

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»

А.М. Исаева

ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Издание второе, переработанное и дополненное

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению «Строительство» 270800.62
для дисциплин БЗ. ДВ.7 «Водоотведение и очистка сточных вод»
и «Строительство» 270800.68 для дисциплин М2. БЗ «Оборудование
и сооружения станций очистки сточных вод»,
М2. ДВ.2 «Проектирование энергосберегающих систем
водоотведения населенных пунктов и локальных объектов»

Пенза 2013

УДК 28.336.1/52.7004.8(075)

ББК 38.761.2

И85

Рецензенты: начальник канализационных очистных сооружений ООО «Горводоканал» г.Пензы В.А. Гордеев;
кандидат технических наук, доцент Т.В. Малютина (ПГУАС)

Исаева А.М.

И85 Обработка и утилизация осадков сточных вод: учеб. пособие / А.М. Исаева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 128 с.

Рассмотрены методики расчетов сооружений по обработке и утилизации осадков городских сточных вод из первичных и вторичных отстойников станций биохимической очистки. Даны рекомендации по выбору схем обработки осадков и сооружений с учетом типовых проектов, приведены типовые компоновочные схемы групп сооружений. Осуществлен обзор методов обработки осадков производственных сточных вод. Приведена методика определения класса токсичности осадков промышленных стоков.

Пособие подготовлено на кафедре «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлениям 270800.62 и 270800.68, при изучении теоретического материала и выполнении курсовых, дипломных проектов, а также работ по курсам «Водоотведение и очистка сточных вод», «Оборудование и сооружения станций очистки сточных вод» и «Проектирование энерго-сберегающих систем водоотведения населенных пунктов и локальных объектов». Пособие будет полезно специалистам природоохранных организаций, занимающихся проектированием, строительством, наладкой, эксплуатацией и мониторингом очистных сооружений канализации.

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2013

© Исаева А.М., 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие предназначено для использования студентами, обучающимися по направлениям 270800.62 и 270800.68, при изучении теоретического материала и выполнении курсовых, дипломных проектов и работ по курсам «Водоотведение и очистка сточных вод», «Оборудование и сооружения станций очистки сточных вод» и «Проектирование энергосберегающих систем водоотведения населенных пунктов и локальных объектов» учебное пособие состоит из девяти разделов.

Первый раздел посвящен вопросам проектирования схем обработки осадков городских сточных вод. Приведены описания основных стадий обработки осадков городских сточных вод. Предложены схемы обработки осадков в зависимости от производительности станций биохимической очистки и с учетом местных условий утилизации осадков сточных вод, а также их физико-химических свойств.

Во втором разделе рассмотрены методы обработки осадков производственных сточных вод. Приведены расчеты по определению класса токсичности осадков промстоков.

В третьем разделе приведены расчеты по определению основных параметров осадков городских сточных вод – сырого осадка из первичных отстойников, избыточного активного ила и биологической пленки, а также смеси сырых осадков первичных отстойников и осадков, задерживаемых во вторичных отстойниках.

Четвертый раздел посвящен метантенкам. Приведены основные расчетные параметры, методика расчета, конструктивная схема сооружения, а также типовая компоновка метантенков и их тепло-технический расчет. Осуществляется расчет газгольдеров.

В пятом разделе речь идет об аэробных стабилизаторах. Приведены типовые размеры, расчетные параметры, а также конструктивная схема стабилизаторов. Дается порядок расчета аэробных стабилизаторов в зависимости от направляемых в них видов осадков сточных вод.

Механическое обезвоживание осадков сточных вод рассматривается в шестом разделе. Приведены основные параметры корпусов обезвоживания осадков сточных вод с помощью вакуум-фильтров со сходящим полотном, с помощью ленточных фильтров-прессов и с помощью центрифуг, а также расчетные параметры аппаратов мехобезвоживания, конструктивные схемы сооружений, технологические типовые схемы обезвоживания осадков. Представлена методика расчета цехов мехобезвоживания и реагентного хозяйства.

Основные расчетные параметры, методики расчетов, схемы различных видов иловых площадок приведены в седьмом разделе. Рассмотрены иловые площадки на естественном основании без дренажа, иловые площадки с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды (каскадные), иловые площадки-уплотнители, а также иловые площадки компостирования для обеззараживания осадков сточных вод.

Вопросы обеззараживания и обезвреживания осадков сточных вод изложены в восьмом разделе. Описана работа установки биотермического обезвреживания обезвоженного осадка для станции биологической очистки сточных вод производительностью 25-35 тыс. м³/сут и камеры дегельминтизации. Приведены схемы вышеназванных установок. Представлены технологические схемы, расчеты и технические характеристики барабанных сушилок, сушилок со встречными струями и вакуум-сушилок.

Девятый раздел посвящен вопросам утилизации осадков сточных вод. Перечислены и охарактеризованы основные направления утилизации городских и промышленных осадков сточных вод.

Автор выражает глубокую признательность рецензенту – начальнику канализационных очистных сооружений ООО «Горводоканал» г. Пензы В.А. Гордееву и доценту кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» кандидату технических наук Т.В. Малютиной за замечания и советы, сделанные при рецензировании рукописи, а также всем, кто содействовал подготовке и изданию пособия.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленности и сельского хозяйства, а также рост городов приводят к загрязнению окружающей природной среды, ухудшают условия проживания людей, особенно в крупных городах, где сконцентрирована хозяйственная деятельность и где на ограниченной территории сосредоточена значительная численность населения.

В условиях массового строительства предприятий по очистке городских и производственных сточных вод труднорешаемой проблемой является обработка осадка. Выделенные в процессе очистки сточных вод осадки относятся к труднофильтруемым суспензиям коллоидного типа. Большие объемы, бактериальная зараженность, наличие органических веществ, способных быстро загнить с выделением неприятных запахов, а также неоднородность состава и свойств осложняют их обработку.

Получившая значительное распространение в нашей стране и за рубежом технология обработки осадков сточных вод, которая практически сводится к сбраживанию их в метантенках с последующей подсушкой на иловых площадках, протекает весьма медленно, зависит от климатических и гидрометеорологических условий, а также требует больших площадей и не обеспечивает полного обезвреживания осадков.

В последние два десятилетия проведены исследования по разработке новых, усовершенствованию и развитию известных методов и аппаратов для обработки сточных вод. Находит широкое практическое применение реагентное механическое обезвреживание сырых осадков на барабанных вакуум-фильтрах со входящим полотном и безреагентное обезвреживание на осадительных шнековых центрифугах. Разрабатывается и осваивается технология совместной переработки городских твердых бытовых отходов и осадков сточных вод. Появились усовершенствованные и новые конструкции фильтровых аппаратов, а также аппаратов для сгущения, сушки и сжигания суспензий. Получили развитие теории фильтрации, осадительного центрифугирования суспензий, тепло- и массообмена, сушки, горения, топочных процессов. Освоены новые методики анализа состава и свойств осадков.

При составлении пособия автор исходил из того, что в нем должны быть приведены основные материалы по расчетам и конструкциям сооружений по обработке осадка, типовые решения компоновки сооружений, исключаящие необходимость использования большого перечня дополнительной справочно-нормативной литературы.

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Проектирование схемы обработки осадков осуществляется одновременно с проектированием схемы очистки сточных вод, так как в процессе обработки осадков образуются сточные воды с высокой концентрацией загрязнений, которые должны быть учтены в расчетах сооружений очистки воды.

Схема обработки определяется методом обработки осадка, который, в свою очередь, принимается в зависимости от того, к какому классу токсичности относятся осадки. Осадки городских сточных вод и промышленных предприятий, стоки которых близки по составу к городским (хозяйственно-бытовым), малоопасны, так как содержат в основном патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов, которые погибают при нагреве до температуры 60 °С. Но на городские станции биохимической очистки сточных вод в реальных условиях наряду с хозяйственно-бытовыми направляется достаточно большое количество промышленных стоков; поэтому для этих осадков необходимо определять класс токсичности по [14 и 19] и уточнять схему и методы обработки осадков. В настоящее время в практике проектирования и эксплуатации применяется большое разнообразие методов переработки осадков с целью их утилизации или ликвидации. Обычно использованием одного из методов не удается решить задачу. Поэтому только сочетанием методов можно составить схему обработки осадков для конкретного состава сточных вод, соответствующую местным условиям, материально-техническому обеспечению станции и возможности утилизации осадков.

Определяющим фактором при выборе схемы обработки осадка является его использование с учетом местных условий, которое может быть следующим: утилизация, складирование обезвоженного осадка в шламонакопителях (полигонах), захоронение или ликвидация путем сжигания.

Схема обработки осадков должна обеспечить выполнение следующих требований:

- а) осадок после обработки не должен оказывать вредного воздействия на окружающую среду (почву, воду, воздух);
- б) осадок не должен содержать источников заболеваний для людей и животных;
- в) агрегатное состояние осадка должно соответствовать способу и средствам его утилизации или ликвидации;

г) должны быть использованы побочные продукты (газ, тепло и т.п.) и обеспечено получение других эффектов (экономия территории и т.п.).

В практике проектирования обычно составляется несколько схем обработки осадка. Окончательный выбор делается на основании технико-экономических расчетов.

В общем виде технология обработки осадка включает следующие основные стадии: уплотнение, стабилизацию, кондиционирование, обезвоживание, сушку, сжигание и обеззараживание.

В зависимости от производительности очистных сооружений, местных условий и физико-химических свойств осадка технология его обработки может включать не все вышеперечисленные стадии.

Для уплотнения (сгущения) избыточного активного ила могут применяться гравитационные уплотнители и напорные флотаторы. Последние целесообразно применять на очистных сооружениях малой и средней производительности (примерно до 100000 м³/сут сточной воды) перед механическим обезвоживанием, аэробной и анаэробной стабилизацией, а также для уплотнения аэробно-стабилизированного активного ила перед его последующей обработкой.

Стабилизация применяется для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества осадка и предотвращения его загнивания, при этом уменьшается количество сухого вещества. Стабилизация осуществляется путем анаэробного сбраживания в метантенках в термофильном или мезофильном режимах либо в аэробных условиях в сооружениях типа аэротенков – аэробных стабилизаторах.

Кондиционирование осадка перед механическим обезвоживанием производится для улучшения его водоотдачи. Кондиционирование может осуществляться реагентным методом или методом тепловой обработки.

Для реагентного кондиционирования осадка перед обезвоживанием на вакуум-фильтрах и фильтрах-прессах, как правило, применяются минеральные реагенты: хлорное или сернокислое железо и известь; кроме того, могут быть использованы отходы производств, обладающие коагуляционными свойствами.

Перед обезвоживанием осадка на центрифугах реагентное кондиционирование целесообразно осуществлять высокомолекулярными полиэлектролитами (флокулянтами).

Для обезвоживания осадка можно использовать аппараты механического обезвоживания (вакуум-фильтры, фильтры-прессы, центрифуги) либо иловые площадки.

Как правило, обезвоживанию подвергается осадок, прошедший стадию стабилизации. Обезвоживание сырого осадка производится перед его последующей сушкой или сжиганием.

Для обезвоживания осадков в естественных условиях (естественная сушка) рекомендуются иловые площадки. Их применение целесообразно для станций биохимической очистки малой и средней производительности, особенно при аэробной стабилизации осадка.

Термическая сушка осадка осуществляется при условии его утилизации. Для сушки осадка могут быть использованы сушилки барабанного типа, кипящего слоя, со встречными струями.

Методом ликвидации не утилизируемого обезвоженного осадка сточных вод является сжигание, которое осуществляется в барабанных, циклонных печах и печах кипящего слоя.

Для обеззараживания осадка могут применяться методы компостирования или кратковременного (не менее 30 минут) прогрева осадка до температуры не менее 60 °С. Мероприятия по обеззараживанию следует выполнять во всех технологических схемах обработки осадка, за исключением схем, предусматривающих его термическую сушку или сжигание.

Для станций биохимической очистки сточных вод производительностью до 10 тыс.м³/сут можно применять анаэробное сбразивание смеси сырого осадка из отстойных желобов двухъярусного отстойника и биопленки с дальнейшим обезвоживанием сброженного осадка на иловых площадках. Обеззараживание осадка производят на площадках компостирования или на иловых площадках путем внесения в осадок негашеной извести.

Осадок на станциях биохимической очистки сточных вод производительностью до 30 тыс.м³/сут можно анаэробно сбразивать в перегнивателях, в которые следует направлять смесь сырого осадка из осветлителей и биопленку (в схемах с биофильтрами) или избыточный активный ил (в схемах с аэротенками). Сброженная смесь осадка обезвоживается путем естественной сушки на иловых площадках либо на аппаратах механического обезвоживания. Обеззараживание осадка осуществляется на площадках компостирования или путем его прогрева до 60 °С.

Для станций биохимической очистки сточных вод производительностью до 50 тыс.м³/сут предпочтительна аэробная стабилизация смеси осадка первичных отстойников и избыточного активного ила с обезвоживанием стабилизированного осадка на центрифугах (безреагентное кондиционирование) или путем естественной сушки на иловых площадках. Обеззараживание осадка необходимо осуще-

ствлять путем компостирования обезвоженного осадка или прогрева его до 60°С.

Для обработки осадка на станциях биохимической очистки сточных вод производительностью от 50 до 100 тыс.м³/сут может быть рекомендована аэробная стабилизация или сбраживание смеси осадка первичных отстойников и активного ила. Схему со сбраживанием осадков целесообразно применять при условии утилизации газов брожения. Для улучшения водоотдающих свойств сброженных осадков может быть предусмотрена схема со сбраживанием в мезофильном режиме осадка первичных отстойников и последующей аэробной обработкой его смеси с избыточным активным илом. Обезвоживание осадка может производиться в естественных условиях или на аппаратах механического обезвоживания. Обеззараживание осадка осуществляют на площадках компостирования или путем прогрева его до 60 °С.

Для станций биохимической очистки производительностью свыше 100 тыс.м³/сут целесообразно применять сбраживание осадков в метантенках с утилизацией газов брожения. Обезвоживание сброженного осадка можно выполнять в цехах механического обезвоживания на вакуум-фильтрах или фильтрах-прессах с предварительным кондиционированием осадка, которое осуществляется реагентными методами путем использования коагулянтов различного типа либо методом тепловой обработки сырых или сброженных осадков. Применение фильтров-прессов необходимо при последующей термической сушке или сжигании осадка. Образующуюся золу можно использовать в качестве присадочного материала для кондиционирования осадка.

В отдельных случаях может быть использована схема со сбраживанием осадка из первичных отстойников и последующей аэробной обработкой его в смеси с активным илом или схема с отдельным сбраживанием осадка первичных отстойников и аэробной стабилизацией активного ила.

Обеззараживание осадка осуществляют на площадках компостирования или путем прогрева его до 60 °С.

В данной работе приводится ряд схем обработки осадков городских сточных вод (рис. 1-10), которые широко применяются в проектировании и хорошо зарекомендовали себя на практике. По аналогии с приведенными могут быть составлены и другие схемы, обязательно состоящие из следующих сооружений: уплотнения (сгущения), стабилизации органической части, обезвоживания и обеззараживания осадков. В табл. 1 даются рекомендации по условиям выбора и последовательности расчета каждой схемы.

Экспликация сооружений, приведенных на рис. 1-10, принята следующая:

- 1 – первичные отстойники;
- 2 – сооружения биологической очистки воды (аэротенки или био-фильтры);
- 3 – вторичные отстойники;
- 4 – илоуплотнители;
- 5 – насосная станция для перекачки осадка и ила;
- 6 – насосная станция иловой и дренажной воды;
- 7 – метантенки;
- 8 – иловые площадки;
- 9 – резервуар-регулятор расхода;
- 10 – реагентное хозяйство извести;
- 11 – реагентное хозяйство железного коагулянта;
- 12 – вакуум-фильтры (фильтры-прессы);
- 13 – транспортер;
- 14 – ресивер для разделения водовоздушной смеси;
- 15 – вакуум-насос;
- 16 – насос для перекачки фильтрата;
- 17 – бак-накопитель и решетка-дробилка;
- 18 – центрифуга;
- 19 – сушильные аппараты (барабанные сушилки или сушилки со встроенными струями);
- 20 – площадки или бункеры-накопители для складирования обработанного осадка;
- 21 – аппараты для сжигания осадка (барабанные или с кипящим слоем);
- 22 – дегельминтизатор;
- 23 – аэробный стабилизатор;
- 24, 25 – площадки компостирования;
- 26 – сооружения для промывки и уплотнения осадка.

Схемы обработки сырых осадков приведены на рис. 1, а состав элементов и описание конкретных схем – на рис. 2. Обозначения элементов на рис.2 соответствуют их обозначениям в нижней части рис. 1.

Схемы обработки сброженных осадков в метантенках представлены на рис. 3. Состав элементов и описание схем – на рис. 4. Схемы обработки аэробно-стабилизированных осадков показаны на рис. 5 и 7, состав элементов и описание схем – на рис. 6 и 8.

Схемы обработки анаэробно-сброженного осадка первичных отстойников и аэробно-стабилизированного активного ила изображены на рис. 9 и 10. Как правило, эти схемы могут быть применены при реконструкции биохимической станции очистки.

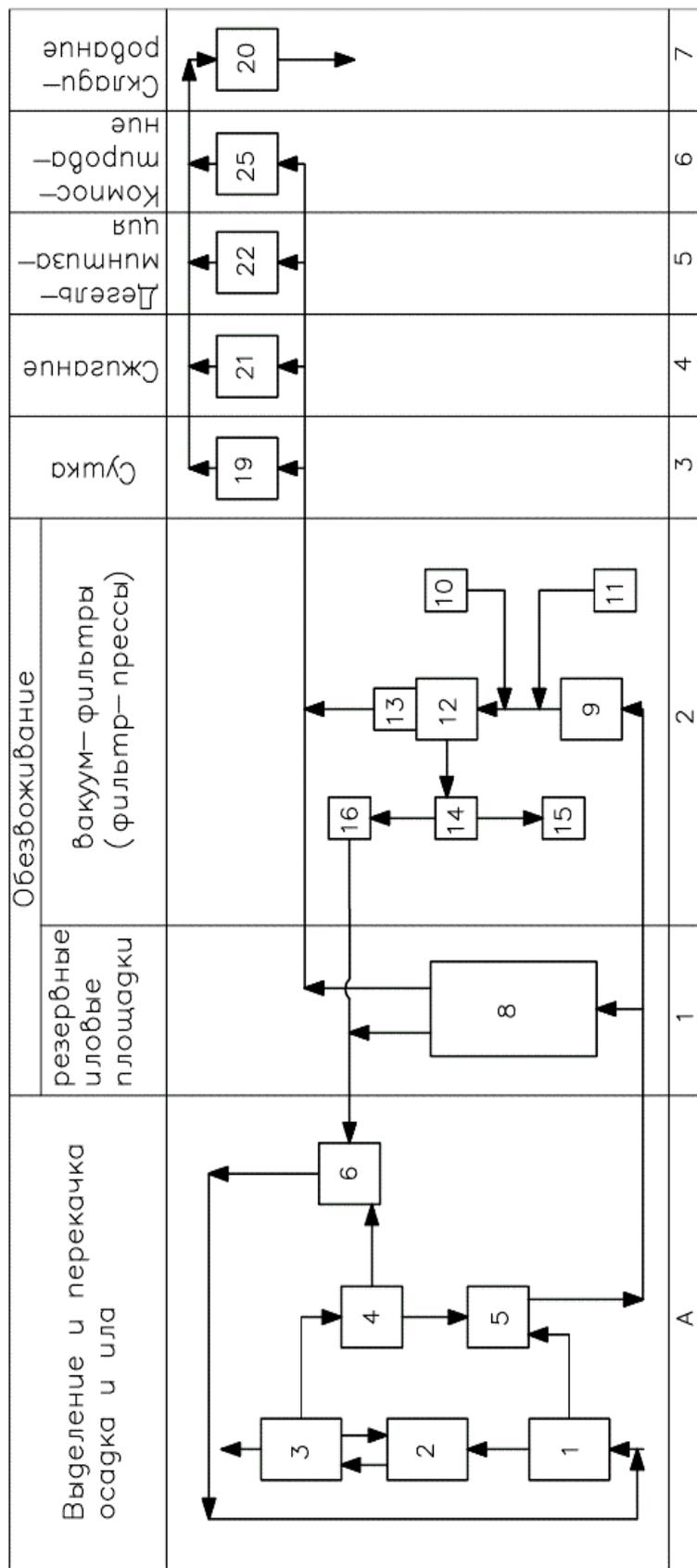


Рис.1. Схемы обработки сырых осадков и избыточного активного ила

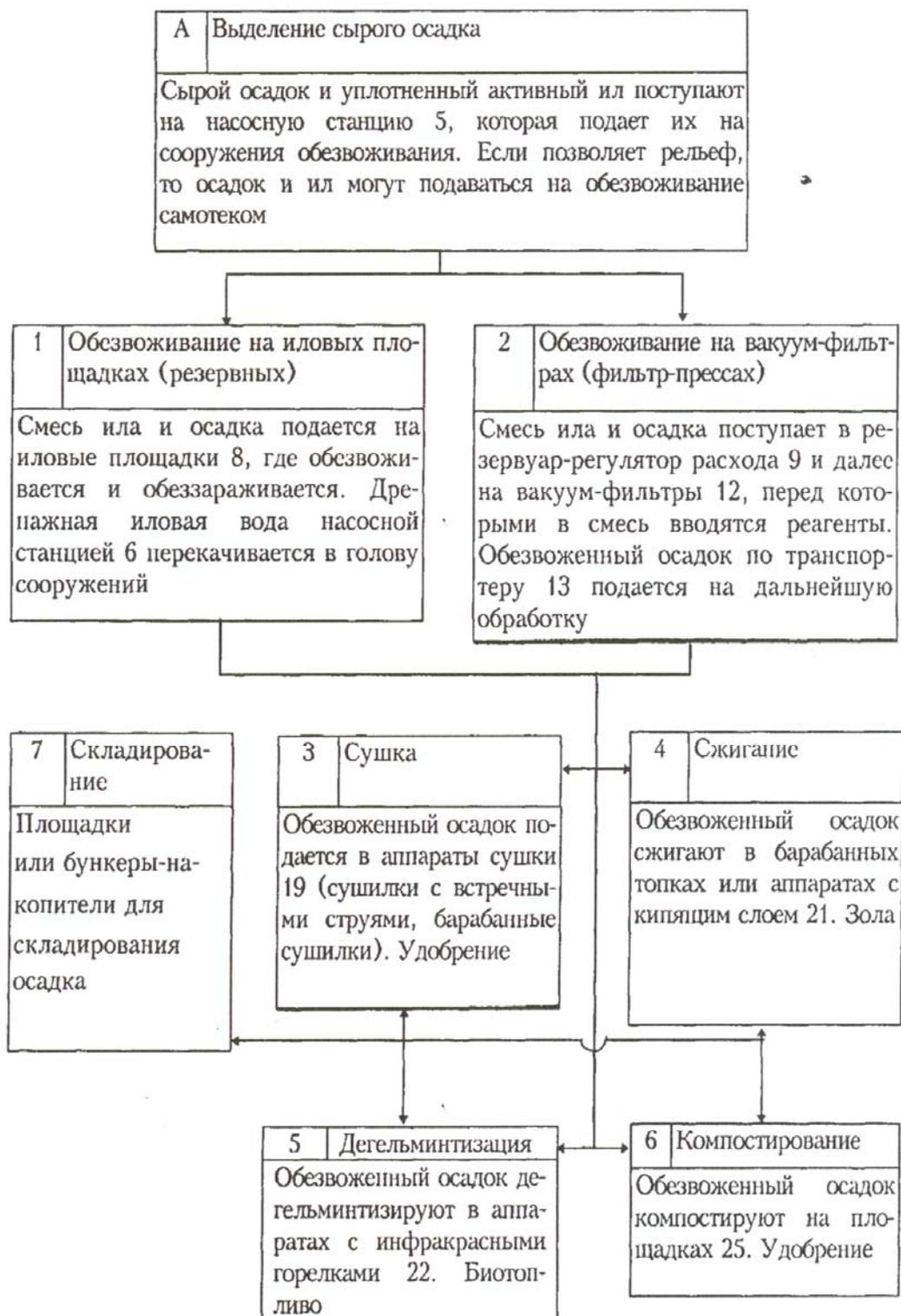


Рис. 2. Состав элементов и описание схем обработки сырых осадков и избыточного активного ила

