


Рис. 14.2. Парный двухъярусный отстойник с двумя желобами: 1 — распределительный лоток; 2 — выгрузочная иловая труба; 3 — осадочный желоб; 4 — выгрузочно-загрузочная щель; 5 — камера сбраживания осадка

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 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. 14.3). Уровень осадка поддерживается в узкой горловине метантенка, что позволяет повысить интенсивность газовыделения на единицу поверхности бродящей 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 теплопотери при строительстве и эксплуатации метантенков. В результате появился ряд конструкций (рис. 12.4), 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.

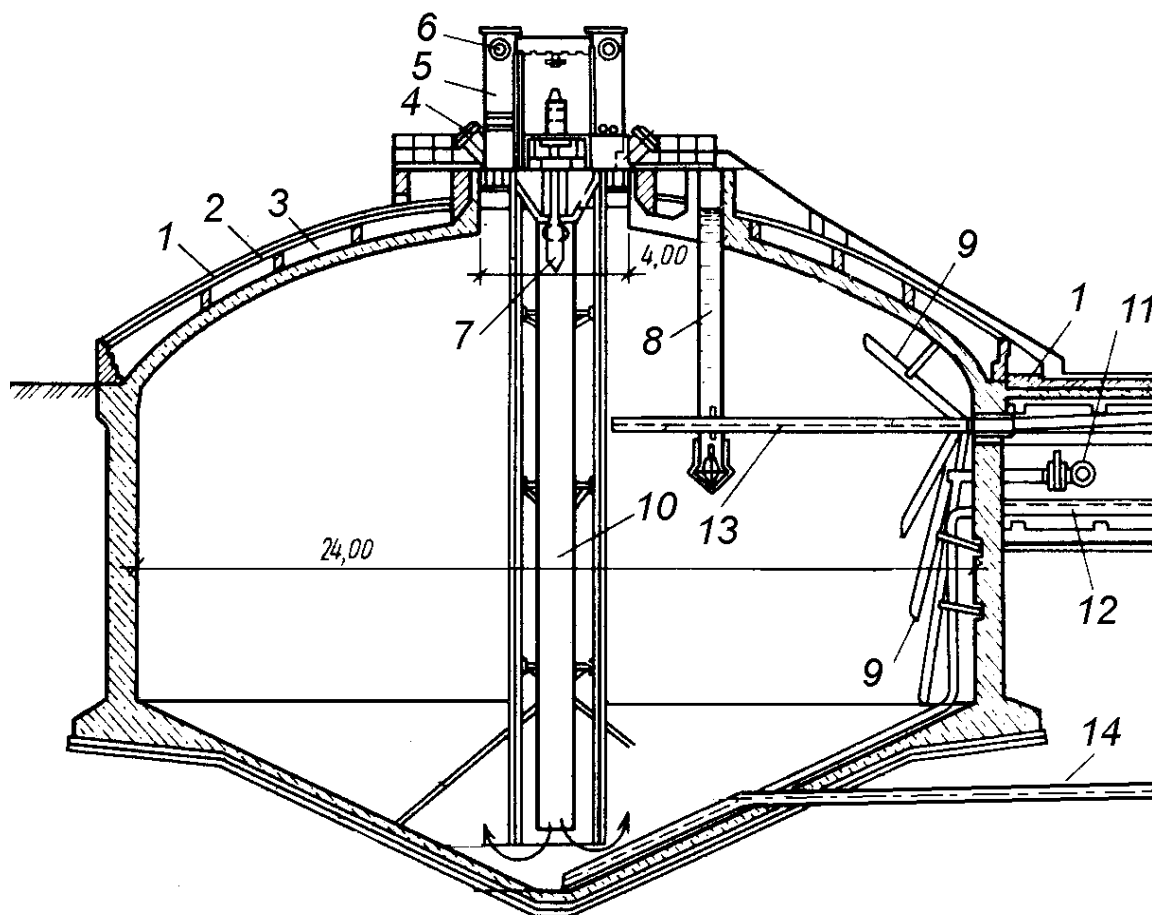


Рис. 14.3. Схема метантенка Ново-Курьяновской станции аэрации: 1—битумная обмазка; 2 — клинкерная кладка; 3 — теплоизоляция; 4—контрольный люк; 5— газосборная горловина; 6— труба для отвода газа; 7 — механический смеситель; 8 —переливная труба; 9—выпуск осадка с разных уровней; 10— направляющая труба 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.

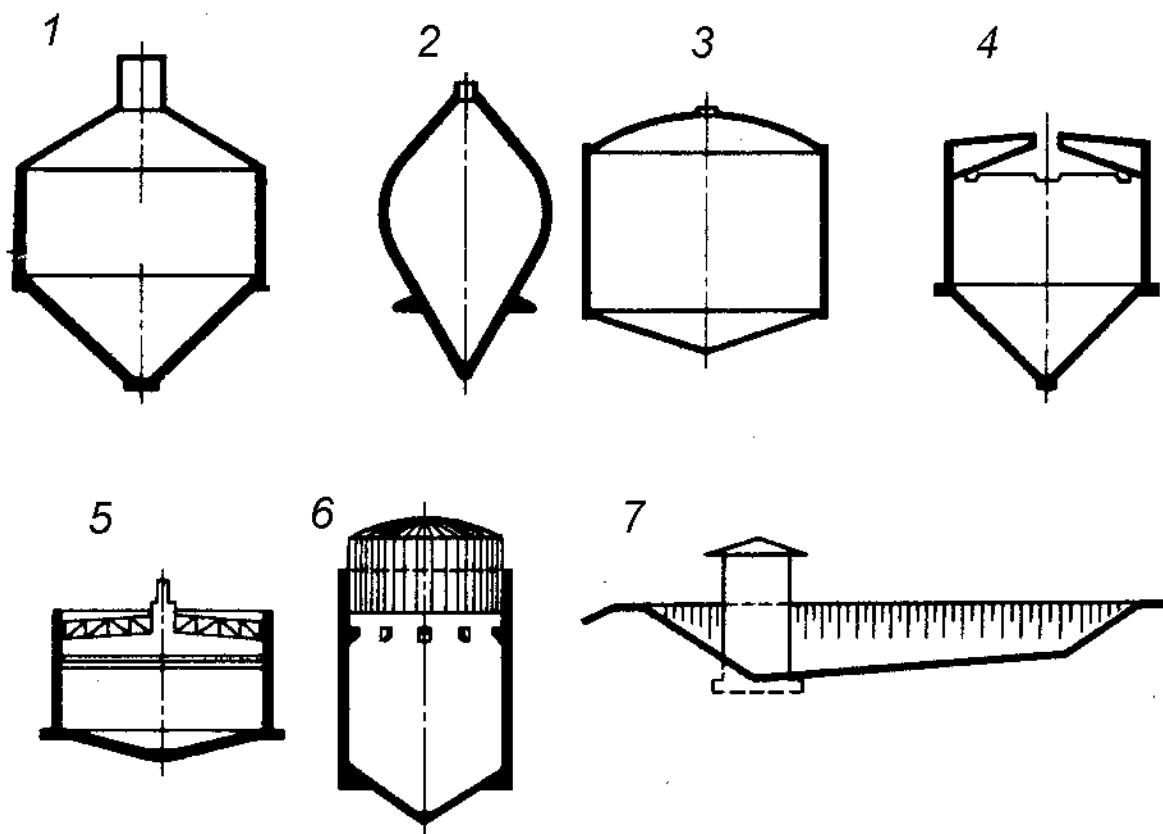


Рис. 14.4. Конструкции метантенков: 1-3 - с неподвижным незатопленным перекрытием; 4 — с неподвижным затопленным перекрытием; 5-6 — с подвижным (плавающим) перекрытием; 7 — открытый.

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 благоприятные 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. 14.5).

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.

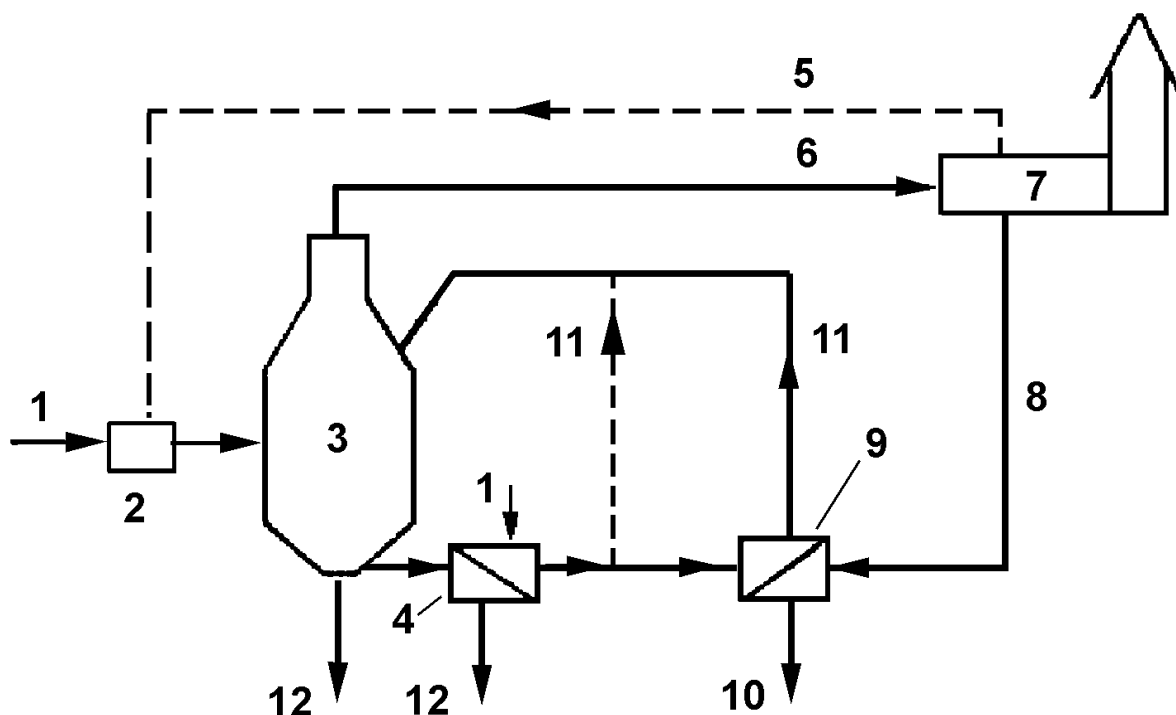


Рис.14.5. Принципиальная схема подогрева осадка для анаэробного сбраживания: 1 – загрузка осадка; 2 — паровой инжектор; 3 - метантенк; 4 — теплообменник "осадок-осадок"; 5 - пар; 6 - биогаз; 7 - котельная; 8 — горячая вода; 9 — теплообменник "вода-осадок"; 10 - охлажденная вода; 11 — подогретый осадок; 12 - сброженный осадок.

Система перемешивания бродящей массы. Перемешивание бродящей массы обеспечивает 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:

$$O_{бз} = O_{сух} \times (1 - S_{oc}) \quad (14.1)$$

$$I_{бз} = I_{сух} \times (1 - S_{ил}) \quad (14.2)$$

где S_{oc} 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

$$W = M_{общ} \times 100 / D \quad (14.3)$$

где D - суточная доза загрузки в метантенк, %, принимаемая по табл. 14.7.

Таблица 14.7

Суточная доза загрузки осадка в метантенк

Режим сбраживания	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 , m^3 на 1 кг беззольного вещества загружаемого осадка, составляет

$$R_r = R_{lim} - k_r \times D \quad (14.4)$$

где R_{lim} — максимально возможное сбраживание беззольного вещества осадка, %; k_r — коэффициент, зависящий от влажности осадка, принимаемый по табл. 5.2.4.

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

$$R_{lim} = 100 \times (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot У + 0,34 \cdot Б) \quad (14.5)$$

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 $R_{lim} = 53\%$ и для избыточного активного ила $R_{lim} = 44\%$. Для

смеси осадка с активным илом значение R_{lim} следует определять по среднеарифметическому соотношению компонентов по беззольному веществу.

Таблица 14.8

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. 12.8, необходимо уточнять по формуле

$$O = 10 \times D_{\text{пав}} / C_{\text{пав}} [(100 - P_{\text{см}})] \quad (14.6)$$

где $C_{\text{пав}}$ — содержание ПАВ в осадке, мг/г сухого вещества осадка, определяемое по табл. 14.9;

$D_{\text{пав}}$ — 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 (14.6) менее указанной в табл. 14.1 для заданной влажности осадка, то объем метантенка необходимо откорректировать с учетом дозы загрузки. Если суточная доза равна или превышает приведённую в табл. 14.9, то корректировка не производится.

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

Таблица 14.9.

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 ила 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. 12.6).

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.

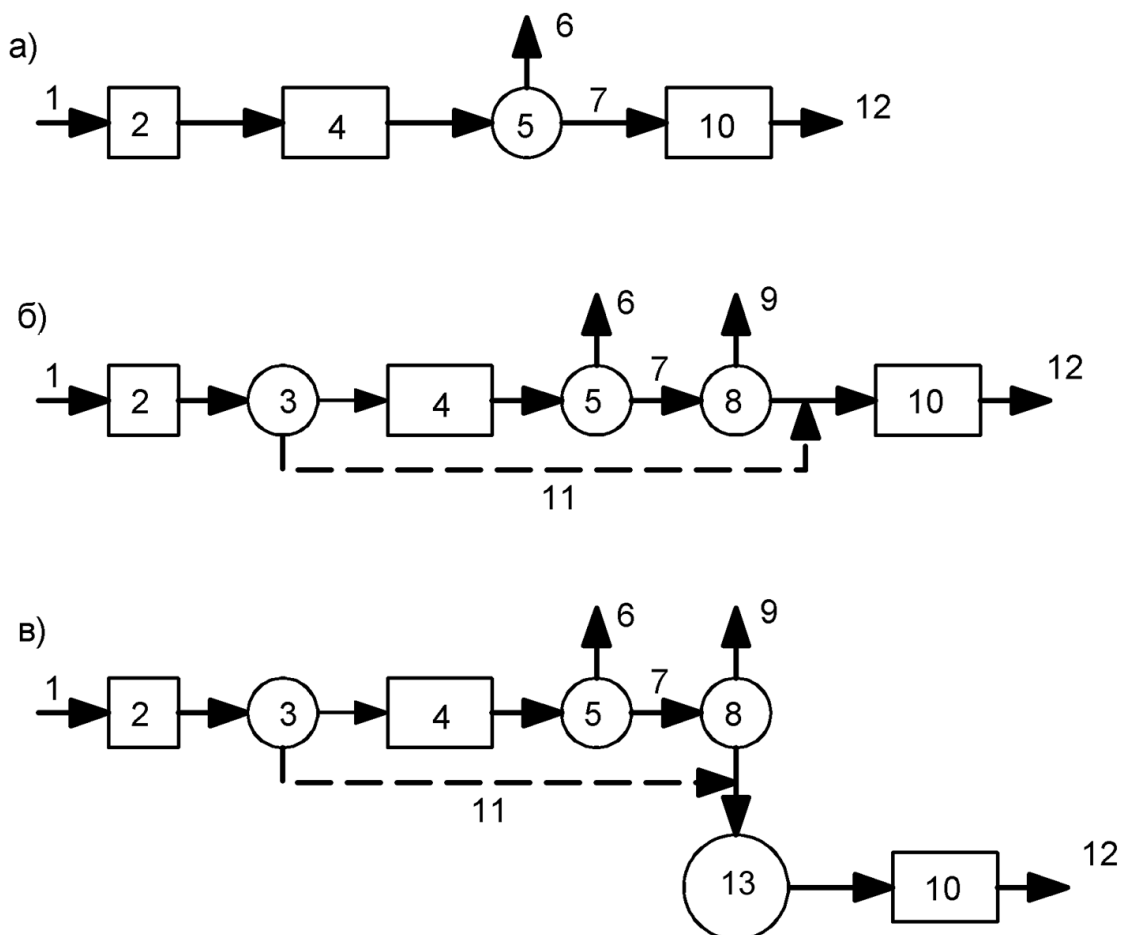


Рис. 14.6. Схемы аэробной стабилизации осадка: 1 - подача сточной воды; 2 - решетка и песколовка; 3 - первичный отстойник; 4 - аэротенк; 5 - вторичный отстойник; 6 - очищенные сточные воды; 7 - избыточный активный ил; 8 - уплотнитель; 9 - иловая вода; 10 - стабилизатор; 11 - осадок из первичного отстойника; 12 - стабилизированный осадок; 13 – метантенк.

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 требует обеззараживания. В таблице 14.10 представлены основные затруднения в работе аэробных стабилизаторов.

Таблица 14.10.

Проблема	Причина	Рекомендуемые действия
Низкий распад беззольного вещества осадка, в особенности в зимнее время	Возможности аэробной стабилизации, особенно при пониженных температурах, ограничены	Создание сооружений анаэробной стабилизации (метантенков). Энергогенерирующее эффективное решение
Выделение неприятных запахов от сооружения	Реальный расход воздуха, подаваемого в аэробные стабилизаторы, как правило, ниже необходимого и в сооружении развиваются гнилостные процессы	Создание сооружений автотермичного аэробного сбраживания (термофильной аэробной стабилизации). Расход электроэнергии не снизится, эффективность и обеззараживание будут максимальными
Высокий расход воздуха на аэрацию	Объективная потребность процесса	Создание сооружений компостирования или биосушки
Не удаляются гельминты и болезнетворные патогенные микроорганизмы	Объективная характеристика процесса	Создание сооружений термической сушки

Проблема	Причина	Рекомендуемые действия
НИЗМЫ		

Обезвоживание осадков сточных вод

Механическое обезвоживание

Общее техническое описание. Для механического обезвоживания жидких осадков используют два основных физических принципа:

- фильтрация жидкой фазы через фильтрующий элемент под давлением;
- отделение жидкой фазы под действием центробежных сил, в тысячи раз превышающие гравитационное поле.

Уменьшение количества сухого вещества осадка приводит к многократному сокращению его объема, размещаемого в окружающей среде. Удаляется в качестве возвратных потоков около 80-90 % всех растворенных соединений. Хорошо обезвоженный осадок имеет консистенцию влажной почвы и может транспортироваться автотранспортом к месту утилизации.

Технологии обезвоживания в большой степени отождествляются с используемым обезвоживающим оборудованием. По принципу фильтрации работают аппараты механического обезвоживания, которые называют фильтр-прессами:

- ленточные;
- камерные;
- шнековые прессы.

