

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный строительный университет»

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры
водоснабжения и водоотведения
" 18 " декабря 2007 г.

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Методические указания
к практическим занятиям по дисциплинам
«Водоотведение и очистка сточных вод» и
"Механическое оборудование
водопроводно-канализационного хозяйства"
Часть 2

Ростов-на-Дону
2008

Обезвоживание осадков сточных вод: Методические указания к практическим занятиям по дисциплинам «Водоотведение и очистка сточных вод» и "Механическое оборудование водопроводно-канализационного хозяйства". Часть 2.- Ростов на Дону- Рост. гос. строит. ун-т, 2008.- 31 с.

В методических указаниях представлены сооружения и оборудование по обезвоживанию на иловых площадках, обеззараживанию, детоксикации, сушки и сжиганию осадков городских сточных вод. Приведены нормативные данные, вспомогательные таблицы, методика и примеры расчетов сооружений и устройств, получивших распространение в практике проектирования, строительства и эксплуатации водоочистных систем.

Предназначены для студентов всех форм обучения по специальности 290800 "Водоснабжение и водоотведение".

Составители: канд. техн. наук, доц., Л.А. Долженко
ассист. С.Н. Резникова

Редактор Н.Е.Гладких

Темплан 2007 г., поз.173

Подписано в печать 29.04.07.

Формат 60x84/16.

Бумага писчая.

Ризограф. Уч.-изд.л. 1,8.

Тираж 100экз.

Заказ 419.

Редакционно-издательский центр Ростовского
государственного строительного университета
344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая , 162

© Ростовский государственный
строительный университет, 2008

Введение

На выбор конструкции иловой площадки влияют свойства обрабатываемого осадка, особенно способность к уплотнению и удельное сопротивление фильтрации: при $r < 1000 \cdot 10^{10}$ см/г применяют площадки с трубчатым дренажом на искусственном песчано-гравийном основании; при $r = (1000 - 4000) \cdot 10^{10}$ см/г применяют площадки на естественном основании с дренажом; при $r > 4000 \cdot 10^{10}$ см/г - с отстаиванием и поверхностным удалением воды.

Обезвоживание сброженного осадка, имеющего удельное сопротивление фильтрации порядка $4000 \cdot 10^{10}$ см/г, на картах с горизонтальным дренажом имеет низкую эффективность. Скорости фильтрации не превышают $0,48$ кг/(м²сут), что в 1,5 раза меньше скорости испарения с дефицитом влажности 6 мбар. Дренаж площадки быстро кольматируется и перестает пропускать фильтрат. Количество воды, выделяемой в процессе фильтрации через дренаж, незначительно.

Удельное сопротивление фильтрации аэробно стабилизированного активного ила в 20 -100 раз меньше удельного сопротивления фильтрации сброженного осадка, поэтому для обезвоживания аэробно стабилизированного активного ила рационально использовать площадки с дренажом.

Обезвоживание осадков на иловых площадках

Иловые площадки являются одними из первых сооружений обработки осадка сточных вод. Иловые площадки предназначены для естественного обезвоживания осадков, образующихся на станциях биологической очистки сточной воды. В настоящее время на иловых площадках обрабатывается 90% всего осадка, образующегося в России. Привлекательность этих сооружений объясняется простотой инженерного обеспечения и легкостью эксплуатации по сравнению с фильтр-прессами, вакуум-фильтрами, сушильными установками.

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. Это площадки с искусственным основанием и дренажом, 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.

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

Допускается проектировать иловые площадки на естественном основании с дренажем и без дренажа, на искусственном асфальтобетонном основании с дренажем, каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды, площадки-уплотнители.

Нагрузки осадка на иловые площадки ($\text{м}^3/\text{м}^2$ в год) в районах со среднегодовой температурой воздуха $3\text{—}6^\circ\text{C}$ и среднегодовым количеством атмосферных осадков до 500 мм надлежит принимать по табл. 1 [9].

Таблица 1

Нагрузка на иловые площадки в $\text{м}^3/\text{м}^2$ в год

Характеристика осадка	Тип иловой площадки				
	На естественном основании	На естественном основании с дренажем	На искусственном асфальтобетонном основании с дренажем	Каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой вод на естественном основании	Площадки - уплотнители
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5
То же в термофильных условиях	0,8	1,0	1,5	1,0	1,0
Сброженный осадок из первичных и двухъярусных отстойников	2,0	2,3	2,5	2,0	2,3
Аэробно-стабилизированная смесь активного ила и осадка из первичных отстойников или стабилизированный активный ил	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5

Нагрузки на иловые площадки в других климатических условиях следует определять с учетом климатического коэффициента, приведенного на рис.1 [9].

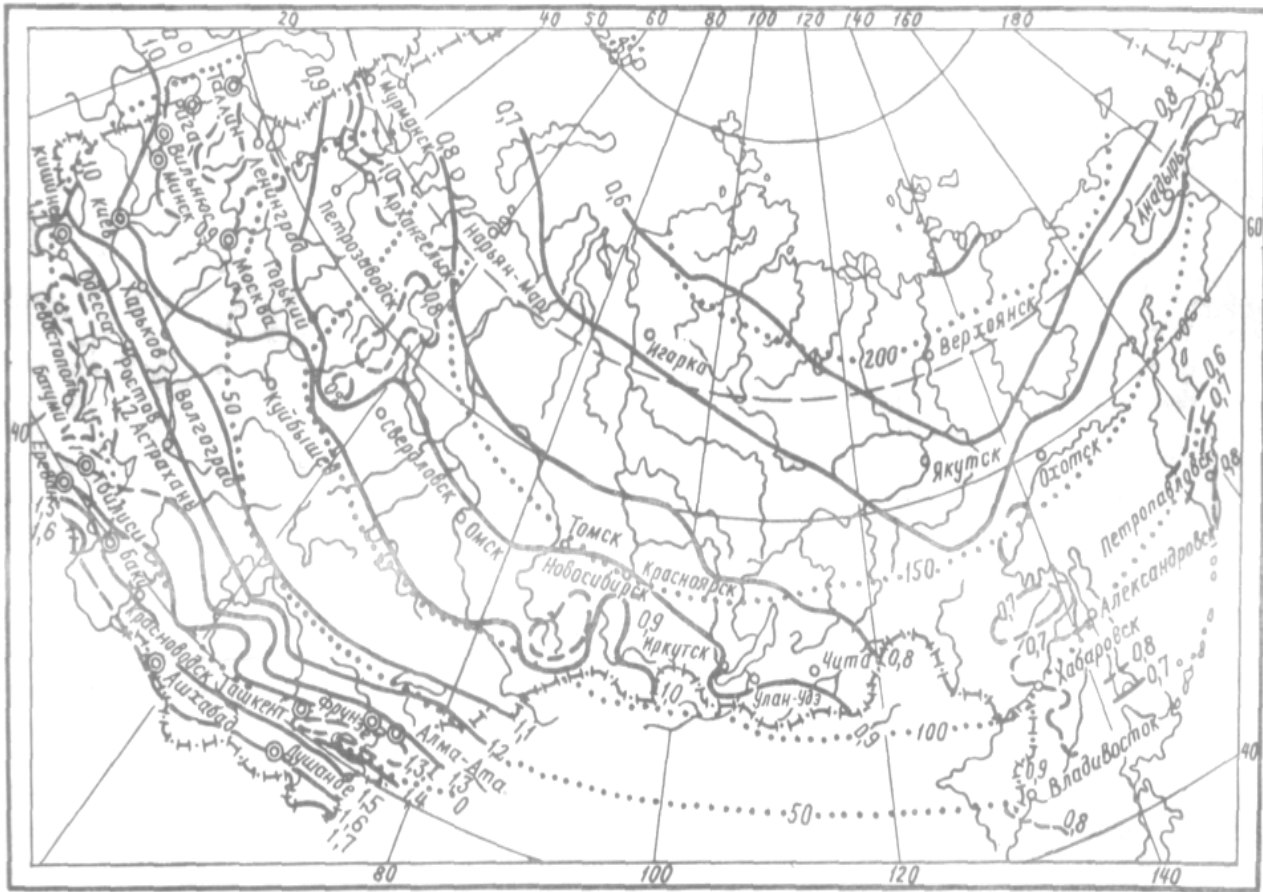


Рис.1. Климатические коэффициенты для определения величины нагрузки на иловые площадки (сплошные и пунктирные линии) и продолжительность периода намораживания на иловых площадках в днях (точечные линии)

При проектировании иловых площадок:

- должны предусматриваться дороги со съездами на карты для автотранспорта и средств механизации (для обеспечения механизированной уборки);

- рабочую глубину карт на естественном основании принимать 0,7-1,0 м, высоту оградительных валиков на 0,3 м выше рабочего уровня; ширину валиков поверху не менее 0,7 м, при использовании механизмов 1,8-2,0 м; уклон дна разводящих труб и лотков - по расчету, но не менее 0,01; количество карт не менее 4;

- иловые площадки на естественном основании допускается проектировать при условии залегания грунтовых вод на глубине не менее 1,5м от поверхности карт и только при возможности фильтрации иловых вод в грунт;

- при проектировании иловых площадок с отстаиванием и поверхностным отводом иловой воды принимать число каскадов 4 - 7; число карт в каскаде 4-8; полезную площадь одной карты от 0,25 до 2 га; ширину карт 30-100 м (при уклонах местности 0,04-0,08), 50-100 м (при $i = 0,01-0,04$), 60—100 м (при $i=0,01$ и менее); длину карт при уклонах более 0,04- 80-:-100

м, при $i = 0,01$ и менее – 100-250м, отношение ширины к длине 1:2 -1:2,5; высоту оградительных валиков и насыпей или дорог до 2,5 м; рабочую глубину карт на 0,3 м менее высоты оградительных валиков; напуски осадка: при 4 картах в каскаде на 2 первые карты, при 7-8 картах в каскаде на 3-4 первые карты; перепуски иловой воды между картами в шахматном порядке; количество иловой воды 30-50% от количества обезвоживаемого осадка;

- иловая вода с иловых площадок подается на очистные сооружения; количество дополнительных загрязнений - по взвешенным веществам 1000-2000 мг/л, по БПК_{полн} 1000-2000 мг/л (большие значения для площадок уплотнителей, меньшие- для других типов); иловая вода из уплотнителей аэробно-стабилизированного осадка должна направляться в аэротенки; ее загрязнения следует принимать по БПК_{полн} 200 мг/л, по взвешенным веществам до 100 мг/л; влажность уплотненного осадка 96,5—98,5% п. 6.367 [9].