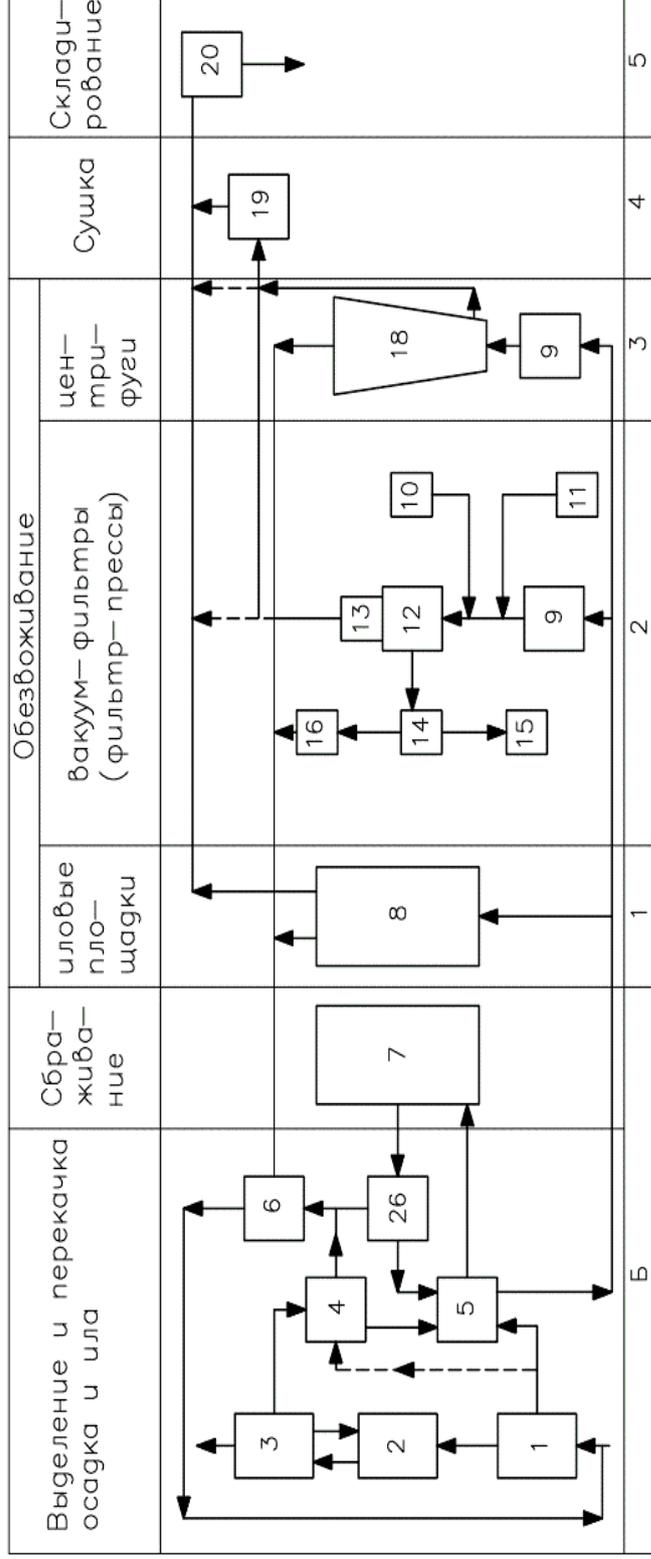


Рис.3. Схемы обработки анаэробно-сброженных осадков

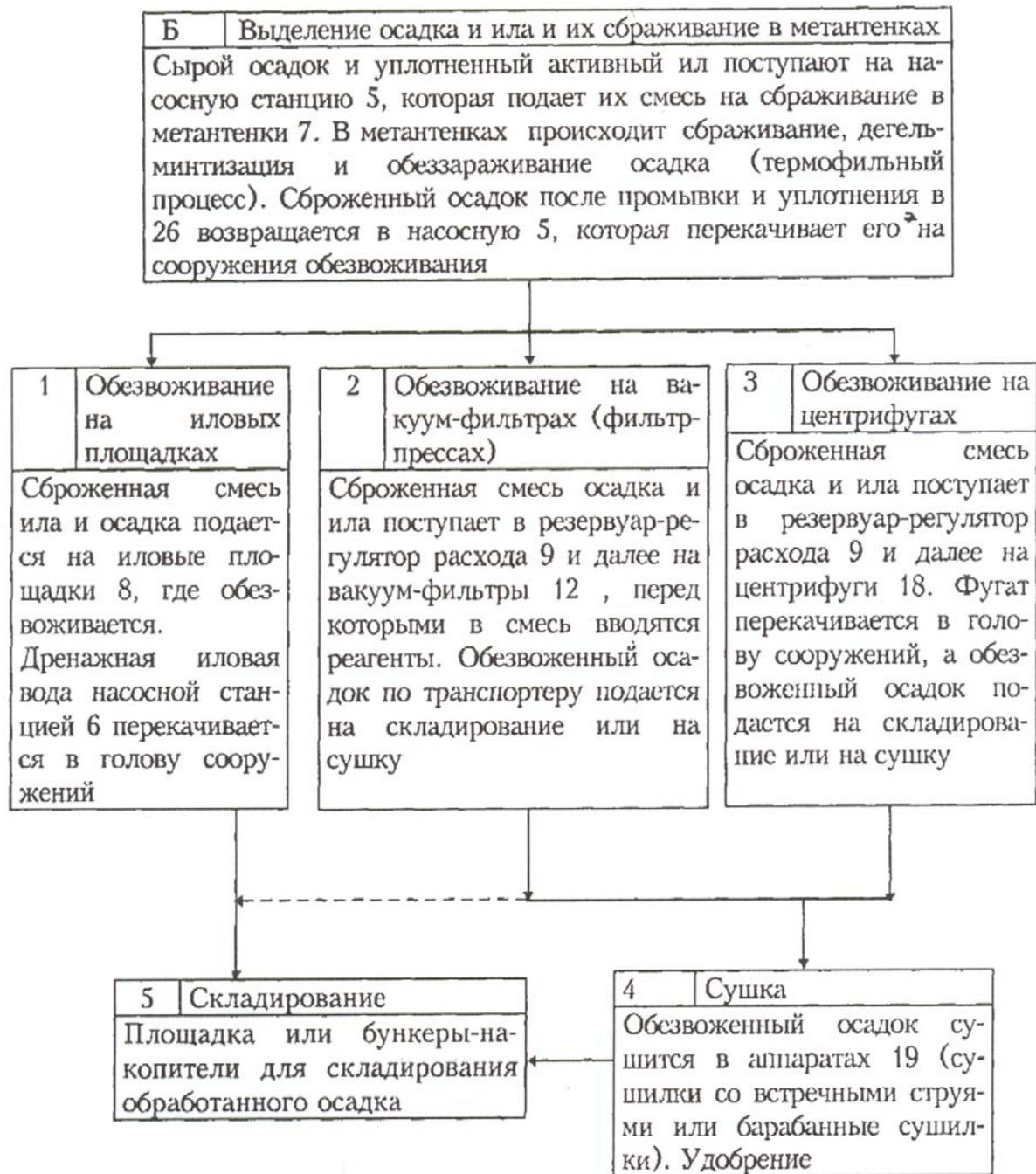


Рис.4. Состав элементов и описание схем обработки анаэробно-сброженных осадков

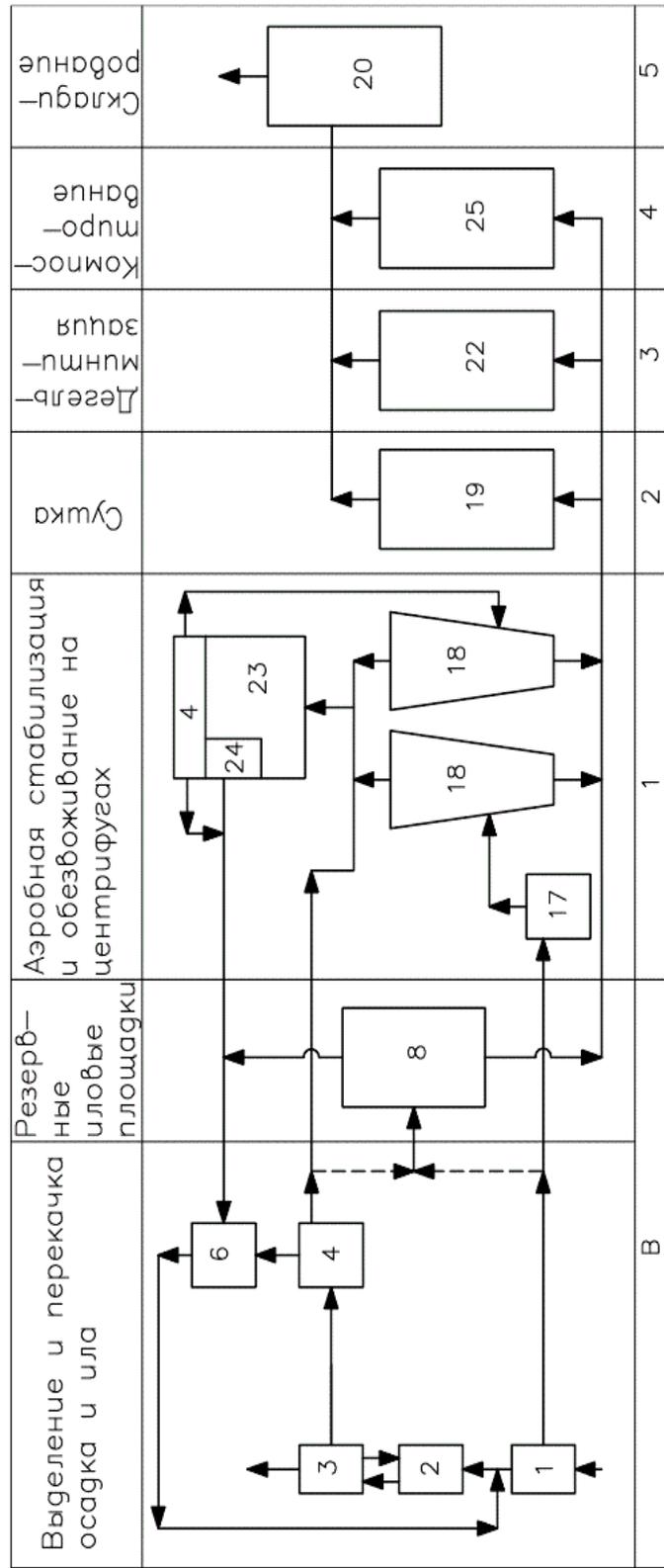


Рис.5. Схемы обработки аэробно-стабилизированных осадков, обезвоженных на центрифугах

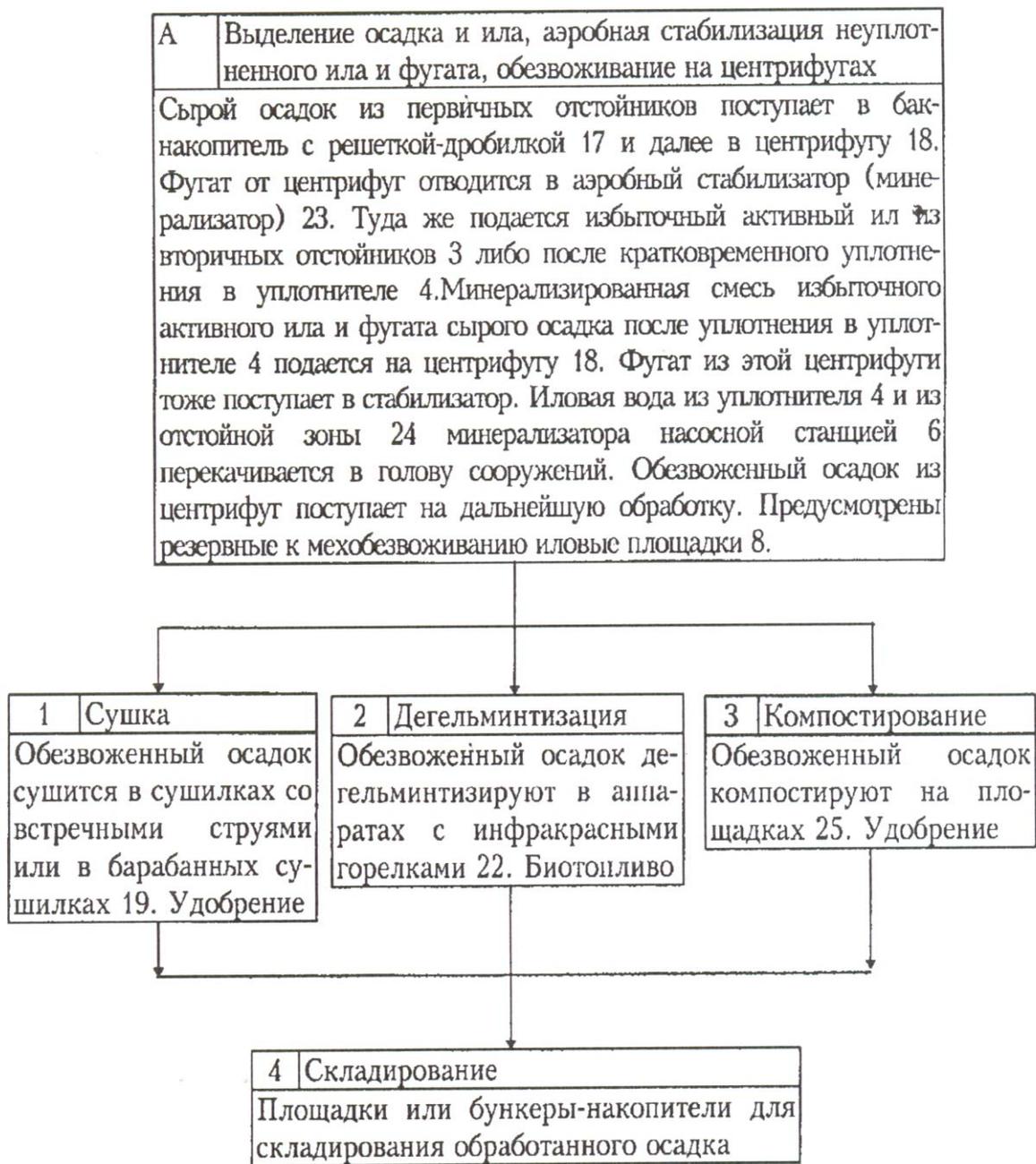


Рис. 6. Состав элементов и описание схем обработки аэробно-стабилизированных осадков

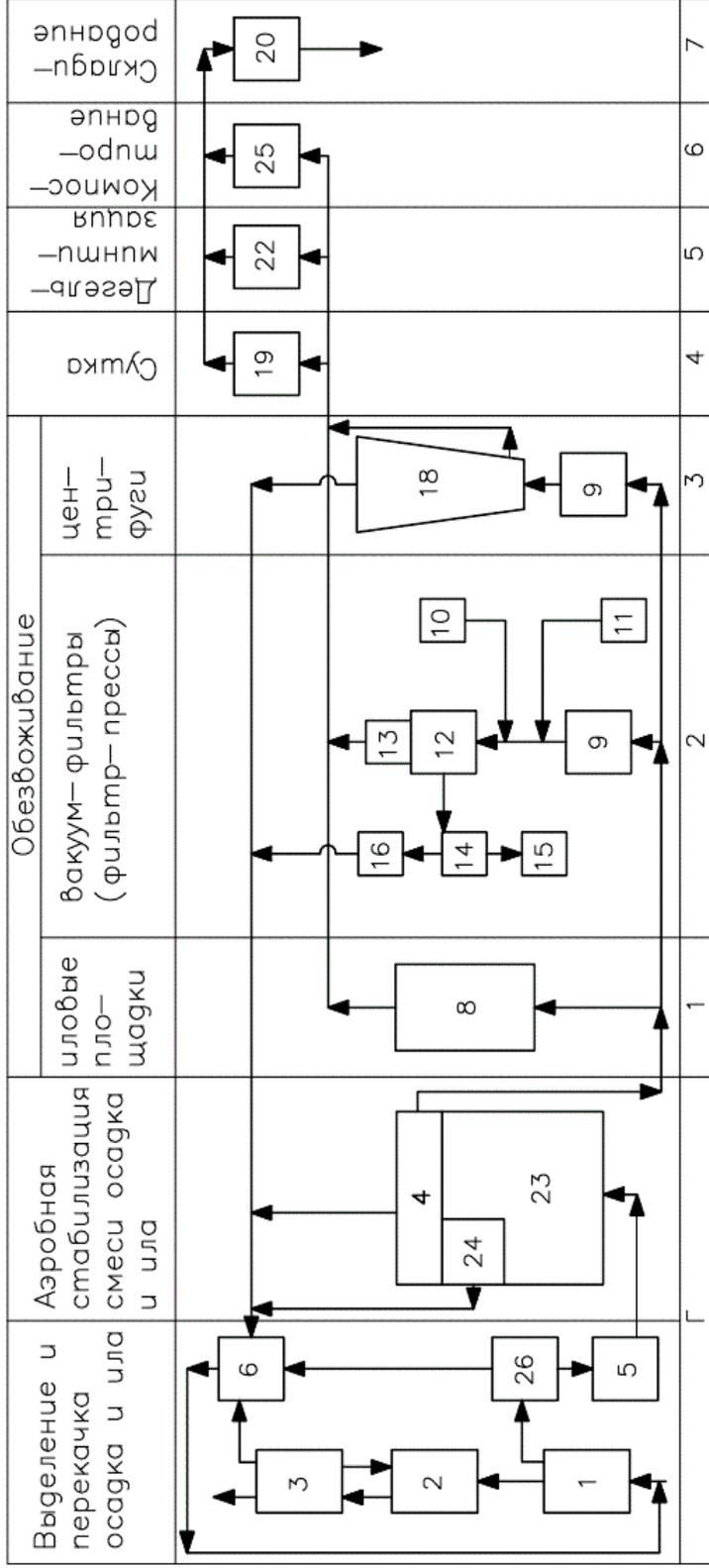


Рис.7. Схемы обработки аэробно-стабилизированных осадков

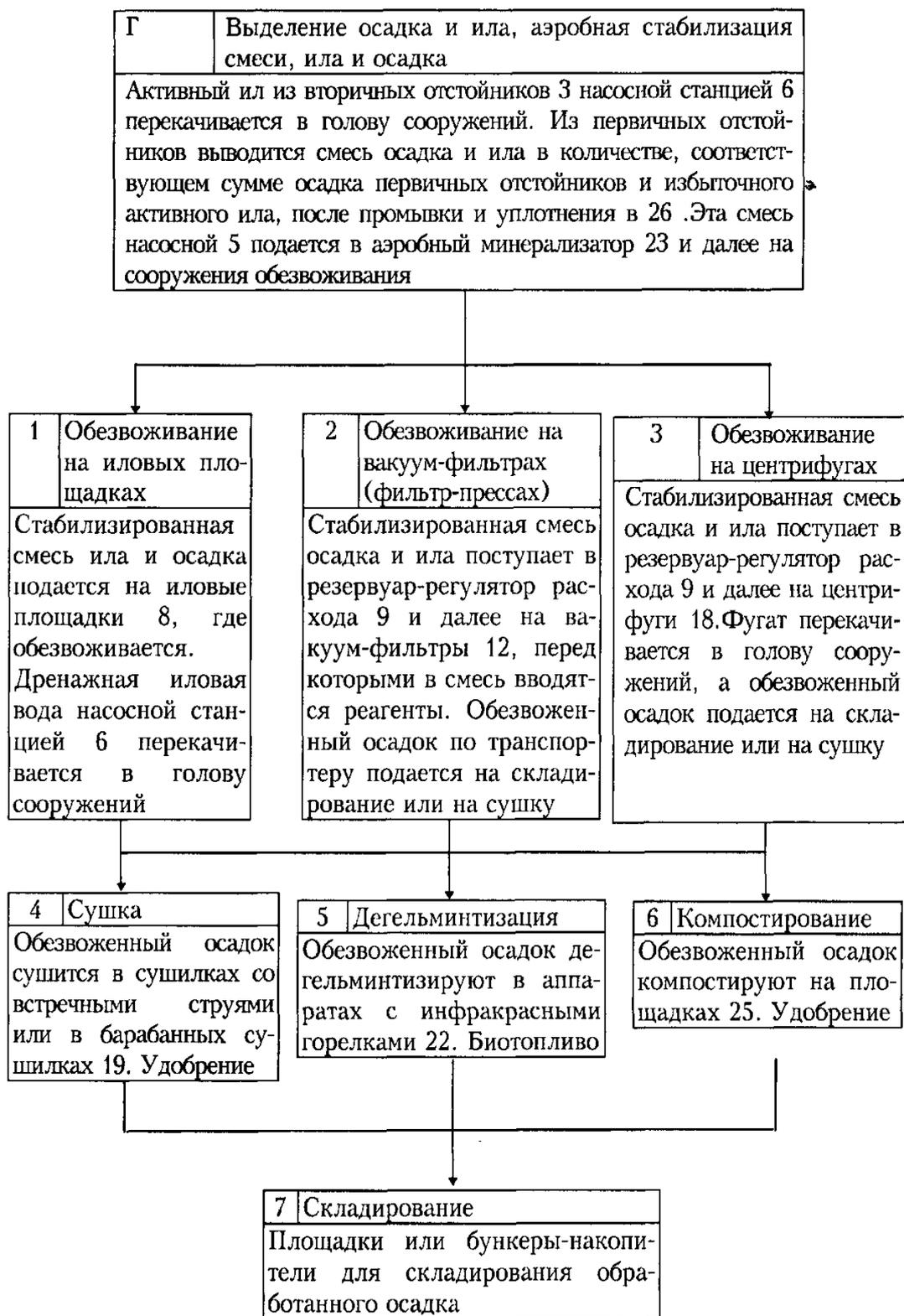


Рис. 8. Состав элементов и описание схем обработки аэробно-стабилизированных осадков

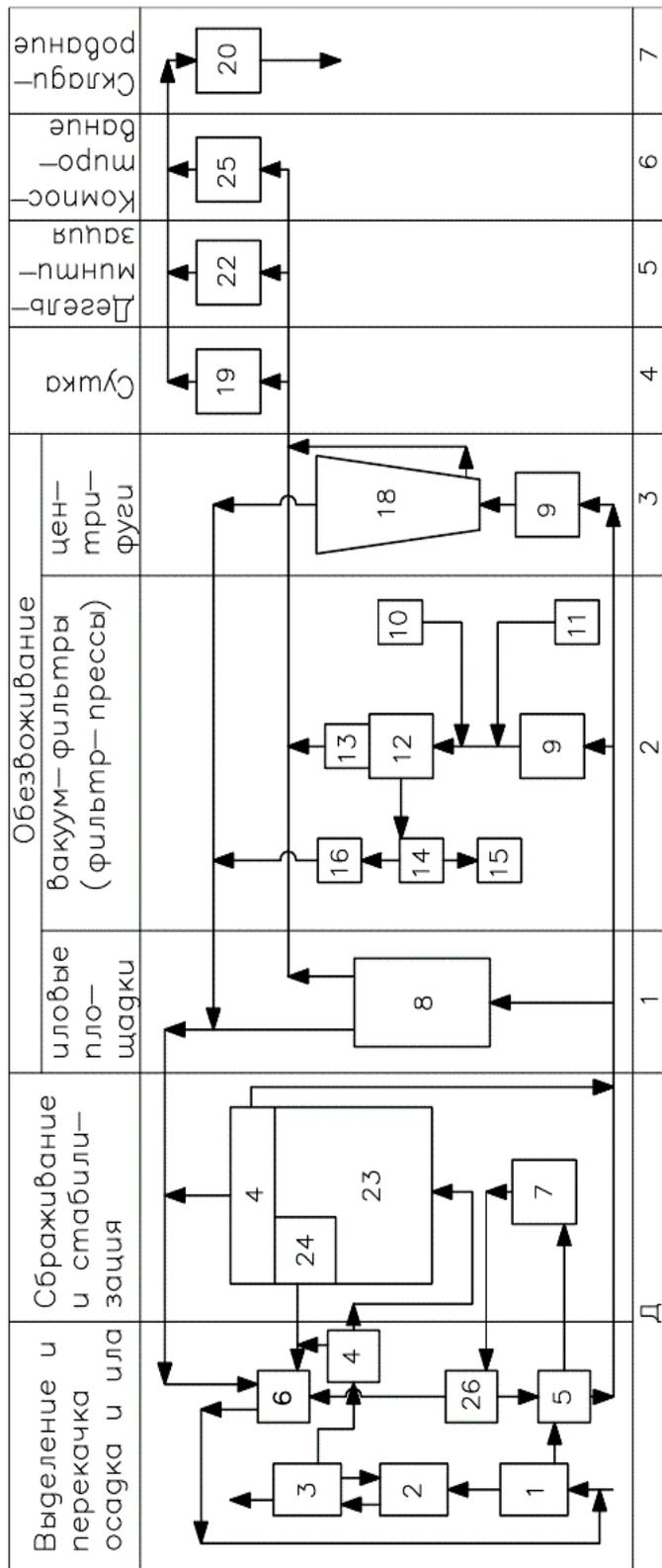


Рис.9. Схемы обработки анаэробно-сброженных осадков первичных отстойников и аэробно-стабилизированного избыточного ила

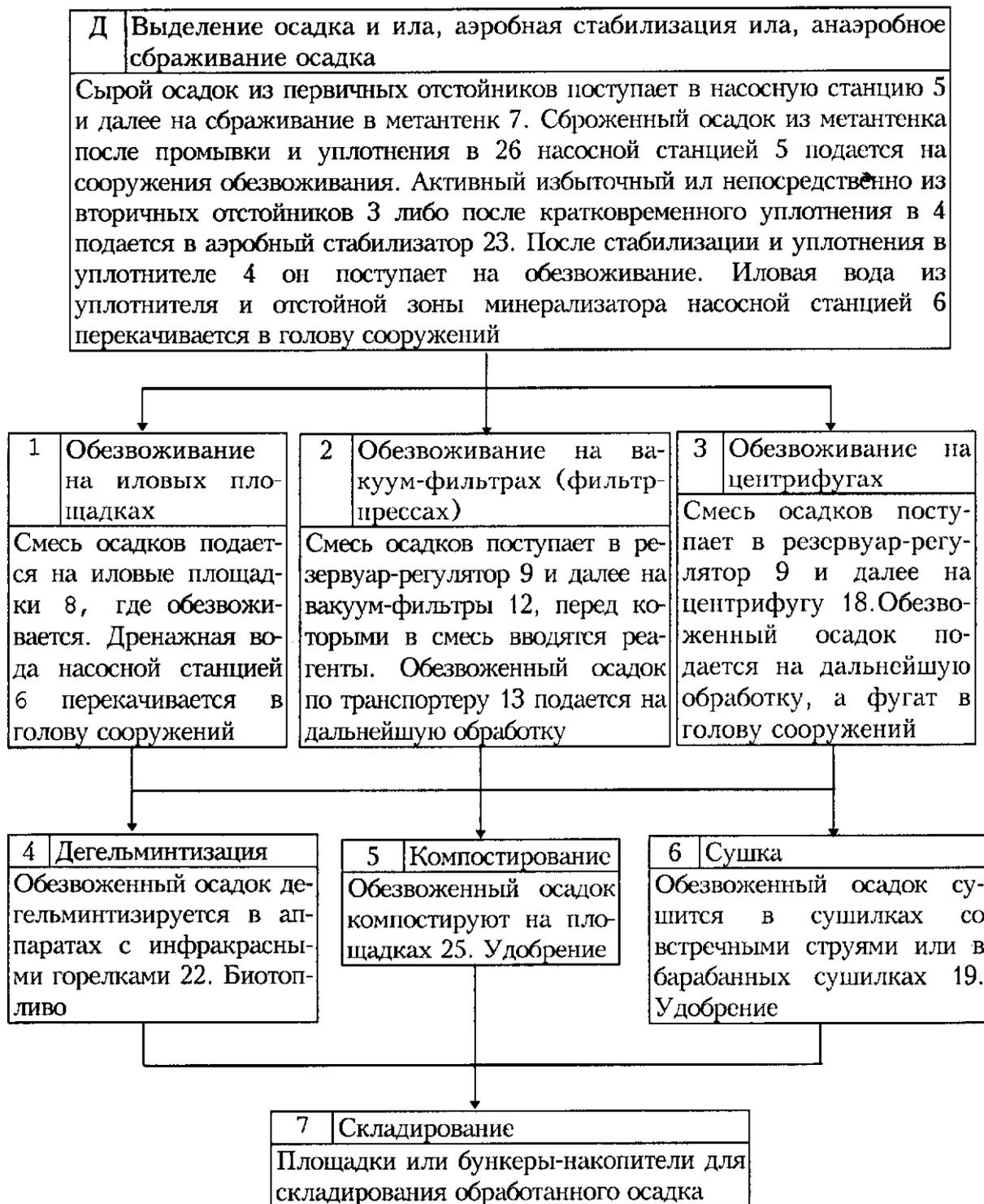


Рис. 10. Состав элементов и описание схем обработки анаэробно-сброженного осадка первичных отстойников и аэробно-стабилизированного избыточного ила

Рекомендации по выбору схемы обработки осадков

Обозначение и характеристика схемы обработки осадков	Производит., тыс. м ³ /сут	Район строительства	Потребность в реагентах	Потребность в энергии	Потребность в земельных площадях	Рекомендации по использованию осадка
1	2	3	4	5	6	7
<i>А. Обработка сырого осадка и избыточного ила</i>						
А.1.2.3.7. Обезвоживать на вакуум-фильтрах (фильтрах-прессах), сушка	Не ограничена	Не ограничен	Известь, железный коагулянт	Газ для сушки	Требуется площадь для резервных иловых площадок	Высушенный осадок на удобрение для кислых почв
А.1.2.4.7. Обезвоживание на вакуум-фильтрах (фильтрах-прессах), сжигание	Не ограничена	Не ограничен	Известь, железный коагулянт	Газ для сжигания	Требуется площадь для резервных иловых площадок	Зола на подсыпку территории или заполнитель бетона
А.2.5.7. Обезвреживание на вакуум-фильтрах (фильтрах-прессах), дегельминтизация	Не ограничена	Не ограничен	Известь, железный коагулянт	Газ для дегельминтизации	Требуется площадь для резервных иловых площадок	Обеззараженный осадок – биотопливо в парники, на удобрение для кислых почв

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>Б.Обработка анаэробно-сброженных осадков</i>						
Б.1.5. Обезвоживание на иловых площадках, компостирование	Не огр-ничена при наличии площадей	Юг, средняя полоса	Нет	Для подогрева метантеков	Площадь для иловых площадок	Обеззараженный осадок на удобрение
Б.1.2.4.5. Обезвоживание на вакуум-филтрах (филтрах-пресссах), сушка	Не огр-ничена при наличии площадей	Не ограничен	Известь, железный коагулянт	Для подогрева метантика и газ для сушки	Площадь для резервных иловых площадок	Высушенный осадок на удобрение для кислых почв
Б.1.2.5. Обезвоживание на вакуум-филтрах (филтрах-пресссах), компостирование	Не огр-ничена при наличии площадей	Не ограничен	Известь, железный коагулянт	Для подогрева метантеков	Площадь для резервных иловых площадок	Обеззараженный осадок на удобрение кислых почв
Б.1.3.4.5. Обезвоживание на центрифугах, сушка	ТЭО	Не ограничен	Нет	Для подогрева метантенков, газ для сушки, эл. энергия для центрифуг	Площадь для резервных иловых площадок	Высушенный осадок на удобрение
Б.1.3.5. Обезвоживание на центрифугах, компостирование	ТЭО	Не ограничен	Нет	Для подогрева метантенков, эл.энергия для центрифуг	Площадь для резервных иловых площадок	Обеззараженный осадок на удобрение

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>В. Обработка аэробно-стабилизированных осадков, обезвоженных на центрифугах</i>						
В.1.4. Сушка	При технико-экономическом обосновании	Юг, средняя полоса	Нет	Подогрев минерализатора, газ для сушки, эл. энергия для центрифуг	Площадь для резервных иловых площадок	Высушенный осадок на удобрение
В.2.4. Дегельминтизация	При технико-экономическом обосновании	Юг, средняя полоса	Нет	Подогрев минерализатора, газ для дегельминтизации, эл. энергия для центрифуг	Площадь для резервных иловых площадок	Высушенный осадок на биотопливо, удобрение
В.3.4. Компостирование				Подогрев минерализатора, эл. энергия для центрифуг	Площадь для резервных иловых площадок и площадок компостиров.	Обеззараженный осадок на удобрение

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>Г. Обработка аэробно-стабилизированных осадков</i>						
<i>Д. Обработка анаэробно-сброженного осадка первичных отстойников и аэробно-стабилизированного избыточного ила</i>						
Г.(Д).1.5.7.Обез- живание на ило- вых площадках, дегельминтизация	При техни- ко-эконо- мическом обоснова- нии	Юг, средняя полоса	Нет	Подогрев минерализа- тора, газ на дегельминти- зацию	Площадь для иловых площадок	Обеззара- женный осадок на удобрение
Г.(Д).1.6.7.Обез- живание на ило- вых площадках, компостирование	При техни- ко-эконо- мическом обоснова- нии	Юг, средняя полоса	Нет	Подогрев минерализа- тора	Площадь для иловых площадок и площадок компостир.	Обеззара- женный осадок на удобрение
Г.(Д).1.2.4.7.Обез- живание на вакуум-филтрах, сушка	При техни- ко-эконо- мическом обоснова- нии	Юг, средняя полоса	Известь, железный коагулянт	Подогрев минерализа- тора, газ для сушки	Площадь для резервных иловых площадок	Высушенный осадок на удобрение для кислых почв
Г.(Д).1.2.5.7.Обез- живание на вакуум-филтрах, дегельминтизация	При техни- ко-эконо- мическом обоснова- нии	Юг, средняя полоса	Известь, железный коагулянт	Подогрев минерализаго- ра, газ для сушки	Площадь для резервных иловых площадок	Обеззаражен- ный осадок на биотопливо

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Г.(Д).1.2.6.7.Обезвоживание на вакуум-филтрах, компостирование	Не ограничено	Юг, средняя полоса	Нет	Подогрев минерализатора	Площадь для резервных ил. площадок и компостир.	Обеззараженный осадок на удобрение
Г.(Д).1.3.4.7.Обезвоживание на центрифугах, сушка	Не ограничено	Юг, средняя полоса	Нет	Подогрев минерализатора, газ на сушку, эл. энергия для центрифуг	Резервные иловые площадки	Высушенный осадок на удобрение
Г.(Д).1.3.5.7.Обезвоживание на центрифугах, дегельминтизация	Не ограничено	Юг, средняя полоса	Нет	Подогрев минерализатора, газ на дегельминтизацию, эл. энергия для центрифуг	Резервные иловые площадки	Обеззараженный осадок на удобрение
Г.(Д).1.3.6.7.Обезвоживание на центрифугах, компостирование	Не ограничено	Юг, средняя полоса	Нет	Подогрев минерализатора, эл. энергия для центрифуг	Резервные иловые площадки и площадки компостирования	Обеззараженный осадок на удобрение

Контрольные вопросы

1. Что влияет на выбор схемы обработки осадков городских сточных вод?
2. Перечислите основные стадии обработки осадков сточных вод.
3. Какие сооружения применяются для уплотнения избыточного активного ила?
4. Какие виды осадков сточных вод рекомендуется уплотнять?
5. Для чего применяется стабилизация осадков сточных вод?
6. Виды стабилизации осадков сточных вод.
7. Что такое кондиционирование осадка сточных вод?
8. Реагентное кондиционирование осадков сточных вод.
9. Безреагентное кондиционирование осадков сточных вод.
10. Для чего осуществляется обезвоживание осадков?
11. Какие сооружения и аппараты применяются для сушки осадка сточных вод?
12. Назовите типы сушилок для сушки осадка сточных вод.
13. Назовите типы печей для сжигания осадков сточных вод.
14. Для чего необходимо обеззараживать осадок сточных вод?
15. Какие методы применяются для обеззараживания осадка сточных вод?
16. Схема обработки осадков сточных вод при производительности станции биологической очистки до 10 тыс.м³/сут.
17. Схема обработки осадков сточных вод при производительности станции биологической очистки до 30 тыс.м³/сут.
18. Схема обработки осадков сточных вод при производительности станции биологической очистки до 50 тыс.м³/сут.
19. Схема обработки осадков сточных вод при производительности станции биологической очистки от 50 до 100 тыс.м³/сут.
20. Схема обработки осадков сточных вод при производительности станции биологической очистки свыше 100 тыс.м³/сут.