Центробежное поле используется в одном типе аппаратов - шнековых центрифугах.

Важным аспектом механического обезвоживания является кондиционирование осадка для придания ему оптимальных водоотдающих свойств.

Для кондиционирования возможно использовать:

- органические полимерные флокулянты,
- неорганические минеральные реагенты (коагулянты). Как правило - хлорное железо и известь,
- тепловую обработку,
- замораживание с оттаиванием.

Последние два метода практически не находят и поэтому далее не рассматриваются.

Использование минеральных реагентов также является устаревшим методом, который практически повсеместно заменен на практически безальтернативный в настоящее время метод кондиционирования органическими флокулянтами.

Метод разделяет уже имеющуюся среду на твердое и жидкое. Использование органических флокулянтов практически не увеличивает количество сухого вещества осадка.

В зависимости от количества открытых поверхностей осадка присутствует выделение дурнопахнущих и загрязняющих воздух веществ (за счет улетучивания их из жидкого и обезвоженного осадка).

Устаревший метод обезвоживания с минеральными реагентами привносил в окружающую среду много дополнительных веществ - гидроксидов железа и извести.

Технически метод (в одной из разновидностей) применим для сооружений практически любой производительности, начиная с десятков м³ сточных вод в сутки. Для минимальных расходов осадка (менее 70 м³/сутки) применимы шнековые фильтры. На средних и больших расходах осадка применимы центрифуги, ленточные и камерные фильтр-прессы.

Установки в целом весьма компактны. Требуют использования сложного оборудования и системы автоматизации процесса.

Раньше из-за низкой надежности установок обезвоживания их

применения сопровождалось обязательным требованием использования резервных иловых площадок пропускной способности не менее 25% годового объема осадка. По современным требованиям (СП 32.13330.2012) это не является обязательным при наличии дополнительного резервирования (+ одна установка) и других технических решений.

Таблица 14.11

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Ленточные фильтр- прессы	Давление на осадок формируется протягиванием сдвоенной фильтровальной ленты, внутри которой находится осадок, через последовательность специальных валков	Минимальное энергопотребление и потребление флокулянта. Идеально сочетается с ленточными сгустителями без увеличения потребления флокулянта	Большая открытая поверхность (однако, возможно исполнение в кожухе)
Камерные фильтр- прессы	Давление формируется высоконапорным насосом, закачивающим жидкий осадок в совокупность камер, внутри которых имеются фильтрующие элементы	Могут работать при высоком содержании песка	Наиболее громоздкое по размерам оборудование. Большие затраты на ЗиП. Требуют ручного труда
Шнековые прессы	Давление формируется шнеком, а в роли фильтрующего элемента выступает ок-	Почти любая минимальная производительность	

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
	ружающая шнек просечная сетка		
Центрифуги (декантеры)	Твердая фаза отделяется в роторе (в центробежном поле) и перемещается к выгрузочным отверстиям шнеком, скорость вращения которого выше, а фугат вытекает с противоположной стороны установки	Наиболее компактное, закрытое оборудование	Повышенный расход флокулянта. Весьма энергоемки. Есть риск быстрого износа ротора

Обезвоживание фильтрацией под собственным весом

Небольшое (не более 0,15 атм) собственное давление обезвоживания компенсируется длительностью процесса обезвоживания. Используют как в малых масштабах (фильтрующие мешки), так и для средних и высоких расходов (геотубы). Обезвоживаемый осадок также обрабатывается флокулянтам.

Фильтрующие мешки размещаются в установке (стенде для подвески) и работают в ручном или полуавтоматическом режиме. Мешки могут использоваться как одноразовые, могут очищаться от обезвоженного осадка и использоваться повторно. Обеспечивается влажность обезвоженного осадка, близкая к достигаемой с помощью механического обезвоживания

Применимость на малых очистных сооружениях (расход осадка - в пределах нескольких м³/ч). Компактность территории ОСК, невозможность устройства иловых площадок

Геотубы. Геотубы - по сути, те же фильтрующие мешки, но с размерами

до сотен метров площади.

Фильтрующие мешки располагаются на подготовленной площадке, либо с твердым непроницаемым покрытием, либо включающей в себя изолирующий слой (внизу) и дренажный слой (сверху). Обязательны обваловка и система откачки фильтрата. Закачка сфлокулированного осадка идет до заполнения мешка обезвоженным осадком, после чего закачка осуществляется в другой мешок. Мешки укладываются рядами.

Мешки используются однократно. При удалении и вывозке обезвоженного осадка мешки вспарываются и разрабатываются строительной техникой. Наиболее целесообразно захоронение на месте обезвоживания, если это возможно. В этом случае после заполнения первого яруса укладываются 2-й, 3-й. После чего заполненные тубы засыпаются изолирующим ипокровным материалом. Применимость практически в любых масштабах. Необходимость быстрого решения проблемы обезвоживания, отсутствие зданий для размещения оборудования, наличие свободных площадей (например, иловых площадок)

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

Общее техническое описание. Осадок наливается в заданном количестве по отдельным площадкам (картам), где последовательно происходят процессы отделения части иловой воды (с ее сливом, либо дренированием), подсушка в результате испарения влаги, промораживание и оттаивание, с

дополнительным отделением воды.

Для интенсификации подсушки осадок, как правило, подвергают ворошению и буртованию.

Технология может быть многократно интенсифицирована за счет применения специальных флокулянтов, а также специальных систем дренажа.

При использовании глубоких площадок (иловых лагун) достигается лишь незначительная (до 12-15 %) подсушка осадка. Эта технология является устаревшей и может быть использована как временная только для накопления осадка, с последующим его обезвоживанием.

Технологическая эффективность. Хорошо подсушенный осадок имеет содержание СВ 40-50% и выше. Таким образом, при правильной эксплуатации иловые площадки по своей эффективности соответствуют также и частичной сушке.

Нагрузка на 1 м² площадки в год не превышает 1,2 м³ осадка по обычной технологии и до 5-6 м³/м² в год - с применением флокулянта и эффективного дренажа.

Классические иловые площадки (как основное сооружение обезвоживания) относятся к устаревающей технологии В1, площадки с применением флокулянта и эффективного дренажа - к современной В2.

Очень большая открытая поверхность осадка способствует выделению из него дурнопахнущих и загрязняющих воздух веществ. В особенности это проявляется при направлении на иловые площадки нестабилизированных осадков, которые перегнивают в ходе подсушки.

Применение иловых площадок неизбежно приводит к загрязнению атмосферного воздуха. В ряде ситуаций возможно загрязнение грунтовых вод.

Технически метод применим для сооружений практически любой производительности. Однако, в современных условиях он должен

ограничиваться небольшими очистными сооружениями (до 15 тыс. ЭЧЖ). Для сооружений более высокой производительности метод должен применяться лишь в качестве резервного по отношению к механическому обезвоживанию, либо при условии вышеописанной многократной интенсификации.

Метод требует больших площади, многократно превышающих промплощадку очистных сооружений, на которых образуется подсушиваемый осадок. В сухое жаркое время года подсушенный осадок может загораться подобно торфу.

Некоторые проблемы при эксплуатации иловых площадок представлены в таблице 14.12.

Таблица 14.12

Проблема	Причина	Пути решения	Рекомендуемые действия
Превращение площадок в иловые лагуны и прекращение подсушки основного объема осадка	Наращивание валиков площадок для дополнительного налива в условиях отсутствия возможности вывозки осадка	Подача накопленного осадка на механическое обезвоживание	Создание дополнительных мощностей механического обезвоживания, в том числе мобильных установок, с блоком предварительной мацерации и/или выделения грубодисперсных примесей Обезвоживание в «геотубах»
		Подача осадка на	Создание дополнительных

Проблема	Причина	Пути решения	Рекомендуемые действия
		дополнительные временные площадки	площадок (в том числе за счет высвобождения путем частичного обезвоживания мобильными установками)
		Смещение осадка со специальными реагентами (требуется апробация)	Создание узла дозирования и внесения реагента
Кальматация систем горизонтального дренажа	Из-за свойств осадка и отсутствия возможности обратной промывки - практически неизбежный процесс	Использование систем вертикального дренажа	Создание дренажных колодцев с щелевым дренажем
Требования муниципальных органов по ликвидации (рекультивации)	Естественное требование в определенных градостроительных ситуациях	Обезвоживание накопленного осадка. Захоронение на части	Создание установок обезвоживания

Проблема	Причина	Пути решения	Рекомендуемые действия
		территорий иловых площадок (если это возможно)	

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 также подсыхания.

Иловые площадки состоят из карт, окруженных со всех сторон валиками (рис. 14.7). 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 1,5 м, 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.

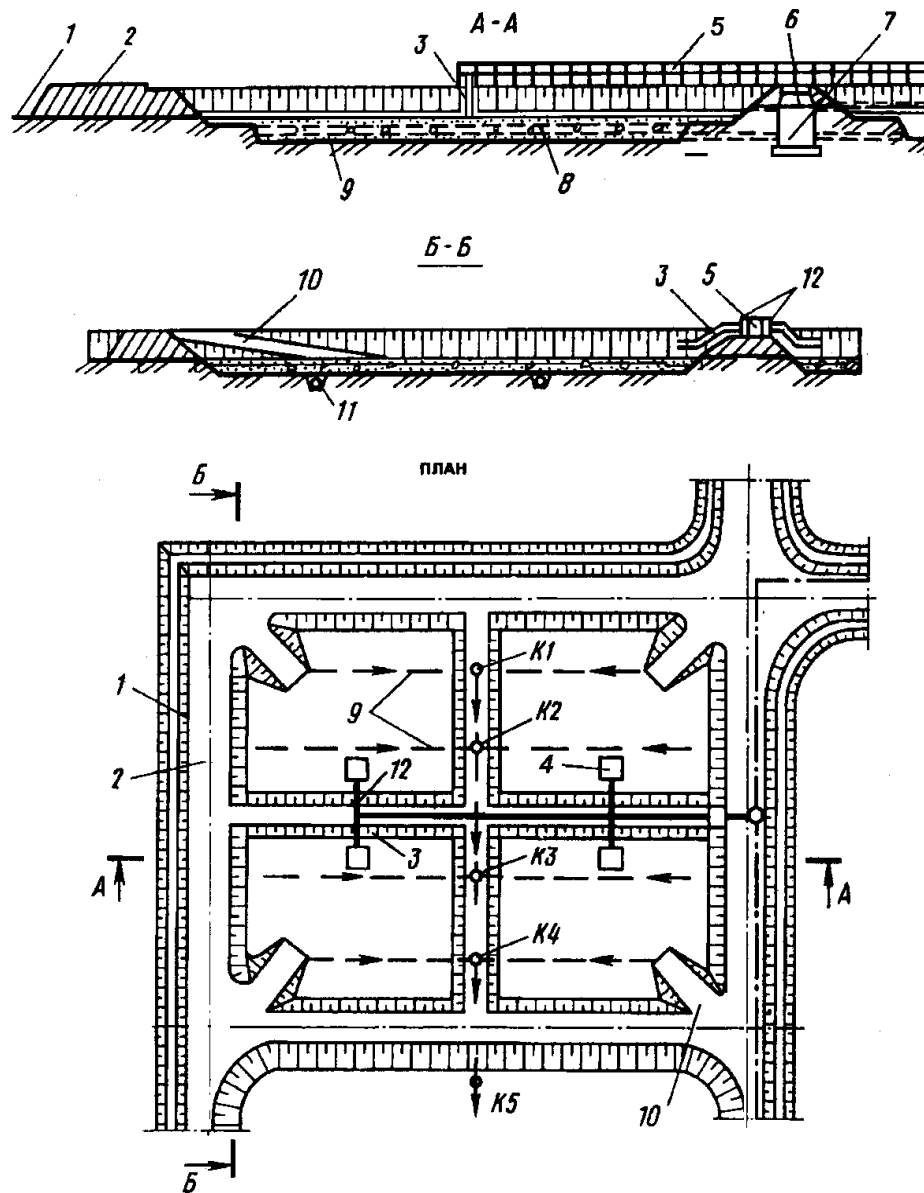


Рис. 14.7. Иловые площадки на естественном основании с дренажом: 1 — кювет оградительной канавы; 2 — дорога; 3 — сливной лоток; 4 — щит под сливным лотком; 5 — разводящий лоток; 6 — дренажный колодец; 7 — сборная дренажная труба; 8 — дренажный слой; 9 — дренажные трубы; 10 — съезд на карту; 11 — дренажная канава; 12 — шиберы; K1-K5 — колодцы.

Рабочую глубину карт назначают 0,7...1 м, высоту оградительных 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, загружается 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. 14.8). 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 отстаивании 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.

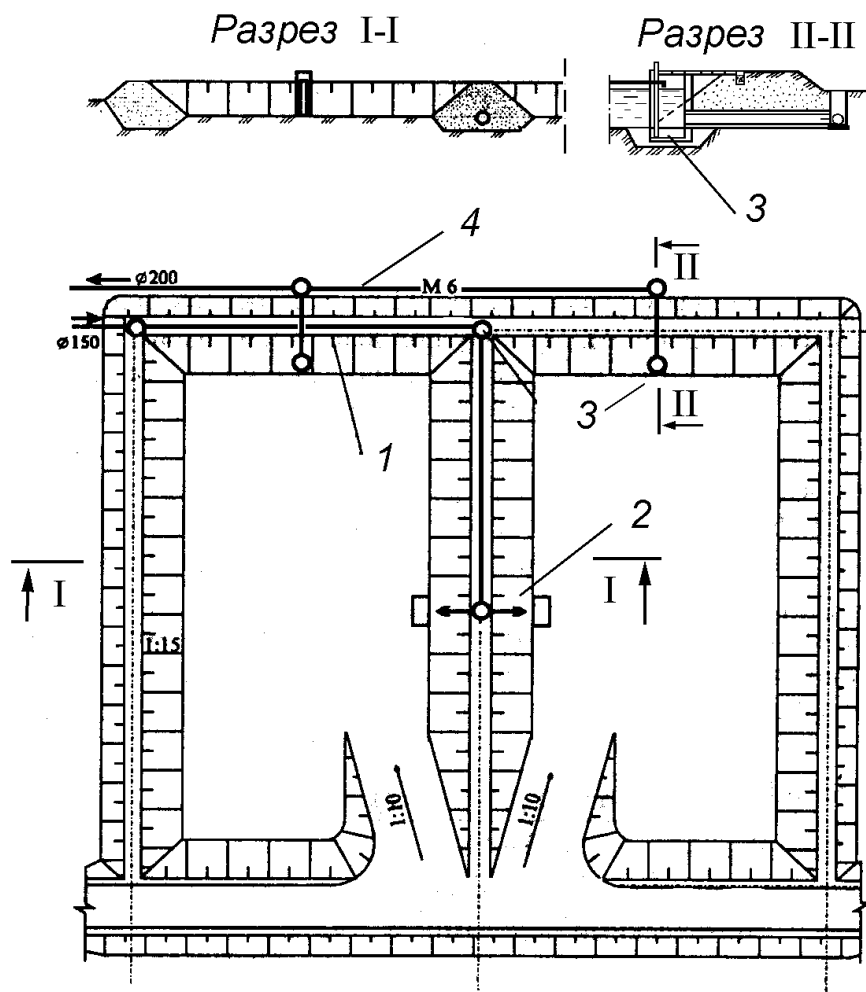


Рис.14.8. Иловые площадки на естественном основании без дренажа с поверхностным отводом иловой воды: 1 - распределительный трубопровод; 2 - сливной лоток; 3 - колодец-монах; 4 - трубопровод иловой воды.

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.

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 дренажом 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 $4,5-5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

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 влагоотдачи осадков.

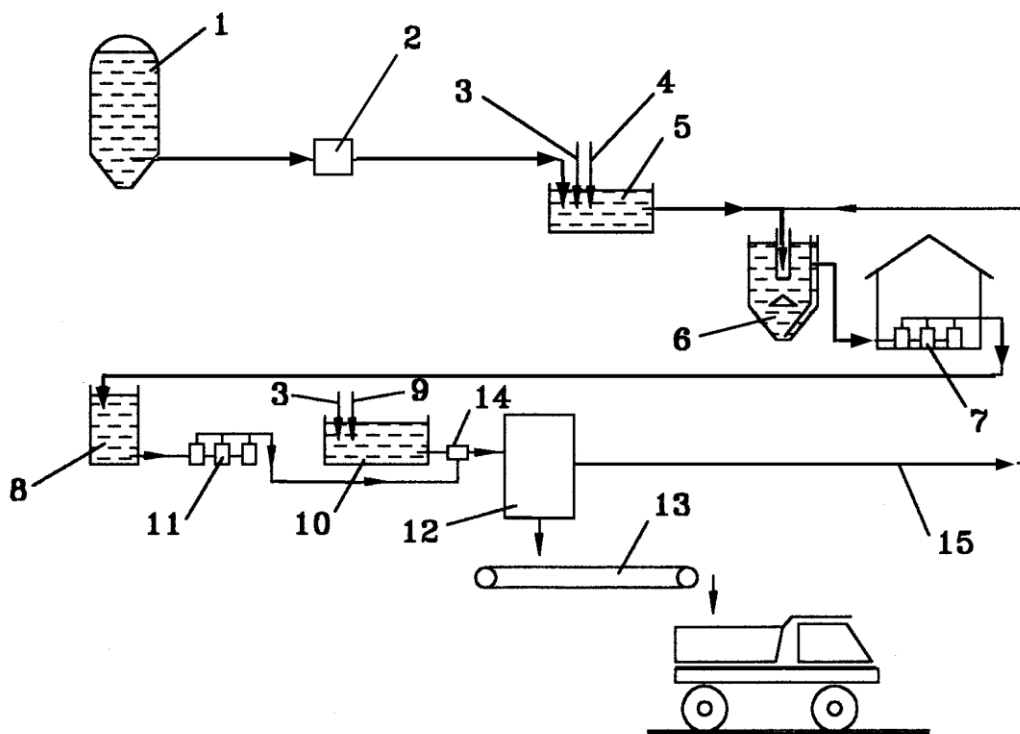


Рис. 14.9. Схема подготовки осадка перед механическим обезвоживанием: 1 – метантенк; 2 – дробилка; 3 – подача воды; 4 – подача сжатого воздуха; 5 – промывка осадка; 6 – уплотнитель; 7 – плунжерные насосы; 8 – резервуар уплотненного осадка; 9 – подача коагулянта; 10 – отделение коагулирования; 11 – винтовые (шнековые) насосы; 12 – фильтр-пресс; 13 – транспортер обезвоженного осадка; 14 – смеситель коагулянта с осадком; 15 – отвод фильтрата.