Иловые площадки-уплотнители принимаются рабочей глубиной до 2 м в виде прямоугольных карт-резервуаров шириной 9—18 м с водонепроницаемыми днищами и стенками. Для выпуска иловой воды вдоль продольных стен предусматриваются отверстия с шиберами. Для возможности механизированной уборки высушенного осадка необходимо устройство пандусов.

Площадь иловых площадок следует проверять на намораживание (80%, остальные 20% использовать во время весеннего таяния намороженного осадка). Продолжительность намораживания принимать равной количеству дней со среднесуточной температурой воздуха ниже — 10°C по рис. 3 [9]; количество намороженного осадка следует принимать 75 % от поданного на иловые площадки на период намораживания. Высоту намороженного слоя принимать на 0,1 м менее высоты валика. Дно разводящих труб или лотков - выше горизонта намораживания.

Дальность разлива осадка с влажностью около 97% может составлять 75-100 м. При этом целесообразно строить площадки размером 100x100 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. Осадок на фильтрующие карты подается либо в одной, либо в нескольких точках слоем 250-450 мм и остается на картах до высыхания. При благоприятных погодных условиях хорошо сброженный осадок высыхает в течение 2 недель, достигая влажности 60-70%. Подсушенный осадок сгребается бульдозерами или скреперами и отвозится автомашинами. Для этого на иловых площадках устраиваются дороги с пандусами для съезда на карты автотранспорта и средств механизации.

При плотных и водонепроницаемых фунтах устраиваются иловые площадки на естественном основании с трубчатым дренажем (рис.2), укладываемом в дренажные канавы. Искусственное дренирующее основание иловых площадок должно составлять не менее 10% их площади. Твердое

покрытие иловых площадок необходимо устраивать из двух слоев асфальта толщиной 0,015-0,025 м по щебеночно-песчаной подготовке толщиной 0,1 м. Дренажная система традиционных фильтрующих иловых площадок с дренажными трубами обычно включает:

- верхний слой песка высотой 15-25 см, с эффективным диаметром 0,3 - 1,2 мм и коэффициентом неоднородности менее 5;
- слой гравия высотой 20-45 см, с размером зерен 0,3 - 2,3 см;
- дренажные трубы, часто изготавливаемые из керамики или пластмассы, минимальным диаметром 10 см, с открытыми торцами, расположенные на расстоянии 2-6 см друг от друга.

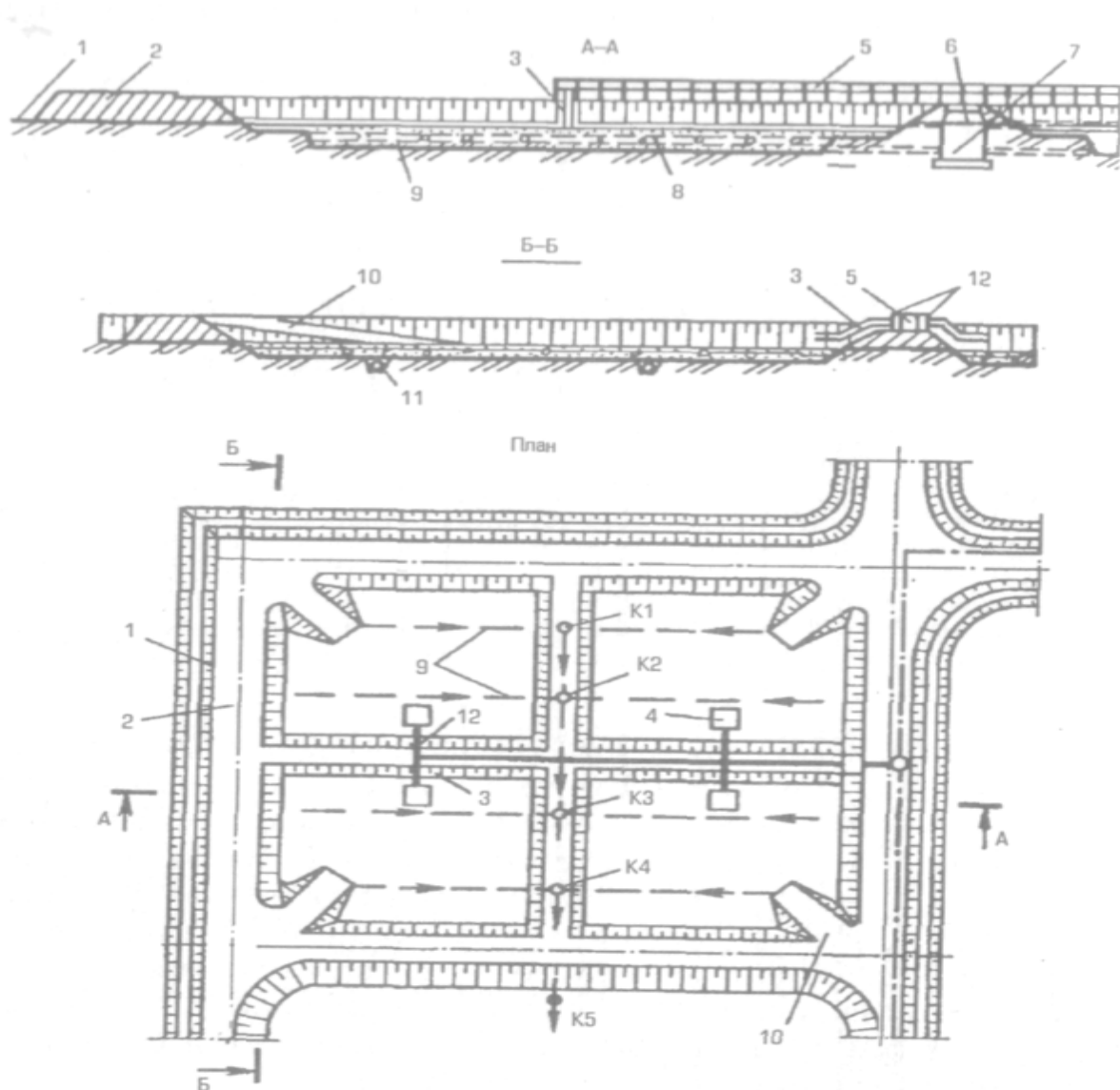


Рис.2. Иловые площадки на естественном основании с дренажем:

1 — кювет оградительной канавы; 2 — дорога; 3 — сливной лоток; 4 — щит под сливным лотком; 5 — разводящий лоток; 6 — дренажный колоде; 7 — сборная дренажная труба; 8 — дренажный слой; 9 — дренажные трубы; 10 — съезд на карту; 11 — дренажная канава; 12 — шиберы; K1— K5 — колодцы

Фильтрация через горизонтальную дренажную систему может осуществляться фильтрующими панелями со специальными отверстиями или дренажными трубами. Для реконструкции существующих площадок может быть использована дренажная система, содержащая вертикальные фильтрующие элементы и трубы для отвода иловой воды. Такая дренажная система выполняется в виде распределенных по поверхности площадки секционных труб и общей, имеющих посадочные места с сетчатыми днищами, в которые устанавливаются вертикальные фильтрующие элементы. Общая труба соединяется с трубой для отвода иловой воды. В качестве фильтрующих элементов дренажных систем могут быть использованы фильтростеклопластиковые трубы.

Увеличение производительности площадок возможно за счет проведения следующих мероприятий:

- уплотнения осадка, подаваемого на площадки;
- обеспечения механического ворошения и удаления высушенного осадка с площадки;
- кондиционирования осадка перед подачей его на площадку;
- продувки осадка воздухом непосредственно на площадке;
- устройства над площадкой полупрозрачного покрытия или общего покрытия тепличного типа с соответствующими системами вентиляции;
- использования вакуумных систем для ускорения фильтрации;
- устройства систем подогрева осадка непосредственно на иловых площадках.

Для закрытых площадок, остекленных по типу оранжереи, рекомендуется принимать нагрузка по сброженному осадку из метантенков $10 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ год})$. Иловые площадки, оборудованные электроосмотическими модулями, повышают нагрузку на них в несколько раз.

При кондиционировании осадков флокулянтами марок КНФ и К-100 годовая нагрузка на иловые площадки составляет $4,5-6 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{-год})$.

Для интенсификации работы иловых площадок кроме обработки флокулянтами можно проводить предварительную промывку труднофильтрующихся осадков очищенной сточной жидкостью, коагуляцию осадков химическими реагентами, а также замораживание и последующее оттаивание осадков. Все эти виды обработки снижают удельное сопротивление фильтрации осадка. Предварительная промывка осадка позволяет увеличить нагрузку на иловые площадки на 70%, а использование химических реагентов или присадочных материалов при подсушивании.

Аэробная стабилизация осадков способствует увеличению нагрузки на иловые площадки в 2-3 раза. Удельное сопротивление аэробностабилизированных осадков существенно ниже, чем у сброженных. На иловых площадках на искусственном основании с дренажом и поверхностным отводом воды при среднегодовой температуре воздуха $3-6^\circ\text{C}$ и среднегодовом количестве атмосферных осадков до 500 мм после аэробных стабилизаторов по данным ФГУП НИИ ВОДГЕО нагрузка составляет $3-5 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ год})$ при влажности поступающего осадка 96,5-97%. Повышения

производительности иловой площадки можно достигнуть, подвергнув аэробно стабилизированный осадок сточных вод обработке нитратом аммония, в количестве 100-150 мг/л. В заполненной иловой площадке происходит биологический процесс денитрификации нитратного соединения, т.е. нитрата аммония, введенного и осадок. Процесс самопроизвольно осуществляется денитрифицирующими бактериями, входящими в состав бактериальной флоры осадка, и сопровождается интенсивным газовыделением азота, обеспечивающим флотирование и сгущение частиц осадка. Объем осадка уменьшается в 5-6 раз, концентрация его составляет примерно 50 г/л. Под уплотненным слоем осадка находится иловая вода, содержащая 6-10 мг/л взвешенных веществ. После завершения процесса уплотнения осадка (4-7 ч) открывают дренаж и выпускают иловую воду. Сгущенный осадок опускается на дно и быстро подсушивается, т.к. имеет хорошую структуру за счет наличия большого количества пор, образуемых пузырьками газа. Нагрузка достигает 8-10 м³/м² в год при глубине слоя 1.0-1.5 м.