2. ОБРАБОТКА ОСАДКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

2.1. Методы обработки осадков

В процессе очистки производственных сточных вод, как правило, образуются осадки, различные по химическому составу и физическим свойствам. Объем осадков зависит от вида обрабатываемых сточных вод и принятого метода очистки. При совместной очистке бытовых и производственных сточных вод объем образующихся осадков обычно не превышает 0,5-2 % объема очищенной воды. При локальной очистке промстоков, особенно при обработке воды химическими реагентами для выделения из нее нерастворимых примесей, количество образующихся осадков может достигать 10-40 % расхода сточных вод.

Проблема обезвреживания и утилизации осадков является наиболее сложной, а технология обработки – наименее разработанной. Конечная цель обработки осадков сточных вод состоит в превращении их путем проведения ряда последовательных технологических операций в безвредный продукт, не вызывающий загрязнения окружающей природной среды. При этом ценные компоненты, содержащиеся в осадке, должны быть максимально утилизированы.

Химическая и санитарная характеристики осадков зависят от вида производственных сточных вод и от применяемого метода очистки.

По химическому составу осадки подразделяют на три группы: 1) преимущественно минерального состава; 2) преимущественно органического состава, имеющие зольность менее 10 %; 3) имеющие в своем составе вещества органического и минерального происхождения (зольность таких осадков может изменяться от 10 до 60 %).

Все осадки промстоков можно разделить на инертные и токсичные. Токсичные осадки подразделяются на четыре класса токсичности, которые приводятся в приложении, подготовленном по [14]. Кроме того, осадки бывают стабильные и нестабильные (загнивающие).

Химический состав осадков производственных сточных вод существенно влияет на выбор метода их обработки.

Важнейшим показателем способности осадков сточных вод к влагоотдаче является удельное сопротивление. Этот параметр учитывает изменение состава и свойств осадка и позволяет выбирать методы его обработки, а также осуществлять соответствующие технологические расчеты по [13]. В табл.2 приведены значения влажности и удельного сопротивления некоторых видов осадков промстоков.

Т а б л и ц а 2

Влажность и удельное сопротивление осадков
(по И.С.Туровскому)

Осадок	Влажность %	Удельное сопротивление $r \cdot 10^{-10}$, см/г
Шлам, полученный при нейтрализации: травильных растворов известью гальванических сточных вод известью	63,1-89,8	2,9-6,5
	95,5-97	15-45
Осадок Московского кожевенного завода им.Э.Тельмана	58,3-92,7	47-54
Осадок сточных вод производства обув- ных картонов	98-98,5	62-75
Уплотненный активный ил с очистных сооружений Омского завода синтети- ческого каучука	94,4-97,5	55-90
Осадок станкостроительного завода (г.Челябинск)	98,4	1,2-2,1
Осадок механического завода (г.Орск)	95,3-97,6	1,3-8,21
Осадок автозавода им. Лихачева (г.Москва)	95	5,46-17,1

В общем случае обработка осадков производственных сточных вод состоит из следующих стадий: уплотнение или сгущение; стабилизация; кондиционирование; обезвоживание; обезвреживание; ликвидация; обеззараживание; утилизация. На рис. 11 показаны типовые процессы, применяемые для обработки осадков производственных сточных вод.

В каждом конкретном случае при проектировании методов и схем обработки осадков промышленных сточных вод рассчитываются класс токсичности осадков по [14, 19], степень опасности осадков и уточняются способы утилизации и обезвреживания либо захоронения промтоходов.

2.2. Определение класса токсичности осадка

В основу определения класса токсичности промышленных отходов положен расчетный метод, включающий:

1) вероятностный принцип при оценке возможного влияния промышленных отходов на окружающую среду;

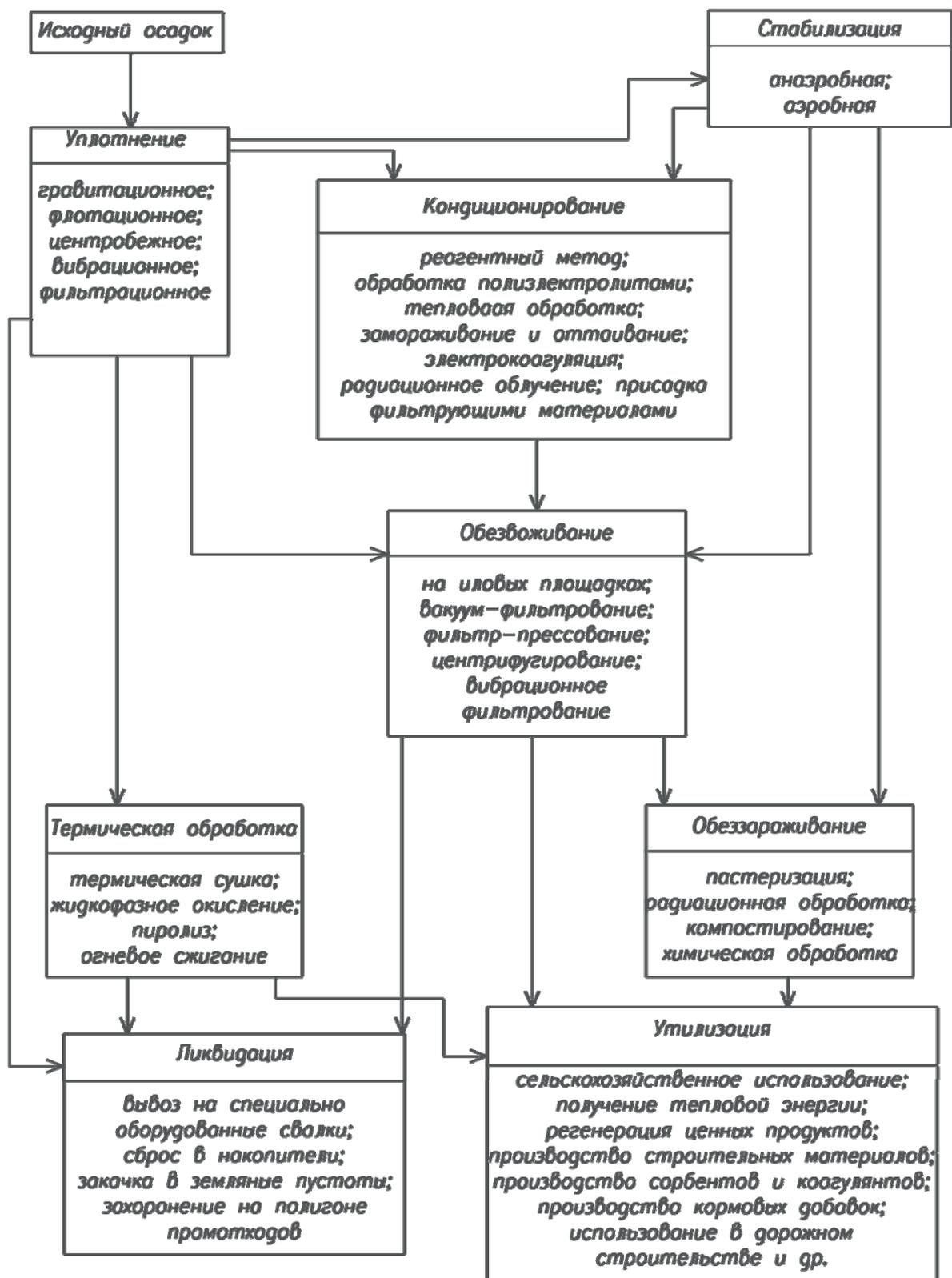


Рис.11. Стадии и методы обработки осадков промышленных сточных вод

2) использование гигиенических регламентов и параметров токсикометрии как наиболее значимых при оценке возможного вредного влияния промышленных отходов;

3) оценку класса токсичности промышленных отходов сложного состава по химическим соединениям, определяющим уровень токсичности отходов;

4) оптимальное сочетание сравнительно допустимых гигиенических, токсикологических и физико-химических параметров, позволяющих оценить вероятное вредное воздействие токсичных веществ на окружающую среду;

5) принцип взаимозаменяемости некоторых параметров.

2.2.1. Определение класса токсичности на основе ПДК химических веществ в почве

1. Определяют индекс токсичности:

$$K_i = \frac{\text{ПДК}_i}{(S + C_v)_i},$$

где ПДК_i – предельно допустимая концентрация токсичного химического вещества, содержащегося в отходе, в почве, определяется по [19, 20], мг/кг;

S – коэффициент, отражающий растворимость вещества в воде, безразмерный, определяется экспериментально или с помощью справочников;

C_v – содержание данного химического вещества в общей массе отходов, т/т;

i – порядковый номер данного компонента.

Величину K_i округляют до первого знака после запятой.

2. Рассчитав K_i для отдельных компонентов отхода, выбирают 1-3 ведущих компонента, имеющих минимальное значение K_i , причем $K_1 < K_2 < K_3$. Кроме того, должно выполняться условие $2K_1 \geq K_3$.

3. Находят суммарный индекс токсичности:

$$K_\Sigma = \frac{1}{n^2} \sum_1^n K_i,$$

где n – количество ведущих компонентов, имеющих минимальное значение K_i , $n \leq 3$.

После расчета K_Σ с помощью табл. 3 определяют класс токсичности промышленных осадков.

Т а б л и ц а 3

Классификация опасности химических веществ
на основе их ПДК в почве

Расчетная величина по ПДК в почве	Класс токсичности	Степень опасности
Менее 2	I	Чрезвычайно опасные
От 2 до 16	II	Высокоопасные
От 16,1 до 30	III	Умеренно опасные
Более 30	IV	Малоопасные

2.2.2. Определение класса токсичности при отсутствии ПДК в почве

1. Определяют индекс токсичности для каждого компонента в осадке, используя величину $ДЛ_{50}$, по формуле

$$K_i = \frac{\lg(ДЛ_{50})_i}{(S + 0,1F + C_B)_i},$$

где $ДЛ_{50}$ – параметр токсикометрии данного компонента в промышленных осадках при однократном воздействии его на живые организмы, который принимают по [21], мг/кг;

F – коэффициент летучести данного компонента, безразмерный, который находят экспериментально или по [22];

S, C_B, i – параметры, определение которых приведено в подразд. 2.2.1.

Величину K_i округляют до первого знака после запятой, а затем расчет ведется по пунктам 2 и 3, приведенным в подразд. 2.2.1 без изменений.

Рассчитав K_{Σ} по табл. 4, определяют класс токсичности промышленного осадка.

Т а б л и ц а 4

Классификация опасности химических веществ по $ДЛ_{50}$

Величина K_{Σ} , полученная на основе $ДЛ_{50}$	Класс токсичности	Степень опасности
Менее 1,3	I	Чрезвычайно опасные
От 1,3 до 3,3	II	Высокоопасные
От 3,4 до 10	III	Умеренно опасные
Более 10	IV	Малоопасные

2.2.3. Определение класса токсичности осадка при отсутствии ПДК химических веществ в почве и ДЛ₅₀

При отсутствии ПДК в почве и ДЛ₅₀ для некоторых компонентов отходов, но при наличии величин классов токсичности осадка в воздухе рабочей зоны в формулу, определяющую значение K_i (см. подразд. 2.2.2), подставляют условные величины ДЛ₅₀, ориентировочно определяемые по показателю класса токсичности в воздухе рабочей зоны с помощью вспомогательной табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Классы токсичности осадка в воздухе рабочей зоны и соответствующие им условные величины ДЛ₅₀

Класс токсичности осадка в воздухе рабочей зоны	Эквивалент, мг/кг
I	15
II	150
III	5000
IV	Более 5000

2.2.4. Определение предельного содержания токсичных веществ в общей массе токсичных отходов

1. Определяют предельное содержание токсичного вещества в отходе по формуле

$$C_{\text{пр}} = \frac{\lg(\text{ДЛ}_{50})_i \sum a_i}{n^2 K_{\text{III}}} - (S_1 + 0,1F),$$

где $\lg(\text{ДЛ}_{50})_i$ – логарифм величины ДЛ₅₀ для того компонента смеси, для которого величина K_i , определяемая по формуле, приведенной в подразд. 2.2.2, является минимальной, то есть для K_1 ;

$\sum a_i$ – сумма отношений K_1, K_2, K_3 к минимальной величине K , то есть

$$\sum a_i = 1 + \frac{K_2}{K_1} + \frac{K_3}{K_1};$$

S_1 – коэффициент, отражающий растворимость компонента в воде, соответствующего K_1 ;

F – коэффициент летучести этого компонента;

K_{III} – индекс токсичности, соответствующий III классу токсичности осадка;

i, n – параметры, определение которых приведено в подразд. 2.2.1.

2.2.5. Определение величин ПДК в почве, ДЛ₅₀, коэффициентов растворимости и летучести

ПДК в почве определяют по [19, 20, 23].

ДЛ₅₀ находят по [21, 22] либо экспериментально.

При наличии в справочниках нескольких величин ДЛ₅₀ для различных видов теплокровных животных выбирают при расчете индекса токсичности осадка наименьшее значение ДЛ₅₀.

С помощью справочников или экспериментально определяют растворимость данного химического вещества или соединения в воде в граммах на 100 г воды при 25 °С. Эту величину делят на 100 и получают безразмерный коэффициент S , который в большинстве случаев находится в интервале от 0 до 1.

По справочникам находят давление насыщенного пара индивидуальных компонентов в смеси в мм рт. ст. (имеющих температуру кипения при 760 мм рт. ст. не выше 80 °С) для температуры 25 °С. Полученную величину делят на 760 мм рт. ст. и определяют безразмерную величину, которая находится в интервале от 0 до 1.

2.2.6. Пример расчета индекса токсичности

Предположим, что 10 т отходов содержат 8 т CCl_4 и 2 т HgCl_2 .

1. Четыреххлористый углерод CCl_4 . Температура кипения 76,5 °С, растворимость в воде 0,08 г / 100 г, то есть $S=0,0008$; по [22, т. I] находим, что давление насыщенного пара равно 112,2 мм рт. ст., отсюда $F=0,15$. По [21] определяем ДЛ₅₀ – 9006 мг/кг (для мышей), 6200 мг/кг (для крыс), 5760 мг/кг (для морских свинок и кроликов).

$$K_1 = \frac{\lg 5760}{0,0008 + 0,1 \cdot 0,15 + \frac{8}{10}} = 4,6.$$

2. Ртуть хлорная (сулема) HgCl_2 . Ее растворимость 16,59 г на 100 г воды, то есть $S=0,01659$. Минимальное ДЛ₅₀ – 17,5 мг/кг (для мышей).

$$K_2 = \frac{\lg 17,5}{0,01659 + 0 + \frac{2}{10}} = 5,7.$$

3. Суммарный индекс токсичности:

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{2^2} (4,6 + 5,7) = 2,6.$$

По $K_{\Sigma}=2,6$ и табл. 4 определяем класс токсичности осадка – II (высокоопасные).

Контрольные вопросы

1. Каков объем образующихся осадков сточных вод на городских очистных сооружениях?
2. Каков объем образующихся осадков сточных вод при локальной очистке промстоков?
3. На какие группы подразделяется осадок промстоков по химическому составу?
4. На сколько классов токсичности подразделяются токсичные осадки?
5. Назовите стадии обработки осадков производственных сточных вод.
6. Перечислите степень опасности каждого класса токсичности осадков промстоков.
7. Для чего определяется класс токсичности осадка промстоков?

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Сырой осадок первичных отстойников

1. Количество осадка по сухому веществу, т/сут:

$$M_{mud} = \frac{Q_w (C_{en} - C_{ex})}{10^6},$$

где Q_w – среднесуточный приток сточных вод, м³/сут;

C_{en} – концентрация взвешенных веществ в поступающей воде, г/м³, мг/л;

C_{ex} – концентрация взвешенных веществ в осветленной воде, г/м³, мг/л.

2. Объем осадка, м³/сут, выделяемого при отстаивании, определяется по формуле

$$W_{mud} = \frac{Q_w (C_{en} - C_{ex})}{(100 - P_{mud}) \gamma_{mud} \cdot 10^4},$$

где γ_{mud} – плотность осадка, принимается 1,05 г/м³;

P_{mud} – влажность осадка, %, принимается: при удалении осадка под гидростатическим давлением $P_{mud} = 95$ %; при удалении плунжерным насосом $P_{mud} = 93,5$ %; при наличии преаэрации $P_{mud} = 94,5$ %.

3. Гигроскопическая влажность P_q , %, и зольность S_{mud} , %, принимаются:

$$P_q = 5-6 \%, \quad S_{mud} = 25-27 \%.$$

4. Расход беззольного вещества, т/сут:

$$M_{mud}^S = \frac{M_{mud} (100 - P_q) (100 - S_{mud})}{10^4}.$$

5. Щелочность осадка принимается: $q_0 = 25$ мг-экв/л.

6. Удельное сопротивление осадка, см/г, принимается в зависимости от влажности осадка:

$$r_0 = (200-1000) 10^{10} \text{ при влажности } 92-96 \%;$$

$$r_0 = (50-300) 10^{10} \text{ при влажности } 90-93 \%.$$

Сырой избыточный активный ил аэротенков

1. Количество ила по сухому веществу, т/сут:

$$M_{mud.a} = \frac{P_i Q_w}{10^6},$$

где P_i – прирост ила в аэротенках, г/м³, поступающего на обработку, согласно [1, п. 6.148],

$$P_i = 0,8C_{cdp} + K_g L_{en};$$

здесь C_{cdp} – концентрация взвешенных веществ, поступающих в аэротенк, г/м³, мг/л;

L_{en} – БПК_{полн.}, концентрация органических веществ, поступающих в аэротенк со сточной водой (с учетом снижения БПК_{полн.} при первичном отстаивании), г/м³, мг/л;

K_g – коэффициент прироста (для городских и близких к ним по составу производственных сточных вод $K_g=0,3$; при очистке сточных вод в окситенках величина K_g снижается до 0,25).

2. Объем ила, м³/сут:

$$W_{mud.a} = \frac{M_{mud.a} \cdot 100}{(100 - P_{mud.a}) \gamma_{mud.a}},$$

где $P_{mud.a}$ – влажность избыточного активного ила, принимается равной 99,5 %;

$\gamma_{mud.a}$ – плотность активного ила ($\gamma_{mud.a} = 1,03$ т/м³).

3. Объем, м³/сут, уплотненного избыточного активного ила:

$$W_u = \frac{M_{mud.a} \cdot 100}{100 - P_{en}},$$

где P_{en} – влажность ила после уплотнения, %, принимается по [1, табл. 58].

4. Гигроскопическая влажность ила P'_g , %, и зольность $S_{mud.a}$, %, принимаются соответственно:

$$P'_g = 5-6 \%; S_{mud.a} = 25-27 \%.$$

5. Количество беззольного вещества, т/сут:

$$M_{mud.a}^S = \frac{M_{mud.a} (100 - P'_g) (100 - S_{mud.a})}{10^4}.$$

6. Щелочность ила:

$$g_a = 10 \text{ мг экв/л.}$$

7. Удельное сопротивление ила:

$$r_a = (1000-3000) 10^{10} \text{ см/Г.}$$

Биологическая пленка биофильтров

1. Количество биопленки, т/сут, по сухому веществу:

$$M_{mud.b} = \frac{aN}{10^6},$$

где a – количество избыточной биопленки на 1 человека, г/(чел·сут),
принимается $a = 28$ г/(чел·сут);

N – приведенное число жителей по БПК_{полн}, чел.

2. Объем избыточной биопленки, м³/сут:

$$W_{mud.b} = M_{mud.b} \frac{100}{(100 - P_{mud.b})},$$

где $P_{mud.b}$ – влажность избыточной биопленки, %, принимается 96 % по [1, п. 6.135].

3. Количество беззольного вещества биопленки, т/сут:

$$M_{mud.b}^s = \frac{M_{mud.b} (100 - P'_{g.b}) (100 - S_{mud.b})}{10^4},$$

где $P'_{g.b} = P'_g$; $S_{mud.b} = S_{mud.a}$.

Смесь сырых осадков первичных отстойников и активного ила аэротенков или биологической пленки биофильтров

1. Количество смеси по сухому веществу, т/сут:

$$M_{tot} = M_{mud} + M_{mud.a, mud.b}$$

где M_{mud} – количество сухого вещества осадка, т/сут;

$M_{mud.a}$ – количество сухого вещества ила, т/сут, если в смесь входит избыточный активный ил;

$M_{mud.b}$ – количество сухого вещества биопленки, т/сут, если в смесь входит биопленка.

2. Объем смеси, м³/сут:

$$W_{tot} = W_{mud} + W_{mud.a, mud.b}$$

где W_{mud} – объем осадка, м³/сут;

$W_{mud.a}$ – объем ила, м³/сут;

$W_{mud.b}$ – объем биопленки, м³/сут.

3. Влажность смеси, %:

$$P_{mix} = 100\left(1 - \frac{M_{tot}}{W_{tot}}\right).$$

4. Расход беззольного вещества смеси, т/сут:

$$M_{tot}^s = M_{mud}^s + M_{mud.a, mud.b}^s$$

где M_{mud}^s – расход беззольного вещества осадка, т/сут;

$M_{mud.a}^s$ – расход беззольного вещества активного ила, т/сут;

$M_{mud.b}^s$ – расход беззольного вещества биопленки, т/сут.

5. Зольность смеси, %:

$$S_{tot} = \left[1 - \frac{M_{tot}^s}{\frac{M_{mud}(100 - P'_g)}{100} + \frac{M_{mud.a}(100 - P'_g)}{100} + \frac{M_{mud.b}}{100}} \right] \cdot 100,$$

где P'_g – гигроскопическая влажность ила, %, если в смесь входит ил, или $P'_g = P'_{g.b}$ – гигроскопическая влажность биопленки, если в смесь входит биопленка.

6. Удельное сопротивление смеси, см/г:

$$r_{tot} = \frac{r_0 W_{mud} (100 - P'_g) + r_{a, mud.a} W_{mud.a} (100 - P'_g)}{W_{tot} (100 - P_{mix})},$$

где r_0 – удельное сопротивление осадка, см/г (см. разд. 3 «Сырой осадок первичных отстойников»);

$r_{a, mud.a}$ – удельное сопротивление ила или биопленки, см/г.

Удельное сопротивление смеси определяют, ориентируясь на влажность осадка:

$$\text{при } P_{mix} = 93-96 \% \quad r_{tot} = (200-700) 10^{10} \text{ см/Г};$$

$$\text{при } P_{mix} = 93-97 \% \quad r_{tot} = (700-2500) 10^{10} \text{ см/Г}.$$

7. Щелочность смеси, мг-экв/л:

$$g_{tot} = \frac{W_{mud} g_0 + W_{mud.a} \cdot g_a}{W_{mud} + W_{mud.a}},$$

где g_0 , g_a , g_b – щелочность соответственно осадка, ила, биопленки, мг-экв/л.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры сырого осадка первичных отстойников рассчитываются?
2. Какие параметры избыточного активного ила рассчитываются?
3. Какие параметры биологической пленки биофильтров определяются расчетом?
4. Назовите параметры, которые определяются расчетом для смеси сырых осадков первичных отстойников и активного ила аэротенков или биологической пленки биофильтров.

4. МЕТАНТЕНКИ

4.1. Метантенки применяются для анаэробного сбраживания осадков городских сточных вод. При этом учитываются состав осадков, наличие веществ, тормозящих процесс сбраживания и влияющих на выход газа. Рекомендуется проектировать метантенки для станций большой и средней производительности (50 тыс.м³/сут и более) по [1, пп. 6.356-6.363].

4.2. Сбраживание осадков осуществляется в мезофильном ($T=33\text{ }^{\circ}\text{C}$) или термофильном ($T=53\text{ }^{\circ}\text{C}$) режиме. Выбор режима сбраживания следует производить с учетом метода последующей обработки и утилизации осадков, а также санитарных требований.

4.3. Для поддержания требуемого режима сбраживания необходимо предусматривать: равномерную загрузку осадка в метантенки в течение суток; обогрев метантенков острым паром, выпускаемым через эжекторные устройства или подаваемым в теплообменные аппараты. К установке следует рекомендовать метантенки из железобетона, имеющие типовые габаритные размеры (табл. 6).

4.4. Определение вместимости метантенков следует производить по суточной дозе загрузки, которую находим по двум показателям: по влажности исходного осадка; по виду и концентрации в сточной воде поверхностно-активных веществ (ПАВ). В расчетах принимается меньшая из доз загрузки с учетом рекомендаций [1, п. 6.351].

Определение дозы загрузки D_{mt} по влажности осадка производится в соответствии с указаниями [1, п. 6.350, табл. 59].

При наличии в сточных водах анионных ПАВ суточная доза загрузки рассчитывается по формуле, %:

$$D_{mt} = \frac{10D_{lim}}{C_{dt}(100 - P_{mix})},$$

где C_{dt} – содержание ПАВ в осадке в мг/г сухого вещества осадка, принимается по экспериментальным данным или по [1, табл. 60];

P_{mix} – влажность смеси загружаемого осадка, %;

D_{lim} – предельно допустимая загрузка рабочего объема метантенка в сутки, г/м³, принимается равной:

40 – для алкилбензолсульфонатов с прямой алкильной цепью;

85 – для других "мягких" и промежуточных анионных ПАВ;

65 – для анионных ПАВ в бытовых сточных водах.

Таблица 6

Комплексы сооружений по обработке осадка в железобетонных метантенках

№ типового проекта	Объем резервуара, м ³	Размеры резервуара, м				Общая сметная стоимость, тыс.руб., при температуре сбраживания		Размеры участка под комплекс сооружений по обработке осадка в плане, м	
		диаметр	высота цилиндрической части	высота верхнего конуса	высота нижнего конуса	+53°С	+33°С	длина (А)	длина (Б)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
902-5-38.87	1000	12,30	9,5	2,95	-	48,79	47,91	130	113
902-5-39.87	1600	13,95	11,8	3,30	-	70,28	69,03	133	114
902-5-40.87	2500	16,55	12,5	3,90	-	97,22	95,68	142	115
902-5-41.87	4000	19,20	14,7	3,90	-	145,96	143,76	151	117
902-5-15.86	1100	11,38	8,9	1,9	2,0	52,94		132	110
902-5-16.86	2500	15,18	14,92	2,0	3,86	93,78		141	114
902-5-17.86	5000	18,95	14,9	3,6	4,16	163,66		151	123
902-5-18.86	9000	22,75	17,88	4,52	5,56	273,75		174	126,5
Ново-Курьяновская станция	6000	18,0	18,0	3,15	3,5	-	-	-	-
Люберецкая станция	8000	22,6	16,3	4,45	3,7	-	-	-	-

Примечания: 1. Стоимость приводится для одного метантенка в ценах 1984 г.
2. Размеры участка приведены для комплекса из четырех резервуаров-метантенков.
3. В типовых проектах 902-5-15.86-902-5-18.86 предусматривается галерея обслуживания.

Объем всех метантенков, м³:

$$V_{mt} = \frac{W_{tot} \cdot 100}{D_{mt}},$$

где W_{tot} – объем смеси осадков, поступающих в метантенки, м³/сут.