На рис. 14.9 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.

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

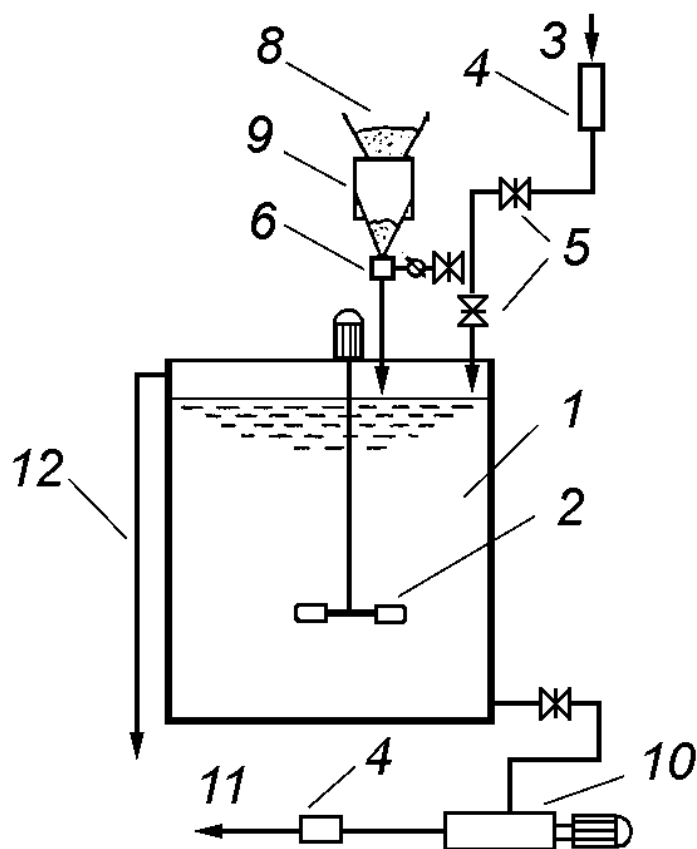


Рис. 14.10. Схема установки по одностадийному растворению и дозированию флокулянта: 1 — растворно-расходный бак; 2 — мешалка; 3 — подача воды-растворителя; 4 — индукционный расходомер; 5 — электрифицированные задвижки; 6 — диспергатор; 7 — манометр; 8 — бункер флокулянта; 9 — дозатор; 10 — винтовой насос; 11 — подача готового рабочего раствора; 12 — переливы в сборный бак.

На рис. 14.10 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%).

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. 14.11. 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.

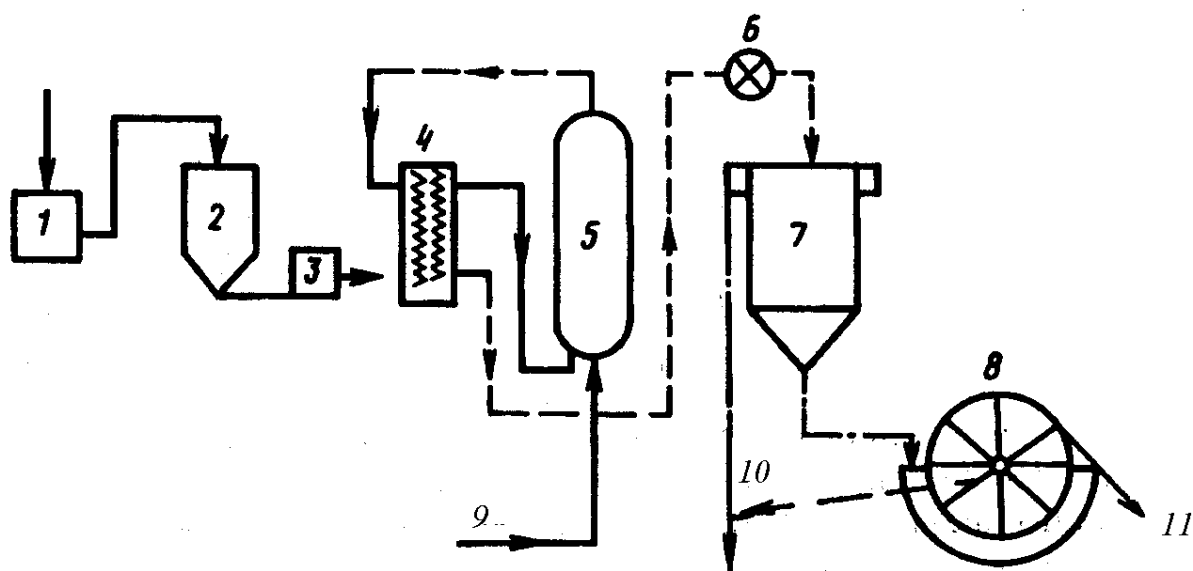


Рис. 14.11. Схема тепловой обработки и механического обезвоживания осадков городских сточных вод: 1 – дробилка; 2 – резервуар дробленого осадка; 3 – насос; 4 – теплообменник; 5 – реактор; 6 – дросселирующее устройство; 7 – уплотнитель; 8 – вакуум-фильтр; 9 – подача пара; 10 – отвод иловой воды и фильтрата; 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 обезвреживать 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 обезвреживании 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.

Процессы и оборудование для механического обезвреживания осадков

Процессы и аппараты, применяемые для обезвреживания осадков сточных вод, можно классифицировать по виду механического воздействия на их структуру:

обезвреживание осадков под действием разряжения;

обезвреживание осадков под действием давления;

обезвреживание осадков в поле центростремительных сил.

Обезвреживание осадков на вакуум-фильтрах. Вакуум-фильтры для обезвреживания 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. 14.12). 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.

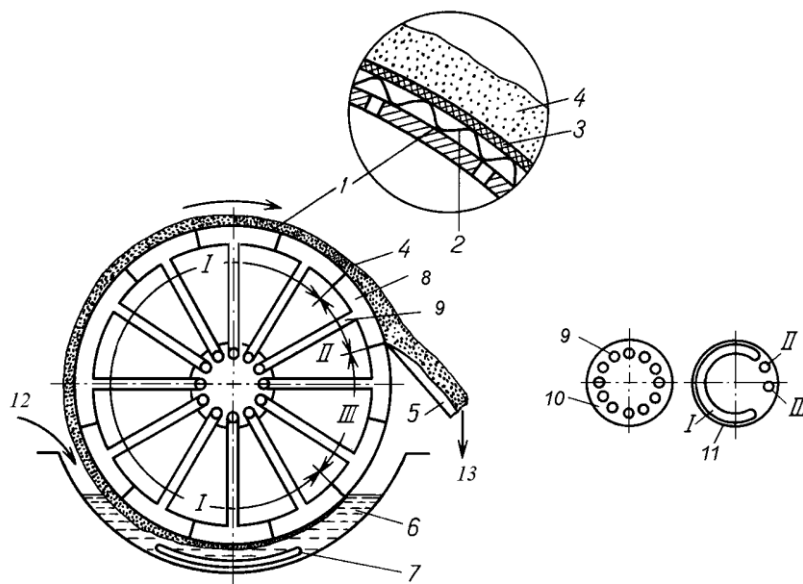


Рис. 14.12. Барабанный вакуум-фильтр: 1 — перфорированный барабан; 2 — латунная сетка; 3 — фильтровальная ткань; 4 — слой осадка; 5 — нож для съема кека; 6 — резервуар для осадка; 7 — качающаяся мешалка; 8 — камеры барабана; 9 — соединительные трубки; 10 — вращающаяся часть распределительной головки; 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.

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

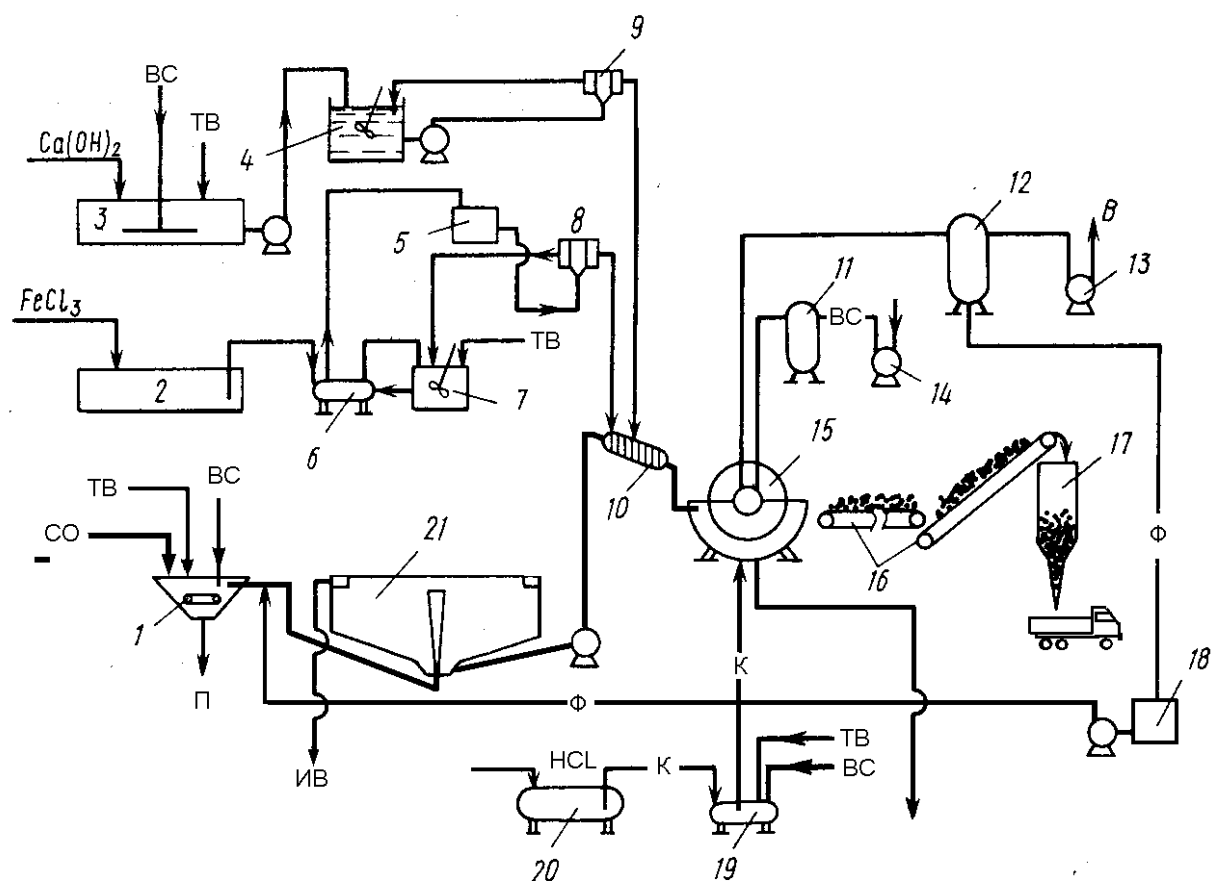


Рис. 14.13. Схема вакуум-фильтрации осадка с предварительной промывкой, уплотнением и кондиционированием минеральными реагентами: 1 – промывная камера; 2 – емкость для хранения хлорного железа; 3 – растворный бак извести; 4,5 – расходные баки; 6 – мерник; 7 – растворный бак; 8,9 – дозаторы; 10 – смесители; 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; BC – воздух сжатый; К – кислота; П – песок; ИВ – сливная вода от илоуплотнителя; СО – сброженный осадок; ТВ – техническая вода; Ф – фильтрат.

Схема установки барабанного вакуум-фильтра и вспомогательного оборудования показана на рис. 14.13. 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.

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.

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. 14.14) 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.

Кондиционированный осадок подается на фильтр-пресс насосами при возрастающем давлении. Давление фильтрования поднимается до 1,5 МПа. Период подачи осадка и образования слоя кека 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.

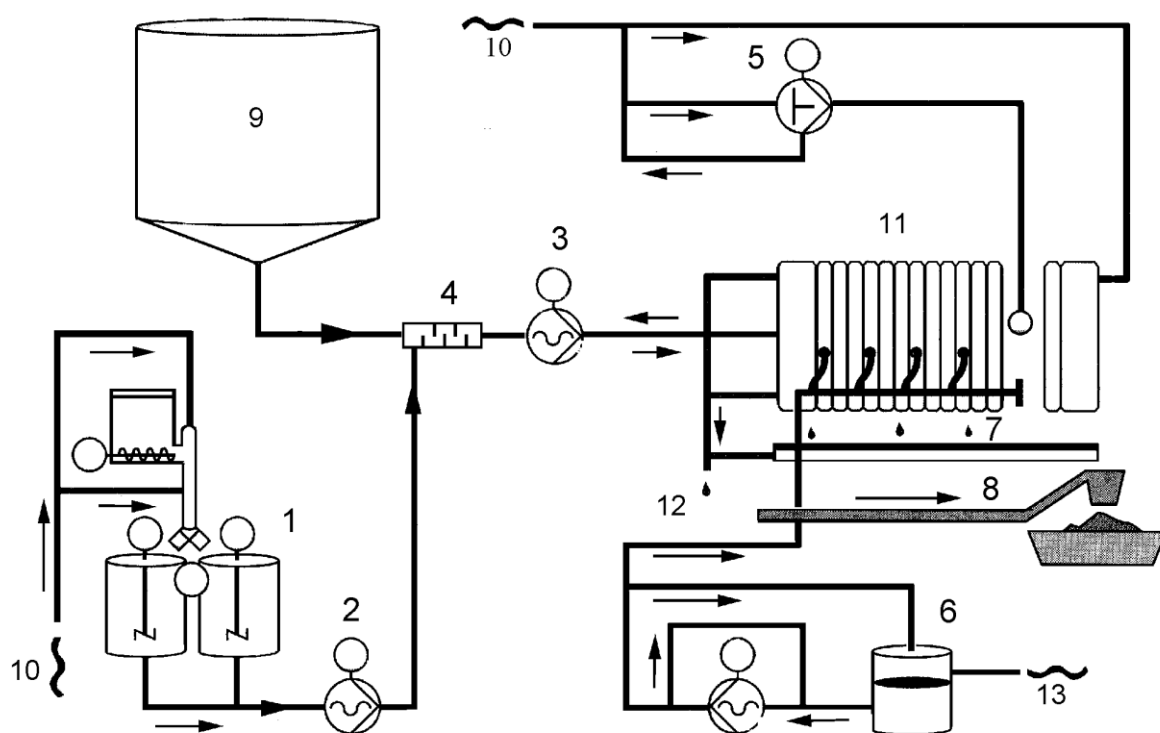


Рис. 14.14. Технологическая схема механического обезвоживания осадков на мембранно-камерном фильтр-прессе: 1 – система приготовления флокулянта; 2 – система дозирования флокулянта; 3 – система подачи осадка; 4 – система смешения осадка с флокулянт; 5 – система промывки фильтровального полотна; 6 – система 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.

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 пресса показана на рис. 14.15.

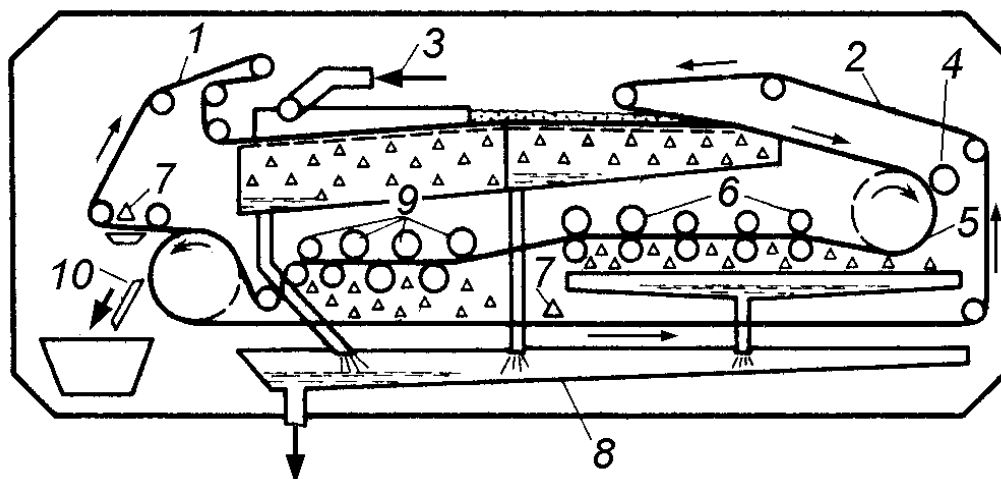


Рис. 14.15. Схема ленточного фильтр-пресса Лпр-10-1,2-001: 1 и 2 – верхняя и нижняя фильтровальные ленты; 3 – подача осадка; 4 – прижимной ролик; 5 – фильтрующий барабан; 6 – система отжимных шаров; 7 – система промывки лент; 8 – поддон для сбора фильтрата; 9 – система отжимных валов; 10 – нож для отделения осадка.

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 – 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. 14.16).

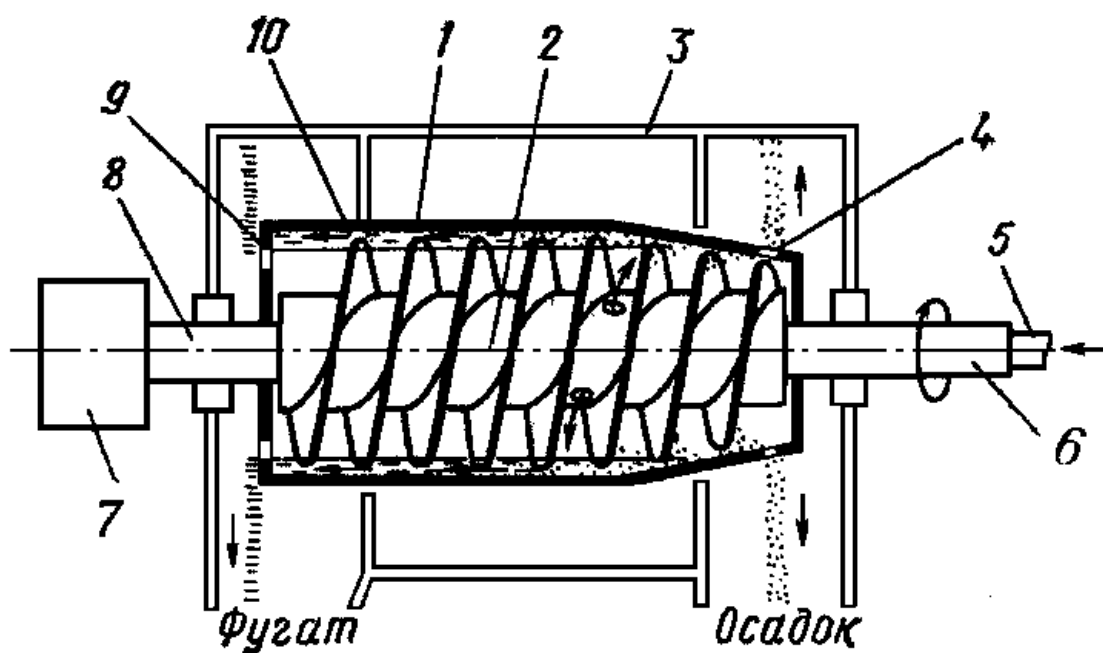


Рис. 14.16. Принципиальная схема устройства центрифуги типа ОГШ: 1 — цилиндроконический ротор; 2 — шнек; 3 — неподвижный кожух; 4 — разгрузочные окна для осадка; 5 — питающая труба; 5 — вал ротора; 7 — планетарный редуктор; 8 — вал шнека; 9 — сливные окна для фугата; 10 — жидкостный объем ротора.