Пример расчета 1. Запроектировать иловые площадки с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды для станции производительностью по осадку 235 м³/сут. Осадок представляет собой смесь сырого осадка и аэробно-стабилизированного активного ила. Влажность 94,6%. Грунты на территории станции — суглинки. Населенный пункт расположен в Ростовской области.

Количество ила, подаваемого на иловые площадки в год

$$Q = Q_{\text{сут}} \cdot 365 = 235 \cdot 365 = 85775 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Принимаем расчетную нагрузку на иловые площадки по табл. 1 [9]

$$H' = 1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ в год}.$$

С учетом районного коэффициента $K = 1,2$ по рис. 1 [9]

$$H = H' \cdot K = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ в год}.$$

Расчетная полезная площадь иловых карт

$$F_{\text{пол}} = \frac{Q}{H} = \frac{85775}{1,8} = 47652,8 \text{ м}^2 = 4,8 \text{ га}$$

Общая площадь карт

$$F_{\text{общ}} = 1,2 \cdot F = 1,2 \cdot 4,8 = 5,76 \text{ га}$$

Площадь одной карты, принимаем из условия налива ила на площадку при длине не более 70 м, учитывая, что $b : l = 1:2$ или $b : l = 1:2,5$; $b = 35$ м; $l = 70$ м; тогда

$$f = b \cdot l = 35 \cdot 70 = 2450 \text{ м}^2.$$

Необходимое количество карт

$$N = \frac{F_{\text{пол}}}{f} = \frac{47562,8}{2450} = 19,4 \text{ карт}.$$

Принимаем 20 карт (рис. 3): 4 каскада по 5 карт в каскаде.

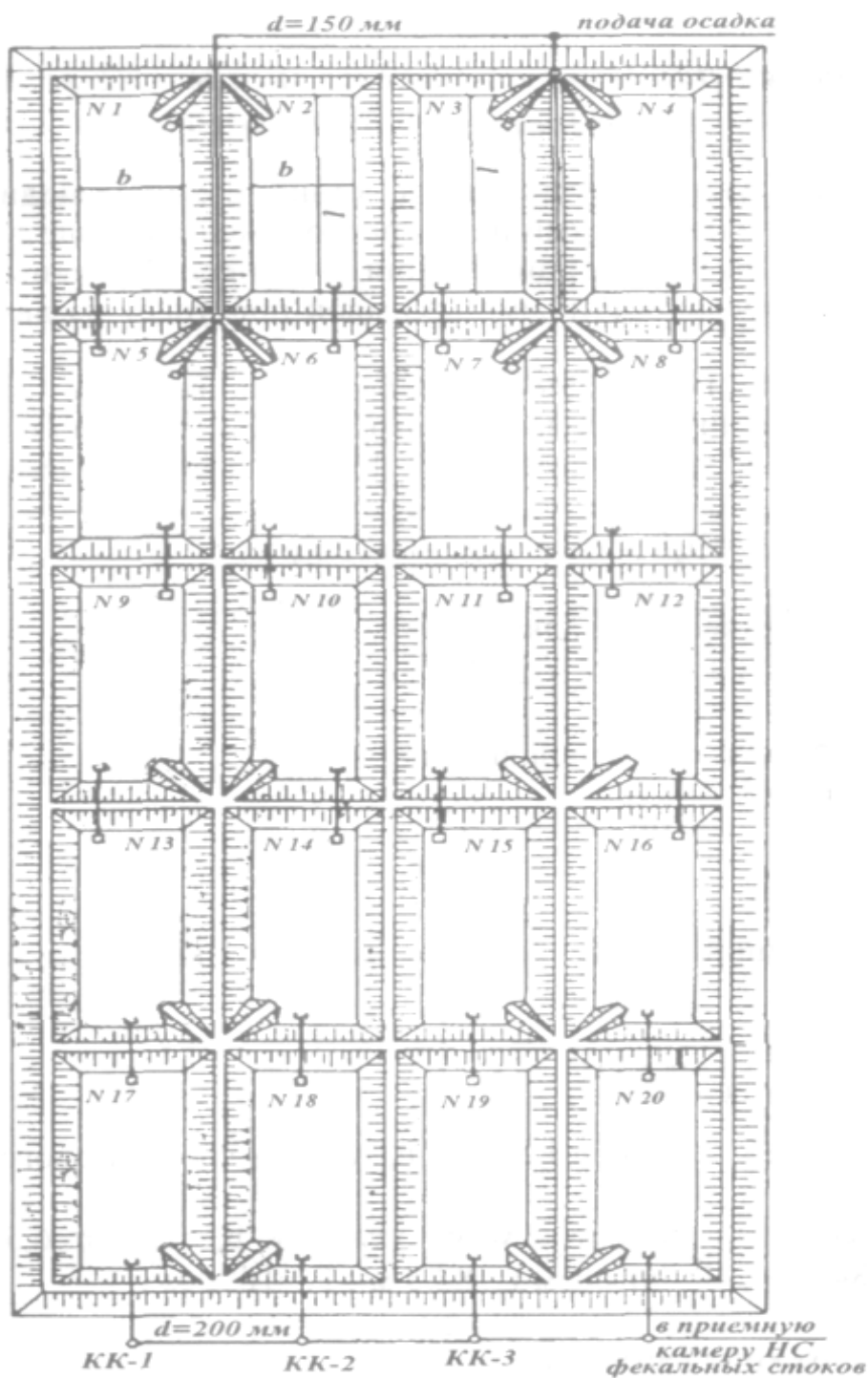


Рис.3. Каскадные иловые площадки

Конструирование площадок производим в соответствии с п. 6.392 [9]. Принимаем число каскадов 4; число карт в каскаде 5; полезную площадь одной карты от 0,25 до 2 га; ширину карт 35 м (при уклонах местности 0,04-0,08); длину карт при уклонах более 0,04- 70м, отношение ширины к длине 1:2; высоту оградительных валиков и насыпей или дорог до 2,5 м; рабочую глубину карт на 0,3 м менее высоты оградительных валиков; напуски осадка: при 5 картах в каскаде на 2 первые карты; перепуски иловой воды между картами в шахматном порядке (рис.4).

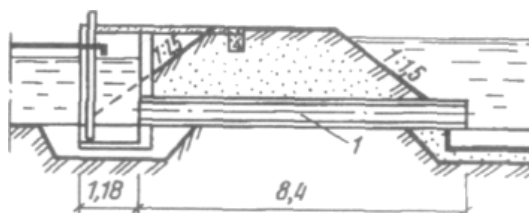


Рис. 4. Поверхностное удаление иловой воды:

1 — железобетонная труба

Количество иловой воды принимаем 50 % от среднесуточного количества обезвоживаемого осадка $Q_{ив} = 0,5 \cdot Q = 0,5 \cdot 185 = 92,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Количество загрязнений, поступающих с иловой водой, п. 6.398 [9] по БПК_{полн} будет равно

$$L = \frac{1500 \cdot Q_{ив}}{1000} = \frac{1500 \cdot 92,5}{1000} = 138,8 \text{ кг / сут}$$

Иловая вода подается в приемную камеру насосной станции хозяйственно - фекальных сточных вод.

Пример расчета 2. Запроектировать иловые площадки на естественном основании без дренажа для станции производительностью по осадку $8,3 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Населенный пункт расположен в районе Московской области. Грунты на территории станции — супеси. Уровень грунтовых вод на $3,8 \text{ м}$ ниже поверхности земли. Осадок поступает из двухъярусных отстойников.

В соответствии с п. 6.390 и табл. 1 [9], принимаем площадки на естественном основании без дренажа с нагрузкой $2 \text{ м}^3/\text{м}^2$ в год и климатическим коэффициентом $K = 0,9$ рис.1 [9]. Количество дней намораживания 50 , принимаем по рис.1 [9].

Количество ила, подаваемого на иловые площадки в год

$$Q = Q_{сут} \cdot 365 = 8,3 \cdot 365 = 3029,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Принимаем расчетную нагрузку на иловые площадки с учетом районного коэффициента и вида осадка

$$H = H' \cdot K = 2 \cdot 0,9 = 1,8 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ в год.}$$

Расчетная полезная площадь иловых карт

$$F_{пол} = \frac{Q}{H} = \frac{3029,5}{1,8} = 1683 \text{ м}^2 = 0,17 \text{ га}$$

Площадь одной карты, принимаем для залива на 1 карту 3-суточного количества осадка

$$f = \frac{Q_{сут} \tau}{h_1} = \frac{8,3 \cdot 3}{0,3} = 83 \text{ м}^2$$

где τ - число дней залива на 1 карту; $h_1 = 0,3 \text{ м}$ - слой разового напуска осадка.

Размеры карты принимаем из условия $b:l=1:2$; $b=6,5 \text{ м}$; $l=13,0 \text{ м}$.

Площадь одной карты будет равна

$$F = b \cdot l = 6,5 \cdot 13 = 84,5 \text{ м}^2.$$

Необходимое количество карт

$$N = \frac{F_{\text{пол}}}{f} = \frac{1683}{84,5} = 19,9 \text{ карт.}$$

Принимаем число иловых карт - 20.

Общая площадь карт с учетом 20 % на устройство дорог

$$F = 1,2 F_{\text{пол}} = 1,2 \cdot 1683 = 2020 \text{ м}^2.$$

Проверяем необходимую площадь карт на зимнее намораживание. В соответствии с п.6.395 [9], принимаем количество намороженного осадка равным 75 % от поданного на иловые площадки за период зимнего намораживания; под намораживание отводится 80 % площадей иловых карт. Высота слоя намораживания

$$h_{\text{нам}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot 0,75 \tau}{F_{\text{пол}} \cdot 0,8} = \frac{8,3 \cdot 0,75 \cdot 50}{1690 \cdot 0,8} = 0,23 \text{ м}$$

Высоту валика иловых карт принимаем равной 1,0 м из условия 3-суточного залива. Проверка высоты валика из условия намораживания

$$h_{\text{в}} = h_{\text{нам}} + h_{\text{стр}} = 0,23 + 0,3 = 0,53 \text{ м} < 1 \text{ м.}$$

Конструирование карт производится в соответствии со СНиП [9].