Количество проектируемых метантенков должно быть не менее двух (оба рабочие). Типовые проекты разработаны для комплекса из четырех резервуаров метантенков. По табл. 6, исходя из объёма одного метантенка V'_{mt} , принимают типовой проект, размеры, количество и типовую компоновочную схему, которая приведена на рис. 12.

Объем одного метантенка, м³:

$$V'_{mt} = \frac{V_{mt}}{n},$$

где n – количество метантенков, шт.

4.5. Максимально возможное сбразивание, %, беззольного вещества загружаемого осадка определяют по [1, п.6.353], исходя из двух условий:

- если параметры осадков (C_{fat} – содержание жиров, C_{ge} – углеводов, C_{prt} – белков) известны:

$$R_{lim} = (0,92C_{fat} + 0,62C_{ge} + 0,34C_{prt}) \cdot 100;$$

- при отсутствии данных о химическом составе осадка величина R_{lim} принимается: для осадка первичных отстойников $R_{lim.o} = 53$ %, для избыточного активного ила $R_{lim.a} = 44$ %.

Для смеси осадков $R_{lim.cm}$ определяется как среднеарифметическое соотношение смешиваемых компонентов по беззольному веществу по формуле, %:

$$R_{lim.cm} = \frac{R_{lim.o} M_{mud}^s + R_{lim.a} M_{mud.a}^s}{M_{tot}^s}.$$

Экспликация сооружений и условные обозначения трубопроводов, приведенных на рис. 12, принята следующая:

1 – метантенки; 2 – насосная станция метантенков; 3 – котельная;

4 – пункт управления газовой свечой; 5 – газовая свеча;

6 – газгольдеры; 7 – пункт управления газгольдерами;

8 – газосборный пункт метантенков;

-ВЗ- – производственный водопровод;

-К1- – хозбытовая канализация;

-КЗ- – производственная канализация; -Т91- – газ метантенков;

-СО – сырой осадок из первичных отстойников;

-у. а. и – уплотненный активный ил;

-сб. о – сброженный осадок; -Т1- – тепловая сеть.

4.6. Распад беззольного вещества, %, определяется по формуле

$$R_r = R_{\text{lim.cm}} - K_r D_{mt},$$

где $R_{\text{lim.cm}}$ – максимально возможное сбраживание беззольного вещества смеси осадков, %;

K_r – коэффициент, зависящий от влажности осадка, принимается по [1, табл. 61].

4.7. Суточное количество газа, м³/сут, получаемого при сбраживании, вычисляется по формуле

$$Q_r = \frac{R_r M_{tot}^s \cdot 100}{100\rho},$$

где M_{tot}^s – количество загружаемого беззольного вещества, т/сут;

ρ – плотность газа, $\rho = 1$ кг/м³ по [1, п. 6.354].

Газ, получаемый в результате сбраживания осадков в метантенках, направляется и хранится в мокрых газгольдерах, вместимость которых рассчитывается на 2-4-часовой выход газа, давление газа под колпаком 1,5-2,5 кПа (150-250 мм вод.ст.). Ёмкость газгольдеров, м³:

$$W_{r.r} = \frac{Q_r \tau}{24},$$

где τ – время выхода газа, ч.

По $W_{r.r}$ принимается количество газгольдеров; типовой объем, размеры – на основании данных, приведенных в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Основные параметры типовых однозвеньевых мокрых газгольдеров

№ типового проекта	Объем газгольдера, м ³	Внутренний диаметр, мм		Высота, мм			Расход металла, т
		резервуара	колокола	газгольдера H_r	резервуара h_p	колокола h_k	
707-2-18с. 85	100	7400	6600	7450	3450	3400	14
707-2-19с. 85	300	9300	8500	12500	5920	6880	25
707-2-20с. 85	600	11480	10680	15400	7390	7610	41,4
707-2-21с. 85	1000	14500	13700	15400	7390	7610	53
707-2-22с. 85	3000	21050	20250	20100	9800	9900	126
707-2-23с. 85	6000	26900	26100	24200	11750	12050	192

4.8. Масса осадка по сухому веществу после сбраживания, т/сут:

$$M_{sb} = M_{tot} \left[1 - \frac{R_r(1 - S_{tot}/100)}{100} \right].$$

4.9. Объем осадка в процессе сбраживания практически не изменяется; поэтому объем сброженного осадка равняется объему осадка, м³/сут, поступающего в метантенк:

$$W_{sb} = W_{tot}.$$

4.10. Влажность сброженного осадка определяется по формуле, %:

$$P_{sb} = 100 \left(1 - \frac{M_{sb}}{W_{sb}} \right).$$

Технологическая схема и конструктивные особенности метантенка приведены на рис.13.

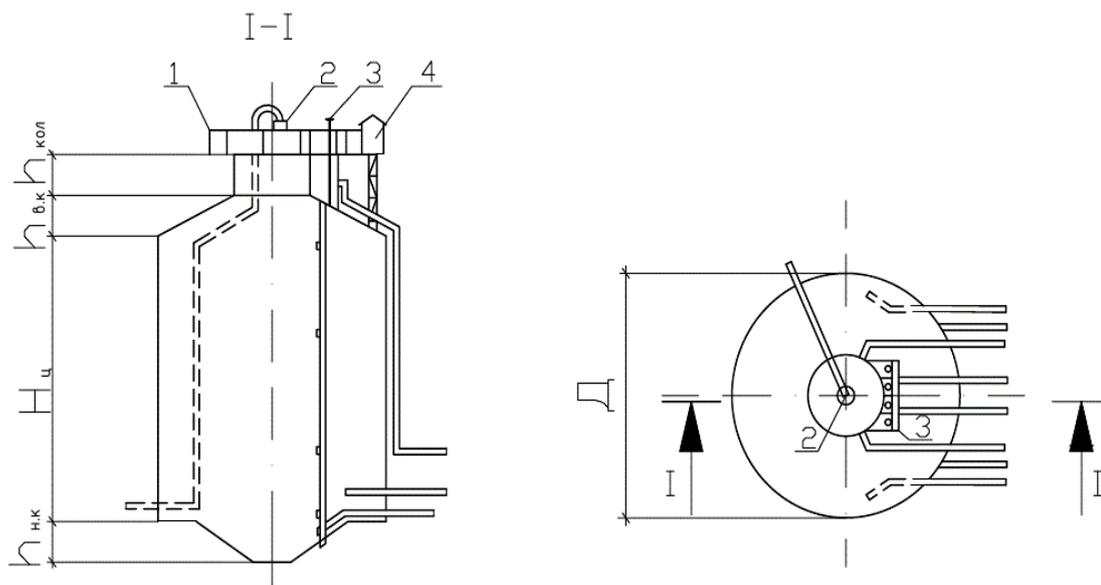


Рис.13. Расчетная схема метантенка:

1 – галерея обслуживания; 2 – клапан дыхательный; 3 – затвор щитовой;
4 – башня обслуживания для резервуаров

Теплотехнический расчет метантенков

1. Необходимое количество тепла, ккал/сут, для обогрева метантенков:

$$Q_r = W_{tot} (T - T_0) C,$$

где T – расчетная температура сбраживания, °С;

T_0 – начальная температура загружаемого в метантенки осадка (13-14 °С);

C – удельная теплоемкость осадка, ккал/(кг·град), принимается в пределах от 1250 до 1350 ккал/(кг·град).

2. Потери тепла в метантенках, ккал/сут:

$$Q_1 = 0,05 Q_T.$$

3. Потери тепла в коммуникациях, ккал/сут:

$$Q_2 = 0,05 (Q_T + Q_1).$$

4. Общее количество требуемого тепла, ккал/сут:

$$Q_{tot} = Q_T + Q_1 + Q_2.$$

5. Необходимое количество газа, м³/сут, для обогрева метантенков:

$$G_r = \frac{Q_{tot}}{g_r \eta},$$

где g_r – теплотворная способность газа, принимается равной 5000 ккал/м³;

η – коэффициент использования газа, $\eta = 0,65-0,7$.

6. Осадок в метантенках подогревается паром, его количество, м³/сут, определяется по формуле

$$G_p = \frac{Q_{tot}}{g_p},$$

где g_p – теплотворная способность пара, принимается 550 ккал/м³.

7. Расход пара, м³/м³, на 1 м³ осадка:

$$g' = \frac{G_p}{W_{tot}}.$$

Контрольные вопросы

1. Для чего применяются метантенки?
2. Назовите режимы сбраживания осадков сточных вод в метантенках.
3. Что необходимо предусматривать для поддержания требуемого режима сбраживания?
4. В зависимости от чего определяется вместимость метантенков?
5. Для чего предназначены газгольдеры?
6. На какое время выхода газа рассчитывается емкость газгольдеров?
7. Цель теплотехнического расчета метантенков.

5. АЭРОБНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ

Аэробная стабилизация осадков применяется в схемах при производительности станции очистки сточных вод до 70-100 тыс.м³/сут для минерализации активного ила, который имеет высокую влажность и содержит большое количество белка, что обуславливает низкий выход газа при сбраживании в метантенках.

1. На аэробную стабилизацию допускается направлять неуплотненный или уплотненный в течение не более 5 ч активный ил, а также смесь его с сырым осадком. Аэробные стабилизаторы проектируются по [1, пп.6.364-6.367].

2. Для аэробной стабилизации следует предусматривать сооружения типа коридорных аэротенков, принимаемых по типовым проектам (для вновь строящихся станций очистки), приведенным в табл. 8.

3. Продолжительность аэрации надлежит принимать: для неуплотненного активного ила – 2-5 сут, для смеси осадка первичных отстойников и неуплотненного ила – 6-7 сут, для смеси осадка и уплотненного ила – 8-12 сут (при температуре 20 °С).

При более высокой температуре осадка продолжительность аэробной стабилизации надлежит уменьшать, а при меньшей – увеличивать. При изменении температуры на 10 °С продолжительность стабилизации соответственно изменяется в 2-2,2 раза.

Аэробная стабилизация осадка может осуществляться в диапазоне температур 8-35 °С.

4. Расход воздуха на аэробную стабилизацию необходимо принимать 1-2 м³/ч на 1 м³ вместимости стабилизатора, в зависимости от концентрации осадка, который изменяется в пределах от 15 до 20 г/л. При этом интенсивность аэрации не менее 6 м³/(м² ч).

5. Уплотнение аэробно-стабилизированного осадка следует предусматривать или в отдельно стоящих илоуплотнителях, или в специально выделенной зоне внутри стабилизатора в течение не более 5 ч. Влажность уплотненного осадка 96,5-98,5 %.

Иловая вода из уплотнителей должна направляться в аэротенки. Ее загрязнения следует принимать: по БПК_{полн} – 200 мг/л, по взвешенным веществам – до 100 мг/л.

Технологические схемы обработки осадка с применением процесса аэробной стабилизации приведены на рис. 5, 6, 7, 8.

Т а б л и ц а 8

Типовые размеры аэробных стабилизаторов осадка сточных вод

№ типового проекта	Пропускная способность станции, тыс.м ³ /сут	Концентрация загрязнений сточных вод по взвешенным веществам, мг/л	Производительность сооружений, т/сут	Количество отделений шириной 9 м	Стабилизатор		
					длина зоны аэрации, м	длина отстойной зоны, м	размеры осадкоуплотнителя, м
902-3-058.87	35	150	6,3	2	30,0	9,0	3,0x9,0
				2	48,0		
				3	36,0		
	50	300	10,0	4	30,0	9,0	3,0x9,0
				3	30,0	9,0	3,0x9,0
					2		
902-3-058.87	50	300	18,0	4	36,0	9,0	3,0x9,0
				2	66,0	15,0	
				3	48,0	9,0	
				4	30,0		
	70	150	12,6	2	48,0	9,0	3,0x9,0
				3	36,0		
				4	30,0		
				2	90,0		
300	25,0	3	66,0				
		4	48,0	9,0			

Примечания: 1. Сооружения рассчитаны на совместное применение с корпусом механического обезвоживания осадка или с иловыми площадками. 2. Аэробные минерализаторы предназначены для минерализации сырого осадка и избыточного активного ила.

5.1. Аэробная стабилизация неуплотненного активного ила

Для расчета аэробного стабилизатора неуплотненного активного ила определяются $M_{mud.a}$, $W_{mud.a}$, и $M_{mud.a}^s$ по формулам, приведенным в разд. 3.

1. Возраст ила, сут, поступающего в аэробный стабилизатор:

$$\tau = \frac{t_{at} a_i \cdot 1000}{C_{cgn} \cdot 24},$$

где t_{at} – продолжительность обработки воды в аэротенке, ч;

a_i – доза ила в аэротенке, г/л;

C_{cgn} – количество взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенк, мг/л (100-150 мг/л).

2. Время стабилизации, сут, неуплотненного активного ила в стабилизаторе:

$$t_{\text{ил}} = [(2-5) + 0,02(20 - T_a)(\tau + 5)] \cdot 1,08^{(20 - T_c)},$$

где 2-5 – время стабилизации неуплотненного активного ила, сут;

T_a, T_c – расчетная температура соответственно в аэротенке (~18 °С) и стабилизаторе (~15 °С), °С;

τ – возраст ила, сут.

3. Требуемый объем стабилизаторов, м³:

$$W_{\text{ст}} = W_{\text{mud.a}} t_{\text{ил}}.$$

4. Количество стабилизаторов (секций), шт.:

$$N = \frac{W_{\text{ст}}}{W_{\text{тип}}},$$

где $W_{\text{тип}}$ – типовой объем одного стабилизатора, принимается по табл. 8 либо как типовой принятый объем аэротенка-вытеснителя, рассчитанного для очистки сточных вод.

Принимаются типовые размеры стабилизатора: длина L , ширина B , кратные ширине железобетонной плиты (3 м); высота H и количество отделений (коридоров) в одной секции стабилизатора.

Оптимальное количество стабилизаторов – от 1 до 4 шт., так как большее их количество ведет к увеличению эксплуатационных расходов за счет большего расхода воздуха на стабилизацию.

5. Удельный расход кислорода кгО₂/кг, на окисление беззольных веществ определяется по формуле

$$q_{\text{ил}} = \frac{0,96 + 0,016\tau}{1 + 0,108\tau}.$$

6. Удельное количество воздуха, м³/м³:

$$q = \frac{q_{\text{ил}} S_0 \cdot 1000}{K_1 K_2 \cdot K_T \cdot K_3 (C_a - C_0)},$$

где S_0 – концентрация беззольного вещества в неуплотненном активном иле, кг/м³,

$$S_0 = \frac{M_{\text{mud.a}}^s}{W_{\text{mud.a}}};$$

$K_1, K_2, K_T, K_3, C_a, C_0$ – параметры, определяемые применительно к выбранному типу аэробного стабилизатора (аэротенка) по [1, по 6.157].

7. Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$, на аэрацию в стабилизаторах:

$$D = qW_{\text{тип.ст}},$$

где q – удельное количество воздуха, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$W_{\text{тип.ст}}$ – общий типовой объем всех стабилизаторов, м^3 .

Схема типового аэробного стабилизатора приведена на рис. 14.

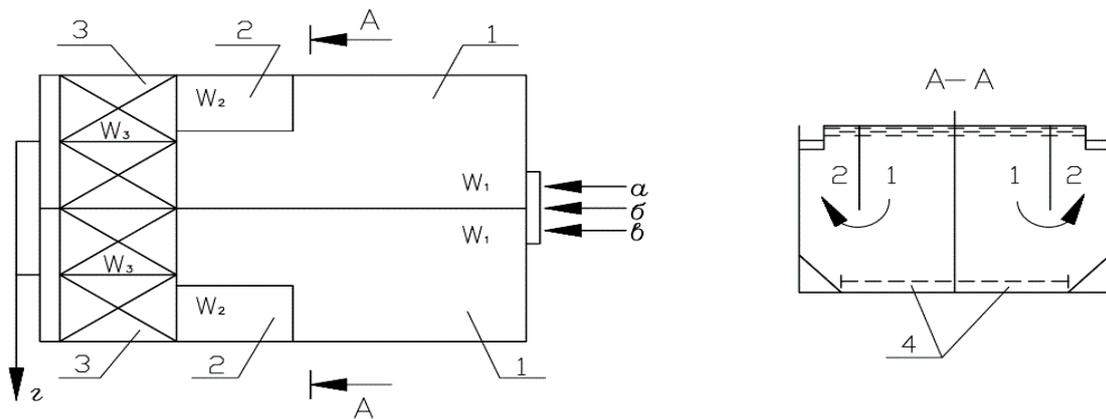


Рис. 14. Аэробный стабилизатор (минерализатор):

1 – зона аэрации; 2 – отстойная часть; 3 – уплотнитель; 4 – система аэрации; первичного отстойника, а – избыточный активный ил; б – фугат от центрифугирования осадка из первичного отстойника; в – фугат от центрифугирования аэробно-стабилизированной смеси; г – отвод аэробно-минерализованной смеси

5.2. Аэробная стабилизация смеси сырого осадка и неуплотненного активного ила

I вариант

Предварительно определяются M_{mud} , $M_{mud.a}$, M_{mud}^s , $M_{mad.a}^s$, W_{mud} , $W_{mud.a}$, M_{tot} , W_{tot} , M_{tot}^s , P_{mix} по формулам, приведенным в разд. 3 и в подразд. 5.1.

1. Время стабилизации ила в стабилизаторе, сут:

$$t_{\text{ил}} = [(6 \div 7) + 0,02(20 - T_a)(\tau + 5)] \cdot 1,08^{(20 - T_c)},$$

где $6 \div 7$ – время стабилизации смеси сырого осадка из первичных отстойников и неуплотненного активного ила, сут;

T_a, T_c, ϕ – параметры, принимаемые по данным, приведенным в подразд. 5.1.

2. Время стабилизации смеси ила и осадка, сут:

$$t_c = t_{ил} + 2B,$$

где B – отношение беззольного вещества осадка к беззольному веществу смеси, $B = \frac{M_{mud}^s}{M_{tot}^s}$.

3. Объем стабилизаторов, m^3 :

$$W_{ст} = W_{tot} t_c,$$

где W_{tot} – объем смеси осадка и активного ила, $m^3/сут$.

4. Расчет количества стабилизаторов (см. подразд. 5.1, п.4).

5. Удельный расход кислорода на окисление беззольных веществ, $кгO_2/кг$:

$$q = q_{ил} (1 + 0,4B\sqrt{\tau}),$$

где $q_{ил}$ определяется по формуле, приведенной в подразд. 5.1, п.5.

6. Удельное количество воздуха, m^3/m^3 , необходимое в стабилизаторе:

$$q = \frac{q_c S_0 \cdot 1000}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_0)},$$

где S_0 – концентрация беззольного вещества в смеси осадка и активного ила, $кг/m^3$, $S_0 = \frac{M_{tot}^s}{W_{tot}}$;

$K_1, K_2, K_T, K_3, C_a, C_0$ – параметры (см. подразд. 5.1, п.6).

7. Расчет расхода воздуха на аэрацию (см. подразд. 5.1, п.7).

II вариант

1. Общее количество смеси осадка и активного ила по сухому веществу, $г/сут$:

$$Q_0 = M_{tot} = M_{mud} + M_{mud.a}.$$

2. Среднее количество поступающего сухого вещества (с учетом распада), $г/сут$:

$$Q_s = Q_0 \left[1 - \frac{0,5\alpha}{100} \left(1 - \frac{S_{tot}}{100} \right) \right],$$

где α – распад беззольного вещества, %, для неуплотненного активного ила, принимается $\alpha = 20-30$ %, для смеси осадка и активного ила $\alpha = 30-40$ %;

S_{tot} – зольность минерализованной смеси, % (см. разд. 3).

3. Расход аэробно-стабилизированной смеси, поступающей в уплотнитель, м³/сут:

$$Q_1 = \frac{Q_s \cdot 1000}{C_1},$$

где C_1 – концентрация аэробно-стабилизированной смеси, поступающей в уплотнитель (концентрация смеси в зоне аэрации), принимается равной 20 г/л.

4. Расход уплотненной минерализованной смеси, м³/сут, подаваемой на обезвоживание:

$$Q_2 = \frac{Q_s \cdot 1000}{C_2},$$

где C_2 – концентрация минерализованной смеси после уплотнения, принимается равной 30 г/л.

5. Расход иловой воды, м³/сут, отводимой из илоуплотнителя:

$$Q_3 = Q_1 - Q_2.$$

6. Объем зоны аэрации, м³:

$$W_1 = \frac{Q_s \cdot 1000}{C_1} t_{at},$$

где t_{at} – продолжительность аэрации, сут, определяется по [1, п. 6.365].

7. Объем отстаивания, м³:

$$W_2 = \frac{W_{mud} + W_{mud.a}}{24} t_{отс},$$

где $t_{отс}$ – продолжительность отстаивания, принимается 1,5-2 ч.

8. Объем зоны уплотнения, м³:

$$W_3 = \frac{Q_1}{24} t_{упл},$$

где $t_{упл}$ – время пребывания смеси в уплотнителе, принимается не более 5 ч [1, п. 6.367].

9. Общий объем стабилизатора, м³:

$$W_{ст} = W_1 + W_2 + W_3.$$

10. Расчет количества стабилизаторов (см. подразд. 5.1, п.4).

11. Расход воздуха на аэрацию в стабилизаторе, м³/ч:

$$D = q W_{тип.ст},$$

где q – удельный расход воздуха, м³/(м³·ч), принимается по [1, п. 6.366].

Контрольные вопросы

1. При какой производительности очистных сооружений проектируются аэробные стабилизаторы?
2. Какие виды осадков допускается направлять на аэробную стабилизацию?
3. Какая продолжительность аэрации принимается в аэробных стабилизаторах для неуплотненного активного ила?
4. Какая продолжительность аэрации принимается в аэробных стабилизаторах для смеси осадка первичных отстойников и неуплотненного активного ила?
5. Какая продолжительность аэрации принимается для смеси осадка первичных отстойников и уплотненного активного ила?
6. Как влияет на продолжительность аэрации в аэробных стабилизаторах температура осадка?
7. Какой расход воздуха на аэробную стабилизацию принимается?
8. Где предусматривается уплотнение аэробно-стабилизированного осадка?
9. Куда направляется иловая вода из уплотнителей аэробно-стабилизированного осадка?
10. Назовите оптимальное количество стабилизаторов.

6. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ

Механическое обезвоживание осадков, как правило, предусматривается для станций средней и большой производительности сточных вод (25 тыс.м³/сут и более). Механическому обезвоживанию подвергаются осадки, сброженные в метантенках, и, реже, осадки, стабилизированные в аэробных стабилизаторах. Применение механического обезвоживания осадков позволяет значительно уменьшить площадь станции очистки сточных вод за счет иловых площадок, традиционно используемых для подсушивания осадков городских сточных вод. Для механического обезвоживания осадков применяются барабанные вакуум-фильтры, ленточные фильтры-прессы и осадительные центрифуги, устанавливаемые в цехах механического обезвоживания с необходимым оборудованием. Характеристики корпусов обезвоживания осадков сточных вод сведены в табл. 9, 10 и 11.

При проектировании цехов механического обезвоживания осадков необходимо предусматривать резервные (аварийные) иловые площадки на объем, равный 20 % годового количества осадка, по [1, п. 6.386].

Проектирование и расчет сооружений механического обезвоживания осадков производится по [1, пп.6.368-6.386].

Перед обезвоживанием сброженного осадка после метантенков на вакуум-фильтрах и фильтрах-прессах следует предусматривать его кондиционирование – промывку и коагулирование химическими реагентами (FeCl_3 ; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; CaO и FeSO_4) или тепловую обработку.

Центрифуги используются для обезвоживания, как правило, минерализованного в аэробных стабилизаторах осадка. Для улучшения влагоотдачи и увеличения эффективности задержания сухого вещества до 90-95 % при центрифугировании осадки обрабатываются высокомолекулярными флокулянтами катионного типа дозой 0,2-0,5 % от массы сухого вещества осадка.

Т а б л и ц а 9

Типовые параметры корпусов обезвоживания осадков сточных вод с вакуум-фильтрами со сходящим полотном

№ типового проекта	Тип вакуум-фильтра	Количество, шт.	Размеры здания, м	Производительность станции очистки сточных вод, тыс.м ³ /сут	Общая сметная стоимость, тыс. руб.
902-5-13.86	БсхОУ-10-1,8	4(2)	36,5x24,8	25 - 50	273,11
902-5-35.86	БсхОУ-40-3,4	4(2)	77,63x30	100 - 140	525,31
902-5-36.86	БсхОУ-40-3,4	6(4)	80,63x36	200 - 280	636,54

П р и м е ч а н и я . 1. Стоимость приводится в нормах и ценах 1984 г. 2. Количество вакуум-фильтров приводится общее, с учетом резервных агрегатов. В скобках указывается количество рабочих агрегатов.

Т а б л и ц а 10

Типовые размеры корпусов обезвоживания осадка сточных вод
с ленточными фильтрами-прессами

№ типового проекта	Тип фильтр-пресса	Количество, шт.	Размеры здания, м	Производительность корпуса обезвоживания, тыс.м ³ /сут	Общая сметная стоимость, тыс. руб.
902-5-48.88	ЛМП10-1Г-01	4(3)	30,0x36,75	38,0 тыс.м ³ /сут сточных вод	381,62
902-5-49.88	ЛМП10-1Г-01	6(4)	36,0x36,75	50,0 тыс.м ³ /сут сточных вод	488,57
902-5-59.88	ФПЛ1-5	4(3)	24,0x36,75	12,6 т/сут по сухому веществу	244,36
902-5-60.88	ФПЛ1-5	6(4)	30,0x36,75	16,8 т/сут по сухому веществу	292,01

П р и м е ч а н и я . 1. Сметная стоимость приводится в нормах и ценах 1984 г. 2. Количество фильтров-прессов приводится общее, с учетом резервных агрегатов. В скобках указывается количество рабочих агрегатов.

Т а б л и ц а 11

Типовые параметры корпусов обезвоживания осадков сточных вод с центрифугами

№ типового проекта	Тип центрифуги	Количество, шт.	Размеры здания, м	Используемые реагенты	Производительность корпуса обезвоживания	Общая сметная стоимость, тыс. руб.
902-5-6.84	ОГШ-352К-ОЗ	6(4)	30,0x12,0	Не используются	25 тыс.м ³ /сут. сточных вод	198,49
902-5-7.84	ОГШ-352К-ОЗ	10(8) 8(6)	36,0x12,0	Не используются	35-50 тыс.м ³ /сут. сточных вод	284,89 253,78
902-5-11.85	ОГШ-501К-10	4(2)	48,0x24,0	Катионный флокулянт	16,2 т/сут по сухому веществу	362,06
902-5-12.87	ОПШ-501К-10	6(4)	48,0x30,0	Катионный флокулянт	21,6 т/сут по сухому веществу	463,85
902-5-46.87	ОГШ-1001К-01	3(2)	42,6x30,0	Катионный флокулянт	86,4 т/сут по сухому веществу	590,07
902-5-47.87	ОГШ-1001К-01	5(3)	54,6x30,0	Катионный флокулянт	129,6 т/сут по сухому веществу	847,51

П р и м е ч а н и я . 1. Стоимость приводится в нормах и ценах 1984 г. 2. Количество центрифуг приводится общее с учетом резервных агрегатов. В скобках указывается количество рабочих агрегатов.

6.1. Барабанные вакуум-фильтры

Для обезвоживания большинства видов осадков сточных вод применяются вакуум-фильтры непрерывного действия. Рабочий цикл вакуум-фильтров включает следующие операции: фильтрование, обезвоживание (просушку), удаление обезвоженного осадка, регенерацию фильтровальной ткани.

Схема барабанного вакуум-фильтра типа БОУ представлена на рис. 15.

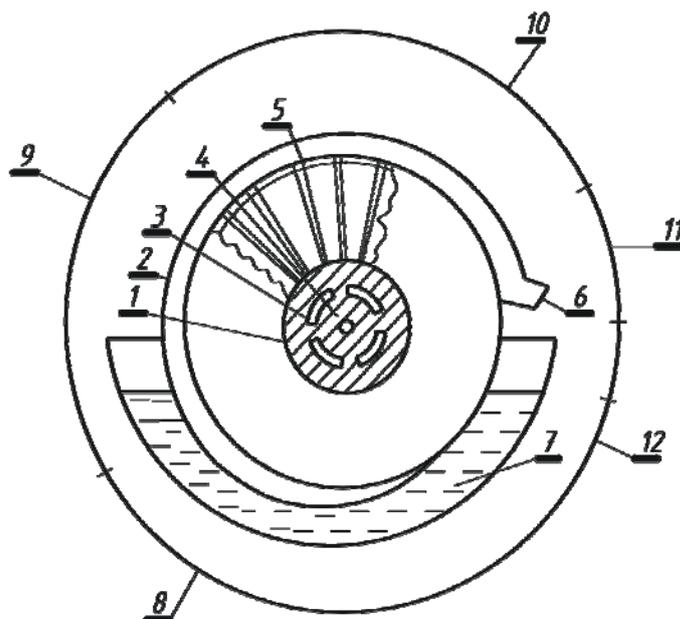


Рис. 15. Схема барабанного вакуум-фильтра типа БОУ:
1 – распределительная головка; 2 – цилиндрический барабан; 3 – камеры распределительной головки; 4 – отводящий коллектор; 5 – секция;
6 – нож для съема осадка; 7 – корыто с осадком; 8 – зона фильтрования;
9 – зона первой просушки; 10 – зона промывки и просушки;
11 – зона съема осадка; 12 – зона регенерации ткани

Барабанный вакуум-фильтр типа БОУ состоит из горизонтально расположенного вращающегося цилиндрического барабана, частично погруженного в корыто с осадком. Барабан фильтра полый, с двойными боковыми стенками. Внутренняя стенка сплошная, а наружная – перфорированная, обтянутая фильтровальной тканью. В зоне 8 скоагулированный осадок, находящийся в корыте, фильтруется через ткань под действием вакуума. На поверхности фильтра образуется слой отфильтрованного осадка, а фильтрат через отводящий коллектор, а затем через камеру, сообщающуюся с вакуумной линией, отводится из фильтра. При переходе в зоны 9 и 10 осадок просушивается атмосферным воздухом, вытесняющим под действия вакуума влагу из-под осадка. Фильтрат и воздух отводятся из секций в общую вакуумную линию. В зоне съема осадка 11 в секции поступает сжатый воздух, спо-

собствующий отделению осадка из ткани. Обезвоженный осадок (кек) по ножу 6 сбрасывается на конвейер. В зоне 12 происходит регенерация ткани сжатым воздухом или паром, затем ткань промывается ингибированной соляной кислотой (HCl), и фильтр-цикл повторяется.