Основными элементами центрифуги являются конический ротор со сплошными стенками 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, распо-

женные с противоположной стороны ротора. В настоящее время налажен выпуск центрифуг этого типа с расчетной производительностью по суспензии до $30 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Технико-экономические расчеты и эксплуатационные данные показывают, что применение центрифуг для обработки осадков сточных вод экономически целесообразно для станций пропускной способностью $70 \dots 100$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$.

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 $0,1-0,3 \text{ мм}$. Схема виброфильтра дана на рис. 14.17.

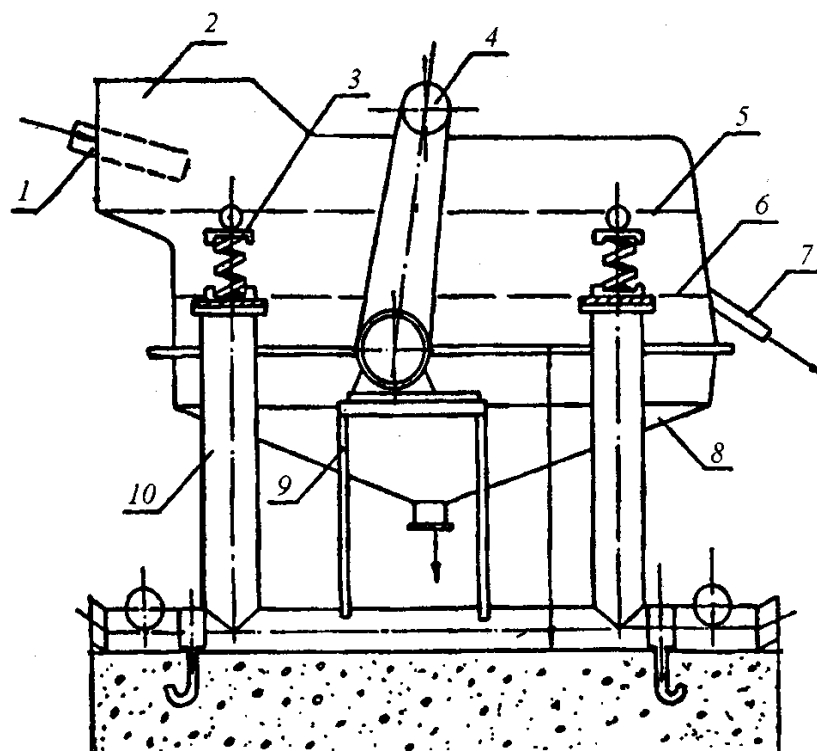


Рис. 14.17. Схема установки виброфилтра: 1 - распределительный лоток; 2 - короб; 3 - амортизатор; 4 - вибратор; 5 - сито верхнее; 6 - сито нижнее; 7 - лоток отвода твердой фракции; 8 - поддон; 9 - электродвигатель; 10 - поддерживающая рама.

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.

Для уменьшения потерь твердой фазы с фильтратом разделение осадка на виброфилтрах 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. 14.13) показывает, что каждый из них имеет определенные преимущества и недостатки.

Таблица 14.13.

Сопоставление методов механического обезвоживания осадков сточных вод.

Оборудование	Преимущества	Основные недостатки
Вакуум-фильтры	Возможность обработки осадков без выделения песка и распространения запаха; сокращение	Применение минеральных реагентов, вакуум-насосов; периодические замены фильтровальной ткани,

Оборудование	Преимущества	Основные недостатки
	топливно – энергетических расходов на термосушку; отсутствие быстроизнашивающихся узлов	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-

Оборудование	Преимущества	Основные недостатки
		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.

Тема 15. Сушка, сжигание и обезвреживание 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. Основные методы сушки осадка представлены в таблице 15.1.

Таблица 15.1

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Термическая сушка	Испарение влаги при интенсивном нагреве осадка	Наибольшая компактность. Всезонность	Большие затраты тепла. Взрывоопасность. Выделение запахов
Низкотемпературная	Испарение влаги при уличной температуре интенсивным	Нет затрат тепла. Не требуется очистка выбросов. Нет рисков взрыва	Низкая производительность на единицу объема установки. Зависимость от погодных условий

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
	ПОТОКОМ ВОЗДУХА		(влажности атмосферы воздуха)
Естественная (солнечная)	Испарение влаги на «площадках-теплицах», нагреваемых солнцем, с интенсивным ворошением механизмами	Простота конструкции и эксплуатации. Нет затрат тепла. Не требуется очистки выбросов. Нет рисков взрыва	Высокая зависимость от климатических и погодных условий.
Биосушка	Тоннельное компостирование (аэробное твердофазное термофильное биоокисление органического вещества осадка)	Инновационная технология С2 Очень простые сооружения и эксплуатация. Всезонная технология Нет затрат тепла. Низкие энергозатраты (в сравнении с тепловой сушкой). Производит тепло. Рекуперация части аммонийного азота	Существенная площадь сооружений. Потребность в древесной щепе (постепенно расходуемая добавка)
Электроосмотическая сушка	Часть связанной с осадком	Низкое потребление энергии. Не	Повышенная электроопасность. Недостаточно

Метод	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
	влаги движется под воздействием постоянного электрического тока к фильтрующему электроду	расходуется тепло. Осадок в процессе нагревается до температуры 55-60 °С, обеспечивающей его гигиенизацию	отработан на коммунальных осадках. Выделение неприятных запахов. Инновационная технология В2

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 сбраживанием 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 влаж-

ности 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, древесные 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. 15.1.

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 0,9-1,5 м.

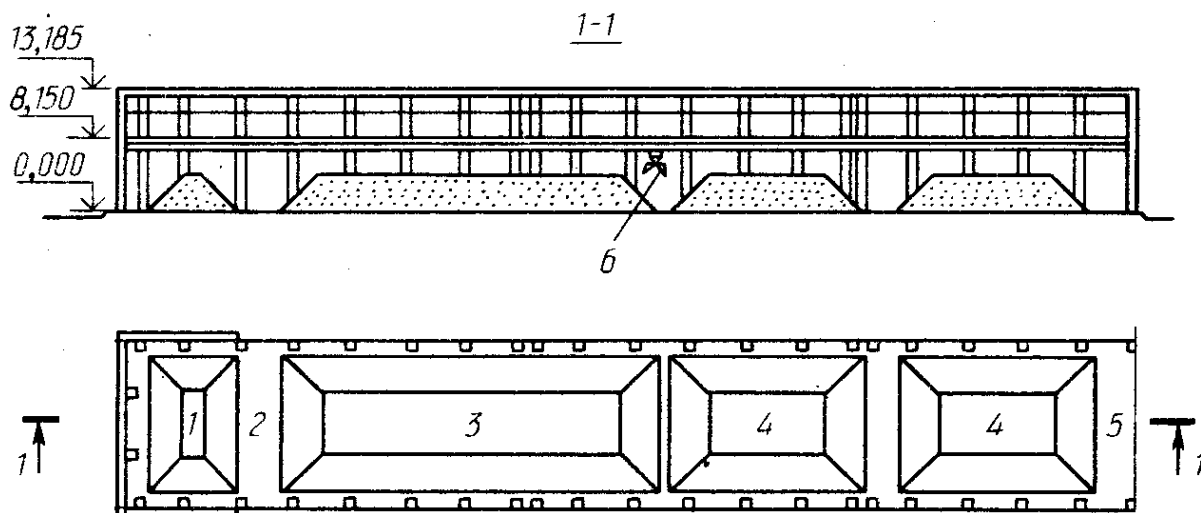


Рис. 15.1. Типовое сооружение компостирования осадка: 1 — закрытая площадка для хранения присадочного материала; 2 — площадка для загрузки готового компоста; 3 — площадка дозревания; 4 — площадка компостирования; 5 — площадка смешения осадка с присадочным материалом; б — кран.

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 понизу от 6 до 12 м, длина не ограничивается. В основание штабеля укладывают перфорированных 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.

Термическое обеззараживание осадков. При термическом режиме 52...56°C в течение 5 мин погибают многие патогенные бактерии, при темпе-

ратуре 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. 15.2), состоящая из ленточного конвейера с приемным бункером и газовых горелок инфракрасного излучения.

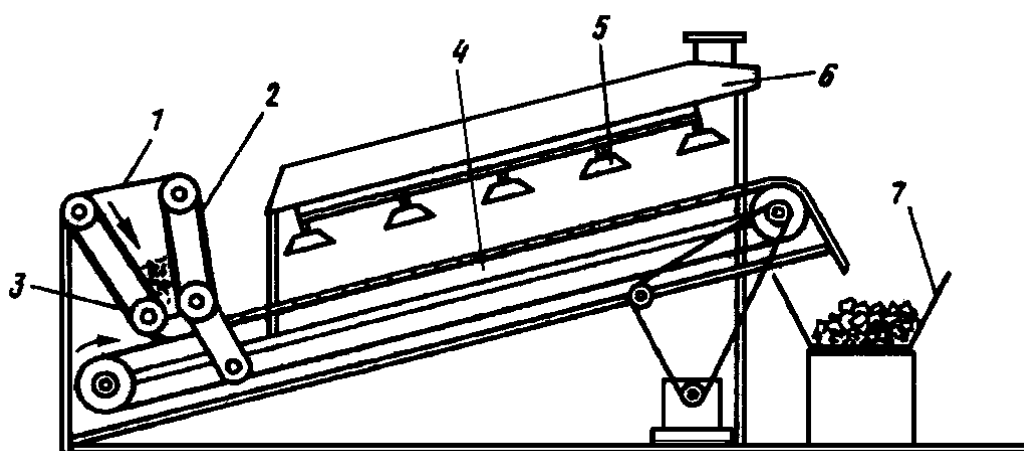


Рис. 15.2. Схема установки по дегельминтизации осадков: 1 — приемный бункер; 2 — подвижные стенки бункера; 3 — регулировочные валы; 4 — металлическая лента конвейера; 5 — газовые горелки инфракрасного излучения; 6 — вытяжной зонтик; 7 — конвейер обработанного осадка

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 °С.

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 рН 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 использовать 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. 15.2. 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 15.2

Показатели методов обеззараживания осадков сточных вод

Процесс	Расход теплоты, МДж на 1 м ³ обезвожен- ного осадка	Влаж- ность по- сле обра- ботки, %	Преимущества	Основные недос- татки
Обработка в камерах дегель- минтизации	600...700	60...70	Простота экс- плуатации, ма- лый расход топ- лива	Относительно высокие влажность и стоимость транс- портировки осадка
Термическая сушка в сушил- ках со встреч- ными струями	1900...2800	35...40	Сокращаются транспортные расходы, уп- рощается ути- лизация как удобрения, так и топлива	Высокий расход топлива, потреб- ность в квалифици- рованном персо- нале, необходи- мость очистки от- ходящих газов
Биотермическая обработка (ком- постирование)	-	45...50	Сокращаются топливно- энергетические и транспортные расходы, гото- вится качест-	Необходимость устройства площа- док с водонепрони- цаемым покрытием и применения на- полнителей (быто-

Процесс	Расход теплоты, МДж на 1 м ³ обезвожен- ного осадка	Влаж- ность по- сле обра- ботки, %	Преимущества	Основные недос- татки
			венное удоб- рение	вых отходов, гото- вого компоста, торфа, опилок и т. п.)
Сжигание с ис- пользованием получаемой теплоты	-300...+1800	-	Значительно со- кращаются транспортные расходы, воз- можно по лу- чение допол- нительной те- плоты	Необходимость эффективной очи- стки отходящих га- зов, потребность в квалифицирован- ном персонале

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...800°C) и это позволяет уменьшить габариты сушильных установок и расход энергии на транспортирование отходящих газов.

Сушилки конвективного типа можно разделить на два типа. В сушилах 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.

Общее техническое описание. Ранее обезвоженный осадок нагревают до температуры, способствующей ускоренному испарению влаги. Виды термической сушки в начале разделяют по физическому принципу передачи тепла. Одной из главных решаемых задач является обеспечения максимального теплообмена.

Целями сушки являются:

- дальнейшее (после обезвоживания) уменьшение количества осадка: сокращение его массы до 3 и объема до 4 раз;
- повышение высшей теплоты сжигания как топлива,
- избавление от липкости, придание сыпучести;
- стабилизацию, обеззараживание и дегельминтизацию (при

достижении внутри осадка при сушке температуры свыше 50 °C).

Сушка осадка приводит к испарению из него большинства летучих органических и неорганических веществ, а также (в зависимости от используемой температуры процесса) частичному низкотемпературному пиролизу органического вещества с выделением в выпар летучих органических соединений.

Как правило, технология термической сушки предусматривает:

- конденсацию выпара, при этом в него переходят многие летучие вещества, такие, как аммонийный азот, летучие жирные кислоты. Выпар, как правило, выпар направляется на очистку в голову сооружений;
- после конденсации выпара - необходимую степень очистки отходящих газов.

Однако, некоторое выделение дурнопахнущих и загрязняющих воздух веществ от сооружений сушки происходит.

Термическая сушка - весьма энергоемкий процесс. На испарение влаги расходуется около 2250 кДж/кг (эквивалентно примерно 75 м³ природного газа на 1 тонну испаренной влаги). Источник этой энергии и возможность ее рекуперации существенно варьируют в зависимости от применяемых технологий обработки осадка. Рекуперация значительной части тепла, пошедшего на сушку, возможна путем конденсации выпара (при этом можно перевести в нагрев воды значительную часть разницы между высшей и низшей теплотой парообразования), а также с использованием тепловых насосов. Метод целесообразно применять для сооружений, обслуживающих не менее 30-50 тыс. ЭЧЖ.

Установки достаточно компактны. Требуется использование сложного оборудования, системы автоматизации процесса, квалифицированного персонала.

Наличие (отсутствие) альтернативного источника энергии и тепла (биогаз, выхлопные газы от сжигания биогаза в газовых двигателях, тепло от

процесса сжигания осадка) и наличие (отсутствие) потребителя низкопотенциального рекуперированного тепла очень существенно влияют на себестоимость процесса. Сушка осадка товарным топливом без рекуперации тепла - весьма дорогой процесс.

Метод характеризуется рядом потенциальных опасностей:

- пылевоздушная смесь (высушенного осадка и воздуха) взрывоопасна. Для того, чтобы предотвратить возникновение таких условий, в системах прямой сушки контролируют содержание кислорода в газовой смеси внутри аппаратов не выше определенного значения, а также не допускают выделения пыли наружу;
- высушенный осадок способен самовозгораться в местах его хранения. С этой целью не допускают хранения больших его количеств;
- использование высокопотенциальных источников теплоты (топливо, отходящие газы от сжигания).

Таблица 15.3

Показатели методов термической сушки осадков сточных вод

Конструкция сушилки	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Многоподовая	Осадок распределяется и движется, пересыпаясь с помощью скребков по подам, омываемый горячими газами	Простая конструкция	Невысокая тепловая нагрузка
Сетчатая	Осадок распределяется по сеткам и затем движется вместе с ними, омываемый горячими газами	Может работать при невысокой (около 100 оС) температуре сушащих газов. Это расширяет воз-	Малая тепловая нагрузка

Конструкция сушилки	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
		возможности подачи тепла	
Сушилка псевдоожиженного (кипящего, фонтанирующего) слоя	Осадок попадает в псевдоожиженный слой горячих газов	Высокая тепловая нагрузка, компактная конструкция	Высокие энергетические затраты на рециркуляцию сушащего воздуха, образование пыли
Барабанная (полый барабан)	Осадок попадает в полый вращающийся барабан и под уклоном движется в одном направлении с горячими газами	Простая, отработанная конструкция	Малая тепловая нагрузка
Барабанная (коаксиальные барабаны)	Осадок проходит через коаксиальные вращающиеся барабаны вместе с горячими газами	Высокая тепловая нагрузка, компактная конструкция	
Вращающийся нагреваемый барабан	Осадок движется по барабану, стенки и/или вращающиеся внутренние элементы которого нагреваются паром или термомаслом	Высокая тепловая нагрузка, компактная конструкция	Сложная конструкция
Сушилка псевдоожиженного	Формируемый циркулирующим газом псев-	Высокая тепловая нагрузка,	Повышенный износ грею-

Конструкция сушилки	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
слоя	доожигенный слой осадка получает тепло от нагреваемого змеевика внутри него	простая компактная конструкция	щих трубопроводов

Низкотемпературная сушка осадка

Общее техническое описание. Осадок подвергают сушке неподогретым воздухом, подаваемым мощными вентиляторами. По физическому принципу метод является прямой сушкой. Для обеспечения хорошего массообмена обезвоженный осадок распределяется экструдерами на движущиеся проницаемые для воздуха сетки. Воздух, прошедший через сушилку, выбрасывается непосредственно в окружающую среду.

Проведение процесса при температуре не более 35-40 °С гарантирует отсутствие в выбросе продуктов распада органического вещества осадка.

Использование для сушки очень большого количества воздуха позволяет концентрацию загрязняющих веществ в воздухе в пределах

Низкотемпературная сушка - менее энергоемкий процесс. Энергия расходуется практически только на работу вентиляторов. Для испарения влаги расходуется энергия, содержащаяся в воздухе (за счет его некоторого остывания).

Работа высокопроизводительных вентиляторов может приводить к распространению шума. Установки весьма громоздки. Требуется использования механического оборудования.