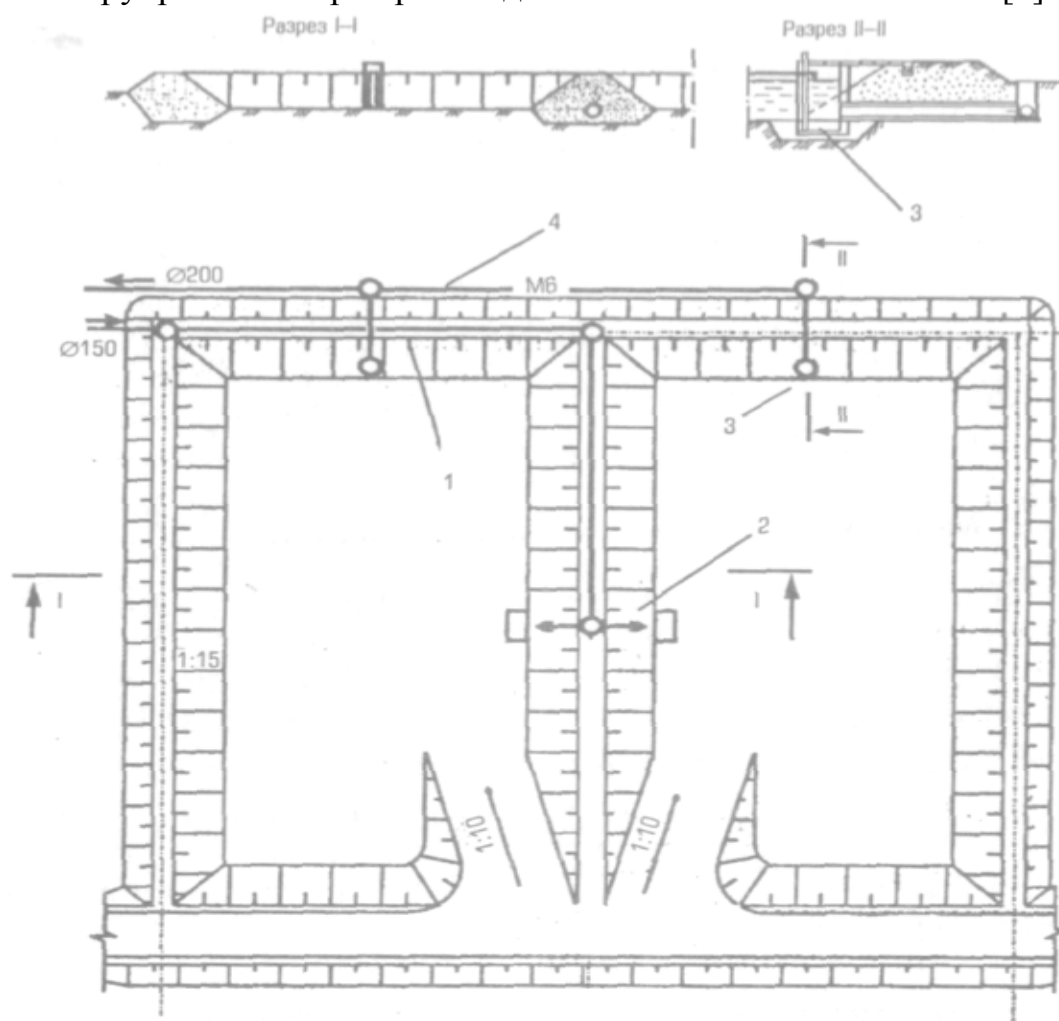


Рис.5. Площадки на естественном основании без дренажа с поверхностным удалением иловой воды

Пример расчета 3. Рассчитать аварийные иловые площадки-уплотнители для сброженной при $t = +33^{\circ}\text{C}$ уплотненной смеси осадков с влажностью 94,5%. Производительность станции по осадку 120 м³/сут. Грунты — пески. Уровень грунтовых вод на 2,6 м ниже поверхности земли. Населенный пункт расположен в районе г. Белгорода.

Годовая нагрузка на площадки-уплотнители по табл. 1 [9] $H'=1,5\text{м}^3/\text{м}^2$ в год с климатическим коэффициентом $K=1,1$ составит

$$H_p = H' \cdot K = 1,5 \cdot 1,1 = 1,65 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{год.}$$

Количество подаваемого ила на аварийные площадки-уплотнители составит

$$Q_{ав} = \frac{Q_{сут} \cdot 365 \cdot T}{100} = \frac{120 \cdot 365 \cdot 20}{100} = 8760 \text{ м}^3$$

где $T = 20\%$ - процент годового количества осадка, передаваемого на аварийные площадки п. 6.386 [9].

Расчетная полезная площадь иловых карт

$$F_{пол} = \frac{Q_{ав}}{H_p} = \frac{8760}{1,65} = 5309 \text{ м}^2$$

Площадь одной карты, принимаем для залива на одну карту 6-суточного количества осадка

$$f = \frac{Q_{сут} \cdot 0,2\tau}{h_1} = \frac{120 \cdot 0,2 \cdot 6}{0,3} = 480 \text{ м}^2$$

Общая площадь карт с учетом 20% на устройство дорог

$$F = 1,2 F_{пол} = 1,2 \cdot 5309 = 6370 \text{ м}^2.$$

Район — южный, проверку на намораживание не делаем.

Принимаем размеры одной карты $b = 15$ м; $l = 30$ м.

Площадь одной карты будет равна

$$F = b \cdot l = 15 \cdot 30 = 450 \text{ м}^2.$$

Размеры железобетонных плит принимаем кратными трем метрам.

Необходимое количество карт

$$N = \frac{F_{пол}}{f} = \frac{5309}{450} = 11,8 \text{ карт.}$$

Принимаем число иловых карт - 12.

Количество иловой воды, удаляемой с площадок-уплотнителей принимаем 50% от среднесуточного количества обезвоживаемого осадка

$$Q_{ив} = 0,5 \cdot Q = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 120 = 12 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Количество загрязнений, поступающих с иловой водой, п. 6.398 [9] по БПК_{полн} будет равно

$$L = \frac{2000 \cdot Q_{ив}}{1000} = \frac{2000 \cdot 12}{1000} = 24 \text{ кг / сут}$$

Количество загрязнений, поступающих с иловой водой, п. 6.398 [9] по взвешенным веществам будет равно

$$L = \frac{2000 \cdot Q_{ив}}{1000} = \frac{2000 \cdot 12}{1000} = 24 \text{ кг / сут}$$

Иловая вода передается в приемную камеру очистных сооружений с помощью фекальных насосов, расположенных в здании насосно-воздуходувной станции.

Сооружения для обеззараживания и обезвреживания осадков

Обеззараживание и детоксикация осадков сточных вод производится с целью полного уничтожения в них патогенных микроорганизмов и устранения опасности заражения или ухудшения качества почвы. Осадок надлежит подвергать обеззараживанию в жидком виде или после подсушки на иловых площадках или после механического обезвоживания [9]. 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.

Первичный и вторичный осадки городских сточных вод имеют высокую удобрительную ценность, однако и очищенные сточные воды, и осадки являются потенциально опасным фактором для окружающей среды, так как содержат в своем составе большое количество яиц гельминтов, способных сохранять в этом субстрате жизнеспособность в течение 3-6 лет.

Обезвреживание и обеззараживание осадка сточных вод может быть осуществлено одним из следующих способов:

- термофильным сбраживанием в метантенках или термосушкой;
- облучением инфракрасными лучами (камера дегельминтизации);
- пастеризацией при температуре 70°C и времени теплового воздействия не менее 20 минут;
- аэробной стабилизацией с предварительным нагревом смеси сырого осадка с активным илом при температуре 60—65°C в течение 2 часов;
- компостированием (с опилками, сухими листьями, соломой и торфом, другими водопоглощающими средствами) в течение 4—5 месяцев, из которых 1—2 должны приходиться на теплое время года, при условии достижения во всех частях компоста температуры не менее + 60°C;
- обработкой биопрепаратами или химическими реагентами;
- выдерживанием на иловых площадках в условиях:
 - I и II климатических районов в течение не менее 3 лет;
 - III климатического района - не менее 2 лет;
 - IV климатического района - не менее 1 года.

Сроки выдерживания осадков сточных вод для использования в сельскохозяйственных целях в качестве удобрения уточняются экспериментальным путем в научно-исследовательских учреждениях или учреждениях государственной санитарно-эпидемиологической службы на основании результатов лабораторных исследований, свидетельствующих об

отсутствии в осадках жизнеспособных яиц гельминтов (аскарид, власоглавок, анкилостомид, онкосфер тениид, фасциол).

Сопоставление некоторых методов обеззараживания осадков приведено в табл.2.

Таблица 2

Технологические характеристики методов обеззараживания осадков сточных вод

Процесс	Расход теплоты, МДж на 1м ³ обезвоженного осадка	Влажность после обработки, %	Основные преимущества метода	Основные недостатки метода	Предпочтительная область применения
Обработка в камерах дегельминтизации	600—700	60—70	Простота эксплуатации, невысокий расход топлива	Относительно высокие влажность и стоимость транспортировки	Сооружения по очистке сточных вод производительностью до 20 тыс. м ³ /сут
Термическая сушка в сушилках со встречными струями	1900-2800	35-40	Сокращаются транспортные расходы, упрощается утилизация как удобрения	Высокий расход топлива, потребность в квалифицированном персонале, необходимость очистки отходящих газов	То же, производительностью более 100 тыс. м ³ /сут
Биотермическая обработка (компостирование)		45—50	Сокращаются топливно-энергетические и транспортные расходы, готовится качественное удобрение	Необходимость устройства площадок с водонепроницаемым покрытием и применения наполнителей	То же, производительностью до 200тыс. м ³ /сут
Сжигание с использованием получаемой теплоты	От -300 до +1800		Значительно сокращаются транспортные расходы, возможно получение дополнительной теплоты	Необходимость эффективной очистки отходящих газов, потребность в квалифицированном персонале	Сооружения по очистке сточных вод при отсутствии потребителей удобрений из осадков или высокой их токсичности

Обеззараживание и дегельминтизацию сырых, мезофильно сброженных и аэробно стабилизированных осадков следует осуществлять путем их прогревания до 60°С с выдерживанием не менее 20 минут при расчетной температуре. Для обеззараживания обезвоженных осадков допускается применять биотермическую обработку (компостирование) в полевых условиях. Компостирование осадков следует осуществлять в смеси с наполнителями (твердыми бытовыми отходами, торфом, опилками, листвой,

соломой, молотой корой) или готовым компостом. Соотношение компонентов смеси обезвоженных осадков сточных вод и твердых бытовых отходов составляет 1:2 по массе, а с другими указанными наполнителями — 1:1 по объему с получением смеси влажностью не более 60%. Кек влажностью 85% направляется на крытые площадки компостирования с использованием наполнителей. Кек смешивается с сухой органической массой для достижения влажности 55%. Количество органических добавок принимается равным 2 частям на 1 часть кека.