В типовых проектах применяются вакуум-фильтры со сходящим полотном типа БсхОУ (см. табл. 9). Принцип работы и конструкция вакуум-фильтров этого типа даны в [4, 8, 13].

В комплект поставки вакуум-фильтров помимо самих фильтров, электродвигателей и редукторов входят вакуум-насосы, воздуходувки, ресиверы, мешалки перемешивания осадка в корыте вакуум-фильтра, вакуумметры, манометры и другое оборудование. Типовая технологическая схема обезвоживания осадков на вакуум-фильтрах представлена на рис. 16.

Обоснование принятия типового проекта цеха механического обезвоживания с вакуум-фильтрами осуществляется после расчета сооружений промывки осадка, уплотнения, реагентного хозяйства, непосредственно вакуум-фильтров, вакуум-насосов и воздуходувок.

Расчет сооружений промывки

Для снижения удельного сопротивления сброженных осадков перед их обезвоживанием на вакуум-фильтрах и фильтрах-прессах следует предусматривать их промывку очищенной сточной водой [1, п. 6.369].

1. Расход промывной воды, м³/м³:

$$q_{ww} = \lg(r_{mud} \cdot 10^{-10}) - 1,8,$$

где r_{mud} – удельное сопротивление осадка, см/г.

При отсутствии данных об удельном сопротивлении осадка количество промывной воды, м³/сут, определяется по формуле

$$q_{ww} = q_0 W_{sb},$$

где q_0 – количество промывной воды на 1 м³ осадка, принимается для сброженного осадка 1–1,5 м³/м³, для смеси сырого осадка и избыточного активного ила, сброженного в мезофильных условиях, 2–3 м³/м³, в термофильных условиях 3–4 м³/м³;

W_{sb} – объем смеси сброженного осадка, м³/сут, принимается из расчета метантенка (см. разд. 4).

2. Объем резервуаров, м³, для промывки:

$$V_r = \frac{(W_{sb} + q_{ww}) T_p}{24 \cdot 60},$$

где T_p – продолжительность промывки, принимается 15–20 мин по [1, п. 6.370].

Количество резервуаров должно быть не менее 2 шт.

3. Расход воздуха, м³/мин, для перемешивания смеси:

$$Q_{w0} = \frac{W_{sb} q_{w\omega} b}{24},$$

где b – количество воздуха на 1 м³ смеси промываемого осадка и воды, принимается $b=0,5$ м³/м³ по [1, п. 6.370].

Расчет радиального илоуплотнителя

1. Рабочий объем уплотнителей, м³:

$$V_u = \frac{(W_{sb} + q_{w\omega}) t_u}{24},$$

где t_u – продолжительность пребывания воды в уплотнителе, ч, принимается $t_u = 12-18$ ч – при мезофильном режиме сбраживания, $t_u = 20-24$ ч – при термофильном режиме сбраживания осадков по [1, п. 6.371].

2. Полезная площадь поперечного сечения, м², радиальных уплотнителей:

$$F = \frac{V_u}{H},$$

где H – высот зоны отстаивания, принимается $H = 3-4$ м.

Экспликация оборудования и условные обозначения трубопроводов к рис. 16:

1 – измеритель-дозатор осадка;

2 – регулятор-смеситель осадка с реагентами;

3 – вакуум-фильтр типа БсхОУ;

4 – конвейер ленточный; 5, 6 – перемешиватели известкового молока;

7 – дозатор известкового молока;

8 – резервуар 40%-го раствора хлорного железа;

9 – бак 10%-го раствора хлорного железа;

10 – дозатор хлорного железа; 11 – приемный бак хлорного железа;

12 – ресивер; 13 – гидрозатвор;

-И9- – совместно уплотненная смесь сырого осадка и избыточного активного ила;

-И16- – скоагулированный осадок; -И17- – обезвоженный осадок;

-И13- – фильтрат; -А2- – вакуум;

-Х2- – хлорное железо;

-Х3- – известь;

-Х4- – ингибированная соляная кислота;

-К3- – производственная канализация;

-В3- – производственный водопровод;

-АО- – воздух.

3. Диаметр уплотнителя, м:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi n}},$$

где n – количество уплотнителей, шт., принимается не менее 2 шт. по [1, п. 6.371].

Типовые размеры уплотнителей принимаются по каталогам паспортов типовых проектов [5, 7].

4. Объем уплотненного осадка, м³/сут:

$$W_u = W_{sb} \frac{100 - P_{sb}}{100 - P_u},$$

где P_u – влажность уплотненного осадка, %, принимается $P_u = 94-96\%$ по [1, п. 6.371];

P_{sb} – влажность сброженного осадка, %.

Иловая часть уплотнителей может быть принята равной суточному объему уплотненного осадка.

5. Высота слоя уплотненного осадка, м, при суточном хранении осадка:

$$h = \frac{W_u}{fn},$$

где f – площадь каждого уплотнителя, м², определяемая по принятому типовому диаметру из предыдущих расчетов.

Откачка уплотненного осадка из иловой части осуществляется с помощью плунжерных насосов [1, п. 6.371].

6. Количество иловой воды, м³/сут, из уплотнителей:

$$W_w = W_{sb} + q_{ww} - W_u.$$

7. Вынос сухого вещества, кг/сут, сброженных осадков с иловой водой из уплотнителей:

$$G_w = \frac{W_w C_s}{10^3},$$

где C_s – количество загрязняющих веществ по взвешенным веществам, мг/л, принимается $C_s = 1000-1500$ мг/л по [1, п. 6.371].

8. Вынос загрязняющих веществ, кг/сут, в иловой воде по БПК_{полн.}:

$$G'_w = \frac{W_w C'_s}{10^3},$$

где C'_s – количество загрязняющих веществ по БПК_{полн.}, мг/л, принимается $C'_s = 600-900$ мг/л по [1, п. 6.371].

9. Эти загрязняющие вещества создают дополнительные загрязнения по взвешенным веществам (C_w), мг/л, и по БПК_{полн} (L_w), мг/л, которые определяются по формулам

$$C_w = \frac{G_w \cdot 1000}{Q_w};$$

$$L_w = \frac{G'_w \cdot 1000}{Q_w},$$

где Q_w – среднесуточный приток сточных вод, м³/сут.

Иловая вода из уплотнителей объемом W_w с концентрациями загрязнений C_w и L_w обычно сбрасывается в проектируемую хозяйственно-бытовую канализационную сеть очистных сооружений, а затем перекачивается в приемную камеру станции очистки.

10. Поскольку масса осадка уменьшается за счет уноса с промывной водой, то уточненная масса осадка будет, т/сут:

$$G_u = M_{tot} - G_w,$$

где M_{tot} – масса осадка по сухому веществу, поступающего на промывку, т/сут.

Расчет реагентного хозяйства

В состав реагентного хозяйства входят: насосная станция и резервуары для приема, хранения и приготовления растворов хлорного или сернокислого окисного железа, известкового молока и ингибированной соляной кислоты ($FeCl_3$, $FeSO_4$, CaO и HCl).

Для достижения лучшего эффекта обезвоживания снижают удельное сопротивление осадка введением в него реагентов в виде 10%-х растворов.

Дозы реагентов в зависимости от состава осадка принимаются по [1, п. 6.378] и сведены в табл. 12.

1. Суточный расход хлорного или сернокислого окисного железа ($FeCl_3$, $FeSO_4$), т/сут, определяется по формуле

$$C_F = \frac{D_f G_u}{100},$$

где D_f – доза коагулянта, %.

2. При содержании чистого безводного продукта $K = 35 \%$ количество товарного коагулянта составит, т/сут:

$$C'_F = \frac{C_F \cdot 100}{35}.$$

3. Склады коагулянтов рассчитываются по [1, п.6.377] на 20-30 сут. Реагенты могут храниться в бочках, цистернах или резервуарах.

4. При мокром хранении реагентов объем одного резервуара, м³, рассчитывается по формуле

$$W = \frac{C'_F t}{nC \cdot \rho},$$

где t – суточный запас реагента, $t = 15-20$ сут;

n – число резервуаров, шт., $n = 2$;

C – концентрация раствора, $C = 30-45 \%$;

ρ – объемный вес, т/м³, $\rho = 1,3$ т/м³.

Т а б л и ц а 12

Показатели работы вакуум-фильтров

Осадки сточных вод	Доза химических реагентов по активной части от массы сухого вещества $D_f, \%$	Удельная производительность по сухому веществу осадка, кг/(м ² ·ч)	Влажность осадка, %	
			исходная	обезвоженного
1	2	3	4	5
Сброженный осадок из первичных отстойников	FeCl ₃ – 3 - 4 CaO – 8 - 10	25-35	90-97	75-77
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила, аэробно-стабилизированный активный ил	FeCl ₃ – 4 - 6 CaO – 12 - 20	20-25	97-98	78-80
Сброженная в термофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	FeCl ₃ – 4 - 6 CaO – 12 - 20	17-22	97-99	75-80
Сырой осадок из первичных отстойников	FeCl ₃ – 1,5-3,0 CaO – 6-10	30-40	93-95	72-75
Смесь сырого осадка из первичных отстойников и уплотненного активного или	FeCl ₃ – 3-5 CaO – 9-13	20-30	94-97	75-80

Окончание табл. 12

1	2	3	4	5
Уплотненный активный ил станции аэрации населенных пунктов	FeCl ₃ – 6-9 CaO – 17-25	8-12	94,5-97,0	85-87
Городские	FeCl ₃ – 1,5-9 CaO – 6-25	8-40	90-99,0	72-87
Станции нейтрализации металлообрабатывающих предприятий	-	3,5-5,5	84-92	66-87
Цехи гальванических покрытий машиностроительных заводов	ПАА – 0-0,33	20	95	81-95
Целлюлозно-бумажные предприятия	FeCl ₃ – 10 CaO – 20	13-30	95-98	87-95
Фабрики первичной обработки шерсти (ПОШ)	Al ₂ (SO ₄) ₃ – 3-6 CaO – 10-13	35-45	98,6	52-58
Химические заводы	-	20-30	95	68-70
Производство вискозного волокна	FeCl ₃ – 3-5 CaO – 3-6	8-10	97-97,5	80-85
Производство искусственного волокна	FeSO ₄ или FeCl ₃ – 8-14 CaO – 2-5	5-6,5	98,5	93,5
Нефтеперерабатывающие заводы	FeSO ₄ или FeCl ₃ – 2-6 CaO – 2-5	16-30	96,4	85-87

5. Объем расходных баков, м³, на суточный запас

$$W_r = \frac{C_F \cdot 1}{nC_1\rho_1},$$

где n – число резервуаров, шт., $n=2$ шт.;

C_1 – концентрация раствора коагулянта, %, $C_1=10$ % по [1, п. 6.373];

ρ_1 – плотность (объемный вес), т/м³, $\rho_1=1,09$ т/м³.

6. Суточный расход извести, т/сут, в пересчете на CaO:

$$G_c = \frac{D_u C_u}{100},$$

где D_u – доза извести, %.

7. Известь может быть доставлена на станцию очистки сточных вод молотая в крытых вагонах или в жидком виде, а также в виде пушонки в бумажных мешках по 50 кг. Склад извести при ее активности, равной 50 %, рассчитывается на 15 сут.

8. В растворном узле предусматривается два резервуара на суточный запас извести. Объем, м^3 , одного составит:

$$W_r' = \frac{G_u \cdot 1 \cdot 100}{2C\rho},$$

где C – концентрация раствора извести, %, $C = 10$ %;
 ρ – плотность раствора, $\text{т}/\text{м}^3$, $\rho = 1,07-1,09 \text{ т}/\text{м}^3$.

9. Для промывки ткани фильтров применяется 8-10 %-й раствор ингибированной соляной кислоты [1, п. 6.375]. Объем резервуаров для хранения кислоты определяется, исходя из годовой потребности: 20 л 20 %-й кислоты на 1 м^2 фильтрующей поверхности вакуум-фильтра и 50 л для других фильтров.

Годовая потребность кислоты, л, вычисляется по формуле

$$G_H = nf \cdot 20,$$

где n – количество фильтров, шт.;

f – площадь фильтрующей поверхности одного вакуум-фильтра, м^2 , принимается по табл. 13.

10. Промывка фильтровальной ткани осуществляется из двух емкостей. Объем одной емкости, м^3 , определяется по формуле

$$W = \frac{G_H \cdot 20 \cdot 1}{365 \cdot 1000 \cdot C \cdot 2},$$

где C – концентрация ингибированной соляной кислоты, %, $C = 8-10$ %.

Расчет вакуум-фильтра

Для иллюстрации хода расчетов задаются исходными данными. Подбираются вакуум-фильтры для обезвоживания смеси сырых осадков первичных отстойников и уплотненного избыточного ила. Количество смеси по сухому веществу $M_{tot} = 26,67 \text{ т}/\text{сут}$, объем смеси осадков $W_{tot} = 738,29 \text{ м}^3/\text{сут}$, влажность смеси $P_{mix} = 96,39$ %. По табл. 12 принимаются дозы реагентов для смеси сырых осадков первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила: FeCl_3 – (3-5) % и CaO – (9-13) % от веса сухого вещества осадка. Для расчета принимается $D_{\text{FeCl}_3} = 4$ % и $D_{\text{CaO}} = 11$ %. По табл. 12 определяются также удельная производительность вакуум-фильтра $P_f = 25 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ и влажность кека $P_K = 77$ %.

1. Рассчитывается количество сухого вещества в смеси осадков после реагентной обработки по формуле

$$G_F = M_{tot} \cdot K_r = 20,67 \cdot 1,15 = 30,67 \text{ т/сут},$$

где K_r – коэффициент, учитывающий сухое вещество реагентов,

$$K_r = 1 + \frac{D_{\text{FeCl}_3} + D_{\text{CaO}}}{100} = 1 + \frac{4 + 11}{100} = 1,15.$$

2. Требуемая поверхность фильтрации при числе смен $n = 3$ и продолжительности смены $m = 8$ ч составит:

$$F_f = 1,2 \frac{G_f \cdot 1000}{n \cdot m \cdot P_f} = \frac{30,67 \cdot 1000}{3 \cdot 8 \cdot 25} = 61,34 \text{ м}^2,$$

где 1,2 – коэффициент запаса.

3. Для обезвоживания сырых осадков применяется вакуум-фильтр со сходящим полотном по [1, табл. 62, примечание]. Технические характеристики вакуум-фильтров приведены в табл. 13.

К установке принимаются вакуум-фильтры БсхОУ-40-3,4 с площадью фильтрования $f = 40 \text{ м}^2$. Требуемое количество фильтров составит:

$$n_f = \frac{F_f}{f} = \frac{61,34}{40} = 1,53 = 2 \text{ шт.}$$

4. В соответствии с [1, п. 6.385] на два рабочих вакуум-фильтра принимается 1 резервный. По табл. 9 определяются типовые параметры корпуса обезвоживания осадков сточных вод с вакуум-фильтрами со сходящим полотном. Рекомендуется типовой проект 902-5-35.86.

5. Объем обезвоженного осадка (кека) равен:

$$W_K = \frac{W_{tot} (100 - P_{mix})}{100 - P_K} = \frac{738,29(100 - 96,39)}{100 - 77} = 115,94 \text{ м}^3/\text{сут},$$

где W_{tot} – объем смеси осадков фактической влажности, $\text{м}^3/\text{сут}$.

6. Объем фильтрата определяется по формуле

$$W_{\phi} = W_{tot} - W_K = 738,29 - 115,94 = 622,34 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

7. Для складирования обезвоженного осадка предусматривается открытая площадка, рассчитанная на 3-4-месячное хранение кека при высоте его слоя 1,5-3 м [1, п. 6.414].

Площадь площадки с асфальтобетонным или бетонным покрытием:

$$F = \frac{W_K \cdot 3 \cdot 30}{3} = \frac{115,94 \cdot 3 \cdot 30}{3} = 3478,2 = 3480 \text{ м}^2.$$

Т а б л и ц а 13

Технические характеристики барабанных вакуум-фильтров
со сходящим полотном

Показатели	Марка фильтра		
	БсхОУ-5-1,75	БсхОУ-10-2,6	БсхОУ-40-3,4
Площадь поверхности фильтрования, м ²	5	10	40
Диаметр барабана, мм	1750	2600	3400
Длина барабана, мм	1000	1300	3800
Частота вращения барабана, об/мин	0,108-2,05	0,13-1,5	0,1-1,45
Объем жидкости в корыте, л	1300	2700	7000
Мощность электродвига- теля – привода барабана, кВт	1,1	1,7	8,0
Габаритные размеры, мм	2600×2960×2540	3165×4100×3052	6300×5115×3725
Масса, кг:			
фильтра с приводом	3460	7600	17423
наиболее тяжелого монти- руемого узла (барабана)	977	3207	6488

Размеры площадки определяются при разработке генплана станции очистки.

8. В качестве резерва к корпусу обезвоживания осадков на вакуум-фильтрах предусматриваются аварийные иловые площадки на естественном основании без дренажа. Рассчитываются аварийные иловые площадки на 20 % годовое количество осадков [1, п. 6.386] в последовательности, изложенной в подразд. 7.1.

6.2. Ленточные фильтры-прессы

Фильтры-прессы применяются в химической, нефтяной, угольной, гидрометаллургической, горнорудной, пищевой, керамической и других отраслях промышленности для фильтрования промышленных и городских сточных вод, а также осадков, образующихся при очистке воды на станциях водоподготовки.

Фильтры-прессы рекомендуется включать в схемы, где конечной стадией обработки осадков являются сушка, сжигание или утилизация, при которых требуется получение осадков с возможно низкой влажностью.

Показатели работы фильтров-прессов принимаются по [1, п. 6.378; 4] и сведены в табл. 14 и 15.

Т а б л и ц а 14

Показатели работы фильтров-прессов для осадков городских сточных вод

Осадок сточных вод	Доза химических реагентов по активной части, от массы сухого вещества, %	Удельная производительность по сухому веществу, кг/(м ² ·ч)	Влажность обезвоженного осадка, %
Сброженный осадок из первичных отстойников	FeCl ₃ 3,6 - 4,8 CaO 9,6 - 12,0	12 - 17	60 - 65
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила; аэробно-стабилизированный активный ил	FeCl ₃ 4,8 - 7,2 CaO 12,0 - 18,0	10 - 16	62 - 68
Сброженная в термофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	FeCl ₃ 4,8 - 7,2 CaO 12,0 - 18,0	7 - 13	62 - 70
Сырой осадок из первичных отстойников	FeCl ₃ 2,4 - 4,2 CaO 7,2 - 10,8	12 - 16	55 - 60

Показатели работы фильтров-прессов для осадков промышленных сточных вод

Осадок сточных вод	Доза химических реагентов по активной части от массы сухого вещества, %	Удельная производительность по сухому веществу, кг/(м ² ·ч)	Влажность осадка, %	
			исходная	обезвоженного
Литейных цехов	FeCl ₃ 2 - 9 CaO 6 - 25	20 - 30	85 - 90	40 - 50
Станций нейтрализации металлургических предприятий, предприятий обработки цветных металлов	CaO - 2	13 - 14	98	33
Стекольного производства	-	50	99	16
Целлюлозно-бумажных предприятий	-	2,5-6	95-98	71-80
Фабрик первичной обработки шерсти	-	10	99,6	73
Производство синтетического каучука	-	10-15	97-98	63-75

Схема фильтра-пресса типа ЛМП (горизонтальный) приводится на рис. 17.

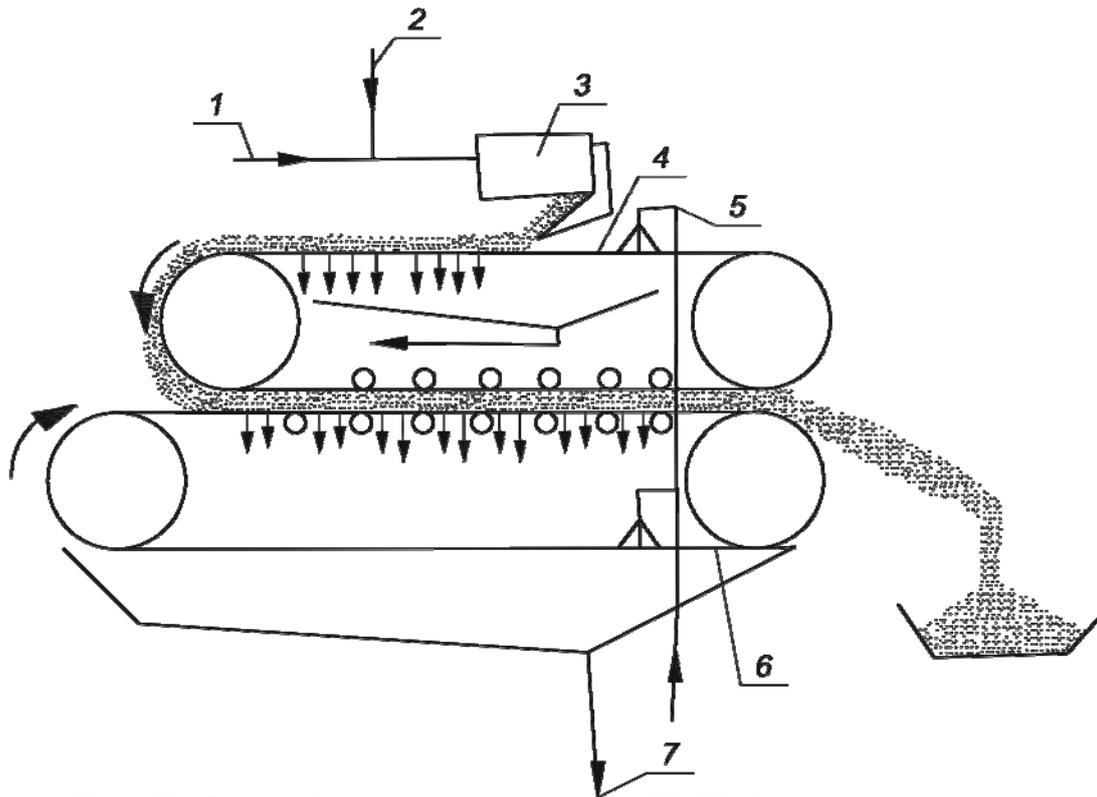


Рис.17. Схема фильтра-пресса типа ЛМП (горизонтальный):
 1 – подача осадка; 2 – подача флокулянта; 3 – смеситель; 4 – металлическая сетка; 5 – промывные устройства; 6 – нейлоновая фильтровальная ткань; 7 – отвод фильтрата и промывной воды

Фильтры-прессы для обезвоживания осадков городских сточных вод целесообразно применять в тех случаях, когда производится предварительная тепловая обработка осадков, исключающая необходимость их коагулирования.

Показатели работы фильтров-прессов улучшаются при реагентной обработке осадков и добавлении присадочного материала, в качестве которого может использоваться зола от сжигания осадков.

Площадь поверхности фильтрования фильтров-прессов, принятых в типовых корпусах обезвоживания осадка по табл. 10, определяется в зависимости от их типа и равна 10 и 5 м² соответственно для фильтров-прессов типа ЛМП10-1Г-01 и ФПЛ1-5.

Если фильтр-прессованию подвергаются сброженные осадки, то рассчитываются сооружения промывки, уплотнения и реагентная подготовка по методике, изложенной в подразд. 6.1. Если осадки несброженные, рассчитывается только реагентная подготовка.

Принципиальная типовая схема установки фильтра-пресса типа ЛМП приводится на рис. 18.

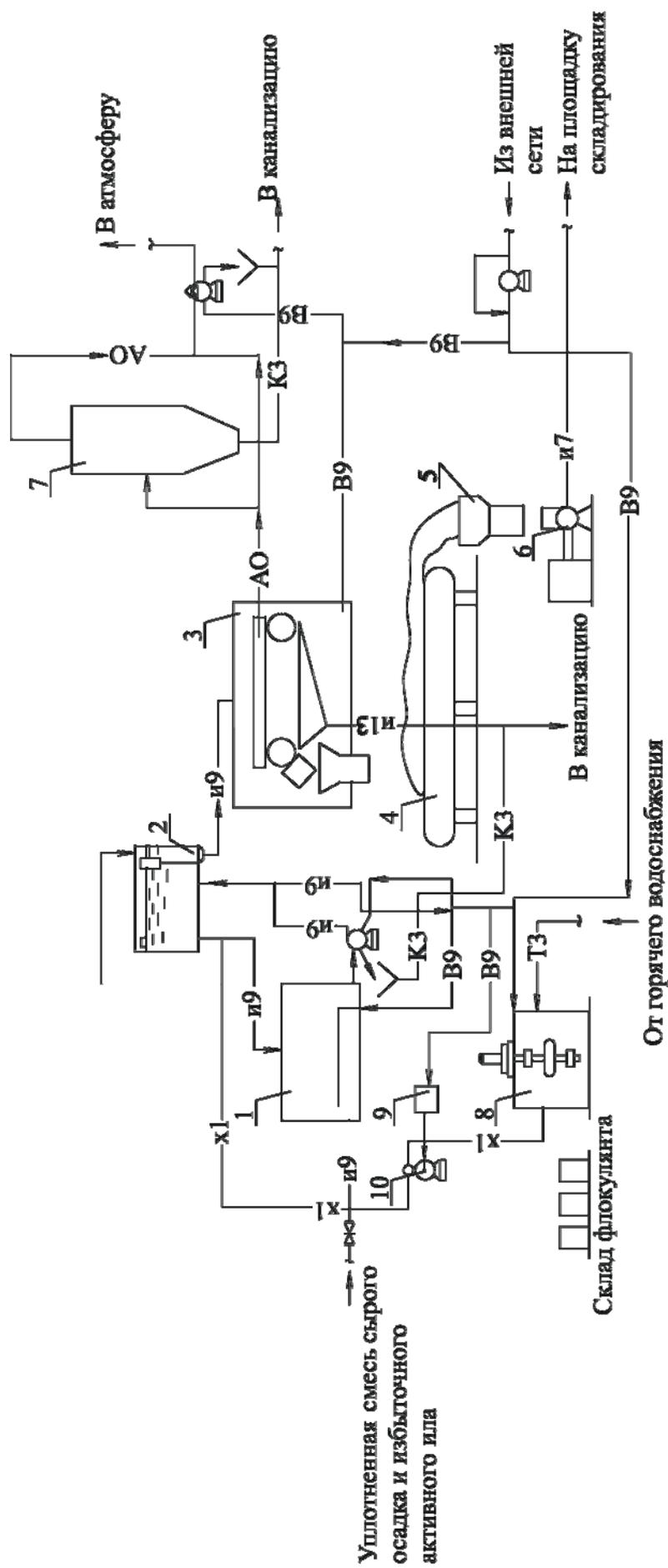


Рис. 18. Технологическая схема обезвоживания осадков на фильтрах-прессах:

- 1 – приемный резервуар осадка; 2 – бак-распределитель осадка; 3 – фильтр-пресс типа ЛМП; 4 – конвейер ленточный;
- 5 – тетка кека (основная); 6 – установка для транспортирования обезвоженного осадка; 7 – ресивер; 8 – резервуар 1 % раствора флокулянта; 9 – бак разрыва струи; 10 – насос-дозатор; И9 – уплотненная смесь сырого осадка и избыточного активного ила; И7 – обезвоженный осадок; И13 – фугат; АО – воздух; Х1 – флокулянт;
- В9 – производственный водопровод; К3 – производственная канализация

Расчет фильтра-пресса

На фильтры-прессы следует подавать осадки, которые не содержат частиц размером более 3 мм. Осадок первичных отстойников предварительно измельчается на решетках-дробилках, если он непосредственно направляется на фильтры-прессы.

Предлагается методика расчета фильтра-пресса для обезвоживания смеси осадка первичных отстойников и уплотненного активного ила.

1. Рассчитывается расход хлорного железа FeCl_3 , т/сут, по чистому продукту:

$$C_F = \frac{W_{tot}(100 - P_{mix})D_F}{100 \cdot 100},$$

где W_{tot} – объем смеси сырого осадка первичных отстойников и уплотненного активного ила, $\text{м}^3/\text{сут}$, определяется по методике, изложенной в разд. 3;

P_{mix} – влажность смеси осадков, %, определяется по методике, изложенной в разд. 3;

D_f – доза FeCl_3 по активной части в % от массы сухого вещества, принимается по табл. 14.