По причине громоздкости оборудования метод целесообразно применять для сооружений, обслуживающих не более 200 тыс. ЭЧЖ.

Технология может использоваться только в те периоды времени, когда влажность воздуха существенно ниже 100%, преимущественно в теплый сезон. Это требует использования площадок накопления обезвоживания

осадка, а также систем его подачи с этих площадок в сушилки. Установки сушки не требуют размещения в здании. Высушенный при низкой температуре осадок не является обеззараженным. Он также не дегельминтизирован.

Биосушка

Общее техническое описание. Компостирование осадка, проводимое в туннелях с продувкой буртов компостируемой смеси через каналы в днище. Компостируемая смесь представляет собой обезвоженный осадок с добавлением готового компоста крупностью выше заданной, а также древесной щепы (оборотной с добавлением свежей).

При компостировании (окислении ОВ осадка) выделяется тепло, позволяющее разогревать осадок до 60°C и выше. Подача воздуха в технологии биосушки осуществляется противотоком через несколько туннелей, находящихся в разных фазах процесса. Свежий воздух подается в дозревающий туннель (и охлаждает его), затем проходит туннель в активной фазе и, максимально нагретый, быстро поднимает температуру во вновь уложенном туннеле. Это обеспечивает быстрый процесс при высоком использовании кислорода воздуха.

Отходящий воздух очищается от аммиака (с его утилизацией в виде сульфата аммония), охлаждается (с отводом тепла на утилизацию) и осушается, дочищается и выбрасывается в атмосферу.

Осадок высушивается до 4 раз по объему, до содержания СВ 25-30%. Нагрузка по осадку на общую площадь сооружения 5-7 м³/м² в год.

Оборудование для сушки

На рис. 15.3 показана сушилка барабанного типа.

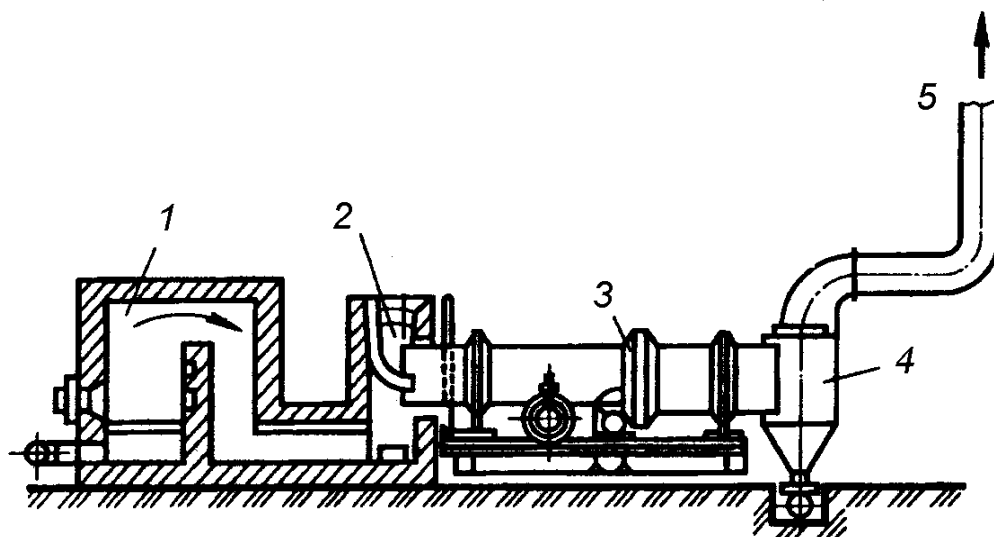


Рис. 15.3. Барабанная сушилка: 1 — топка; 2 и 4 — загрузочная и выгрузочная камеры; 3 — барабан; 5 — отвод дымовых газов.

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 $3-4^\circ$, опирается на катках и имеет привод, от которого осуществляется вращение. Температура топочных газов на входе в сушилку $600-800^\circ\text{C}$, на выходе из нее — $170-250^\circ\text{C}$. Влажность 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. 15.4) является 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.

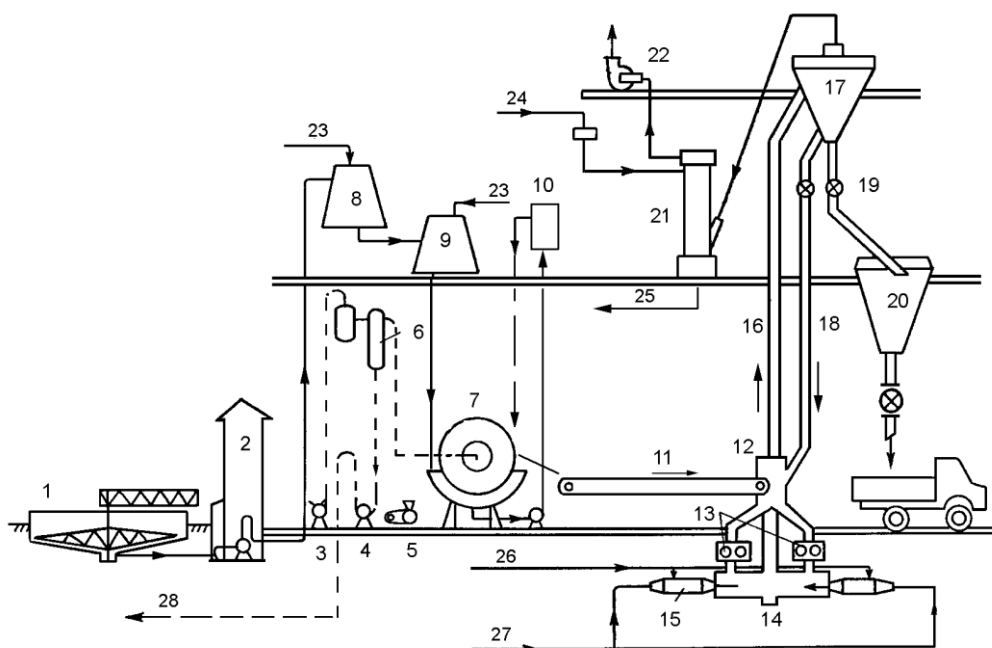


Рис. 15.4. Схема установки для термической сушки механически обезвоженных осадков в сушилке со встречными струями: 1 – осадкоуплотнитель; 2 – насосная станция; 3 – вакуум-насос; 4 – насос для откачки фильтрата; 5 – компрессор; 6 – ресивер; 7 – вакуум-фильтр; 8, 9 – смесители; 10 – емкость для ингибированной 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 15.5) влажный осадок с помощью питателя подается в сушильную камеру.

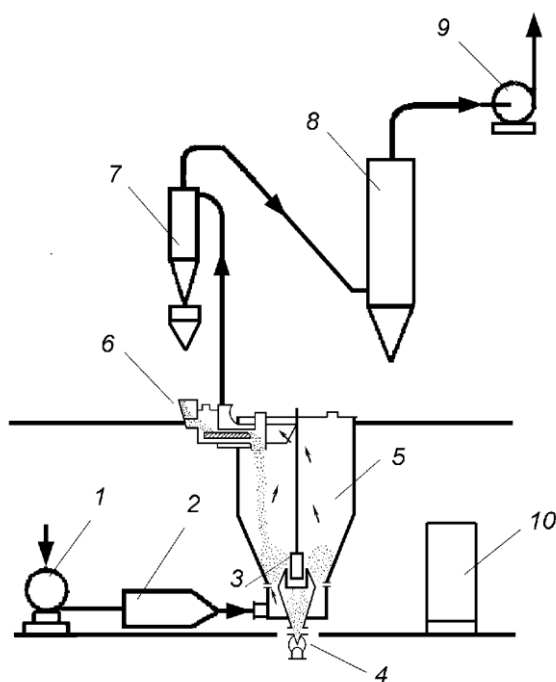


Рис 15.5. Схема установки для сушки осадка в сушилке с фонтанирующим слоем: 1 – воздуходувка; 2 – топка; 3 – переливной порог; 4 – разгрузочное устройство сухого осадка; 5 – сушильная камера; 6 – загрузочный бункер осадка; 7 – батарейный циклон; 8 – мокрый скруббер; 9 – дымосос; 10 – пульт управления 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.

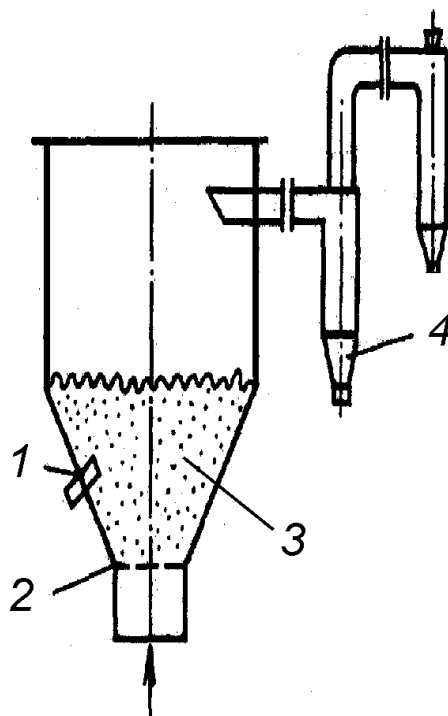


Рис. 15.6. Схема сушилки с кипящим слоем инертного носителя: 1 — форсунка; 2 — газораспределительная опорная решетка; 3 — слой инертного материала и осадка; 4 — циклон.

Инертный носитель покоится на газораспределительной опорной решетке, через которую подается газ-теплоноситель (рис. 15.6).

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.

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. 15.7) 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.

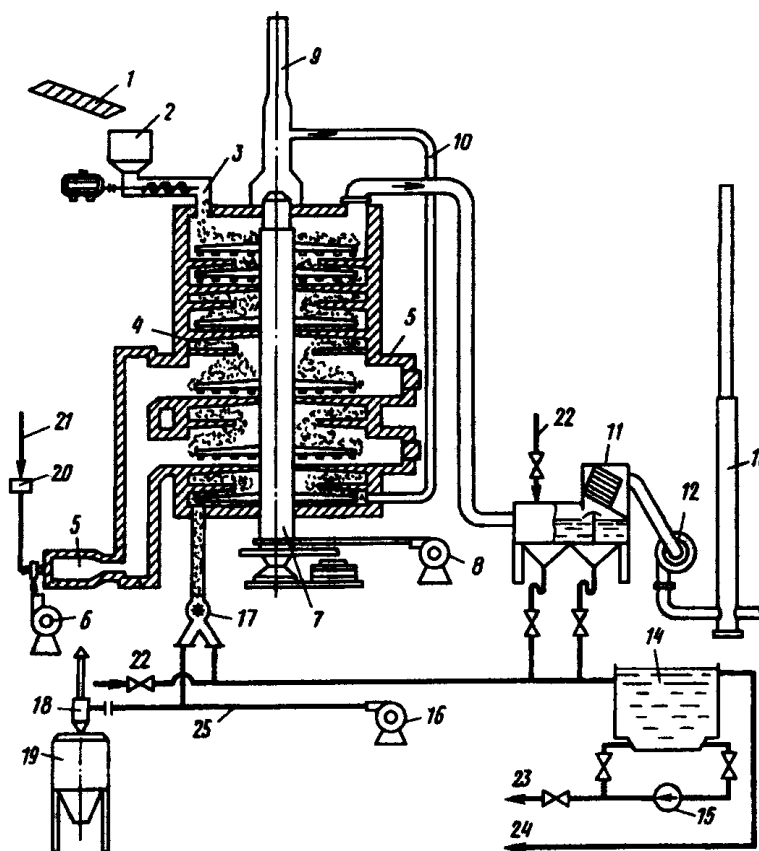


Рис. 15.7. Схема сжигания осадков во многоподовой печи: 1 — конвейер ленточный; 2 — бункер загрузки осадка; 3 — шнековый питатель; 4 — многоподовая печь; 5 — наружная топка; 6 — дутьевой вентилятор; 7 — вал; 8 — вентилятор охлаждения; 9 — атмосферная труба; 10 — рециркуляционный трубопровод; 11 — мокрый 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.

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.

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 бесповальной решеткой и куполообразным сводом (рис. 15.8).

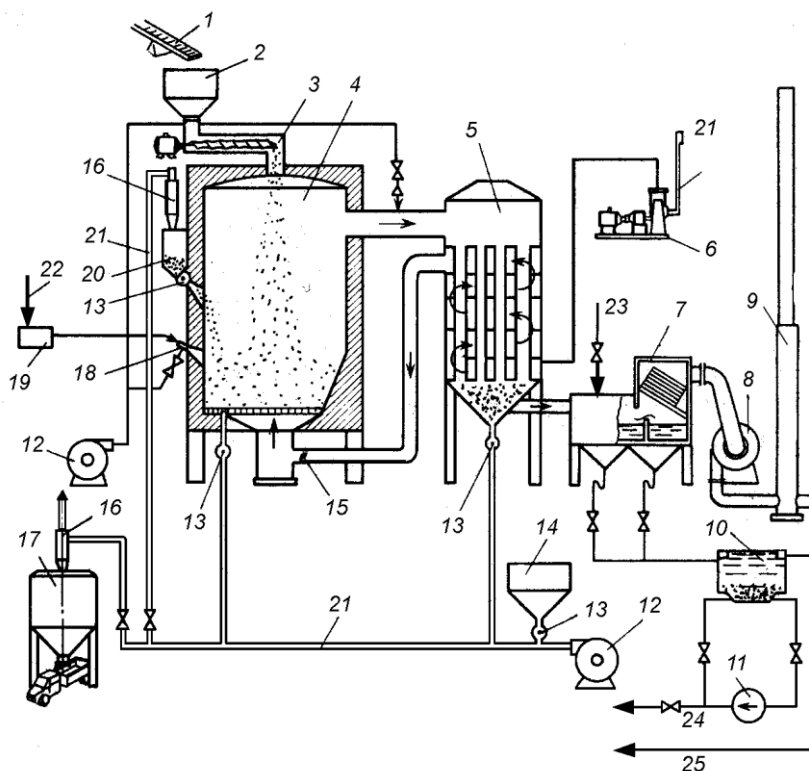


Рис. 15.8. Схема сжигания осадков в печи кипящего слоя: 1 — ленточный транспортер; 2 — бункер загрузки осадка; 3 — шнековый питатель; 4 — печь; 5 — рекуператор; 6 — воздушодувка; 7 — мокрый пылеуловитель; 8 — дымосос; 9 — дымовая труба; 10 — золовая емкость; 11 — насос перекачки золовой воды; 12 — вентилятор; 13 — шлюзовой питатель; 14 — бункер для песка; 15 — заслонка; 16 — циклонный разгрузчик; 17 — бункер выгрузки золы; 18 — газовая горелка; 19 — заслонка.

— газорегуляторная установка; 20 — бункер-дозатор; 21 — воздухопровод; 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°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.

Тема 16. 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. 16.1).

Таблица 16.1.

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. 16.1). 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.

Термическая утилизация и переработка

Группа процессов, объединенная высокой температурой и полным окислением органического вещества осадка. Это окисление может проводиться как непосредственно в печи, так и отдельно (табл. 16.2).

Таблица 16.2

Метод термической утилизации	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Огневой метод Сжигание осадка Остеклование осадка (процесс Minergy)	Сжигание при температуре, как правило, 800-1200 ⁰ C	Наиболее освоенный и высокоинтенсивный метод. Может использоваться непосредственно на глубоководном обезвоженном осадке	Выбросы, требующие, и требующие очистки (особенно для процесса сжигания). Органическое вещество окисляется. Только меньшая часть его энергии может быть утилизирована в виде электроэнергии
Пиролиз Г азификация Ожижение	Разложение органического вещества осадка под воздействием высокой температуры. Ожижение осуществляется при	Минимальное количество выбросов. Отсутствие образования окисленных супертоксикантов (диоксин и т.п.). Получение	Требует предварительной глубокой сушки осадка. Недостаточно отработанный (на осадке) метод

Метод термической утилизации	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
	температуре 600-900°C и жидкого топлива. полном отсутствии кислорода. Процесс газификации осуществляется в присутствии контролируемых количеств кислорода. при 450-1050°C	твердого или жидкого топлива.	
Плазменный метод	Осуществляют в плазматроне при температуре 2000- 40000C. Плазма образуется при протекании электрического тока через разрядный промежуток	Полное окисление всех органических веществ, отсутствие токсикантов в выбросах	Высокотемпературное оборудование. Малоотработанный (для осадков) метод. Развиваемая технология ВЗ

Метод термической утилизации	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Жидкофазное окисление («мокрое» сжигание)	Окисление вещества осадка кислородом воздуха при температурах 150-350 ⁰ С в давлениях 2-28 МПа	Не требует обезвоживания осадка (только сушение). Не образуются высокотоксичные вещества. Относительно низкотемпературный процесс.	Металлоемкие реакторы и теплообменники, работающие при высоких давлениях. Использование технического кислорода повышает требования к промбезопасности. Инновационная технология В2

Огневой метод

Общее техническое описание. Сжигание - процесс окисления органической части осадков при повышенной температуре до нетоксичных газов (двуокись углерода, водяные пары и азот) и выделения минеральной части в виде расплава или золы.

Ранее обезвоженный или высушенный осадок подают в разожженную печь, где он сгорает с образованием золы и дымовых газов. В печь с помощью дутьевых вентиляторов вдувается воздух. Смесь отходящих газов с золой-уносом подвергается очистке с удалением твердых частиц (золы) и токсичных газов и веществ, образовавшихся при сжигании. Дымовые газы используют для генерации энергии (пар, электроэнергия), а также для нагрева дутьевого воздуха. Не унесенные из печи продукты сжигания (шлаки) выгружают из нижней части.

Если процесс сжигания не требует подачи в печь дополнительного топлива, его называют автотермичным.

Горению обезвоженных осадков всегда предшествует эндотермический процесс их тепловой подготовки, включающий прогрев материала, испарение влаги и выделение летучих веществ. Затраты теплоты на этот процесс достаточно велики и в ряде случаев могут превышать количество теплоты, выделяющейся при сгорании осадков, т.е. для сжигания может потребоваться дополнительное топливо. Автотермичного сгорания осадка можно добиться при концентрации сухого вещества около 30%.