Длительность процесса компостирования надлежит принимать в зависимости от способа аэрации, состава осадка, вида наполнителя, климатических условий и на основании опыта эксплуатации в аналогичных условиях или по данным научно-исследовательских организаций. Процесс обеззараживания длится 20 суток, при этом влажность осадка снижается до 55%. За счет аэробного биотермического процесса в кучах температура поднимается до 55-65°C, что способствует интенсивному процессу дегельминтизации осадка.

Площадь карт компостирования при высоте насыпки 1,5 м и коэффициенте использования площадки $k = 0,5$ составит:

$$F = \frac{V}{h \cdot k};$$

Процесс компостирования следует осуществлять на обвалованных асфальтобетонных или бетонных площадках с использованием средств механизации в штабелях высотой от 2,5 до 3 м при естественной и до 5 м при принудительной аэрации. При проектировании аэрируемых штабелей необходимо предусматривать:

- укладку в основании каждого штабеля перфорированных труб диаметрами 100—200 мм с размерами отверстий 8—10 мм;
- подачу воздуха (расход воздуха - 15—25 м³/ч на 1 т органического вещества осадка).

В процессе компостирования необходимо предусматривать перемешивание смеси. Площадки оборудованы дренажем и системой подачи воздуха. Механизированное перелопачивание компостных куч осуществляется 1 раз в 10 суток.

Для утилизации осадков городских сточных вод используются площадки вермикюльтивирования. Разработка биотехнологии вермикюльтивирования основана на разведении красного калифорнийского червя для получения гумуса. Питанием для червей, является обработанный коммунальный активный ил. Каждая тонна осадков, переработанной червями, даёт 600 кг органического удобрения, содержащего 30% гумуса и 70% зольного остатка. Содержащиеся в вермикомпостах микроорганизмы способствуют переводу токсичных форм тяжёлых металлов в малоподвижные соединения. В связи с этим, особое значение вермикомпосты имеют для почв, утративших способность к самоочищению из-за сильного

загрязнения их остатками пестицидов, выбросами и отходами промышленных предприятий. Применение данного метода позволяет одновременно решить задачи утилизации осадка сточных вод и повышения эффективности сельского хозяйства.

Для этих целей необходимо выбрать площадку с небольшим уклоном, который обеспечивал бы хороший сток воды во время дождей и исключал образование луж. Подстилающую почву следует выбирать песчаную или каменистую. Площадка должна находиться на безветренной или маловетренной территории. Эту площадку разбиваем на ложи размером 2x1, изготовленные из металлической сетки с ячейками 15x15 мм, которые представляют собой грядку, на которую помещают органическую массу высотой 10÷25 см. По длине секции через каждый метр вбиваются деревянные колышки, отличая этим размер ложа. Удельная нагрузка на одно ложе - 1,2 т органического вещества в год.

Для хранения механически обезвоженного осадка надлежит предусматривать открытые площадки с твердым покрытием. Высоту слоя осадка на площадках следует принимать 1,5—3 м.

Для хранения термически высушенного осадка с учетом климатических условий следует применять аналогичные площадки, при обосновании - закрытые склады. Хранение механически обезвоженного, термически высушенного осадка следует предусматривать в объеме 3—4-месячного производства. Следует предусматривать механизацию погрузочно-разгрузочных работ.

Пример расчета 4. В соответствии с [1] для складирования обезвоженных осадков должна быть открытая площадка с твердым покрытием. Рассчитать необходимую площадь склада осадка.

Количество обезвоженного осадка, поступающего на площадки в течение 3-х месяцев.

$$3 \cdot 30,5 \cdot 34,1 \text{ м}^3 / \text{сут} = 3120,15 \text{ м}^3$$

Необходимая площадь при высоте слоя осадка 2,5 м:

$$F = 3475,17 \text{ м}^3 / 2,5 \text{ м} = 1248,1 \text{ м}^2 = 0,13 \text{ га}$$

Принимаем склады площадью 0,15 га.

В качестве овицидного средства для обеззараживания сточных вод от яиц гельминтов применяется препарат, условно названный «Бингсти», (Патент РФ № 2062752, 199 г). «Бингсти» представляет собой порошок коричневого цвета или раствор, получают его из высушенных проростков картофеля с последующим измельчением до гомогената, хорошо растворимого в воде. Препарат проявил в водной среде высокий овицидный эффект- 80 – 99,8%, в пределах рН среды, характерном для хозяйственно-бытовых сточных вод. При совместном воздействии аэробной стабилизации и препарата наблюдалась эффективность дегельминтизации 98,7- 99,2 % при дозировке препарата 0,1- 0,001 г/м³ и при времени контакта 8 часов

На основании проведенных исследований кафедрой ВВ РГСУ предложен ряд технологических схем обеззараживания сточных вод. Ввод препарата может производиться на канализационной насосной станции, осуществляющей подачу неочищенных сточных вод на очистные сооружения. Устройство для дозирования препарата располагается в помещении насосной станции и контролируется обслуживающим персоналом. Для снижения расхода препарата ввод его может производиться в распределительную камеру перед первичными отстойниками (или перед аэротенками, в случае отсутствия первичного отстаивания), и непосредственно в сооружения по обработке осадка. Разработана схема дегельминтизации осадка при аэробной стабилизации.

Для не утилизируемых осадков должны быть предусмотрены сооружения, обеспечивающие их складирование в условиях, предотвращающих загрязнение окружающей среды. Места складирования должны быть согласованы с органами Госнаadzора.

В настоящее время технологии детоксикации и утилизации осадков основаны на применении гумино-минерального концентрата, которые при обработке ими осадков прочно связывают ионы тяжелых металлов, переводя их в неподвижные формы, сорбируют органические токсиканты и придают им водонепроницаемые, гидроизолирующие свойства. Осадки сточных вод, обработанные концентратом, не подвержены минерализации с выделением метана, разогреванию и самовозгоранию. Применение данного метода позволяет одновременно решить задачи утилизации осадков сточных вод и повышения экологической безопасности в районах размещения полигонов захоронения отходов.

Содержание гумино-минерального концентрата в обезвоженные осадки сточных вод составляет (в среднем) 1 % от массы сухого вещества осадка в пересчете на сухое вещество гумино-минерального концентрата.

Процессы детоксикации осадков сточных вод на очистных сооружениях и их утилизации в качестве изолирующих и рекультивирующих слоев на полигонах ТБО включают следующие технологические операции:

- приготовление смеси осадков сточных вод с гумино-минеральным концентратом путем смешивания осадка с гуминовым препаратом;
- послойная укладка смеси осадков сточных вод с гумино-минеральным концентратом в тело свалки при создании изолирующих слоев или формирование на поверхности полигона рекультивирующего слоя.

Для приготовления смеси осадков сточных вод с гумино-минеральным концентратом предусматривается устройство специальной асфальтированной площадки общей площадью примерно 100×40 м. Площадка условно делится на три равных участка, в каждом из которых поочередно проводятся следующие операции:

1. Прием и выгрузка осадков сточных вод из автосамосвалов;
2. Прием и растаривание гумино-минерального концентрата;
3. Формирование буртов исходных осадков сточных вод;
4. Формирование буртов из гумино-минерального концентрата;

5. Объединение и переворачивание буртов с 2-кратным повторением этих операций;

6. Загрузка смеси осадков сточных вод с гумино-минеральным концентратом в автосамосвалы и перевозка на полигоны захоронения ТБО для укладки изолирующих или рекультивирующих слоев.

При этом, толщина каждого слоя осадков сточных вод должна составлять 0,5м, а ширина 2м. Толщина слоя гумино-минерального концентрата должна составлять 0,2м, а ширина - 0,5м. Бурты из осадков сточных вод и гумино-минерального концентрата располагаются рядом и параллельно друг другу. Вдоль каждой стороны бурта обеспечивается свободный проезд автомобильных средств.

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, внешне сухой (влажностью 10-50%) сыпучий материал.

Известны различные способы термической сушки: конвективный, радиационно-конвективный, кондуктивный, сублимационный в электромагнитном поле. 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 две группы:

I - при продувке сушильного агента через слой материала частицы его остаются неподвижными — барабанные, ленточные, щелевые и др.;

II - частицы материала перемещаются и перемешиваются потоком сушильного агента — сушилки со взвешенным (псевдооживленным) слоем (кипящим, фонтанирующим, вихревым) и пневмосушилки.

Сушильные аппараты периодически заполняются осадком не более, чем на половину рабочего объема. Затем включаются система обогрева сушилок и вакуум-насосы, создающие разрежение в аппарате. Вторичный пар, образующийся вследствие испарения воды осадка, поступает в барометрический конденсатор и оттуда в виде конденсата направляется на очистные сооружения.

На малых установках для конденсации вторичного пара можно применять теплообменники. Концентрация загрязнений в конденсате вторичного пара определяется уносом загрязняющих веществ с конденсатом и наличием летучих органических веществ.

Температура осадка в процессе сушки изменяется от 50 - 85°C (кипение) до 30-40°C (в конце сушки). При температуре около 85°C происходит дегельминтизация осадка.

Термическая сушка жидких осадков требует большого расхода теплоты на испарение влаги. Она может быть экономически целесообразна для сушки относительно небольших объемов осадков, например, для сушки активного ила и использования его в качестве кормовой добавки к рациону сельскохозяйственных животных. Для такой сушки обычно применяют распылительные сушилки и сушилки со взвешенным слоем при температуре теплоносителя не более 250°C.

Барабанные сушилки предназначены для сушки осадка после механического обезвоживания. Влажность поступающего на сушку осадка должна быть не более 80 %.

Основные элементы сушилки представлены на рис. 6.