2. Расход хлорного железа, т/сут, по товарному продукту:

$$G_{F.m} = \frac{100G_F}{60},$$

где 60 – концентрация FeCl_3 в товарном продукте, %, можно принимать и 70 %.

3. Расход извести, т/сут, по чистому продукту:

$$G_{\text{CaO}} = \frac{W_{tot}(100 - P_{mix})D_{\text{CaO}}}{100 \cdot 100},$$

где D_{CaO} – доза извести по активной части в % от массы сухого вещества, принимается по табл. 14.

4. Потребляемое количество товарной извести, т/сут:

$$G_{\text{CaO}.m} = \frac{100G_{\text{CaO}}}{30},$$

где 30 – концентрация CaO в товарном продукте, %, можно принимать 50 и 70 %.

5. Рабочая площадь, м^2 , фильтров-прессов:

$$F_f = \frac{W_{tot}(100 - P_{mix}) \cdot 100}{100P_f T},$$

где P_f – пропускная способность фильтра-пресса, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, принимается по табл. 14;

T – продолжительность работы фильтра-пресса за сутки, ч, принимается $T=24$ ч.

6. Количество фильтров-прессов

$$n_f = \frac{F_f}{f},$$

где f – площадь поверхности фильтрования одного фильтра-пресса, m^2 , принимается по техническим характеристикам фильтра-пресса, в зависимости от его типа.

В соответствии с [1, п. 6.385] принимается количество резервных фильтров-прессов и по табл. 10 определяется проект корпуса обезвоживания осадка.

7. Объемы кека и фильтрата определяются по формулам, приведенным в подразд. 6.1.

Фильтрат направляется в первичные отстойники или сбрасывается во внутримплощадочную сеть канализации станции очистки.

8. Расчеты площадки с твердым основанием для складирования обезвоженного осадка (кека) и аварийных (резервных) иловых площадок на естественном основании без дренажа производятся по формулам, приведенным в подразд. 6.1 и 7.1.

6.3. Осадительные центрифуги

Для обезвоживания осадков сточных вод на станциях производительностью до 100 тыс. m^3 /сут применяются непрерывно действующие осадительные горизонтальные центрифуги типа ОГШ со шнековой выгрузкой осадка.

В осадительных центрифугах твердые частицы, имеющие плотность бóльшую, чем плотность жидкой фазы, под действием центробежной силы отлагаются на внутренней поверхности сплошного ротора и удаляются шнеком, а жидкая фаза в виде кольцевого слоя распыляется вблизи оси вращения ротора и непрерывно выводится из центрифуги. Принципиальное устройство центрифуги типа ОГШ показано на рис. 19.

Технические характеристики серийных осадительных центрифуг приведены в табл.16.

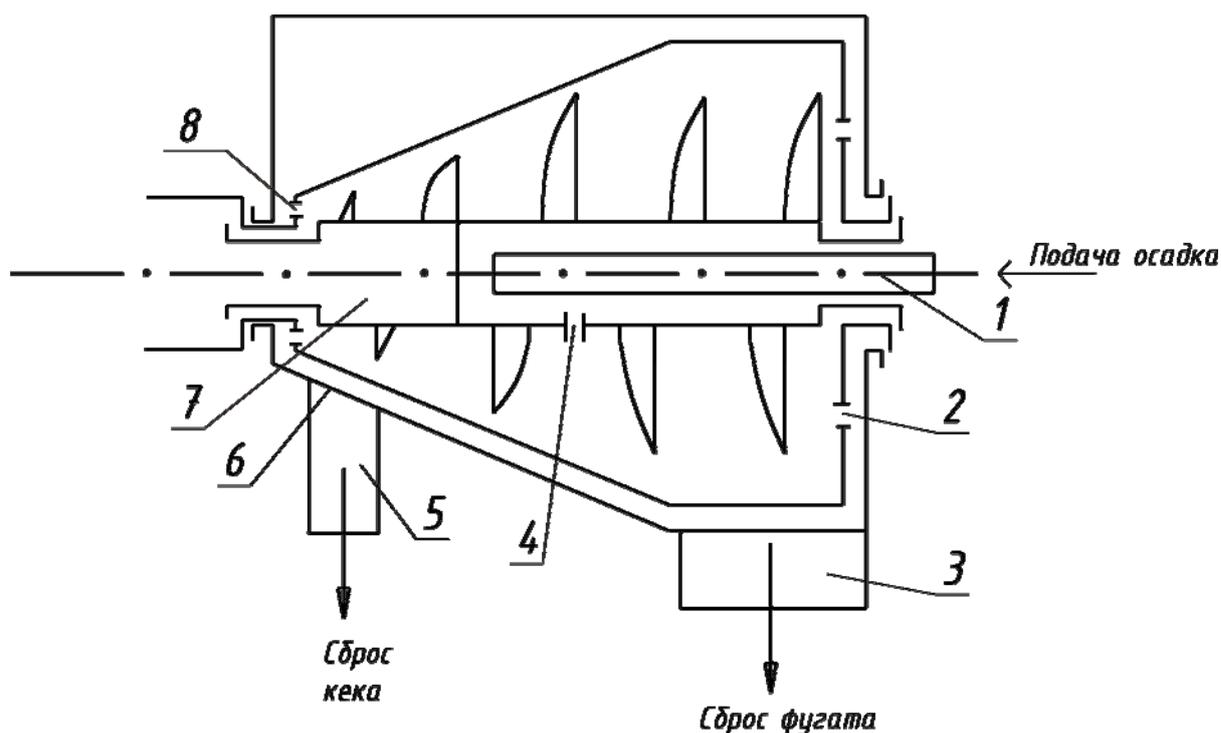


Рис.19. Схема устройства центрифуги ОГШ:
 1 – труба подачи осадка; 2 – отверстие для слива фугата; 3 – сливная труба;
 4 – отверстие для поступления осадка в полость ротора; 5 – труба сброса
 обезвоженного осадка; 6 – ротор центрифуги; 7 – полый шнек;
 8 – выгрузочные окна

Т а б л и ц а 16

Технические характеристики серийных осадительных центрифуг

Показатели	Марка центрифуги		
	ОГШ-352К-3	ОГШ-502К-4	ОГШ-631К-2
Расчетная производительность по исходному осадку, м ³ /ч	4 - 6	7 - 14	20 - 40
Наибольший рабочий диаметр ротора, мм	350	500	631
Рабочая длина ротора, мм	1000	900	2370
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	2800 - 4250	2000 - 2650	2000
Фактор разделения	1500 - 3500	1100 - 1950	1400
Мощность электродвигателя, кВт	30	28; 32	100

П р и м е ч а н и я : 1. Производительность центрифуг указана при работе без применения реагентов. Большие значения производительности центрифуг принимаются при центрифугировании активного ила, меньшие – для аэробно-стабилизированной смеси осадков. 2. При работе с флокулянтами производительность центрифуг принимается в 2 раза меньше, чем указана в таблице [1, п. 6.380].

Эффективность задержания сухого вещества осадка и влажность кека определяются по [1, табл. 63] и сведены в табл. 17.

Т а б л и ц а 17

Эффективность задержания сухого вещества осадка
и влажность кека при обезвоживании на центрифугах

Характеристика обрабатываемого осадка	Эффективность задержания сухого вещества осадка, %	Влажность кека, %
Сырой или сброженный осадок из первичных отстойников	45-65	65-75
Анаэробно-сброженная смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	24-40	65-75
Сырой активный ил при зольности, %		
28-35	10-15	75-85
38-42	15-25	70-80
44-47	25-35	60-75
Аэробно-стабилизированная смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	25-35	70-80

Количество резервных центрифуг принимается при числе рабочих центрифуг до двух – 1 шт., трех и более -2 шт. [1, п.6. 385].

Перед подачей на центрифуги осадки необходимо пропускать через напорные гидроциклоны (для удаления из них песка). Подача осадка на центрифуги с диаметром ротора менее 0,5 м должна осуществляться через решетку-дробилку или фильтрующие устройства.

При подаче фугата после центрифуг на очистные сооружения надлежит учитывать увеличение нагрузки на них по БПК_{полн} в зависимости от эффективности задержания сухого вещества осадка из расчета 1 мг БПК_{полн} на 1 мг остаточного сухого вещества в фугате (см. табл. 17).

Для предотвращения увеличения нагрузки на очистные сооружения надлежит предусматривать дополнительную обработку фугата:

- аэробную стабилизацию в смеси с осадком первичных отстойников и избыточным активным илом и последующим гравитационным уплотнением в течение 3-5 ч;
- иловые площадки для фугата, полученного после центрифугирования сброженных осадков, при этом нагрузку на площадки с искусственным основанием с дренажом следует принимать по [1, табл. 64] с коэффициентом 2;

- возврат в аэротенки фугата после центрифугирования уплотненного активного ила.

Схемы центрифугирования и обработки фугата при этом рекомендуются следующие:

1) центрифугирование активного ила из вторичных отстойников или флотаторов с выделением избыточного активного ила и использованием фугата в качестве части циркулирующего ила для очистки сточных вод в аэротенках. Число центрифуг рассчитывается по объему пропускаемого через них ила с учетом эффективности задержания сухого вещества и количества задерживаемого в центрифугах ила, которое должно соответствовать его приросту;

2) центрифугирование осадка из первичных отстойников или его смеси с избыточным активным илом с аэробной стабилизацией фугата или с аэробной стабилизацией уплотненного избыточного активного ила в смеси с фугатом от центрифугирования осадка из первичных отстойников (см. рис. 5, 6). Аэрация ведется в течение 7-10 сут при интенсивности 2-3 м³/(м³·ч). Минерализованный осадок из стабилизаторов уплотняется в течение 3-5 ч, после чего центрифугируется, а фугат вновь направляется в аэробный стабилизатор. По данной схеме разработаны типовые корпуса обезвоживания осадка с шестью, семью и десятью центрифугами (см. табл. 11) и аэробные стабилизаторы (см. табл. 8);

3) центрифугирование сброженных осадков с подсушкой фугата на иловых площадках с дренажем на искусственном основании.

Типовая технологическая схема обезвоживания осадков на центрифугах представлена на рис. 20.

Показатели работы центрифуг для обработки осадков промышленных сточных вод приведены в табл. 18.

Показатели работы центрифуг

Осадки сточных вод	Доза флокулянта, %	Влажность кека, %	Концентрация взвеси в фугате, г/л	Эффект разделения сухого вещества суспензии, %
Кожевенных заводов	-	68-74	20-40	40-50
Предприятий рыбной промышленности	Цетат 50 (Германия) 0,26-0,28	78 - 80	28 - 30	35 - 40
Гидролизных заводов	-	65 - 70	10 - 15	60
Свиноводческих комплексов	-	70 - 80	10 - 20	60 - 70
Гальванических производств	ПАА 0,6 - 0,9	80 - 83	0,2 - 0,4	98 - 99

Расчет центрифуги

Схема обезвоживания осадков на центрифугах представлена на рис. 5, 6 (см. разд. 1).

Для иллюстрации хода расчетов задаются следующими исходными данными по параметрам осадков (определение параметров осадков см. разд. 3):

- осадок первичных отстойников;
- количество осадка по сухому веществу $M_{mud} = 7,2$ т/сут;
- влажность осадка $P_{mud} = 93,5$ %;
- объем осадка $W_{mud} = 110,8$ м³/сут;
- гигроскопическая влажность $P_g = 5,5$ %;
- зольность осадка $S_{mud} = 27$ %;
- избыточный активный ил;
- количество ила по сухому веществу $M_{mud.a} = 8,04$ т/сут;
- влажность неуплотненного ила $P_{en} = 99,5$ %;
- объем ила $W_a = 703,5$ м³/сут;
- гигроскопическая влажность $P'_g = 5,5$ %;
- зольность ила $S_{mud.a} = 25$ %.

Расчет центрифуг для обезвоживания сырого осадка

1. Количество обезвоженного осадка (кека) по сухому веществу:

$$M_k = M_{mud} \frac{\mathcal{E}_0}{100} = 7,2 \cdot \frac{55}{100} = 3,96 \text{ т/сут},$$

где \mathcal{E}_0 – эффективность задержания центрифугами сухого вещества, %, принимается по табл. 17. Для сырых осадков первичных отстойников $\mathcal{E}_0 = 55$ %.

2. Объем кека:

$$W_k^0 = \frac{M_k}{\gamma_k(1-P_k/100)} = \frac{3,96}{0,85(1-70/100)} = 15,33 \text{ м}^3/\text{сут},$$

где γ_k – объемный вес кека, т/м³, принимается $\gamma_k = 0,85$ т/м³;

P_k – влажность кека, %, определяется по табл. 17, для сырых осадков первичных отстойников $P_k = 70$ %.

3. Количество фугата (по сухому веществу):

$$M_f = M_{mud} - M_k = 7,2 - 3,96 = 3,24 \text{ т/сут}.$$

4. Объем фугата:

$$W_f = W_{mud} - W_k^0 = 110,8 - 15,53 = 95,27 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

5. Количество центрифуг для обезвоживания сырого осадка первичных отстойников:

$$n = \frac{W_{mud}}{q_{cf}T} = \frac{110,0}{30 \cdot 24} = 0,15 \text{ шт.} \sim 1 \text{ шт.},$$

где T – время работы центрифуги, ч, принимается $T = 24$ ч;

q_{cf} – расчетная производительность центрифуги по исходному осадку, м³/ч, принимается по табл. 16 в зависимости от марки центрифуги, а затем уточняется по формуле

$$q_{cf} = (15 - 20)l_{rot}d_{rot};$$

здесь l_{rot} – рабочая длина ротора, м;

d_{rot} – наибольший рабочий диаметр ротора, м.

Принимается к установке центрифуга марки ОГШ-631К-2 по табл. 16, имеющая $l_{rot} = 2370$ мм = 2,37 м и $d_{rot} = 631$ мм = 0,631 м.

Тогда

$$q_{cf} = 20 \cdot 2,37 \cdot 0,631 = 30 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

6. Фактическое время работы центрифуги составит:

$$T_1 = \frac{W_{mud}}{q_{cf}n} = \frac{110,8}{30 \cdot 1} = 3,7 \text{ ч.}$$

Расчет центрифуг

для обезвоживания аэробно-стабилизированной смеси осадков

1. По схеме обработки осадка, представленной на рис. 5 и 6, для минерализации в аэробный стабилизатор направляется смесь фугата от центрифугирования осадков первичных отстойников в количестве 3,24 т/сут, объемом $W_f = 95,27 \text{ м}^3/\text{сут}$ и неуплотненного активного ила в количестве $M_{mud.a} = 8,04 \text{ т/сут}$, объемом $W_a = 703,5 \text{ м}^3/\text{сут}$. Фугат после центрифугирования смеси осадков не учитывается, так как он минерализован. Следовательно, количество смеси осадка по сухому веществу, подлежащее аэробной стабилизации, будет равно:

$$Q_0 = M_f + M_{mud.a} = 3,24 + 8,04 = 11,28 \text{ т/сут.}$$

2. В результате минерализации происходит распад беззольного вещества. Количество аэробно-стабилизированной смеси осадка по сухому веществу уменьшается и определяется по формуле

$$Q_0 = Q_0 \left[1 - \frac{0,5\alpha}{100} \left(1 - \frac{S}{100} \right) \right] = 11,28 \left[1 - \frac{0,5 \cdot 30}{100} \left(1 - \frac{27}{100} \right) \right] = 10,04 \text{ т/сут,}$$

где α – распад беззольного вещества, для неуплотненного активного ила принимается $\alpha = 30 \%$;

S – зольность минерализованной смеси, принимается $S = 27 \%$.

3. Эффект центрифугирования аэробно-стабилизированной смеси составляет $\Theta = 30 \%$ (см. табл. 17). Следовательно, для выделения на центрифугах $Q_s = 10,04 \text{ т/сут}$ сухого вещества смеси осадков на них необходимо подавать:

$$Q_u = \frac{Q_s \cdot 100}{\Theta} = \frac{10,4 \cdot 100}{30} = 33,5 \text{ т/сут,}$$

где Q_u – производительность корпуса обезвоживания смеси осадков по сухому веществу, т/сут, которая потребуется в дальнейших расчетах для определения типового проекта по табл. 11.

4. Расход аэробно-стабилизированной смеси, поступающей в уплотнители:

$$Q_1 = \frac{Q_u \cdot 1000}{C_1} = \frac{33,5 \cdot 1000}{20} = 1673,5 \text{ м}^3/\text{сут,}$$

где C_1 – концентрация минерализованной смеси, поступающей в уплотнитель, принимается $C_1 = 20$ г/л.

5. Расход уплотненной минерализованной смеси, подаваемой на центрифуги:

$$Q_2 = \frac{Q_u \cdot 1000}{C_2} = \frac{33,5 \cdot 1000}{30} = 1116,7 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

где C_2 – концентрация минерализованной смеси, подаваемой на обезвоживание, принимается $C_2 = 30$ г/л.

6. Расход иловой воды, отводимой из илоуплотнителей:

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 = 1673,5 - 1116,7 = 556,8 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

7. Количество сухого вещества осадка, возвращаемое в минерализатор после центрифугирования минерализованной смеси:

$$Q_{SM} = Q_u - Q_s = 33,5 - 10,04 = 23,46 \text{ т/сут.}$$

8. Объем кека, образующегося при центрифугировании смеси осадков:

$$Q_k = \frac{Q_s}{\gamma_k(1 - P_k/100)} = \frac{10,04}{0,85(1 - 70/100)} = 39,37 \text{ м}^3/\text{сут.},$$

где γ_k – объемный вес кека, т/м³, принимается $\gamma_k = 0,85$ т/м³;

P_k – влажность кека, %, принимается для аэробно-стабилизированной смеси фугата из первичных отстойников и активного ила $P_k = 70$ % по табл. 17.

9. Объем фугата, возвращаемого после центрифугирования аэробно-стабилизированной смеси в стабилизатор:

$$Q_f = Q_2 - Q_k = 1116,7 - 39,37 = 1077 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

10. Определяется количество центрифуг с учетом, что марка центрифуги принимается такой же, как и для обезвоживания сырого осадка первичных отстойников:

$$n = \frac{Q_2}{q_{cf}T} = \frac{1116,7}{30 \cdot 24} = 1,55 \text{ шт.} \sim 2 \text{ шт.},$$

где q_{cf} и T – параметры, принимаемые из расчета центрифуг для сырого осадка первичных отстойников.

11. Фактическое время работы одной центрифуги:

$$T_2 = \frac{Q_2}{q_{cf}n} = \frac{1116,7}{30 \cdot 2} = 18,6 \text{ ч.}$$

12. К установке принимаются 3 рабочие и 2 резервные центрифуги марки ОГШ-631К-2 в корпусе обезвоживания для обработки сырых осадков первичных отстойников и аэробно-стабилизированной и уплотненной смеси осадков (фугата от центрифугирования сырых осадков первичных отстойников и активного ила вторичных отстойников).

Так как центрифуги марки ОГШ-631К-2 не заложены в действующие типовые проекты [5; 7], корпус обезвоживания на 5 центрифуг данной марки принимается по индивидуальному проектному решению.

13. Типовые корпуса обезвоживания осадков сточных вод с центрифугами принимаются по [5; 7] и по табл. 11 в зависимости от суточного расхода сточных вод очистных сооружений либо по количеству осадков по сухому веществу, направляемых на центрифугирование.

Количество осадков по сухому веществу:

$$M = M_k + Q_u = 3,96 + 33,5 = 37,46 \text{ т/сут.}$$

14. Для данного примера расчета можно принять и типовой проект по табл. 11 – 902-5-46.87; марка центрифуг – ОГШ-1001К-01; общее количество агрегатов в корпусе – 3 шт. (2 рабочих и 1 резервный); производительность корпуса обезвоживания по сухому веществу осадка – 86,4 т/сут; размеры здания – (42,6×30,0) м. Принятый корпус обезвоживания осадков имеет запас производительности на перспективное расширение станции очистки сточных вод.

15. В качестве резерва к цеху центрифугирования предусматриваются аварийные иловые площадки, расчет которых производится по формулам, приведенным в подразд. 7.1.

16. Кека выгружается системой ленточных конвейеров из цеха обезвоживания, подается для погрузки в автотранспорт и вывозится (для компостирования или временного складирования на открытые площадки с твердым покрытием).

Общий объем кека:

$$W_k = W_k^0 + Q_k = 15,33 + 39,37 = 54,70 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

17. Площадь, необходимая для складирования кека, определяется по формуле, приведенной в подразд. 6.1, и равна:

$$F = \frac{W_k \cdot 30 \cdot 3,0}{3,0} = \frac{54,70 \cdot 30 \cdot 3,0}{3,0} = 164,1 \text{ м}^2.$$

Расчет аэробного стабилизатора

1. Параметры Q_1 , Q_3 , W_f , W_a принимаются из предыдущих расчетов.

2. Количество иловой воды, отводимой из отстойных зон стабилизаторов:

$$W_w = W_a + W_f - Q_3 = 703,5 + 95,27 - 556,8 = 242 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

3. Объем зон минерализации в стабилизаторах:

$$W_1 = (W_a + W_f)\tau_1 = (703,5 + 95,27) \cdot 7 = 5591,39 \text{ м}^3,$$

где τ_1 – время минерализации смеси фугата после центрифугирования сырых осадков из первичных отстойников и активного ила, сут, принимается $\tau = 7$ сут по [1, п. 6.365].

4. Объем зон отстаивания в стабилизаторах:

$$W_2 = \frac{W_w}{24} \tau_2 = \frac{242}{24} \cdot 2 = 20 \text{ м}^3,$$

где τ_2 – продолжительность отстаивания, ч, принимается $\tau_2 = 2$ ч.

5. Объем зон уплотнения осадка в стабилизаторах:

$$W_3 = \frac{Q_1}{24} \tau_3 = \frac{1673,5}{24} \cdot 5 = 348,6 \text{ м}^3,$$

где τ_3 – время уплотнения смеси осадка в уплотнителях, ч, принимается $\tau_3 = 5$ ч по [1, п. 6.367].

6. Объем аэробных стабилизаторов:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 5591,39 + 20 + 348,6 = 5960 \text{ м}^3.$$

7. По W и табл. 8 принимается типовой проект аэробного стабилизатора. Задавшись количеством секций N , шт., размерами – шириной секции B и глубиной H , определяем длину L :

$$L = \frac{W}{NBH} = \frac{5960}{3 \cdot 9 \cdot 4,8} = 46 \text{ м.}$$

По расчету принимается аэробный стабилизатор типовой длиной 48 м, проект 902-3-058.87, схема стабилизатора приведена на рис. 14.

8. Количество воздуха для аэрации осадка в стабилизаторах:

$$D = qW = 1,5 \cdot 5960 = 8940 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где q – расход воздуха на стабилизацию, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^3)$, принимается $q = 1-2 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^3)$ по [1, п. 6.366].

Контрольные вопросы

1. Какие осадки направляются на механическое обезвоживание?
2. Назовите аппараты механического обезвоживания осадков сточных вод.
3. На какой объем осадка проектируются резервные иловые площадки?
4. Какие химические реагенты применяются для кондиционирования осадков перед их подачей на вакуум-фильтры и фильтры-прессы?
5. Какие химические реагенты применяются для кондиционирования осадков перед их подачей на центрифуги?
6. Какие операции включает рабочий цикл вакуум-фильтров?
7. Конструкция и принцип работы вакуум-фильтра марки БОУ.
8. Конструкция и принцип работы вакуум-фильтра марки БсхОУ.
9. Цель расчета вакуум-фильтра.
10. Влажность обезвоженного осадка городских сточных вод после вакуум-фильтров.
11. Какие виды осадков обезвоживаются на фильтрах-прессах?
12. Влажность обезвоженного осадка городских сточных вод после фильтров-прессов.
13. Конструкция и принцип работы горизонтальных ленточных фильтров-прессов.
14. Цель расчета фильтров-прессов.
15. Конструкция и принцип работы осадительных горизонтальных центрифуг типа ОГШ со шнековой выгрузкой осадка.
16. При какой производительности очистных сооружений проектируются цехи механического обезвоживания с центрифугами?
17. Для чего перед подачей на центрифуги осадки пропускаются через напорные гидроциклоны?
18. Влажность кека после центрифуг.
19. Цель расчета центрифуг.

7. ИЛОВЫЕ ПЛОЩАДКИ

Обезвоживание сброженных и стабилизированных осадков часто производится на иловых площадках на естественном основании (с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды) и на площадках-уплотнителях.

Иловые площадки устраивают на естественном основании с дренажем и без дренажа, на искусственном асфальтобетонном и бетонном основаниях с дренажем. Если почва хорошо фильтрует воду (песок, супесь) и грунтовые воды находятся на большой глубине, иловые площадки планируются на естественных грунтах. При неглубоком залегании грунтовых вод (до 1,5 м) применяются иловые площадки на искусственном основании с дренажем.

Нагрузки осадка на иловые площадки q_0 , м³/(м²·год), в районах с $t_{\text{ср.год}}$ воздуха 3-6 °С и среднегодовым количеством атмосферных осадков до 500 мм надлежит принимать по [1, табл. 64]. Нагрузки на иловые площадки в других климатических условиях следует определять с учетом климатических коэффициентов по [1, черт. 3].

При проектировании иловых площадок должны предусматриваться дороги со съездами на карты для автотранспорта и средств механизации (для обеспечения механизированной уборки подсушенного осадка).

Дренажная иловая вода с площадок отводится, как правило, в хозфекальную канализационную сеть очистных сооружений, а затем направляется для очистки в приемную камеру очистных сооружений. Концентрация загрязнений в иловой воде колеблется в пределах: по взвешенным веществам – от 1000 до 2000 мг/л, по органическим загрязнениям (БПК_{полн}) – от 1000 до 2000 мг/л (большие значения – для площадок-уплотнителей, меньшие – для других типов площадок).

Площадь иловых площадок следует проверять на намораживание. Площадь намораживания должна составлять не более 80 % от общей площади площадок, а остальные 20 % площади используются во время весеннего таяния намороженного осадка.

Продолжительность намораживания принимается равной количеству дней со среднесуточной температурой воздуха ниже минус 10 °С по [1, черт.3]. Количество намороженного осадка следует принимать равным 75 % от объема, подаваемого на иловые площадки в период намораживания. Высота намороженного слоя принимается на 0,1 м меньше высоты валика, дно разводящих труб или лотков должна быть выше горизонта намораживания. Для южных районов проверку на намораживание не производят.

Искусственное дренирующее основание иловых площадок должно составлять не менее 10 % площадок карты.

Твердое покрытие иловых площадок необходимо устраивать из двух слоев асфальта толщиной 0,015-0,025 м по щебеночно-песчаной подготовке толщиной 0,1 м.

При проектировании иловых площадок на естественном основании рабочая глубина карт принимается 0,7-1,0 м; высота оградительных валиков – на 0,3 м выше рабочего уровня; ширина валиков поверху – не менее 0,7 м, при использовании механизмов – 1,8-2,0 м; уклон dna разводящих труб и лотков – по расчету, но не менее 0,01-0,03; количество карт – не менее 4 шт. Размеры карт иловых площадок принимаются в зависимости от местных условий. Для небольших станций очистки сточных вод площадь одной карты проектируется от 200 до 400 м² и более. Для удобства эксплуатации ширину отдельных карт при одностороннем выпуске следует принимать не более 10 м. Расстояние между выпусками осадка на карты в зависимости от размеров последних принимается от 10 до 50 м. Осадок наливается на карты иловых площадок периодически слоями высотой напуска 0,2-0,3 м. Дренаж для отвода профильтрованной воды устраивается из асбестоцементных труб диаметром 100 мм, которые укладываются на расстоянии 4-8 м друг от друга с уклоном 0,0025-0,003. Глубина заложения труб в начальных точках должна быть не менее 1,25 м.

При проектировании иловых площадок с отстаиванием и поверхностным отводом иловой воды число каскадов принимается 4-7 шт.; число карт в каскаде – 4-8 шт.; полезная площадь одной карты – от 0,25 до 2 га; ширина карт – 30-100 м (при уклонах местности $i = 0,04-0,08$), 50-100 м (при $i = 0,01-0,04$), 60-100 м (при $i = 0,01$ и менее); длина карт при уклонах более 0,04 – 80-100 м, при $i = 0,01$ и менее – 100-250 м; отношение ширины к длине – 1:2-1:2,5; высота оградительных валиков и насыпей или дорог – до 2,5 м; рабочая глубина карт на 0,3 м меньше высоты оградительных валиков; напуск 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 проектируются в шахматном порядке; количество иловой воды – 30-50 % от количества обезвоживаемого осадка.

При проектировании площадок-уплотнителей следует принимать ширину карт 9-18 м, расстояние между выпусками иловой воды – не более 18 м. Иловые площадки-уплотнители устраиваются рабочей глубиной до 2 м в виде прямоугольных в плане карт-резервуаров с водонепроницаемыми днищами и стенами. Для выпуска иловой воды вдоль продольных стен предусматриваются отверстия с шиберами. Для

возможности механизированной уборки высушенного осадка проектируются пандусы.