Наиболее часто применяемый в настоящее время метод - использование псевдоожиженного слоя. Прежде для сушки и сжигания использовались многоподовые или барабанные (вращающиеся) печи. Однако, в настоящее время установка со псевдоожиженным слоем более предпочтительна, как с точки зрения эффективности сжигания, так и в экологическом плане. На сжигание может также подаваться осадок, задержанный на решетках

Обязательной стадией процесса является очистка дымовых газов. Она может происходить в две или три стадии: пылеулавливание, основная очистка (остаточное пылеулавливание и поглощение кислых компонентов), адсорбция ртути, диоксинов и фурановых соединений.

Очистка дымовых газов может быть предусмотрена как сухая, полусухая или мокрая. Обычно используются гидроксид натрия, углекислый натрий или известь.

Обеспечивает практически полное уничтожение органического вещества осадка, что имеет положительное экологическое значение при невозможности почвенной утилизации осадка. Количество сухого вещества сокращается в 2-3 раза, объем (относительно обезвоженного осадка) - приблизительно - до 15 раз.

Сжигание приводит к полному переводу органического вещества осадка в газообразную фазу, т.е. в углекислый газ и водяные пары. Присутствующий в осадке азот переходит в окислы азота (также они образуются и из атмосферного азота), фосфор - остается в золе. Существенны также

образование двуокиси серы из сульфидов, содержащихся в осадке, улетучивание ртути и кадмия. Остальные компоненты минеральной фазы осадка в основном окисляются до оксидов и остаются в золе.

Зола удерживается (до заданных концентраций пыли) с помощью циклонных установок и фильтров, оксиды серы и (частично) оксиды азота удаляются с помощью щелочной промывки отходящих газов (мокрой или сухой).

Органические вещества удаляются с использованием активированного угля. Для снижения концентраций окислов азота применяют специальные методы (добавление мочевины, использование катализаторов).

Эксплуатация установок сжигания требует значительного расхода электроэнергии и реагентов (щелочных). При оснащении установки системой энергогенерации вырабатываемая ею электроэнергия покрывает собственные нужды и позволяет поставлять энергию для других нужд.

Экономайзер на отходящих газах позволяет получать значительное количество тепла, существенно превосходящее потребности очистных сооружений. Высокая температура отходящих газов позволяет получать при их охлаждении перегретый пар и, на паровых турбинах - электроэнергию.

Поскольку установка сжигания формирует выбросы в атмосферу, то, при неэффективной конструкции она способна нанести существенный вред окружающей среде и здоровью людей. Важнейшим фактором вреда является содержание в выбросах диоксинов и фуранов. Эти микрополлютанты плохо удаляются при очистке газов и чрезвычайно опасны. Для того, чтобы контролировать их содержание на заданных низких уровнях, необходимо избегать их появления в процессе, либо осуществлять их термическое разложение при высоких температурах. Последний прием реализуется в многокамерных топках или в так называемых камерах дожигания. В развитых странах разрешены к применению только установки, обеспечивающие полный контроль процесса, в том числе температуры, а

также полноценные системы очистки выбросов.

Преимущества:

Наиболее распространенная технология термической переработки осадка. Все узлы установок отработаны в течении многих лет эксплуатации на десятках установок и оптимизированы. Относительно несложный одноступенчатый процесс.

Недостатки:

Большой объем выбросов отходящих газов. Существенные затраты на их очистку. Негативное отношение общественного мнения к любым установкам сжигания отходов.

Установки сжигания достаточно компактны, однако очень насыщены сложным оборудованием, требуют полной автоматизации процесса, высококвалифицированного персонала. В связи с этим сжигание применяют, как правило, на сооружениях средней и большой производительности - начиная приблизительно с 300 тыс. ЭЧЖ.

Один из наиболее дорогостоящих методов обработки осадка. В частности, это связано с тем, что оборудование для его реализации выпускается очень немногими компаниями, что способствует поддержанию высоких цен.

Метод характеризуется рядом потенциальных опасностей (пожароопасность). Установки сжигания отходов находятся в потенциальной опасности стать объектом протестов населения, либо требований по закрытию со стороны местных органов исполнительной власти (при развитии городской застройки в направлении очистных сооружений).

Зола после сжигания коммунального осадка относится к отходам 3 класса опасности.

Осадок может сжигаться как отдельно (моносжигание), так и совместно с другими отходами, либо топливом:

- совместно с ТБО (10-20% от массы ТБО),

- совместно с углем (бурым углем) на ТЭС (до 5% от массы угля),
- в цементных печах, одновременно как компонента сырья и вместо части топлива (также до 5% от массы сырья).

Основные технологии моносжигания представлены в табл. 16.3.

Таблица 16.3

Технология (конструкция печи)	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Многопородовые	Влажный продукт перемещается гребковыми лопастями сверху вниз от пода к поду навстречу дымовым газам. За счёт тепла идущих в противотоке дымовых газов происходит подсушивание отходов, а затем их воспламенение.	Простота и устойчивчивость в работе при больших колебаниях качества и количества сжигаемой массы. Очень высокая температура отходящих газов не требует дожигания	Низкие удельные тепловые нагрузки, наличие вращающихся элементов в зоне высоких температур, высокие капитальные затраты. Запуск требует большого количества внешнего топлива.
Барабанные	Сжигаемый материал движется по вращающемуся барабану. После него располагается система гидрозолоудаления.	Простота и надёжность. Малое содержание пыли в отходящих газах, возможность сжигать отходы с большой зольностью и влажностью	Низкая удельная тепловая и массовая нагрузка, топочного объёма, разрушение футеровки в процессе работы. Обязательна ка-

Технология (конструкция печи)	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
		ностью. Серийный выпуск печей для нефтехимии, переработки отходов и т.п.	мера дожигания отходящих газов.
Циклонные	Дутьевой воздух и, если необходимо, дополнительное топливо вводятся по касательной к стенкам камеры сжигания, вызывая завихрения, способствующие хорошему перемешиванию газов между собой и со сжигаемым материалом.	Компактное оборудование. Позволяет работать при температурах 1000-1300 °С с жидким шлакоудалением. Гораздо меньше проблема токсичных выбросов	Необходимы хорошее предварительное высушивание осадка, отсутствие в нем грубых включений
Печи с псевдоожиженным слоем	Осадок сжигается в горячем слое песка, который псевдоожижае происходит доокисление в газовой фазе тся поступающим в зону горения воздухом.		

Технология (конструкция печи)	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
	Осадок в процессе псевдоожижения эффективно смешивается с песком, вода быстро испаряется, а органическое вещество окисляется. В верхней части печи, свободной от кипящего слоя,		

Тема 17. Депонирование осадков сточных вод

Захоронение осадков сточных вод следует применять только в случаях невозможности утилизации по техническим или экономическим причинам с учетом необходимости предотвращения возможных отрицательных воздействий на окружающую среду.

Для определения условий и способа захоронения осадка необходимо установить источники его образования, физические, химические и биологические свойства. Не все осадки, полученные в процессах очистки сточных вод, пригодны для захоронения из-за наличия в них патогенных микроорганизмов, выделяющихся опасных газов, высокотоксичных соединений и т.п. Экономически нецелесообразно направлять осадки на захоронение, если содержание сухого вещества в них менее 15%.

Способы захоронения. Существует несколько способов захоронения

осадков. Наибольшее распространение получили траншейный способ захоронения и полигонный (рис. 17.1). В зависимости от содержания сухого вещества возможно складирование исходного осадка или с наполнителями, в качестве которых может использоваться грунт или твердые бытовые отходы. Заполненное хранилище отходов обязательно закрывается изолирующим слоем грунта. Изоляция грунтом и его последующее уплотнение препятствуют загрязнению окружающей воздушной среды выделяющимися газами и распространению мух и грызунов.

Траншеи для осадка. Размещение осадка в траншеях требует выемки грунта на глубину, достаточную для размещения осадка ниже первоначального уровня поверхности земли. При устройстве траншей грунтовые воды должны находиться на глубине, достаточной для выемки грунта и сохранения прослойки между основанием траншеи и верхним уровнем грунтовых вод. Вынутый грунт используют только как изолирующий слой и не применяется в качестве наполнителя осадка.

При траншейном способе захоронения различают два варианта: узкую траншею и широкую траншею. Глубина траншеи зависит от глубины залегания грунтовых вод и коренной породы, устойчивости боковых стенок и требований, предъявляемых оборудованием. Длина траншеи практически не ограничена.

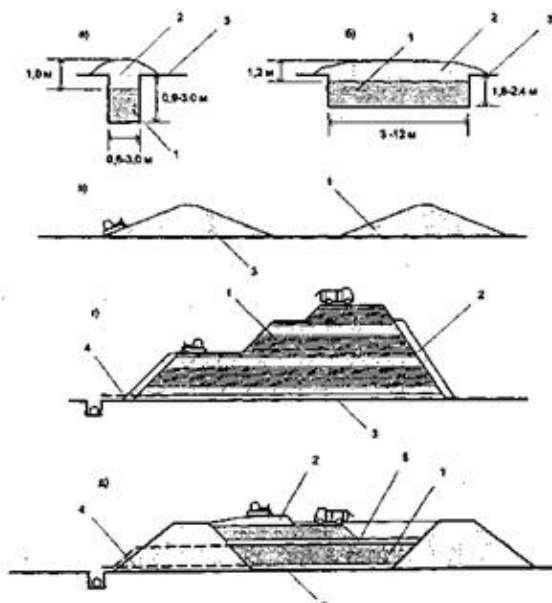


Рис. 17.1. Способы складирования осадков сточных вод: а – узкая траншея; б – широкая траншея; в – насыпь; г – послойное размещение; д – обвалованный полигон; 1 – осадок; 2 – изолирующий слой; 3 – противofiltrационная изоляция; 4 – дренаж; 5 – промежуточный дренажный слой

Узкая траншея. Ширина узкой траншеи до 3 м. Осадок размещают ровно по длине траншеи, а затем сверху насыпают один слой изолирующего грунта.

Строительство узких траншей осуществляют землеройной техникой, перемещающейся по разрабатываемой поверхности. Вынутый грунт сразу укладывают в изолирующий слой ближайшей траншеи или на бровку с внешней стороны. Засыпку полной траншеи и формирование изолирующего слоя выполняют машинами, предназначенными для перемещения грунта по поверхности.

Основное преимущество узкой траншеи заключается в том, что она пригодна для размещения осадка с относительно низким содержанием сухого вещества. Для осадка с содержанием сухого вещества от 15 до 20% требуется траншея шириной 0,6-0,9 м с толщиной изолирующего слоя 0,6-0,9 м.

Траншеи шириной 0,9-3,0 м применяют для осадка с содержанием сухого вещества 20-28%. В этом случае толщина изолирующего слоя обычно составляет 0,9-1,2 м, и грунт набрасывают с минимальной высоты, чтобы уменьшить количество грунта, погружающегося в толщу осадка.

Недостатки захоронения осадка в узких траншеях заключаются в необходимости отвода больших участков земли, а также в том, что при их применении практически невозможно создание противодиффузионного экрана.

Широкая траншея. Отрывку широких траншей обычно производят с помощью машин, работающих внутри траншей. Вынутый грунт обычно ссыпают в отвал рядом с траншеей для последующего устройства изоляции над уложенным осадком. Толщина изолирующего слоя для широких траншей 0,9-1,5 м.

Одним из преимуществ широкой траншеи является большая нагрузка на поверхность земли, отводимой для захоронения осадков. Важное преимущество широких траншей состоит в том, что при их оборудовании можно укладывать экранирующие прокладки, обеспечивающие защиту грунтовых вод от проникновения в них фильтратов из осадка.

Недостатками широких траншей являются требовательность к доли сухого вещества в осадках не менее 20%» и наличие больших территорий с плоским рельефом.

Полигоны для складирования осадка. Оборудование площадок под полигоны для складирования осадков не требует заглубления их ниже естественного уровня земли. Это позволяет размещать полигоны на территориях с высоким уровнем залегания подземных вод. Для предотвращения их загрязнения устраивают надежную противодиффузионную изоляцию и предусматривают дренажные системы.

Участки территорий под полигоны отводят на значительном расстоянии от других зданий и сооружений, поэтому на них необходимы бытовые помещения для эксплуатационного персонала и оборудование для простейших работ по обслуживанию техники. В составе хозяйственной зоны, где располагаются эти помещения и оборудование, проектируют производственно-бытовое здание, навес или гараж для машин и механизмов,

склад горюче-смазочных материалов, трансформаторную подстанцию, площадку для складирования сборных плит для временных дорог. Степень капитальности этих сооружений зависит от мощности полигонов и расчетного срока эксплуатации.

В соответствии со способами складирования различают три вида полигонов для захоронения осадка. Это полигоны с размещением осадка в виде насыпей, полигоны с послойной укладкой осадка и обвалованные полигоны.

Полигон с размещением осадка в виде насыпей. Использование полигонов с размещением осадка в виде насыпей возможно при содержании в нем сухого вещества не менее 20%. Высокий показатель использования площади земли на полигонах этого типа может быть обеспечен при достаточной устойчивости и несущей способности насыпи. Для этого осадок предварительно смешивают с грунтом, используемым в качестве наполнителя. Соотношение компонентов смеси может изменяться от 0,5 до 2 частей грунта на каждую часть осадка. Перемешивание осадка с грунтом производится на отдельной площадке, откуда смесь механизмами сгребается на насыпь.

Преимуществом применения полигонов с размещением осадка в виде насыпей является эффективное использование земельной площади. К недостаткам этих полигонов следует отнести необходимость постоянного подгребания оползающих куч и потребность в привозном грунте.

Полигоны с послойной укладкой осадка. При использовании полигона с послойной укладкой осадка, он должен содержать не менее 15% сухого вещества. Для повышения доли сухого вещества осадок смешивают с грунтом или другим наполнителем. В качестве наполнителя могут использоваться ТБО. Полученная смесь должна обладать устойчивостью и высокой несущей способностью. Это необходимо для безопасной работы машин, доставляющих складированные отходы, выравнивающих и

уплотняющих смесь.

Процесс смешения можно производить на отдельной площадке выгрузки и смешения осадка или непосредственно на месте захоронения осадка. Для сокращения площади заполнения полигона ведут послойно. Смесь осадка и наполнителя распределяют последовательно ровными слоями толщиной от 0,5 до 1,5 м. Конструктивные схемы допускают высоту полигонов до 60 м. Для устойчивой работы и перемещения машин необходимо устраивать пологий внешний откос с углом наклона к горизонту не более 15° . После заполнения полигона поверхность его покрывают слоем изолирующего растительного грунта толщиной не менее 0,3 м.

Преимуществом захоронения осадка на полигонах с послойной укладкой является то, что заполненные полигоны достаточно устойчивы. Поэтому их техническое обслуживание не так сложно, как полигонов с размещением осадка в виде насыпей, у них меньше потребность в рабочей силе и оборудовании. Недостатком является более низкий показатель использования земельной площади.

Обвалованный полигон. Использование обвалованных полигонов предполагает размещение осадка выше первоначального уровня поверхности земли. Валы высотой 3-9 м сооружают на территории с ровной поверхностью со всех сторон полигона. Полигон можно разместить также у подножья холма, тогда в качестве емкости для складирования осадка будет использован крутой уклон с одной или двух сторон. Валы (дамбы) в этом случае устраивают вдоль оставшихся сторон.

По верхней части валов оборудуют пути движения транспорта для выгрузки осадка непосредственно на полигон. В период заполнения полигона I насыпают промежуточный изолирующий слой. Толщину промежуточного слоя следует принимать равной 0,3-0,6 м. Окончательный изолирующий слой толщиной 0,9-1,2 м укладывают после заполнения всего полигона осадком.

Недостатком обвалованного полигона является большое количество

жидкости, поступающей к окружающим дамбам и в основание полигона. Поэтому при использовании обвалованных полигонов требуется устройство эффективной дренажной системы на разных уровнях и надежного противofильтрационного экранирующего слоя.

Конструкция защитных экранов представляет комбинацию изоляционных и фильтрующих слоев, позволяющих собирать и отводить в систему дренажных коллекторов фильтрат, просачивающиеся атмосферные воды, а также обеспечить изоляцию тела полигона от подпитки грунтовыми водами.

Защитные экраны могут выполняться из природных минеральных материалов (песок, гравий, щебень, глина, бентонит, песчано-бентонитовые смеси) и из геосинтетических материалов (синтетическая рулонная гидроизоляция, геотекстиль, бентонитовые маты, композиционные дренажные и изоляционные маты – геокомпози́ты).

Рулонная изоляция может быть выполнена также из различных синтетических материалов, таких как полиэтилен, поливинилхлорид, пропилен- и этилен-сополимеры и др., однако, необходимо отметить, что в настоящее время наиболее распространенными являются материалы, выполненные из полиэтилена со структурирующими, пластифицирующими и прочими дробавками.

При необходимости отведения большого количества дренажных вод устраивают промежуточный резервуар с насосной установкой, с помощью которой осуществляют разбрызгивание их по поверхности укладываемых осадков. Часть воды испаряется на поверхности, другая проникает вглубь, где вызывает медленный биотермический процесс с повышением температуры до 30°C. До низа полигона доходит не более 5% перекачиваемой жидкости. После полной загрузки полигонов и укрытия растительным слоем грунта их поверхность можно использовать для устройства парков, садов, игровых и спортивных площадок.

Тема 18. Конструктивные решения отдельных типов сооружений обработки осадка

Оборудование для сбраживания осадков

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. 18.1.)

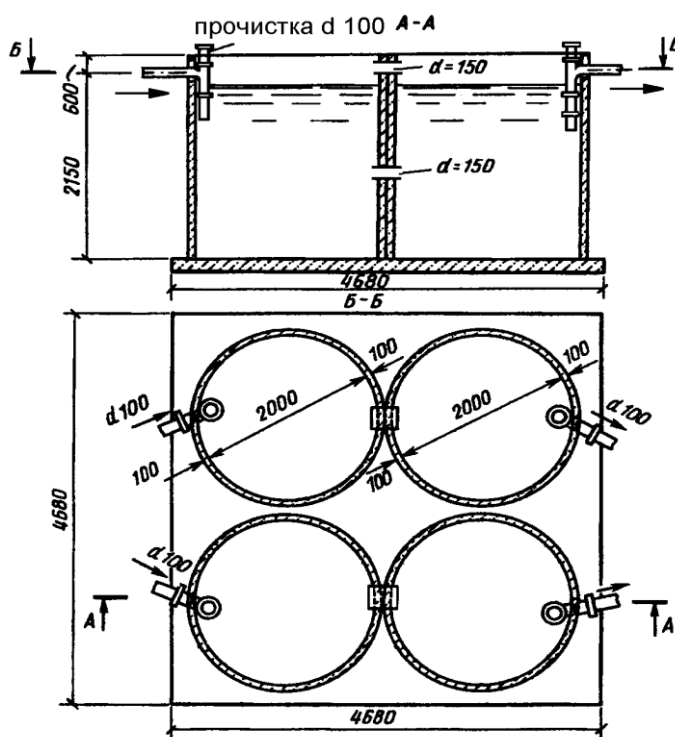


Рис.18.1. Септик

Двухъярусные отстойники служат для осветления сточных вод, уплотнения и сбраживания выпавшего осадка. Они применяются на станциях пропускной способностью до 10 тыс. м³/сут (рис. 18.2.).