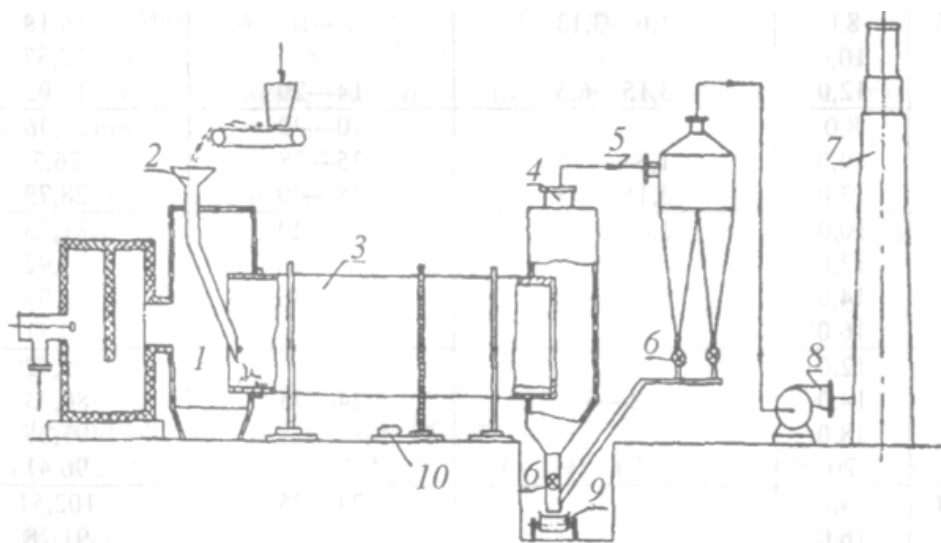


Рис.6. Схема установки барабанной сушилки:

1 - топка; 2 - загрузочная труба; 3 - сушильный барабан; 4 - разгрузочная коробочка; 5 - батарейные циклоны; 6 - шлюзовые затворы; 7 - мокрый скруббер; 8 - дымосос; 9 - транспортер сухого осадка; 10 - приводная станция

Барабан устанавливается наклонно к горизонту (максимальный угол наклона 3...40), что обеспечивает движение материала вдоль барабана, которому также способствует попутное движение газов. Для равномерного распределения материала по сечению барабана в средней части его устанавливаются различного типа насадки (винтовая, лопастная, секторная), а в передней и задней частях — цепи. На выходном торце барабана

установлено напорное кольцо, высотой которого регулируют степень заполнения барабана осадком.

Сушка осадка производится дымовыми газами от сжигания топлива в топке - 1. В качестве топлива используют природный газ, газ метантенков, мазут и т. д. Подсушенный осадок, пересыпаясь через подпорное кольцо, поступает в разгрузочную камеру и далее, через шлюзовый затвор - 6, на транспортер 9. Отходящие дымовые газы удаляются из верхней части разгрузочной камеры в батарейные циклоны - 5 для сухой очистки и затем подаются в скруббер - 7 на мокрую очистку. Техническая характеристика барабанных сушилок представлена в табл. 3.

Таблица 3

Техническая характеристика барабанных сушилок

Диаметр и длина барабана, м		Скорость вращения барабана, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Общий вес барабана, т
1,6	8,0	1,6—3,13	7—10	16,18
	10,0			17,67
	12,0	3,15—6,3	14—20	19,03
2,0	8,0	1,6—3,15	10—20	23,46
	10,0			25—28
	12,0	3,15—6,3	28 - 40	28,73
2,2	10,0	1,6—3,15	14—20	31,53
	12,0			33,92
	14,0	3,15—6,3	28 - 40	38,03
	16,0			40,41
2,5	12,0	2—6	24—75	75,52
	14,0			80,43
	18,0			91,25
	20			96,41
2,8	14,0	2—6	24—75	102,51
	16,0			91,28
	20,0			116,82
	22,0	32—100	131,07	
3,0	18,0	2—6	40—125	138,14
	20,0		32—100	145,40
3,2	18,0	2—6	50—160	145,40
	20,0		66—200	171,12
3,5	18,0	2—6	66—200	188,91
	22,0			188,91
	27,0			230,20

Осадок после термической сушки представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов, внешне сухой (влажностью 10-50 %) сыпучий материал. Параметры сушки осадков в

барабанных сушилках:

- напряженность барабана во влаге 60 кг/м³ч;
- влажность осадка: поступающего 78-80 %, после сушки 20-25 %;
- температура дымовых газов: на входе в сушилку 800°C, на выходе из сушилки 250 °С.

Пример расчета 5.

Подобрать барабанную сушилку для сушки механически обезвоженного осадка в количестве $G_{en} = 16,15$ т/сут = 672,9 кг/ч с влажностью $W_{en} = 78\%$. Влажность осадка на выходе из сушилки $W_{ex} = 25\%$. Температура сушильного агента (дымовых газов) на входе в сушилку $T_1 = 800^\circ\text{C}$, на выходе из сушилки $T_2 = 250^\circ\text{C}$. Температура осадка, поступающего на сушку, $T_2=250$ °С. Температура осадка после сушильного барабана $T_{ex} = 70$ °С. Теплоемкость осадка $C_s = 3,98$ кДж/(кг°К). Напряжение барабана по влаге $A_{ц} = 60$ кг исп. вл./м³-ч.

Количество испаряемой влаги в процесс сушки

$$G_w = G_{en} \frac{W_{en} - W_{ex}}{100 - W_{ex}} = 672,9 \frac{78 - 25}{100 - 25} = 475,5 \text{ кг/ч.}$$

Количество осадка, выгружаемого из сушилки

$$G_{ex} = 0,85 * (G_{en} - G_w) = 0,85 * (672,9 - 475,5) = 167,8 \text{ кг/ч,}$$

где 0,85 - коэффициент, учитывающий унос сухого осадка с отводящими газами из сушилки.

Расход тепла на испарение влаги

$$\Theta_w = (2490 + 1,97 * T_2 - T_{en}) * G_w / 3600 = (2490 + 19,7 * 250 - 20) * 475,5 / 3600 = 0,4 * 103 \text{ кВт}$$

где 2490 - теплота парообразования, кДж/кг; 19,7 - теплоемкость водяного пара, кДж/(кг°К).

Расход тепла на нагревание осадка

$$\Theta_{mud} = C_{ex} C_T (T_{ex} - T_{en}) / 3600 = 167,8 * 3,98 * (70 - 20) / 3600 = 9,3 \text{ кВт.}$$

Потери тепла в окружающую среду

$$\Theta_{an} = 0,1 \Theta_w = 0,1 * 0,4 * 103 = 4,12 \text{ кВт,}$$

где 0,1 - коэффициент потери тепла в окружающую среду.

Общий расход тепла на сушку

$$\Theta_{\Sigma} = \Theta_w + \Theta_{mud} + \Theta_{an} = 0,4 * 103 + 9,3 + 4,12 = 90,5 \text{ кВт.}$$

Расход топлива на сушку

$$q_T = \frac{\Theta_{\Sigma} \cdot 3600}{\Theta_H \cdot \eta} = \frac{90,5 \cdot 3600}{34270 \cdot 0,82} = 57,5 \text{ м/ч;}$$

где $T_1 = 0,8$ - КПД топки; $\Theta_H = 34270$ кДж/м³ - низшая теплотворная способность топлива.

Требуемый объем сушильного барабана

$$V = \frac{1,2 \cdot G_w}{A_v} = \frac{1,2 \cdot 475,5}{60} = 9,5 \text{ м}$$

где 1,2 - коэффициент, учитывающий заполнение барабана сушилки.

По табл. 3 принимаем к установке барабанную сушилку диаметром 1,6

м и длиной 8 м с объемом сушильной барабана 16 м³.

Удельный расход тепла на испарение влаги

$$q_{hc} = \frac{\Theta_1 \cdot 3600}{G_w} = \frac{449,3 \cdot 3600}{475,5} = 3402 \text{ кВтч/кг.}$$

Сушилки со встречными струями предназначены для сушки осадка после механического обезвоживания на вакуум-фильтрах и центрифугах.

В сушилках со встречными струями применен комбинированный двухступенчатый способ сушки. На первом этапе сушка ведется в режиме встречных струй, а на втором - в режиме аэрофонтанирования.

Основные элементы этой сушилки представлены на рис. 7.

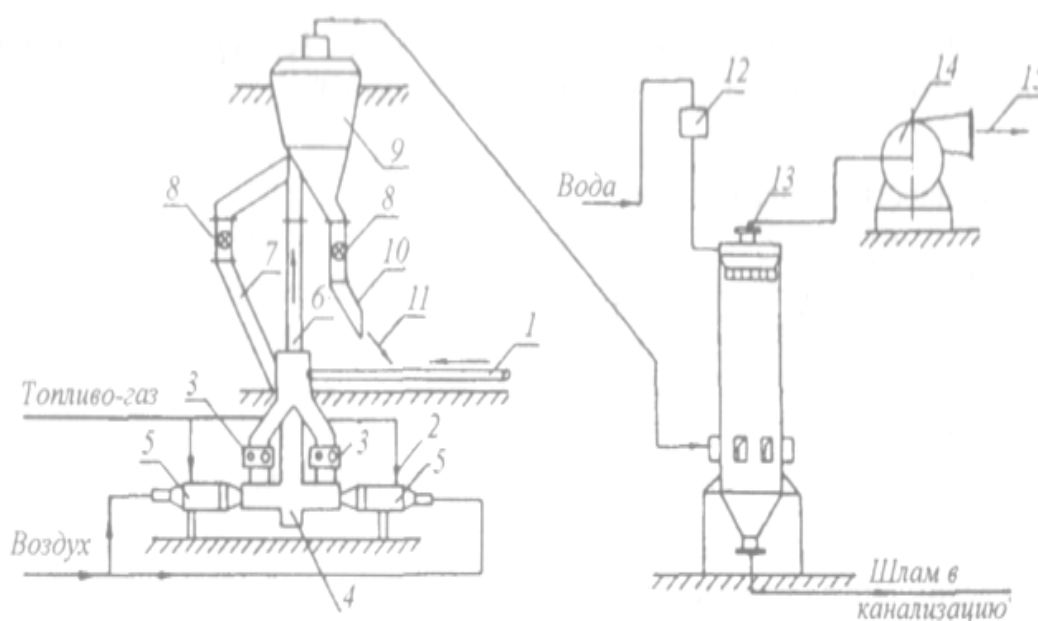


Рис. 7. Схема установки для термической сушки механически обезвоженных осадков в сушилке со встречными струями:

1 - ленточный транспортер для подачи осадка; 2 - приемная камера; 3 - двухвалковые шнековые питатели; 4 - сушильная камера с разгонными трубами; 5 - камера сгорания; 6 - вертикальный стояк; 7 - трубопровод для ретура; 8 - шлюзовые затворы; 9 - сепаратор воздушно-проходного типа; 10 - трубопровод сухого осадка; 11 - подача осадка в бункер готового продукта; 12 - напорный бак; 13 - водяной скруббер; 14 - вентилятор; 15 - отвод очищенных газов в атмосферу

Сушильная камера предназначена для проведения первого этапа сушки осадка во встречных струях газозвеси при одновременном измельчении частиц высушиваемого осадка. В сепараторе осадок досушивается и выделяется из потока газозвеси. Сушилка со встречными струями работает следующим образом. Осадок через загрузочное устройство поступает в двухшнековые питатели - 3, где, с целью снижения влажности подаваемого

на сушку осадка и улучшения процесса грануляции, смешивается с частью ранее высушенного осадка (ретура). Смешанный осадок подается в приемные отверстия сушильной камеры - 4. Туда же через цилиндрические сопла поступают горячие газы, полученные от сжигания топлива в двух соосно расположенных камерах сгорания - 5. Для поддержания процесса горения и получения требуемых параметров газов сушильного агента в камеры сгорания подается сжатый воздух. Высушенный осадок по течкам поступает в бункер готового продукта и загрузочное устройство сушильной камеры. Отходящие газы отсасываются из сепаратора - 9, очищаются от пыли и выбрасываются в атмосферу, для чего за сушилкой предусмотрен дополнительный комплект аппаратов.

Серийно выпускаются установки с сушилкой СВС 3,5/5,0. Приводим техническую характеристику одной из установок:

- производительность по испаряемой влаге: 3500-5000 кг/ч;
- топливо: природный газ или мазут;
- давление воздуха перед соплом: 0,11 — 0,15 МПа;
- расход воздуха, м³/ч 16000
- расход топлива, м³/ч 400—500
- мощность электродвигателей, кВт 69
- габариты установки, м:

длина 18
 ширина 7,0
 высота 11,3.

Рекомендуются следующие параметры работы установки со встречными струями:

влажность осадка, с учетом добавления высушенного осадка (ретура),
 %

- до сушки 60—65
- после сушки 30—35
- температура газов, °С:
- на входе в сушильную камеру 700—800
- на выходе из циклонов 120—130

унос твердого вещества из сепаратора с отходящими газами: 15%

напряжение объема по испаряемой влаге: 700...1000 кг³/ч.

По сравнению с барабанными сушилками применение сушилок со встречными струями позволяет сократить капитальные затраты в 3-4 раза, а эксплуатационные — в среднем на 15%.

Серийные установки с сушилками СВС 3,5/5,0 рекомендуется применять для станций производительностью не более 200 тыс. м³ сточных вод в сутки.

Расчет материальных и тепловых балансов установки со встречными струями аналогичен расчету барабанной сушилки.

Пример расчета 6. Определить количество сушилок со встречными струями для сушки механически обезвоженного на вакуум-фильтрах осадка в

количестве $G_{\text{mud}} = 672,9$ кг/ч с влажностью $W_{\text{mud}} = 78$ %. Влажность поступающего осадка $W_{\text{en}} = 60$ %. Влажность осадка на выходе из сушилки $W_{\text{ex}} = 30$ %. Температура сушильного агента (дымовые газы): на входе в сушилку $T_{\text{д,ен}} = 800^\circ\text{C}$; на выходе из сушилки $T_{\text{д,ex}} = 120^\circ\text{C}$. Температура осадка, поступающего на сушку, $T_{\text{mud,ен}} = 20^\circ\text{C}$, после сушки $T_{\text{mud,ex}} = 75^\circ\text{C}$.

Количество испаряемой влаги

$$G_w = G_{\text{mud}} \frac{W_{\text{mud}} - W_{\text{ex}}}{100 - W_{\text{ex}}} = 672,9 \frac{78 - 30}{100 - 30} = 461,4 \text{ кг/ч.}$$

Количество осадка, выгружаемого из сушилки

$$G_{\text{ex}} = 0,85 (G_{\text{mud}} - G_w) = 0,85 (672,9 - 461,4) = 179,8 \text{ кг/ч.}$$

Расход тепла на испарение влаги

$$\Theta_w = (2490 + 1,97T_{\text{г,ex}} - T_{\text{mud,ен}}) \cdot G_w / 3600 = (2490 + 1,97 \cdot 120 - 20) \cdot 461,4 / 3600 = 374$$

кВт.

Расход тепла на нагревание осадка

$$\Theta_{\text{mud}} = G_{\text{ex}} C_t (T_{\text{mud,ex}} - T_{\text{mud,ен}}) / 3600 = 179,8 \cdot 3,98 (75 - 20) / 3600 = 10,9 \text{ кВт,}$$

где $C_t = 3,98$ кДж/(кг $^\circ$ К) - теплоемкость осадка.

Потери тепла в окружающую среду

$$\Theta_{\text{am}} = 0,1 \cdot \Theta_w = 0,1 \cdot 374 = 37,4 \text{ кВт.}$$

Общий расход тепла на сушку

$$\Theta_{\Sigma} = \Theta_w + \Theta_{\text{mud}} + \Theta_{\text{am}} = 374 + 10,9 + 37,4 = 422,3 \text{ кВт.}$$

$$\text{Количество сушильных установок } n = \frac{G_w}{G_{\text{hc}}} = \frac{461,4}{3500} = 0,13,$$

где $G_{\text{hc}} = 3500$ кг/ч - производительность сушилки по испаряемой влаге.

Принимаем к установке одну сушилку СВС 3,5/5,0.

Количество сухого осадка (рентура)

$$G_{\text{mud,ex}} = G_{\text{mud}} \frac{W_{\text{mud}} - W_{\text{en}}}{W_{\text{en}} - W_{\text{ex}}} = 672,9 \frac{78 - 60}{60 - 30} = 403,7 \text{ кг/ч.}$$

Удельный расход тепла на испарение влаги

$$Q_{\text{hc}} = \frac{\Theta_{\Sigma} \cdot 3600}{G_w} = \frac{422,3 \cdot 3600}{461,4} = 3295 \text{ кВт/кг.}$$

Вакуум-сушильные установки применяются для сушки осадков на станциях производительностью до 40000 м³/сут сточных вод. Начальная влажность осадков, подаваемых на вакуум-сушку, должна быть не более 90 - 93%, поэтому перед сушкой осадок сгущают на центрифугах, виброфильтрах и т. п. Вакуум-сушка осуществляется в вакуум-сушильных аппаратах гребкового и скребкового типа.

Технологическая схема процесса сушки представлена на рис. 8. Техническая характеристика отечественных вакуум-сушилок представлена в табл. 4.

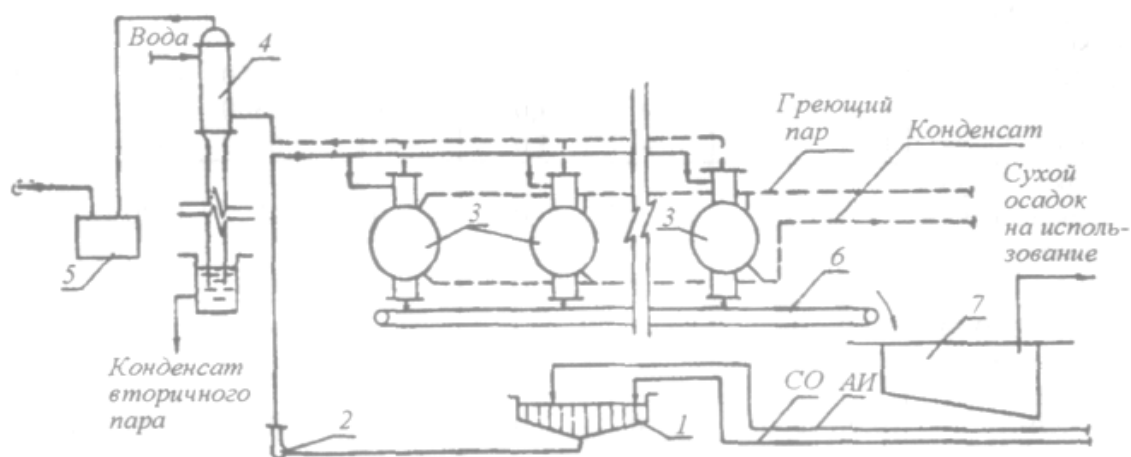


Рис. 8. Технологическая схема вакуум-сушки осадков:

1 - резервуар-смеситель; 2 - насос; 3 - вакуум-сушильный аппарат; 4 - барометрический конденсатор; 5 - вакуум-насос; 6 - транспортер сухого осадка; 7 - бункер-наполнитель

Таблица 4

Техническая характеристика вакуум – сушилок

Тип	W бара бана, м ³	Поверх ность нагрева	Рабочее давление в, кг/см ²		Скорость вращения мешалки, об/мин	Габаритные размеры, м		
			аппара те	руба шке		длин а	шир ина	шир ина
Сушилки вакуумные цилиндрические роторные (гребковые):								
СВЦРМ950/1700	1,2	4,0	0,1-0,2	4,0	6,0	2450	1370	3290
СВЦР 950/1700	1,2	6,1	0,1-0,2	4,0	13,0	3300	950	1755
СВЦР 4К	4,5	14,0	0,1-0,2	5,0	6,0	6700	2000	2638
Сушилка вакуумная скребковая роторная СВСР-1	1,0	7,0	0,1-0,2	5,0	1-12	4805	1820	4020
Сушилка вакуумная скребковая роторная СВТР- ЮВ	10,0	35,0	0,1-0,2	5,0	5,0	9900	2160	3945

Осадок из резервуара-смесителя - 1 насосом - 2 непрерывно подается в группу сушильных аппаратов - 3, снабженных греющими рубашками, и обогреваемых паром. Процесс сушки осуществляется под вакуумом за счет конденсации в барометрическом конденсаторе - 4 вторичного пара, образующегося при испарении воды из осадков. Попадающий в систему воздух откачивается вакуум-насосом - 5. Реверсивно вращающиеся в каждом аппарате гребковые мешалки выгружают осадок на транспортер - 6, по которому он в сухом гранулированном виде подается в бункер-накопитель - 7, откуда и забирается на использование.