7.1. Иловые площадки на естественном основании без дренажа

1. Полезная площадь иловых площадок, м²:

$$F_p = \frac{W_{sb} T}{100} \cdot \frac{365}{q_0 K} = \frac{W_0 \cdot 365}{q_0 K},$$

где W_{sb} – объем осадка, направляемого на площадки из метантенков, м³/сут, или из аэробных стабилизаторов, или из корпусов механического обезвоживания, или из перегнивателей, или из двухъярусных отстойников;

q_0 – нагрузка осадка на площадки, м³/(м²·год), принимается в зависимости от типа осадка по [1, табл. 64];

K – климатический коэффициент, определяется по [1, черт.3];

T – процент годового количества осадка, подаваемого на иловые площадки, для резервных (аварийных) площадок $T=20\%$ [1, п. 6.386], для основных рабочих площадок $T=100\%$;

W_0 – объем осадка, который направляется на обезвоживание, м³/сут, для резервных (аварийных) площадок $W_0 = W_{sb} \cdot 20 / 100 = 0,2W_{sb}$, для основных рабочих $W_0 = W_{sb} \cdot 100 / 100 = W_{sb}$.

2. Общая площадь площадок, м², с учетом проездов и валиков:

$$F_0 = 1,2F_p.$$

3. Площадь одной карты, м²:

$$f_p = \frac{W_0 \cdot \tau}{h_1},$$

где τ – число дней залива на одну карту, сут, $\tau = 3$ сут;

h_1 – слой разового напуска осадка, м, принимается $h_1 = 0,25-0,3$ м.

4. Размеры карты принимаются из условия $b:l=1:2$. Ширина карт иловых площадок проектируется:

- при ручной уборке обезвоженного осадка $b = 10-16$ м;
- при механизированной уборке осадка $b = 35-40$ м.

Длина карты, м, определяется по формуле

$$l = \frac{f_p}{b}.$$

5. Количество карт, шт.:

$$n = \frac{F_p}{f_p}.$$

Количество карт должно быть не менее 4 шт. по [1, п. 6.391].

6. Рабочая глубина карт, высота и ширина оградительных валиков принимается по [1, п. 6.391].

7. Площадь карт, м², под зимнее намораживание:

$$F_{\text{н}} = \frac{\tau_{\text{сут}} W_0 K_2}{h_{\text{н}} K_1},$$

где $\tau_{\text{сут}}$ – продолжительность периода намораживания, сут, принимается по [1, черт. 3];

K_1 – часть площади, которая отводится под зимнее намораживание, $K_1 = 0,8(80 \%)$ по [1, п. 6.395];

K_2 – коэффициент, учитывающий уменьшение объема осадка вследствие зимней фильтрации и испарения, $K_2 = 0,75$ по [1, п. 6.395];

$h_{\text{н}}$ – высота слоя намораживания осадка на площадках, принимается на 0,1 м ниже кромки земляного валика.

Если площадь под зимнее намораживание окажется больше 80% полезной площади, то полезную площадь необходимо увеличить и повторить расчет.

8. Высота слоя намораживания, м:

$$h_{\text{н}} = \frac{\tau_{\text{сут}} W_0 K_2}{F_p K_1}.$$

9. Высота валика иловых карт из условия 3-суточного залива:

$$h_b = h_{\text{н}} + 0,3 \leq 1,0 \text{ м.}$$

10. Количество осадка, м³/год, подсушенного на иловых площадках:

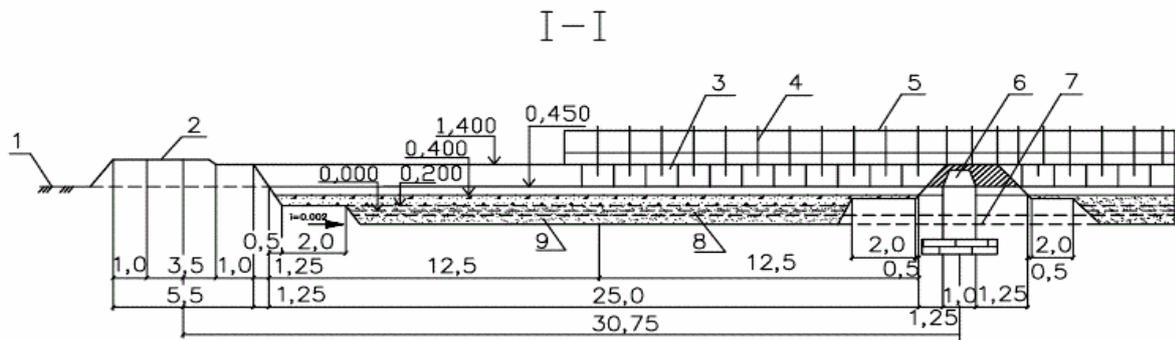
$$W_s = W_0 \cdot 365 \cdot \frac{100 - P_{sb}}{100 - P_p},$$

где P_{sb} – влажность осадка, направляемого на иловые площадки, %;

P_p – влажность подсушенного осадка, принимается $P_p = 80 \%$.

Это влажность, при которой можно производить механизированную уборку осадка.

План и разрез иловых площадок на естественном основании приводится на рис.21.



ПЛАН

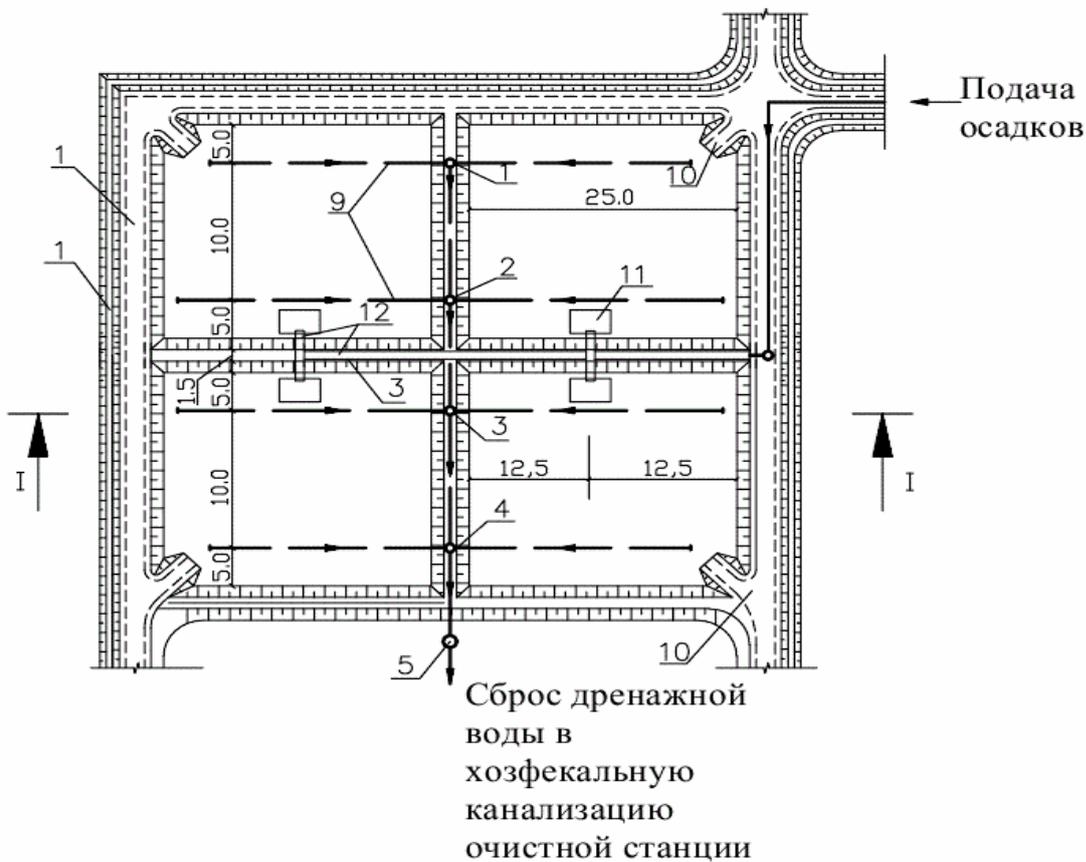


Рис.21. Иловые площадки на естественном основании с дренажом:
 1 – кювет оградительной канавы; 2 – дорога; 3 – сливной лоток;
 4 – бруски, поддерживающие илоразводящий лоток; 5 – илоразводящий лоток; 6 – дренажный колодец; 7 – сборная дренажная труба;
 8 – дренажный слой; 9 – дренажные трубы; 10 – съезд на карту;
 11 – деревянный щит под сливным лотком; 12 – шиберы;
 1,2,3,4 и 5 – колодцы на дренажной сети

7.2. Иловые площадки с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды

В районах строительства с плохо фильтрующими грунтами (тяжелые суглинки и глины) или где по санитарным условиям невозможна фильтрация сточных вод в грунт, проектируются иловые площадки с поверхностным отводом воды (каскадные иловые площадки).

1. Полезная площадь, м², иловых площадок:

$$F_p = \frac{W_{sb} \cdot 365}{1,2q_0K},$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий увеличение нагрузки на иловые площадки с поверхностным отводом воды по сравнению с нагрузкой, принимаемой для площадок на естественном основании;

W_{sb} , q_0 , K – параметры, принимаемые по подразд. 7.1.

2. Общая площадь площадок, м², с учетом дорог и валиков:

$$F_0 = 1,2F_p.$$

3. Площадь одной карты принимается в пределах $f_p = 0,25-2$ га по [1, п. 6.392].

Количество карт:

$$n = \frac{F_p}{f_p} \text{ шт.}$$

Количество карт принимается с учетом разбивки на каскады, при этом в каждом каскаде должно быть 4-8 карт, а количество каскадов – 4-7. В зависимости от уклона поверхности в соответствии с [1, п. 6.392] принимается ширина карты, м, и определяется ее длина, м:

$$l = \frac{f_p}{b}.$$

Отношение $b:l$ должно быть в пределах 1:2-1:2,5. В случае, если это соотношение не выполняется, необходимо изменить число карт или каскадов для того, чтобы $b:l = 1:2-1:2,5$.

Каскадные иловые площадки представлены на рис. 22.

4. Годовое количество осадка, м³/год, подсушенного на площадках:

$$W_p = W_{sb} \cdot 365 \frac{100 - P_{sb}}{100 - P_p},$$

где P_{sb} , P_p – параметры, принимаемые по подразд. 7.1.

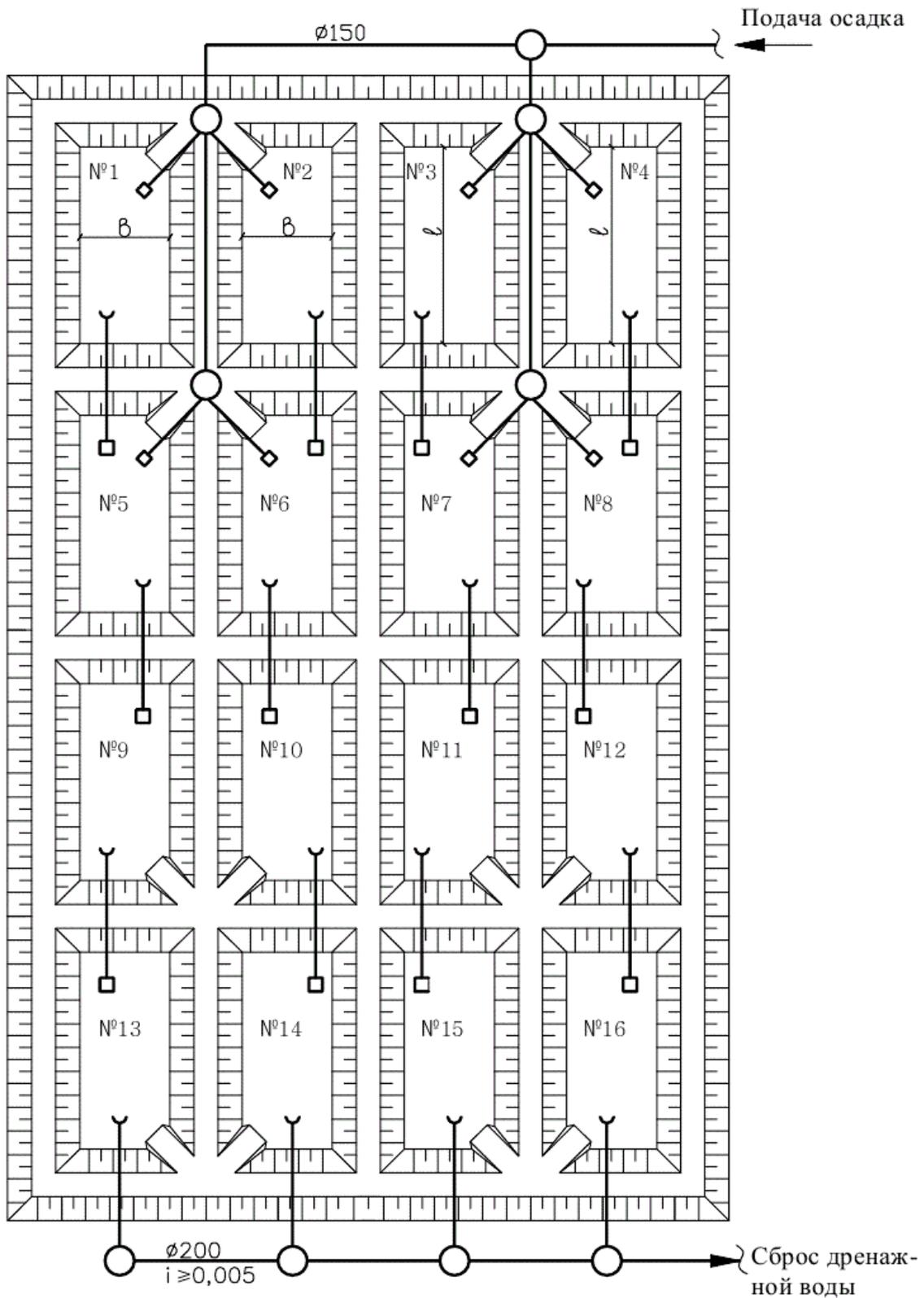


Рис.22. Каскадные иловые площадки

5. Количество иловой воды, м³/сут, направляемой в приемную камеру очистных сооружений вместе с хозфекальными стоками площадки очистных сооружений:

$$Q_w = (0,3 - 0,5)W_{sb},$$

где 0,3-0,5 – количество иловой воды в долях процента (30-50%) от среднесуточного объема осадка, направляемого на иловые площадки.

6. Количество загрязнений, кг/сут, поступающих с иловой водой :

- по БПК_{полн}

$$L = \frac{\text{БПК}_{\text{полн}} Q_w}{1000};$$

- по взвешенным веществам

$$C = \frac{C_u Q_w}{1000},$$

где БПК_{полн} и C_u – соответственно концентрации органических и взвешенных веществ в иловой воде, которые принимаются по [1, п. 6.398].

7.3. Иловые площадки-уплотнители

1. Полезная площадь, м², площадок:

$$F_p = \frac{W_{sb} \cdot 365}{q_0 K},$$

где W_{sb} , q_0 , K – параметры, принимаемые по подразд. 7.1.

2. Общая площадь, м²:

$$F_0 = 1,2F_p.$$

3. Площадь, м², одной карты:

$$f_p = \frac{W_{sb} \tau}{h_1},$$

где τ – число дней залива на одну карту, $\tau = 6$ сут ;

h_1 – слой одноразового залива, м, принимается равным 0,3 м.

4. Количество карт:

$$n = \frac{F_p}{f_p} \text{ шт.}$$

5. Размеры карт принимаются из условия, что b и l должны быть кратны трем метрам (иловые площадки-уплотнители строятся из железобетонных плит). Ширина карт – 9 и 18 м, длина, соответственно, 36 и 66 м. Глубина карт проектируется равной 2 м [1, п. 6.394].

План и разрез иловых площадок-уплотнителей приводятся на рис. 23.

6. Количество осадка, подсушенного на картах, и количество иловой воды и загрязнений, поступающих с иловой водой в дренажную сеть, определяются по формулам, приведенным в подразд. 7.2 согласно [1, п. 6.398].

7.4. Иловые площадки компостирования

Площадки компостирования проектируются для обеззараживания и улучшения структуры обезвоженных осадков, поступающих с иловых площадок или после механического обезвоживания, при дальнейшем их использовании в качестве органического удобрения на сельскохозяйственных полях. Обеззараживание путем компостирования (биотермическая обработка) возможно только для осадков бытовых сточных вод и производственных, близких к бытовым, не содержащих токсичных и вредных веществ в осадке.

При компостировании обеззараживание происходит за счет биотермического разложения органического вещества осадков без подведения тепла извне. В процессе обеззараживания в осадке погибают яйца гельминтов (происходит дегельминтизация), образуется стабильная рыхлая форма осадка влажностью 60-68 %, уничтожаются патогенные микроорганизмы. Основание площадок устраивается из асфальтобетонной смеси или монолитного бетона.

Компостирование осуществляется в смеси с наполнителями (твердые бытовые отходы, торф, опилки, листва, солома, молотая кора) или готовым компостом осадка, подсушенного на иловых площадках до влажности 75 %, или осадка, полученного в результате механического обезвоживания на вакуум-фильтрах, фильтрах-прессах и центрифугах. Соотношение компонентов смеси осадков и твердых бытовых отходов составляет 1:2 по массе, а с другими наполнителями – 1:1 по объему с получением смеси влажностью не более 60 %.

Процесс компостирования осуществляется на обвалованных площадках размерами (150×3,0) м в штабелях высотой 2,5-3,0 м при естественной аэрации и до 5 м – при принудительной аэрации. В основание аэрируемых штабелей закладываются перфорированные трубы диаметром 100-200 мм, с размером отверстий 8-10 мм. Расход воздуха составляет 15-25 м³/ч на 1 т органического вещества осадка.

Штабели располагаются поперек площадки компостирования. Вокруг штабеля предусматривается проезд шириной 5 м. Схема площадок компостирования приводится на рис. 24. На плане очистных сооружений площадки компостирования размещаются рядом с иловыми площадками.

В процессе компостирования предусматривается перемешивание смеси 1 раз в 3-5 недель. В весенне-летний период штабели прогреваются до температуры выше 55 °С через 12-15 суток после закладки. Спустя 2 недели после перелопачивания отмечается повторный нагрев штабелей до 50-60 °С. В осенний период обеззараживание происходит за 26-34 суток.

Общая продолжительность обеззараживания смеси в штабелях составляет в среднем 2 месяца в год и продолжается до глубокой осени. Компост вывозится на поля для внесения в почву в качестве удобрения с соблюдением доз и частоты внесения согласно “Временным техническим условиям (ВТУ) на термически высушенный осадок городских сточных вод, используемый в качестве удобрения для сельского хозяйства”. Вносится компостируемый осадок на один и тот же участок не чаще 1 раза в 5 лет при дозе 10-40 т/га.

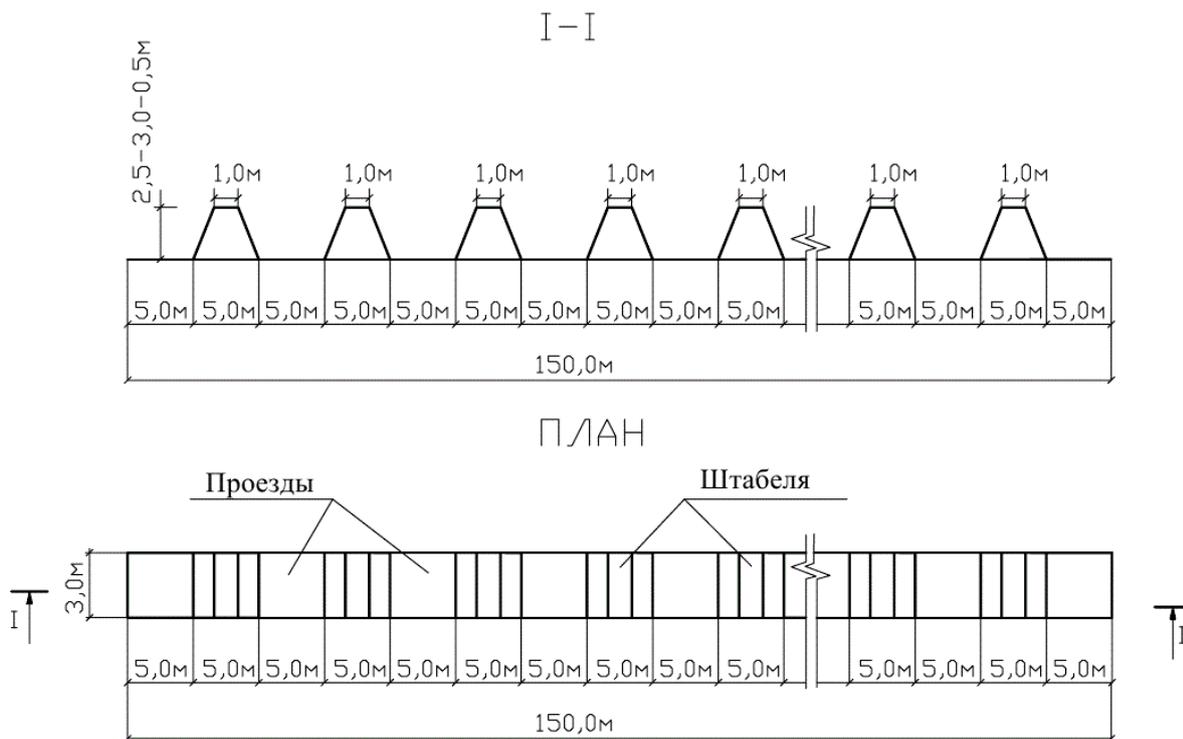


Рис.24. Схема площадок компостирования

Контрольные вопросы

1. Назовите типы иловых площадок.
2. При каких условиях проектируются иловые площадки на естественном основании?
3. При каких условиях проектируются иловые площадки на искусственном основании с дренажем?
4. От чего зависит нагрузка осадка на иловые площадки?
5. Куда отводится дренажная вода с иловых площадок?
6. Перечислите рекомендации при проектировании иловых площадок на естественном основании.
7. Перечислите рекомендации при проектировании иловых площадок с отстаиванием и поверхностным отводом иловой воды.
8. Перечислите рекомендации при проектировании иловых площадок-уклонителей.
9. Цель расчета иловых площадок.
10. Для чего проектируются площадки компостирования?
11. Конструкция площадок компостирования.
12. Что используется в качестве наполнителей при компостировании осадков сточных вод?
13. Какова в среднем общая продолжительность обеззараживания осадка на площадках компостирования?
14. Назовите дозу и частоту внесения компостированного осадка, используемого в качестве удобрения для сельского хозяйства.

8. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ И ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ

Осадки надлежит подвергать обеззараживанию в жидком виде или после подсушки на иловых площадках, или после механического обезвоживания [1, п. 6.401]. Аппараты и сооружения для термической обработки должны обеспечить прогрев всей массы осадка до температуры не менее 60 °С. Обработка осадков при более высоких температурах позволяет уничтожить в осадках не только яйца гельминтов и патогенные микроорганизмы, но и вирусы. Для обеззараживания и обезвреживания осадков могут применяться термические (прогревание, сушка, сжигание), биотермические (компостирование), химические (обработка химическими веществами) и биологические (уничтожение микроорганизмов простейшими, грибами и растениями почвы) методы, а также различные физические воздействия (радиация, токи высокой частоты, ультразвуковые колебания и ультрафиолетовое излучение). Широкое практическое применение в настоящее время получили термические и биотермические методы обеззараживания осадков городских и промышленных сточных вод. Химические и биологические методы обеззараживания и обезвреживания осадков используются, как правило, для осадков производственных стоков [8].

8.1. Биотермическая обработка осадков

Биотермическое обеззараживание осадков на открытых площадках компостирования рассмотрено в подразд. 7.4.

Обеззараживание и обезвреживание обезвоженных осадков вышеуказанным методом осуществляется также и по типовому проектному решению для станций биологической очистки сточных вод производительностью 25-35 тыс.м³/сут (типовой проект 902-5-8.84). Площадки компостирования располагаются в здании. План и разрез 1-1 установки биотермического обезвреживания обезвоженного осадка представлен на рис.25.

Установка биотермического обезвреживания обезвоженного осадка предназначена для применения в составе станций биологической очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод производительностью 5-7 т/сут обезвоженного осадка по сухому веществу.

Биотермическая обработка (компостирование) осуществляется в аэробных условиях с использованием естественных процессов массового развития микроорганизмов, вызывающих разложение органического осадка. Процесс сопровождается выделением тепла, что

обеспечивает термическое обеззараживание. Для работы установки применяется присадочный материал: твердые бытовые отходы, опилки, солома, листва и др.

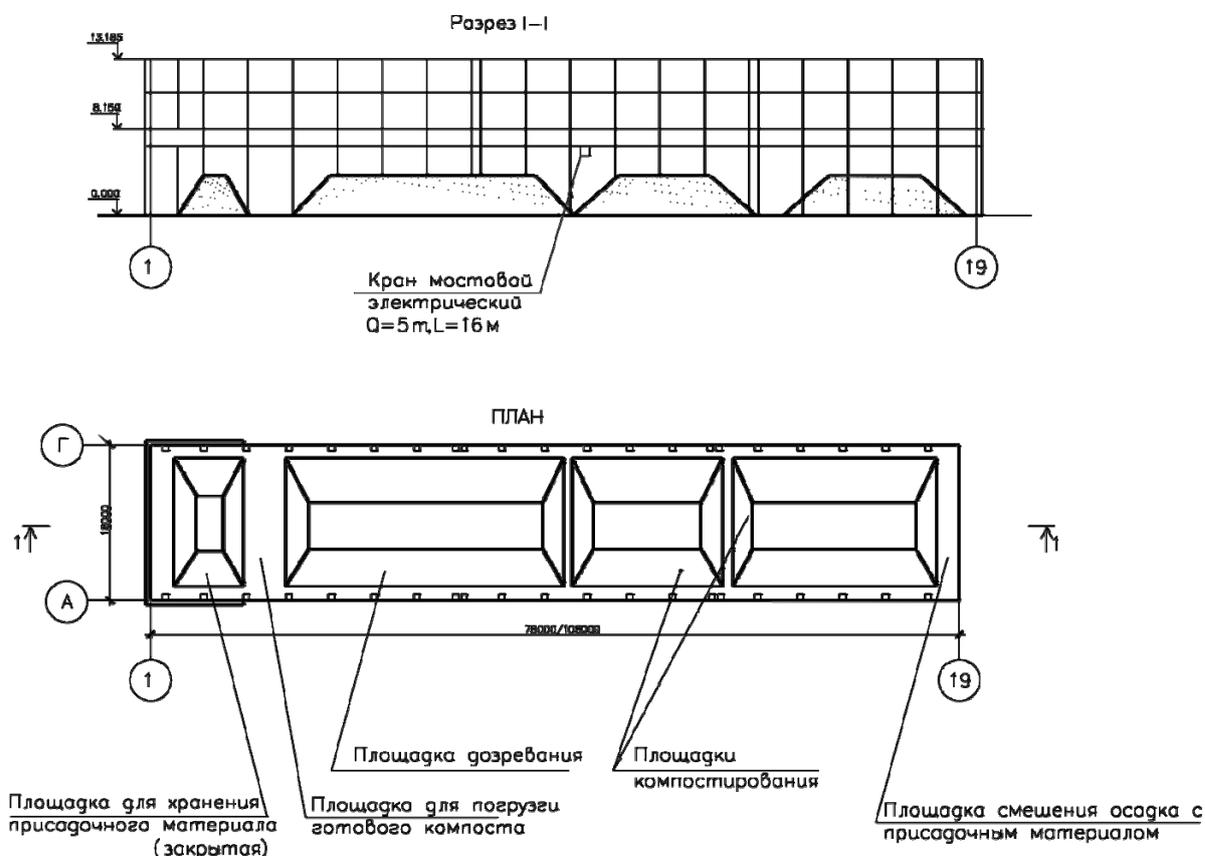


Рис.25. Установка биотермического обезвреживания обезвоженного осадка для станций биологической очистки сточных вод производительностью 25-35 тыс.м³/сут

Проектом предусмотрена механизация погрузочно-разгрузочных работ и работ по перемещению компоста с помощью грейферного крана грузоподъемностью 5 т и бульдозера. Подача воздуха осуществляется от воздуходувной станции сооружений биологической очистки сточных вод или другого источника воздуходобывания.

8.2. Дегельминтизация осадков

Дегельминтизация (обеззараживание) проводится для уничтожения в осадках яиц гельминтов и патогенных микроорганизмов. Обеззараживание обеспечивают такие методы обработки осадка, как сбраживание (при температуре 53-55 °С) и дальнейшее компостирование

ние, тепловая обработка (для жидких осадков), термическая сушка, сжигание и пиролиз (для механически обезвоженных осадков).

В случае отсутствия в технологических схемах обработки осадков вышеперечисленных процессов необходимо предусмотреть дегельминтизацию осадков путем их прогрева до температуры не менее 60 °С и выдерживания не менее 20 мин.

Нагревание жидких осадков осуществляется путем введения ост-рого пара либо в теплообменниках различных конструкций (трубчатых, спиральных и др.).

Для станций производительностью до 20-50 тыс.м³/сут сточных вод экономически выгоднее проводить дегельминтизацию механическим обезвоживанием осадков путем их прогрева в камере дегельминтизации (рис. 26). Она состоит из металлического транспортера с приемным бункером и установленными над ним газовыми горелками инфракрасного излучения. Осадок, обезвоженный на фильтрах или центрифугах, подается ленточным транспортером в приемный бункер 1, из которого поступает на металлический транспортер 3, где прогревается с помощью газовых горелок инфракрасного излучения 4 до заданной температуры. Температура прогрева осадка регулируется скоростью и толщиной слоя осадка на ленте. Для создания слоя требуемой толщины бункер 1 имеет подвешенные стенки из листовой резины 2 и регулировочные валы. Обеззараженный осадок поступает на конвейер обработанного осадка.