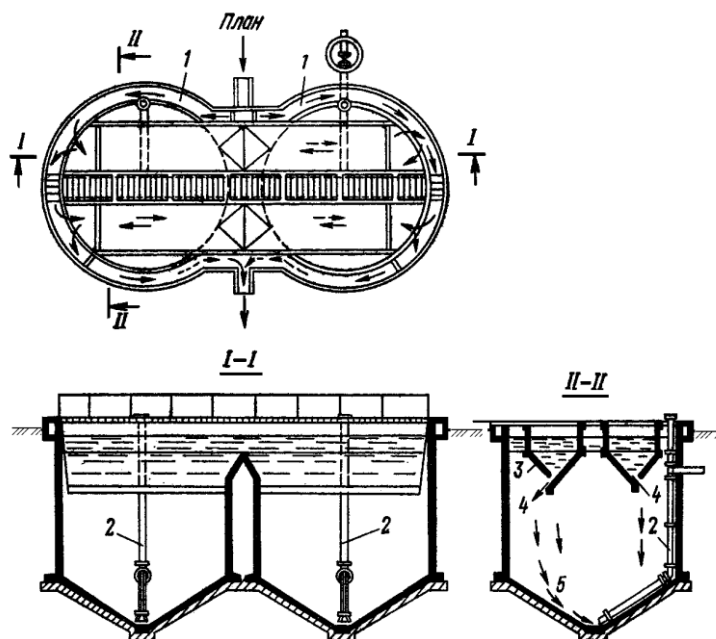


Рис. 18.2. Парный двухъярусный отстойник с двумя желобами: 1 — распределительный лоток; 2 — выгрузочная иловая труба; 3 — осадочный желоб; 4 — выгрузочно-загрузочная щель; 5 — камера сбраживания осадка

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.

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. 18.3). Уровень осадка поддерживается в узкой горловине метантенка, что позволяет повысить интенсивность газовыделения на единицу поверхности бродящей массы и предотвратить образование плотной корки.

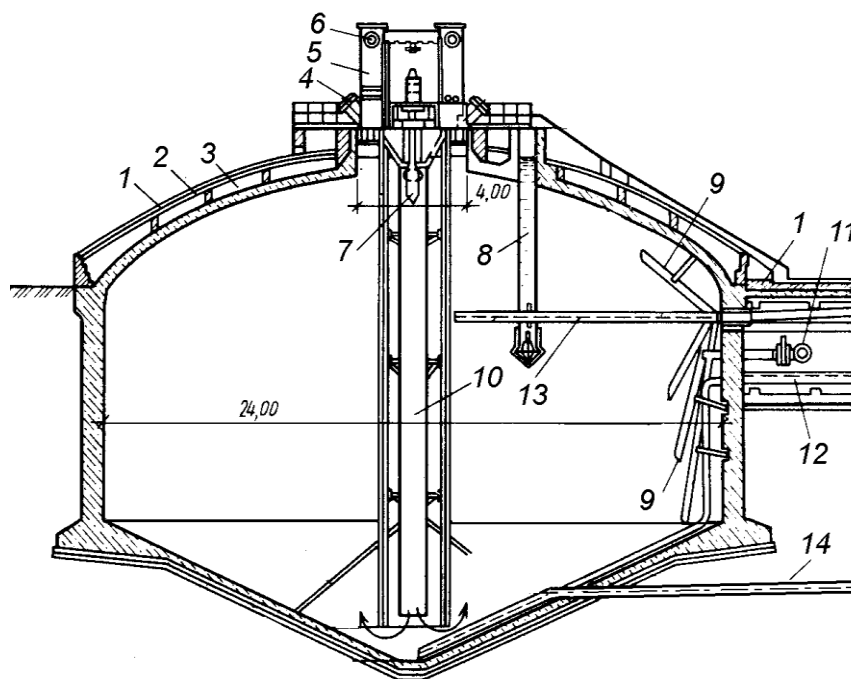


Рис. 18.3. Схема метантенка: 1—битумная обмазка; 2 — клинкерная кладка; 3 — теплоизоляция; 4—контрольный люк; 5— газосборная горловина; 6— труба для отвода газа; 7 — механический смеситель; 8 —переливная труба; 9—выпуск осадка с разных уровней; 10— направляющая труба для циркуляции иловой смеси; 11 — трубопровод для подачи пара на обогрев; 12 — труба выпуска сброженного осадка; 13 — труба подачи осадка; 14 — труба для опорожнения метантенка.

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.

В аэробных стабилизаторах происходит процесс окисления эндогенных и экзогенных органических субстратов в аэробных условиях. В отличие от анаэробного сбраживания аэробная стабилизация протекает в одну стадию (рис. 18.4).

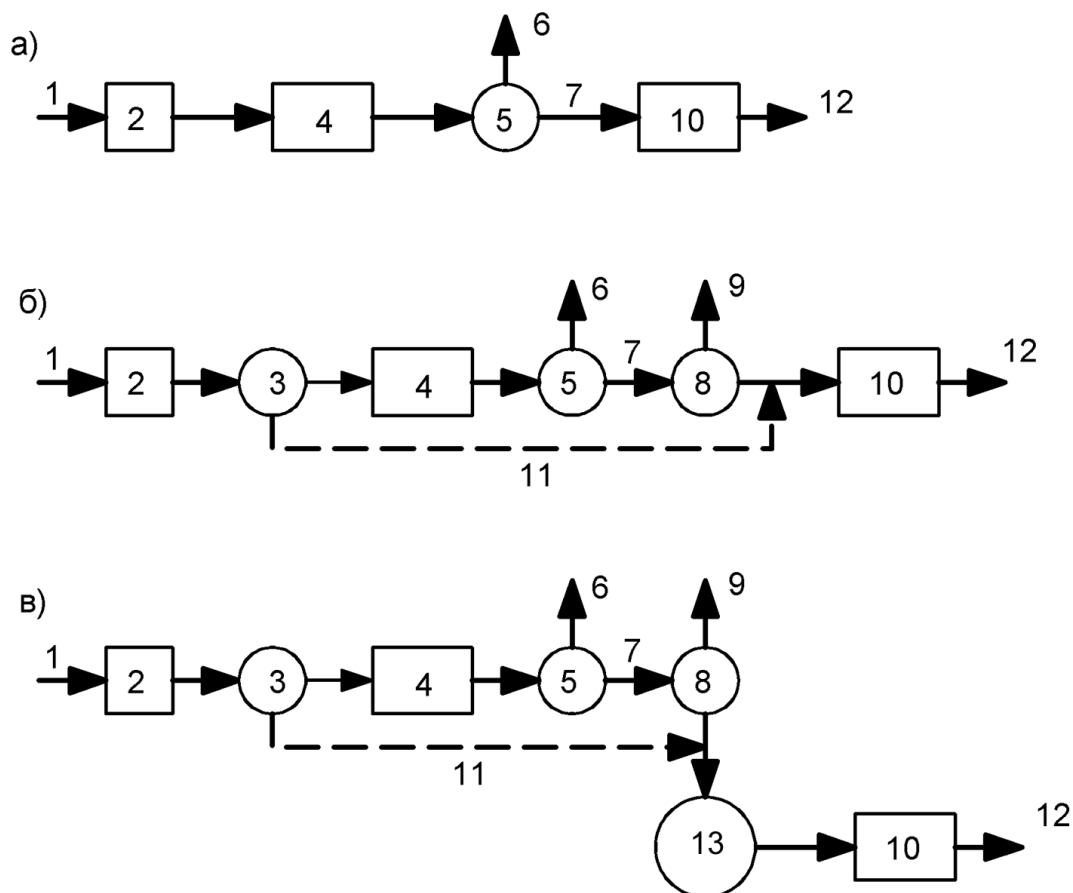


Рис. 18.4. Схемы аэробной стабилизации осадка: 1 - подача сточной воды; 2 - решетка и песколовка; 3 - первичный отстойник; 4 - аэротенк; 5 - вторичный отстойник; 6 - очищенные сточные воды; 7 - избыточный активный ил; 8 - уплотнитель; 9 - иловая вода; 10 - стабилизатор; 11 - осадок из первичного отстойника; 12 - стабилизированный осадок; 13 – метантенк.

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

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.

Сооружения для обезвоживания осадков

Площадки естественного обезвоживания и сушки предназначены для обезвоживания в процессе уплотнения и последующего отвода иловой воды, а так же подсыхания. Иловые площадки состоят из карт, окруженных со всех сторон валиками (рис. 18.5). 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 1,5 м, 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.

Рабочую глубину карт назначают 0,7-1 м, высоту оградительных 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%.

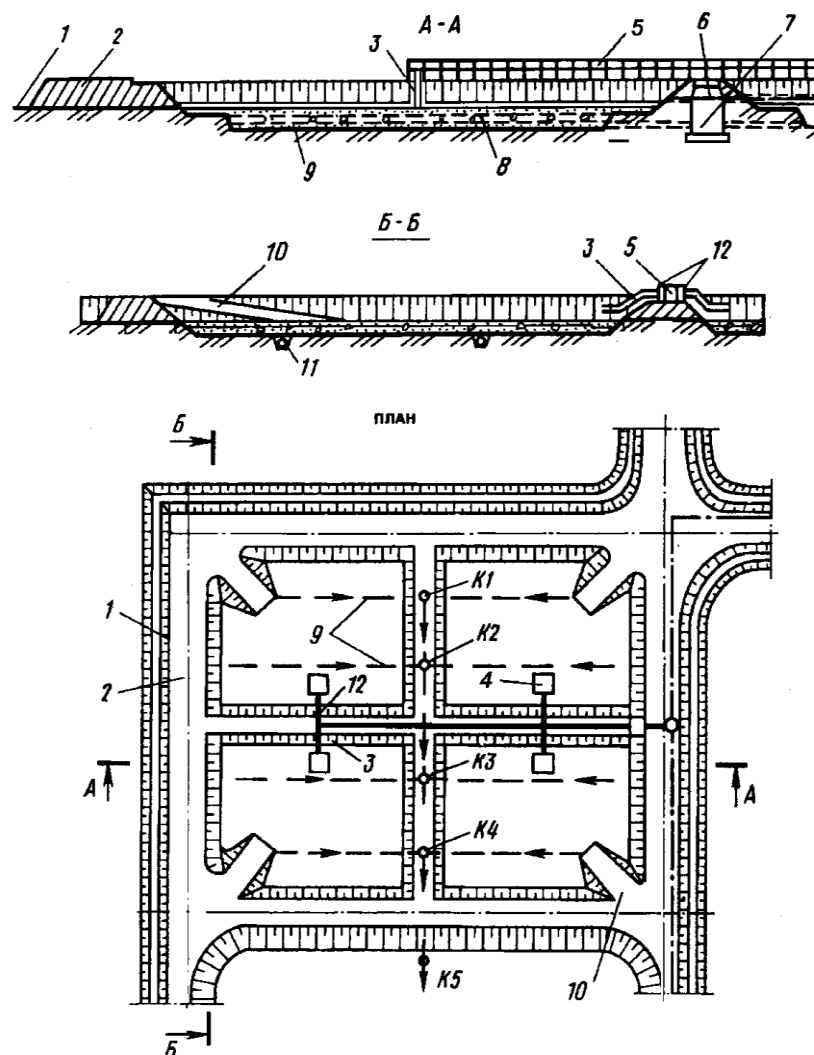


Рис. 18.5. Иловые площадки на естественном основании с дренажом: 1 — кювет оградительной канавы; 2 — дорога; 3 — сливной лоток; 4 — щит под сливным лотком; 5 — разводящий лоток; 6 — дренажный колодец; 7 — сборная дренажная труба; 8 — дренажный слой; 9 — дренажные трубы; 10 — съезд на карту; 11 — дренажная канава; 12 — шиберы; K1-K5 — колодцы.

Процесс обезвоживания осадков на вакуум-фильтрах нашел наибольшее распространение по сравнению с другими аппаратами. На них можно обрабатывать практически любые виды осадков.

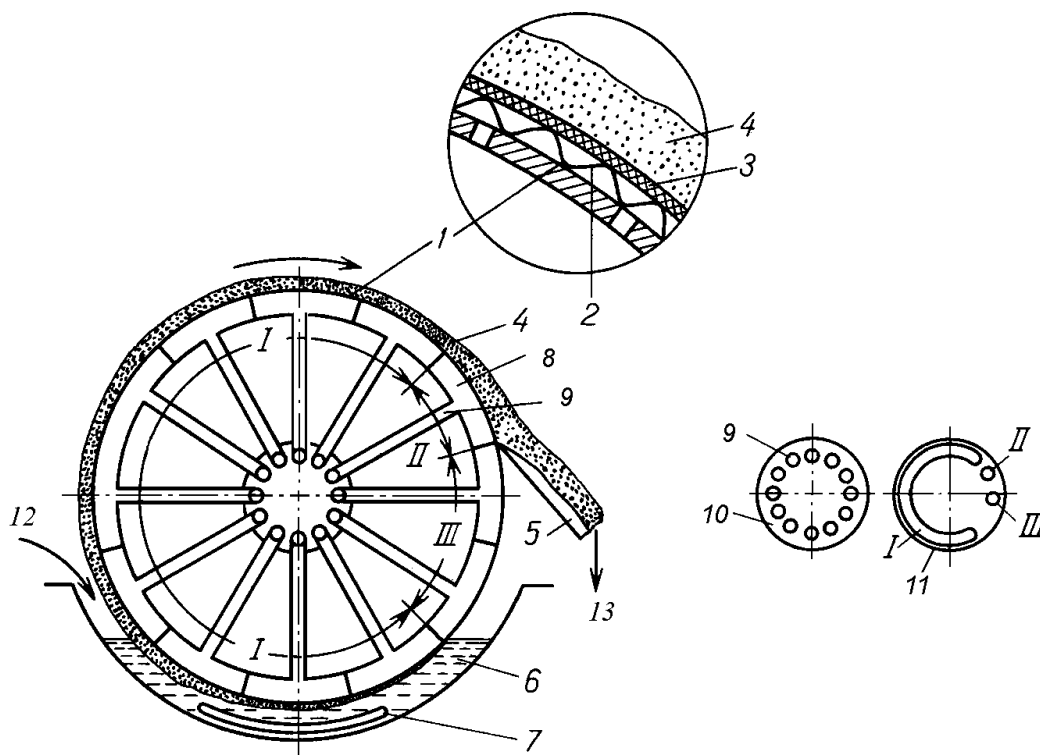


Рис.18.6. Барабанный вакуум-фильтр: 1 – перфорированный барабан; 2 – латунная сетка; 3 – фильтровальная ткань; 4 – слой осадка; 5 – нож для съема кека; 6 – резервуар для осадка; 7 – качающаяся мешалка; 8 – камеры барабана; 9 – соединительные трубки; 10 – вращающаяся часть распределительной головки; 11 – неподвижная часть распределительной головки; 12 – подача осадка на обезвоживание; 13 – отведение кека; I – зона фильтрации и отсоса фильтрата; II – зона съема кека; III – зона регенерации фильтровальной ткани.

Барабанный вакуум-фильтр – вращающийся горизонтально расположенный барабан, частично погруженный в корыто с осадком (Рис. 18.6). 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 фильтрации 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.

Процесс обезвоживания осадков сточных вод на фильтр-прессах также достаточно широко распространен. Их применяют для обработки сжимаемых аморфных осадков. По сравнению с вакуум-фильтрами, на фильтр-прессах (рис. 18.7) 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.

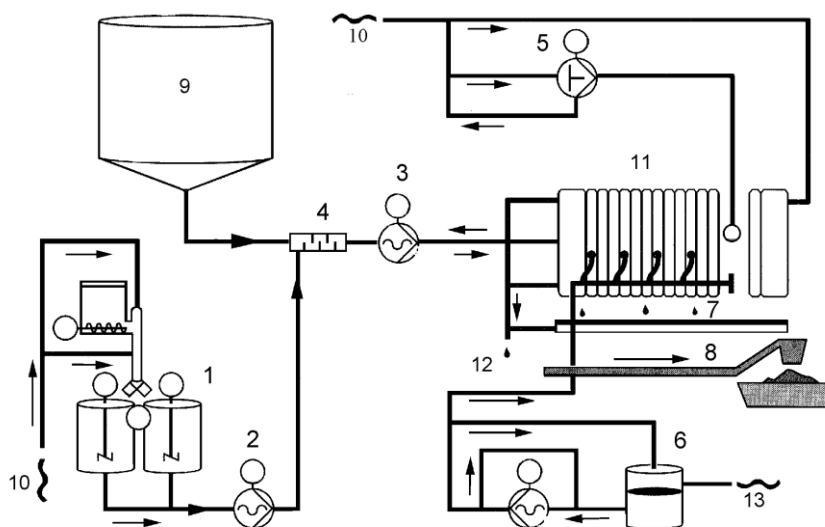


Рис. 18.7. Технологическая схема механического обезвоживания осадков на мембранно-камерном фильтр-прессе: 1 – система приготовления флокулянта; 2 – система дозирования флокулянта; 3 – система подачи осадка; 4 – система смешения осадка с флокулянт; 5 – система промывки фильтровального полотна; 6 – система 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.

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.

Кондиционированный осадок подается на фильтр-пресс насосами при возрастающем давлении. Давление фильтрования поднимается до 1,5 МПа. Период подачи осадка и образования слоя кека 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%.

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. 18.8).