Пример расчета 7.

Рассчитать вакуум-сушильную установку для сушки осадка после обезвоживания на центрифугах. Количество осадка $G_{\text{mud}} = 15,98 \text{ т/сут} = 66,58 \text{ кг/ч}$ с влажностью $W_{\text{en}} = 70 \%$. Влажность осадка на выходе из сушилки $W_{\text{ex}} = 35\%$. Сушильный агент — насыщенный пар с температурой 160°C . Температура осадка, поступающего на сушку, $T_{\text{en}} = 20^\circ\text{C}$, на выходе из сушилки $T_{\text{ex}} = 35^\circ\text{C}$.

Количество испаряемой влаги

$$G_{\text{W}} = G_{\text{mud}} \frac{W_{\text{en}} - W_{\text{ex}}}{100 - W_{\text{ex}}} = 66,58 \frac{70 - 35}{100 - 35} = 358,5 \text{ кг/ч} = 8604 \text{ кг/сут.}$$

Принимаем сушилку СВТР-ЮВ с поверхностью нагрева $S = 35 \text{ м}^2$. Принимаем удельную массу сухих веществ $g_{\text{hc}} = 8 \text{ кг/м}^2$. По графику (рис.8) данному значению g_{hc} соответствует средняя скорость сушки

$$V_{\text{mid}} = 6,5 \text{ кг/м} \cdot \text{ч.}$$

Количество осадков, обрабатываемых в течение одного цикла

$$G_{\text{mud}}^1 = \frac{q_{\text{hc}} \cdot S}{100 - W_{\text{en}}} \cdot 100 = \frac{8 \cdot 35}{100 - 70} \cdot 100 = 933 \text{ кг/цикл.}$$

Количество воды, выкачиваемой за один цикл

$$G_{\text{w}}^1 = G_{\text{mud}} \frac{W_{\text{en}} - W_{\text{ex}}}{100 - W_{\text{ex}}} = 933 \frac{70 - 35}{100 - 35} = 502,4 \text{ кг/цикл.}$$

Необходимое количество циклов для испарения суточного объема

$$n_{\text{w}} = \frac{G_{\text{w}}}{G_{\text{w}}^1} = \frac{8604}{502,4} = 17,1 \text{ циклов.}$$

Продолжительность цикла одного сушильного аппарата

$$t = \frac{G_{\text{w}}}{V_{\text{mid}} \cdot S} = \frac{8604}{6,5 \cdot 35} = 4,8 \text{ ч.}$$

Количество циклов аппарата в течение суток

$$n_{\text{dw}} = 24 / 4,8 = 5 \text{ циклов.}$$

Требуемое количество аппаратов

$$n = \frac{n_{\text{w}}}{n_{\text{dw}}} = \frac{17,1}{5} = 3,4.$$

Принимаем три рабочих сушилки и одну резервную.

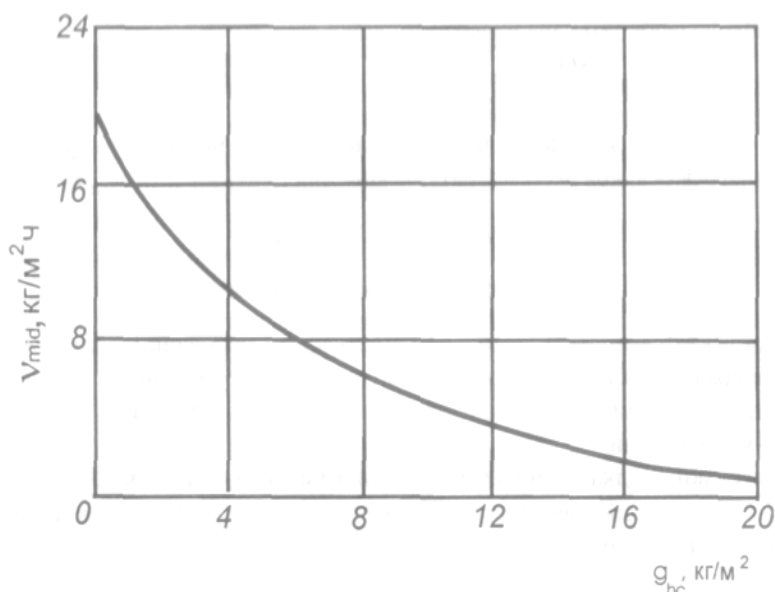


Рис. 8. Зависимость средней скорости интенсивности сушки V_{mid} от расчетной массы сухого осадка q_{hc}

Расход греющего пара на вакуум-сушку

$$G_p = k_p G_w = 1,4 \cdot 8604 / 24 = 501,9 \text{ кг/ч,}$$

где $k_p = 1,3 - 1,5$ - коэффициент, учитывающий количество пара, расходуемое на нагрев осадков до температуры кипения.

Сжигание осадков сточных вод

Сжигание осадков осуществляют, если их утилизация 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 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 700-1000°C.

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

Сжигание осадков в многоподовой печи. Корпус многоподовой печи представляет собой вертикальный стальной цилиндр, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом. Топочное пространство печи разделено по высоте на семь — девять горизонтальных подов. В центре печи имеется вертикальный

вал, на котором укреплены горизонтальные фермы гребковых устройств. Каждый под имеет отверстия, расположенные у одного пода на периферии, а у другого — в центральной части.

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

На верхних подах осадок сушится, на средних — органическая часть осадка сгорает при температуре 600-900°C, а на нижних — охлаждается зола перед сбросом в бункер. Из печи газы отводятся в мокрый пылеуловитель и дымососом выбрасывается в атмосферу.

Достоинствами печей кипящего слоя являются компактность установок, интенсивность процесса, возможность сжигания осадков различной влажности; недостатками — большая запыленность отходящих газов и необходимость устройства рекуператоров.

Барабанные вращающиеся печи за рубежом применяют для сжигания осадков в смеси с городским мусором. В отличие от барабанной сушилки, барабан вращающейся печи наклонен в сторону топки. Обезвоженный осадок загружается с противоположного от топки конца барабана. По мере продвижения внутри барабана осадок сначала подсушивается, а затем сгорает. Горячая зола из топки поступает в воздушный охладитель и оттуда пневмотранспортом направляется в приемный бункер и вывозится. Отходящие газы отсасываются дымососом, проходят мокрый пылеуловитель и выбрасываются в атмосферу. Температура газов в зоне сушки 200°C, а в зоне сжигания 900-1000°C. Барабан в зоне сжигания футерован огнеупорным кирпичом. В зоне сушки внутри барабана устроены насадки для перемешивания и дробления осадка.

Барабанные печи имеют небольшую запыленность отходящих газов и могут располагаться на открытом воздухе, кроме топочной части и камеры загрузки. Недостатками вращающихся барабанных печей являются громоздкость, большие капитальные затраты и относительная сложность в эксплуатации.

Циклонные печи применяются относительно редко и служат для сжигания жидких или мелкодисперсных сухих материалов. Для сжигания осадков в циклонной печи необходима их предварительная термическая сушка, например, в сушилках со встречными струями, и тщательное измельчение. Обычно установка с циклонными печами состоит из сушильного аппарата, измельчителя осадка, циклонной печи, камеры дезодорации газов, мокрой пылеочистки дымососа, дымовой трубы.

Утилизация осадков бытовых 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, содержащих 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 и токсичных компонентов, в частности тяжелых металлов.

Кроме этого осадки являются сырьем для получения многих видов продукции промышленного производства. В настоящее время существует много технологических процессов получения из осадков бытовых и близких к ним по составу сточных вод важных продуктов и энергетических ресурсов.

Список рекомендуемой литературы

1. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. - М.: АСВ, 2002.
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика.- М.: Стройиздат, 1977.
3. Ласков Ю.М., Калицун В.И. Примеры расчета канализационных очистных сооружений.- М.: Стройиздат, 1985.
4. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Водоотводящие системы промышленных предприятий. -М.: Стройиздат, 1990.
5. Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Саломеев В.П., Пугачев Е.А. Водоотведение.-М.: ИНФРА – М, 2007.
6. Пааль Л.Л. и др. Справочник по очистке природных и сточных вод. М.: Высш. шк., 1994.
7. Алексеев В.И., Винокурова Т.Е, Пугачев Е.А. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий: Учебное пособие.-М.: АСВ, 2003.
8. Разумовский Э.С.,Медрин Г.Л., Казарян В.А. Очистка сточных вод малых населенных пунктов. -М.: Стройиздат, 1978.
9. СНиП 2.04.03-86. Канализация. Наружные сети и сооружения . 1986.
10. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения: Справочник.. -М.: Высшая школа. 1995.
11. Евилевич А.З., Евилевич М.А. Утилизация осадков сточных вод. -Л.: Стройиздат, Ленигр. отд-ние, 1988.
12. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. -М.: Стройиздат, 1988
13. Обработка и удаление осадков сточных вод. / В 2-х т. Пер. с англ. Т.А. Карюхиной, И.Н. Чурбановой, И.Х. Заена. - М.: Стройиздат. 1985.

14. Обработка и утилизация осадков сточных вод/Материалы семинара. - М.: МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1978.
15. Совместная переработка твердых бытовых отходов и осадков сточных вод во Франции/И.С. Туровский, А.Ф. Порядин, А.Н. Котеленец, И.Н.Рыбников, Ю.А. Черенков// Водоснабжение и канализация. – 1979.- № 8. Вып. 2.
16. СанПиН 2.1.7.573—96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы).-М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
17. Серпокрылов Н.С., Долженко Л.А. Гримаило Л.В., Хроменкова Е.П., Калмыков Н.И. Разработка овицидных технологий обеззараживания сточных вод //Известия Ростовского государственного строительного университета.- 1997.- №2.-С.110-113.
18. Долженко Л.А. Технологические схемы дегельминтизации городских сточных вод растительными реагентами //Перспективные информационные технологии и проблемы управления рисками на пороге нового тысячелетия / Материалы Международного экологического симпозиума в рамках научных чтений Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности в 2-х т./, 3 частях, 1т., 1ч. – Издательство МАНЭБ, СПб, 2000.