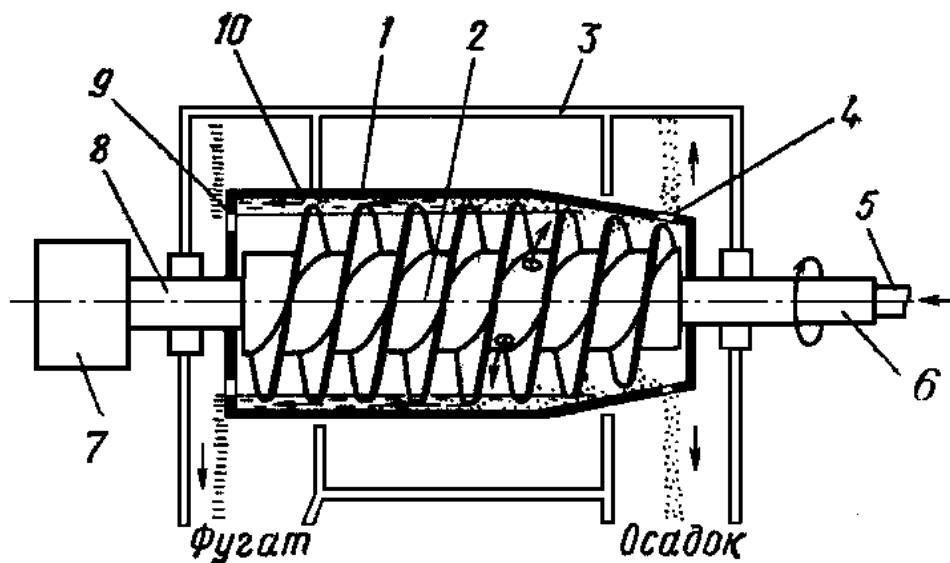


Рис. 18.8. Принципиальная схема устройства центрифуги типа ОГШ: 1 — цилиндриконический ротор; 2 — шнек; 3 — неподвижный кожух; 4 — разгрузочные окна для осадка; 5 — питающая труба; 6 — вал ротора; 7 — планетарный редуктор; 8 — вал шнека; 9 — сливные окна для фугата; 10 — жидкостный объем ротора.

Основными элементами центрифуги являются конический ротор со сплошными стенками 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. 18.9.

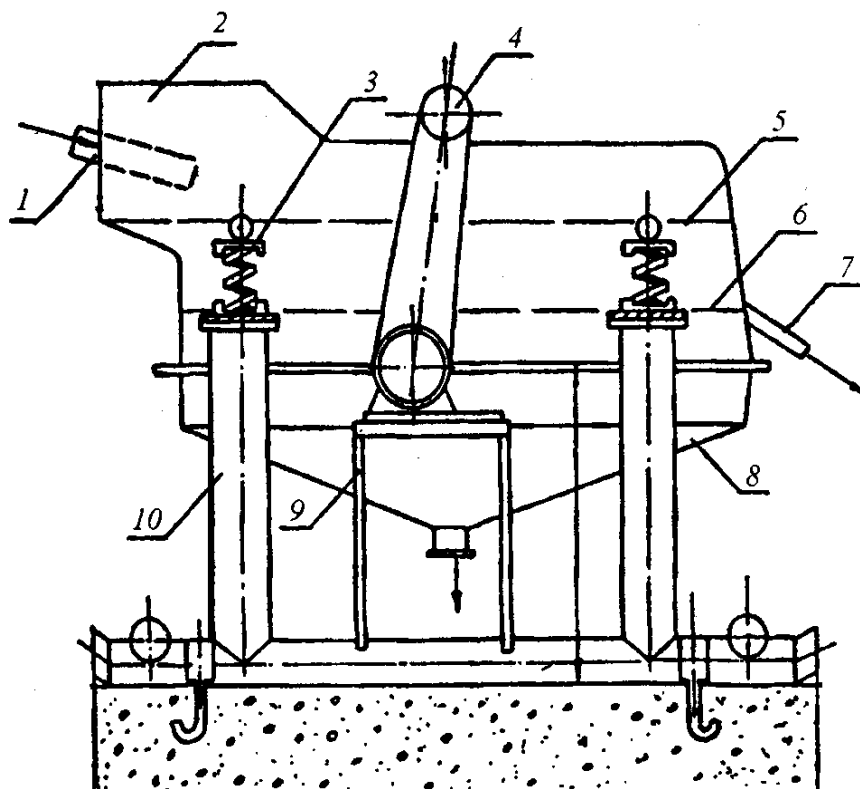


Рис. 18.9. Схема установки виброфильтра: 1 - распределительный лоток; 2 - короб; 3 - амортизатор; 4 - вибратор; 5 - сито верхнее; 6 - сито нижнее; 7 - лоток отвода твердой фракции; 8 - поддон; 9 - электродвигатель; 10 - поддерживающая рама

Сооружения термической сушки осадков

Барабанные сушилки работают по схеме с прямоточным движением осадка и сушильного агента, в качестве которого применяют топочные газы. На рис. 18.10 показана сушилка барабанного типа. 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 $3-4^\circ$, опирается на катки и имеет привод, от которого осуществляется вращение. Температура топочных газов на входе в сушилку $600-800^\circ\text{C}$, на выходе из нее — $170-250^\circ\text{C}$. Влажность 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.

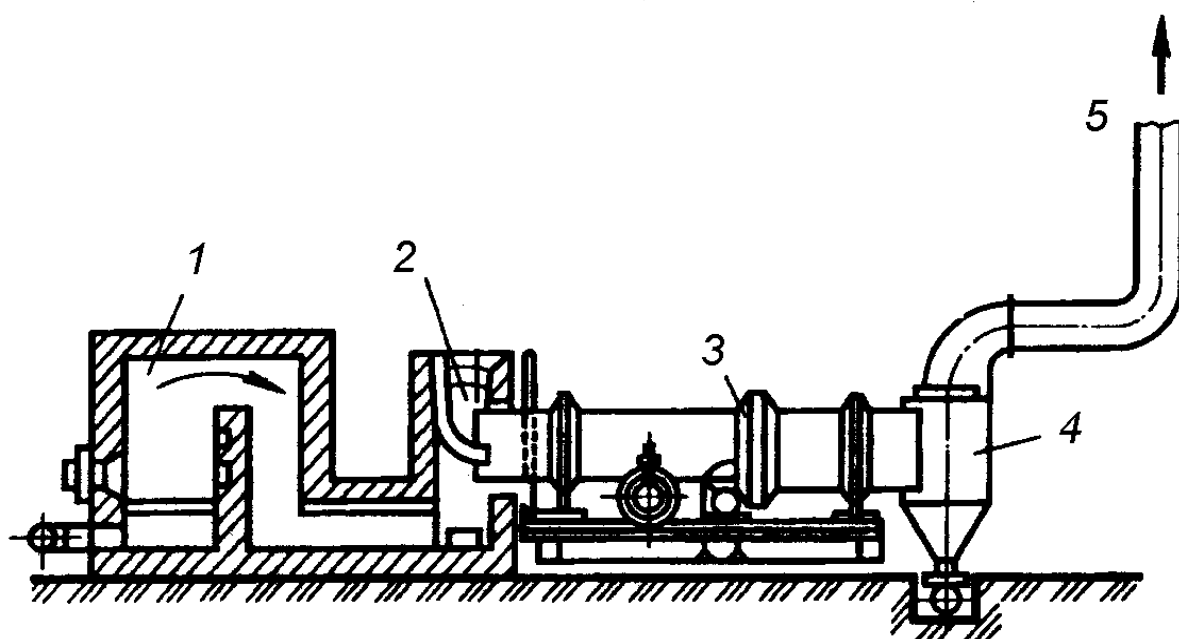


Рис. 18.10. Барабанная сушилка: 1 — топка; 2 и 4 — загрузочная и выгрузочная камеры; 3 — барабан; 5 — отвод дымовых газов.

Сушилки со встречными струями. Основными элементами сушильной установки (рис. 18.11) 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.

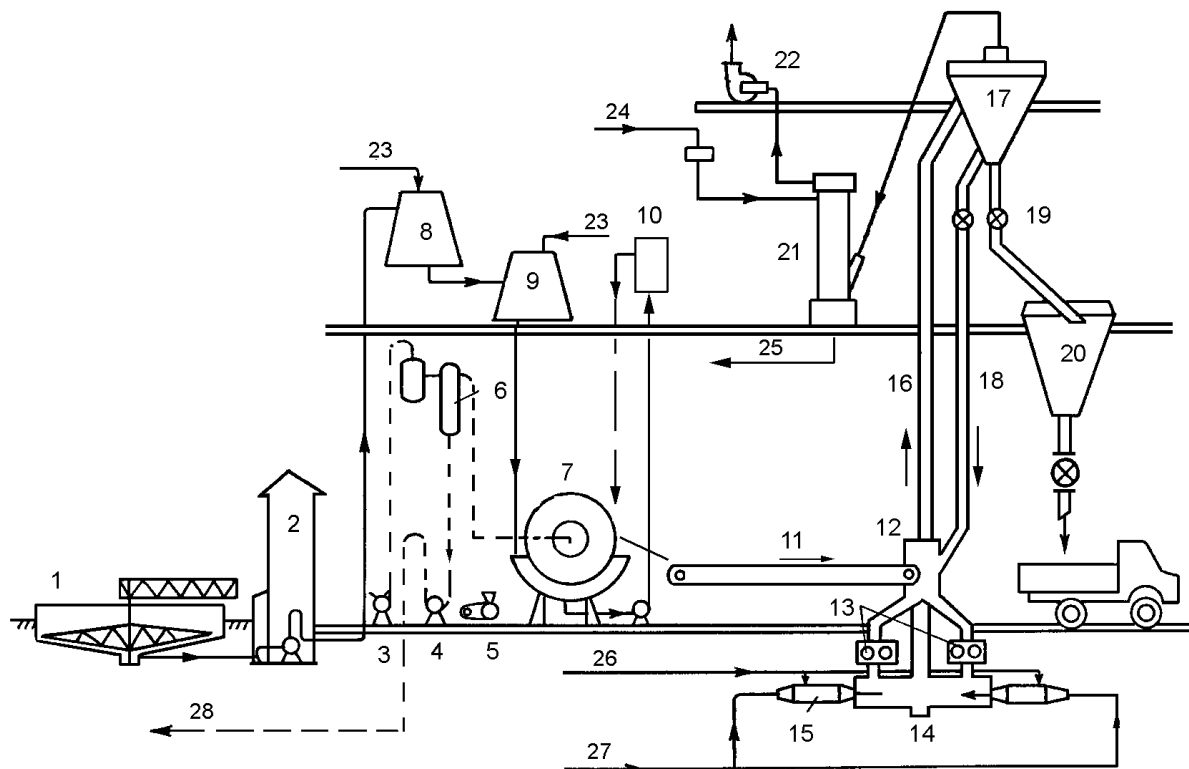


Рис. 18.11. Схема установки для термической сушки механически обезвоженных осадков в сушилке со встречными струями: 1 – осадкоуплотнитель; 2 – насосная станция; 3 – вакуум-насос; 4 – насос для откачки фильтрата; 5 – компрессор; 6 – ресивер; 7 – вакуум-фильтр; 8, 9 – смесители; 10 – емкость для ингибированной 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 – шиловые 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.

Сушилки с кипящим слоем (рис. 18.12) 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 сушки загружается инертным материалом - носителем. В качестве инертного носителя используют кварцевый песок, стеклянные шарики, фторопластовую крошку.

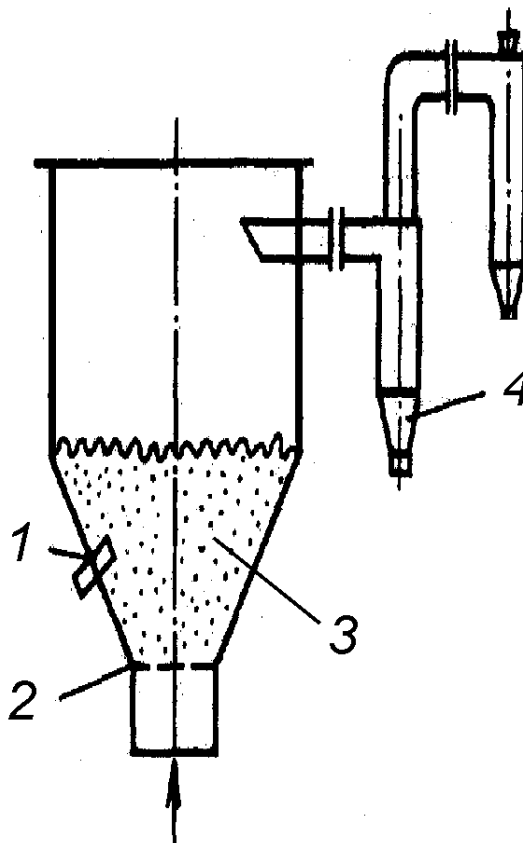


Рис. 18.12. Схема сушилки с кипящим слоем инертного носителя: 1 — форсунка; 2 — газораспределительная опорная решетка; 3 — слой инертного материала и осадка; 4 — циклон.

Многоподовая печь. Корпус многоподовой печи (рис. 18.13) 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.

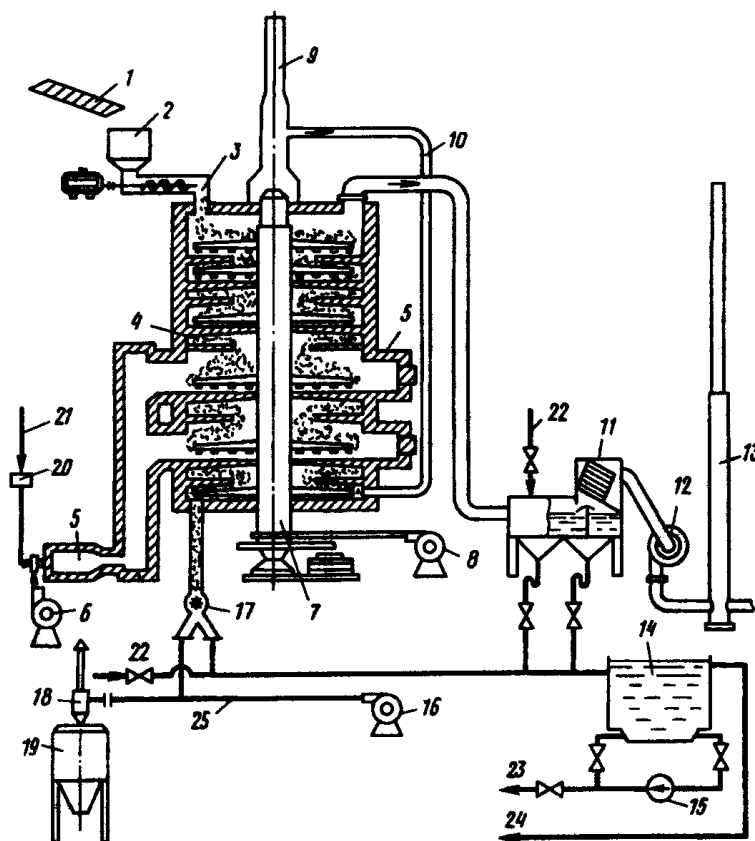


Рис. 18.13. Схема сжигания осадков во многоподовой печи: 1 — конвейер ленточный; 2 — бункер загрузки осадка; 3 — шнековый питатель; 4 — многоподовая печь; 5 — наружная топка; 6 — дутьевой вентилятор; 7 — вал; 8 — вентилятор охлаждения; 9 — атмосферная труба; 10 — рециркуляционный трубопровод; 11 — мокрый 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.

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. 18.14).

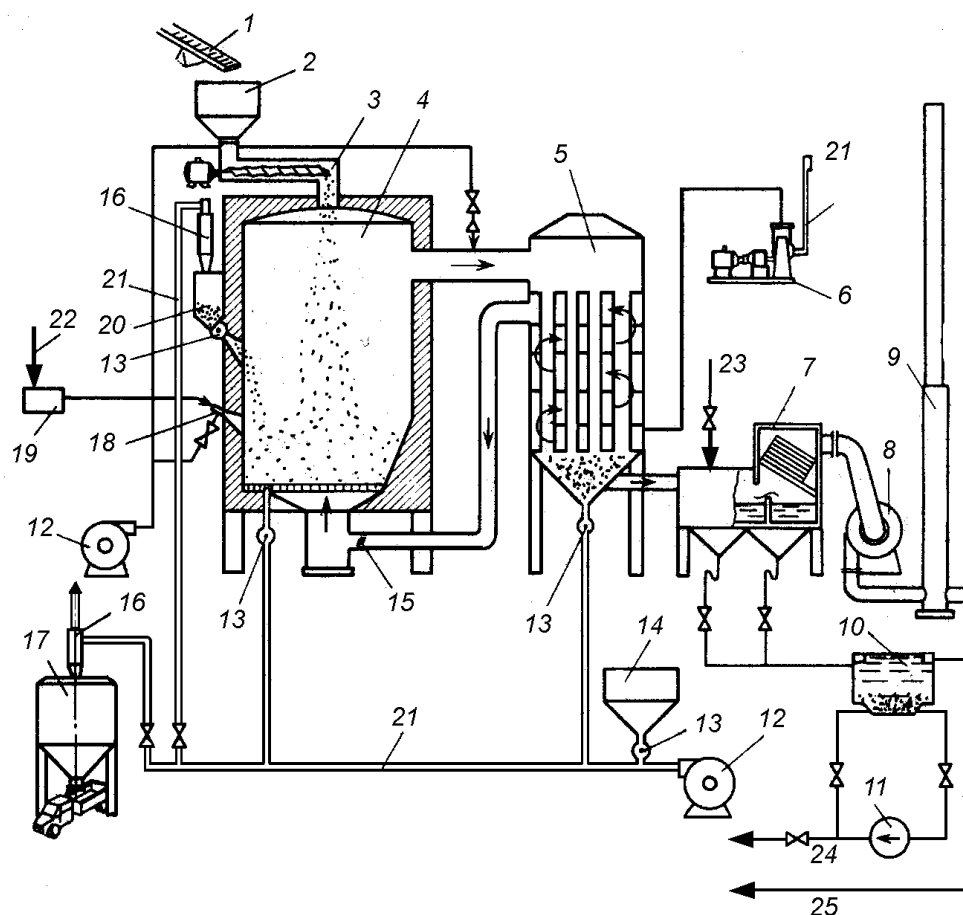


Рис. 18.14. Схема сжигания осадков в печи кипящего слоя: 1 — ленточный транспортер; 2 — бункер загрузки осадка; 3 — шнековый питатель; 4 — печь; 5 — рекуператор; 6 — воздуходувка; 7 — мокрый пылеуловитель; 8 — дымосос; 9 — дымовая труба; 10 — золовая емкость; 11 — насос перекачки золовой воды; 12 — вентилятор; 13 — шлюзовый питатель; 14 — бункер для песка; 15 — заслонка; 16 — циклонный разгрузитель; 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.