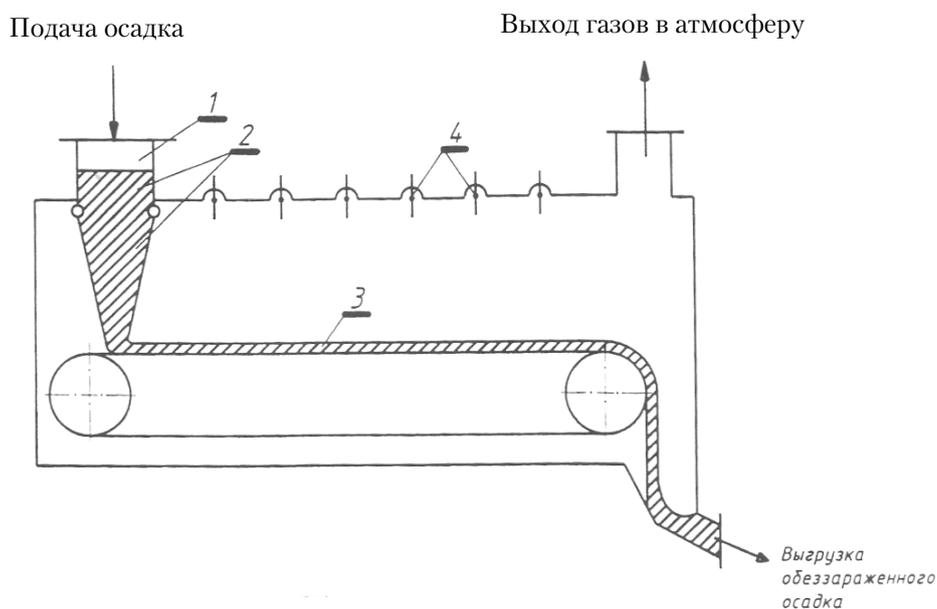


Рис.26. Схема камеры дегельминтизации:
1 – приемный бункер; 2 – подвижные стенки бункера; 3 – металлическая лента транспортера; 4 – газовые горелки инфракрасного излучения

Для осадка, обезвоженного на фильтре-прессе, продолжительность прогрева принимается на 20-30 % больше, чем для осадка после вакуум-фильтра.

На продолжительность процесса дегельминтизации большое влияние оказывают толщина слоя осадка (принимается от 10 до 30 мм), его удельная теплоемкость, мощность и высота установки источников излучения, глубина проникания лучей и другие факторы.

Технические характеристики камеры дегельминтизации:

производительность по обезвоженному осадку, м³/ч – 0,2-0,3;

длина транспортера, мм – 5480;

ширина ленты, мм – 1200;

скорость движения ленты v , м/мин – 0,25-0,3;

толщина слоя кека h , мм – 10-25;

давление газа в сети, МПа – 0,004-0,024;

расход газа на одну горелку, м³/ч – 0,56-1,06;

число горелок, шт. – 24;

высота установки горелок над слоем кека, мм – 100-200;

вид топлива – газ природный.

Пример расчета камер дегельминтизации

Определить количество камер дегельминтизации для обеззараживания осадков со станции производительностью 25 тыс.м³/сут сточных вод. Количество смеси сырого осадка и избыточного активного ила по сухому веществу $M_{tot} = 8,1$ т/сут, влажность обезвоженного осадка на вакуум-фильтрах $P_k = 78$ %.

1. Объем осадка, поступающего на дегельминтизацию:

$$W = \frac{M_{tot} \cdot 100}{100 - P_k} = \frac{8,1 \cdot 100}{100 - 78} = 36,8 \text{ м}^3/\text{сут} = 1,53 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

2. Производительность камеры дегельминтизации:

$$q_{kd} = v b h \cdot 60 = 0,27 \cdot 1,2 \cdot 0,01 \cdot 60 = 0,194 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где v – скорость движения транспортерной ленты, м/мин;

b – ширина ленты, м;

h – высота слоя осадка на ленте, м.

3. Количество камер дегельминтизации:

$$n = \frac{W}{q_{kd}} = \frac{1,53}{0,194} = 8 \text{ шт.}$$

4. Рабочая длина камеры:

$$L = tv = 20 \cdot 0,27 = 5,4 \text{ м,}$$

где t – продолжительность пребывания осадка в камере дегельминтизации, мин, $t=20$ мин.

Длина камеры принимается типовой и равна 5,48 м.

5. Расход тепла, кВт, на дегельминтизацию:

$$\Theta = \left[W \cdot 1000 C_t (T_{ex} - T_{en}) + K_w W \frac{P_k}{100} q_{hc,w} \right] / 3600 =$$
$$= \left[1,53 \cdot 1000 \cdot 3,14 (60 - 10) + 0,1 \cdot 36,8 \cdot \frac{78}{100} \cdot 5,03 \cdot 10^3 \right] / 3600 = 70,74 \text{ кВт,}$$

где C_t – теплоемкость обезвоженного осадка, кДж/(кг·К),
 $C_t = 3,14$ кДж/(кг·К);

T_{en}, T_{ex} – соответственно температура осадка до и после дегельминтизации, °С, принимается $T_{en} = 10$ °С, $T_{ex} = 60$ °С;

K_w – коэффициент, учитывающий испарение влаги в процессе дегельминтизации, $K_w = 0,1$;

$q_{hc,w}$ – удельный расход тепла на испарение влаги, кДж/кг, принимается $q_{hc,w} = 5,03 \cdot 10^3$ кДж/кг.

6. Расход природного газа на дегельминтизацию:

$$q_d = \frac{\Theta \cdot 3600}{\eta \Theta_n^p} = \frac{70,74 \cdot 3600}{0,7 \cdot 34270} = 10,62 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где η – КПД использования тепла;

Θ_n^p – низшая теплотворная способность природного газа, кДж/м³, принимается $\Theta_n^p = 34270$ кДж/м³.

8.3. Сушка осадков

Необходимость термической сушки осадка должна определяться условиями дальнейшей его утилизации и транспортирования. Термическая сушка предназначается для обеззараживания и снижения массы и объема осадков сточных вод, предварительно обезвоженных на вакуум-фильтрах, фильтрах-прессах, или эффективного удаления

осадков с территорий очистных станций и дальнейшей утилизации их в народном хозяйстве. Осадок после термической сушки представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов сыпучий материал влажностью 30-40 %.

Термическая сушка осадков производится на сушильных установках, состоящих из сушильного аппарата (сушилки) и вспомогательного оборудования, к которому относятся топки, подогреватели-теплообменники, питатели, циклоны, скрубберы, дутьевые устройства, а также транспортеры и бункеры.

8.3.1. Барабанные сушилки

Барабанные сушилки предназначены для сушки осадка после механического обезвоживания на вакуум-фильтрах и центрифугах. Влажность поступающего на сушку осадка ρ_k должна быть не более 80 %.

Схема установки барабанной сушилки представлена на рис. 27. Основными элементами сушилки являются вращающийся барабан 3, загрузочная камера 2 и выгрузочная камера 4. Барабан устанавливается наклонно к горизонту (максимальный угол наклона 3-4°), что обеспечивает движение материала вдоль барабана, которому также способствует попутное движение газов. Для равномерного распределения материала по сечению барабана в средней его части устанавливаются различного типа насадки (винтовые, лопастные, секторные), а в передней и задней частях – цепи. На выходном торце барабана имеется 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 шлюзовой 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.

Технические характеристики барабанных сушилок сведены в табл.19.

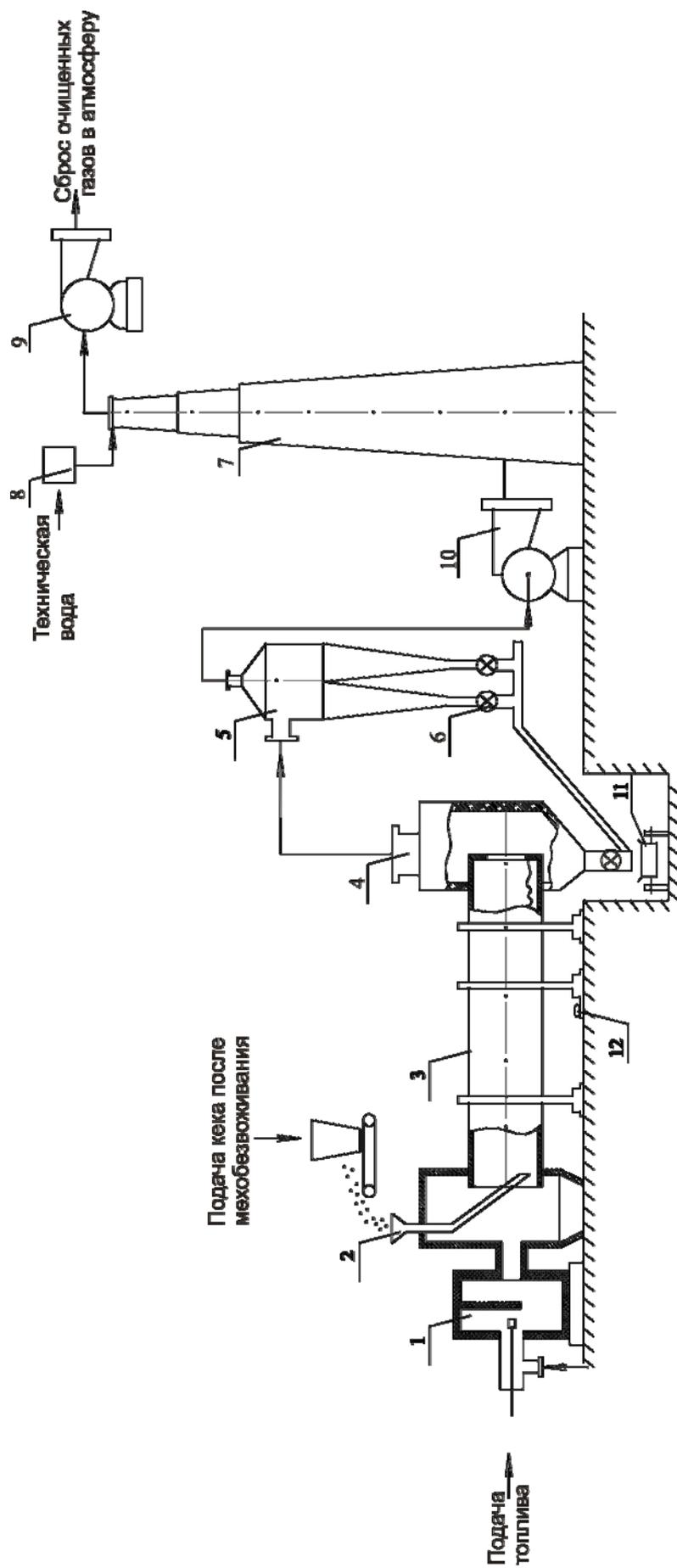


Рис.27. Схема установки барабанной сушилки:

- 1- топка; 2 – загрузочная труба; 3 – сушильный барабан; 4- разгрузочная коробка;
- 5 – батарейные циклоны; 6 – шлюзовые затворы; 7 – мокрый скруббер; 8 – напорный бак;
- 9 – вентилятор; 10 – дымосос; 11 – транспортер сухого осадка;
- 12 – приводная станция

Т а б л и ц а 19

Технические характеристики барабанных сушилок

Диаметр барабана, м	Длина барабана, м	Объем сушильного барабана, м ³	Скорость вращения барабана, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Общий вес барабана, т
1,6	8,0	16,0	1,6-3,15	7 - 10	16,18
	10,0	20,1	3,15-6,3	14 - 20	17,67
	12,0	24,1			19,03
2,0	8,0	25,1	1,6-3,15	10 - 20	23,46
	10,0	31,4	3,15-6,3	25 - 28	26,3
	12,0	37,7		28 - 24	28,73
2,2	10,0	38,0	1,6-3,15	14 - 20	31,53
	12,0	45,6	3,15-6,3	28 - 40	33,92
	14,0	53,2			38,03
	16,0	60,8			40,41
2,5	12,0	58,9	2 - 6	24- 75	75,52
	14,0	68,7			80,43
	18,0	80,4			91,25
	20,0	98,1			96,41
2,8	14,0	84,1	2 - 6	24 - 75	102,51
	16,0	96,2			91,28
	20,0	120,2			116,82
	22,0	132,2			131,07
3,0	18,0	127,2	2 - 6	40 - 125	138,14
	20,0	141,3			32 - 100
3,5	18,0	172,8	2 - 6	66 - 200	188,91
	22,0	211,2			188,91
	27,0	259,2			230,20

Параметры сушки осадков в барабанных сушилках:

- напряженность барабана по влаге, кг/(м³·ч) – 60;
- влажность поступающего осадка, % – 78-80;
- влажность осадка после сушки, % – 20-25;
- температура дымовых газов на входе в сушилку, °С – 800;
- температура дымовых газов на выходе из сушилки, °С – 250.

Расчет сушилок включает составление материальных и тепловых балансов установки, определение габаритов аппарата, обеспечивающих заданную производительность по исходному осадку.

Пример расчета барабанных сушилок

Подобрать барабанную сушилку для сушки механически обезвоженного осадка в количестве $G_{en} = 16,15$ т/сут $= 672,9$ кг/ч с влажностью $P_k = 78\%$. Влажность осадка на выходе из сушилки $P_{ex} = 25\%$. Температура сушильного агента (дымовых газов) на входе в сушилку $T_1 = 800$ °С, на выходе из сушилки $T_2 = 250$ °С. Температура осадка, поступающего на сушку, $T_{en} = 20$ °С. Температура осадка после сушильного барабана $T_{ex} = 70$ °С. Теплоемкость осадка $C_t = 3,98$ кДж/(кг·К). Напряжение барабана по влаге $A_v = 60$ кг/(м³·ч).

1. Количество испаряемой влаги в процессе сушки:

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

2. 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.

3. Расход тепла на испарение влаги:

$$\begin{aligned} \Theta_w &= (2490 + 1,97T_2 - T_{en})G_w / 3600 = \\ &= (2490 + 1,96 \cdot 250 - 20) \cdot 475,5 / 3600 = 0,4 \cdot 10^3 \text{ кВт,} \end{aligned}$$

где 2490 – теплота парообразования, кДж/кг;

19,7 – теплоемкость водяного пара, кДж/(кг·К).

4. Расход тепла на нагревание осадка:

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

5. Потери тепла в окружающую среду:

$$\Theta_{am} = 0,1\Theta_w = 0,1 \cdot 0,4 \cdot 10^3 = 40 \text{ кВт,}$$

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

6. Общий расход тепла на сушку:

$$\Theta_{\Sigma} = \Theta_w + \Theta_{mud} + \Theta_{am} = 0,4 \cdot 10^3 + 9,3 + 40 = 449 \text{ кВт.}$$

7. Расход топлива на сушку:

$$q_T = \frac{\Theta_{\Sigma} \cdot 3600}{\Theta_H^p \eta} = \frac{449 \cdot 3600}{34270 \cdot 0,82} = 57,5 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где η – КПД топки, принимается $\eta = 0,8-0,85$;

Θ_n^p – низшая теплотворная способность топлива, кДж/м³, принимается $\Theta_n^p = 34270$ кДж/м³.

8. Требуемый объем сушильного барабана:

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

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

По табл. 19 принимается к установке одна рабочая барабанная сушилка диаметром 1,6 м, длиной 8 м с объемом сушильного барабана 16 м³.

Типовой объем сушильного барабана:

$$W_{\text{тип}} = \frac{\pi D^2}{4} L = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 8 = 16 \text{ м}^3.$$

9. Удельный расход тепла на испарение влаги:

$$q_{hc,w} = \frac{\Theta_\Sigma \cdot 3600}{G_w} = \frac{449,3 \cdot 3600}{475,5} = 3402 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{кг исп.вл.}$$

10. Расчет площадок с твердым покрытием для хранения и складирования высушенного осадка аналогичен расчету площадок для хранения механически обезвоженного осадка и производится по формулам, приведенным в подразд. 6.1 по [1]. Для хранения термически высушенного осадка с учетом климатических условий следует применять (при обосновании) закрытые склады [1, п. 6.414].

8.3.2. Сушилки со встречными струями

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.

Основными элементами этой сушилки являются сушильная камера, выполненная в виде двух горизонтальных (разгонных) труб, которые врезаны соосно в соединительную вертикальную пневмотрубу, и центробежный воздушно-проходной сепаратор (рис.28). Сушильная камера предназначена для проведения первого этапа сушки осадка во встречных струях газовой взвеси при одновременном измельчении частиц высушиваемого осадка. В сепараторе осадок досушивается и выделяется из потока газовой взвеси.

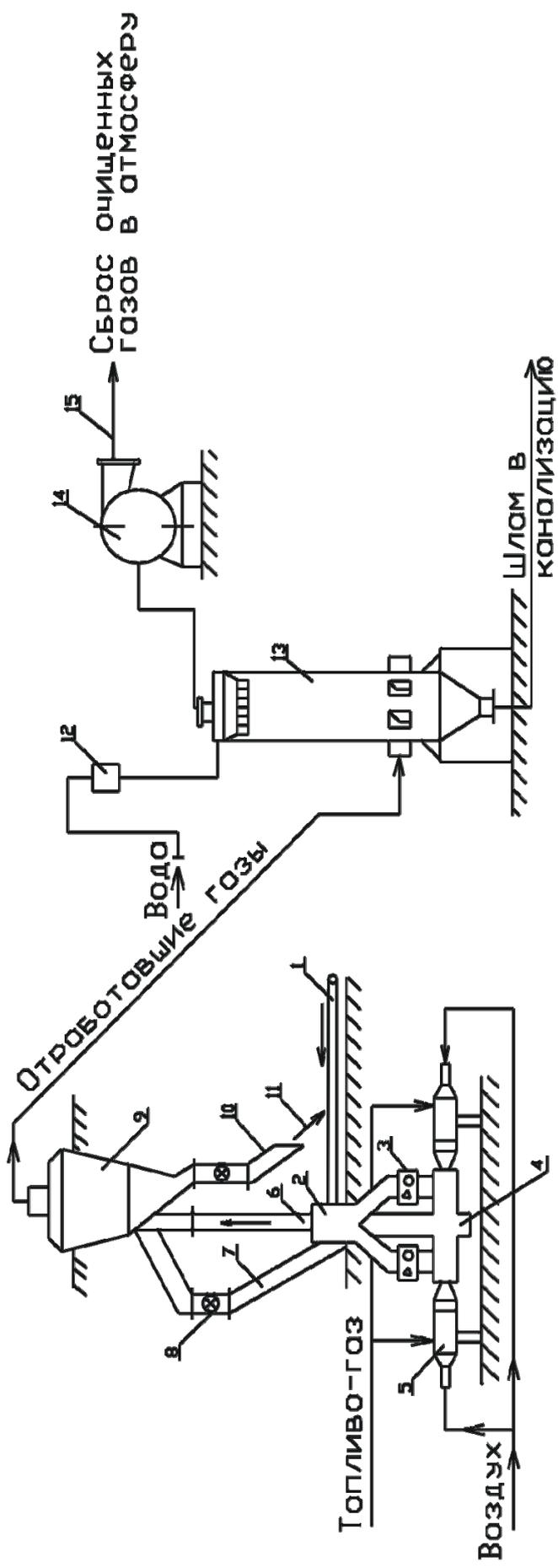


Рис.28. Схема установки для термической сушки механически обезвоженных осадков в сушилке со встречными струями:

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

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 (ретурой). 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, технические характеристики которой приводятся ниже:

- производительность по испаряемой влаге, кг/ч – 3500-5000;
- давление воздуха перед соплом, МПа- 0,11-0,15;
- расход воздуха, м³/ч – 16000;
- расход топлива, м³/ч – 400-500;
- мощность электродвигателя, 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 (ретуры), %:
 - 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, кг³/ч, – 700-1000.

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/сут.

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

Пример расчета сушилки со встречными струями

Определить количество сушилок со встречными струями для сушки механически обезвоженного на вакуум-фильтрах осадка в количестве $G_{en} = 16,15$ т/сут = 672,9 кг/ч с влажностью $P_k = 78$ %. Влажность поступающего осадка (рeturы) $P_{en} = 60$ %. Влажность осадка на выходе из сушилки $P_{ex} = 30$ %. Температура сушильного агента (дымовых газов): на входе в сушилку $T_{g,en} = 800$ °С; на выходе из сушилки $T_{g,ex} = 120$ °С. Температура осадка, поступающего на сушку, $T_{en} = 20$ °С, после сушки $T_{ex} = 75$ °С.

1. Количество испаряемой влаги:

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

2. Количество садка, выгружаемого из сушилки:

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

3. Расход тепла на испарение влаги:

$$\begin{aligned} \Theta_w &= (2490 + 19,7 \cdot T_{g,ex} - T_{en}) G_w / 3600 = \\ &= (2490 + 19,7 \cdot 120 - 20) 461,4 / 3600 = 374 \text{ кВт.} \end{aligned}$$

4. Расход тепла на нагревание осадка:

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

где C_t – теплоемкость осадка, кДж/(кг·К), принимается $C_t = 3,98$ кДж/(кг·К).

5. Потери тепла в окружающую среду:

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

6. Общий расход тепла на сушку:

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

7. Количество сушильных установок:

$$n = \frac{G_w}{G'_{hc}} = \frac{461,4}{3500} = 0,13 \text{ шт.},$$

где G'_{hc} – производительность сушилки по испаряемой влаге, кг/ч,

$$G'_{hc} = 3500 \text{ кг/ч.}$$

Принимается к установке одна сушилка СВС 3,5/5,0.

8. Количество сухого осадка (ретуры):

$$G_p = \frac{G_{en}(P_k - P_{en})}{P_{en} - P_{ex}} = \frac{672,9(78 - 60)}{60 - 30} = 403,7 \text{ кг/ч.}$$

9. Удельный расход на испарение влаги:

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

10. Расчет площадок для хранения и складирования высушенного осадка осуществляется по подразд. 8.3.1 и 6.1.

8.3.3. Вакуум-сушильные установки

Вакуум-сушильные установки применяются для сушки осадков на станциях производительностью до 40 тыс.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.

Технологическая схема процесса сушки представлена на рис. 29. Осадок из резервуара-смесителя 6 насосом 7 непрерывно подается в группу сушильных аппаратов 3, снабженных греющими рубашками и обогреваемых паром. Процесс сушки осуществляется под вакуумом за счет конденсации в барометрическом конденсаторе 2 вторичного пара, образующегося при испарении воды из осадков. Попадающий в систему воздух откачивается вакуум-насосом 1. Реверсивно вращающиеся в каждом аппарате гребковые мешалки выгружают осадок на транспортер 4, по которому он в сухом гранулированном виде подается в бункер-накопитель 5, откуда и забирается на использование.

Вакуум-сушка осуществляется в вакуум-сушильных аппаратах гребкового и скребкового типов. Технические характеристики отечественных вакуум-сушилок представлены в табл. 20.

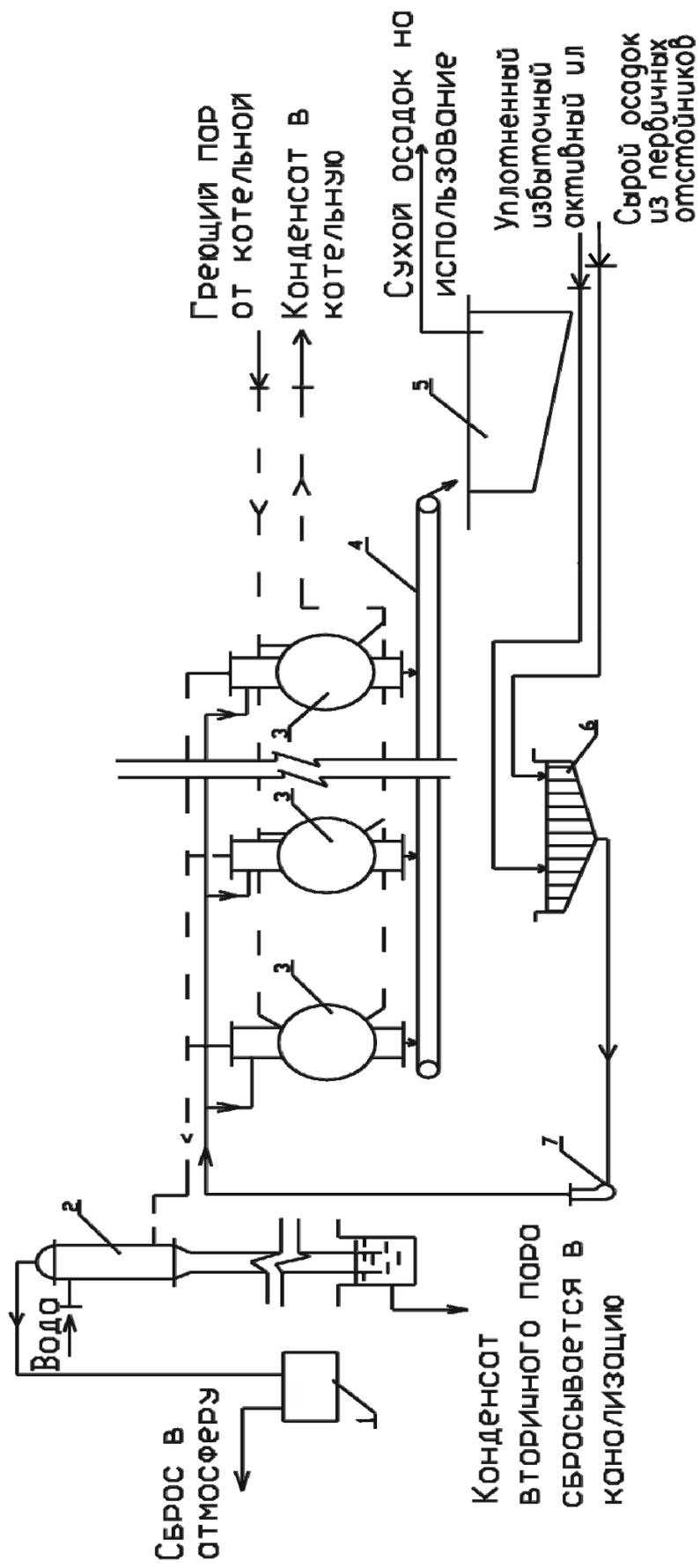


Рис.29. Технологическая схема вакуум-сушки осадков:

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

Т а б л и ц а 20

Технические характеристики вакуум-сушилок

Тип	Объем барабана, м ³	Поверхность нагрева, м ²	Рабочее давление, кг/см ²		Скорость вращения мешалки, об/мин	Габаритные размеры, мм		
			в аппарате	в рубашке		длина	ширина	высота
Сушилки вакуумные цилиндрические роторные (грибковые): СВЦР М-950/1700	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 вакуум-скребковая СВСП-1	1,0	7,0	0,1-0,2	5,0	1-12	4805	1820	4020
Сушилка вакуумная скребковая роторная СВТР-10В	10,0	35,0	0,1-0,2	5,0	5,0	9900	2160	3945

Пример расчета вакуум-сушильной установки

Рассчитать вакуум-сушильную установку для сушки осадка после обезвоживания на центрифугах. Количество осадка $G_{en} = 15,98$ т/сут = 665,8 кг/ч с влажностью $P_k = 70$ %, влажность осадка на выходе из сушилки $P_{ex} = 35$ %. Сушильный агент – насыщенный пар с температурой 160 °С. Температура осадка, поступающего на сушку, $T_{en} = 20$ °С, на выходе из сушилки – $T_{ex} = 35$ °С.

1. Количество испаряемой влаги:

$$G_w = G_{en} \frac{P_k - P_{ex}}{100 - P_{ex}} = 665,8 \frac{70 - 35}{100 - 35} = 358,5 \text{ кг/ч} = 8604 \text{ кг/сут.}$$

По данным табл. 20 принимается к установке сушилка СВТР-10В с поверхностью нагрева $S = 35$ м² и удельной массой сухих веществ

$q_{hc} = 8 \text{ кг/м}^2$. По графику (рис. 30) данному значению соответствует средняя скорость сушки $V_{mid} = 6,5 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}$.

2. Количество осадков, обрабатываемых в течение одного цикла:

$$G'_w = \frac{q_{hc} S}{100 - P_k} \cdot 100 = \frac{8 \cdot 35}{100 - 70} = 933 \text{ кг/цикл.}$$

3. Количество воды, выкачиваемой за один цикл:

$$G'_w = G'_{en} \frac{P_k - P_{ex}}{100 - P_k} = 933 \frac{70 - 35}{100 - 70} = 1089 \text{ кг/цикл.}$$

4. Необходимое количество циклов для испарения суточного объема воды:

$$n_w = \frac{G_w}{G'_w} = \frac{8604}{1089} = 7,9 \text{ цикла.}$$

5. Продолжительность цикла одного сушильного аппарата:

$$t = \frac{G'_w}{V_{mid} S} = \frac{1089}{6,5 \cdot 35} = 4,8 \text{ ч.}$$

6. Количество циклов аппарата в течение суток:

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

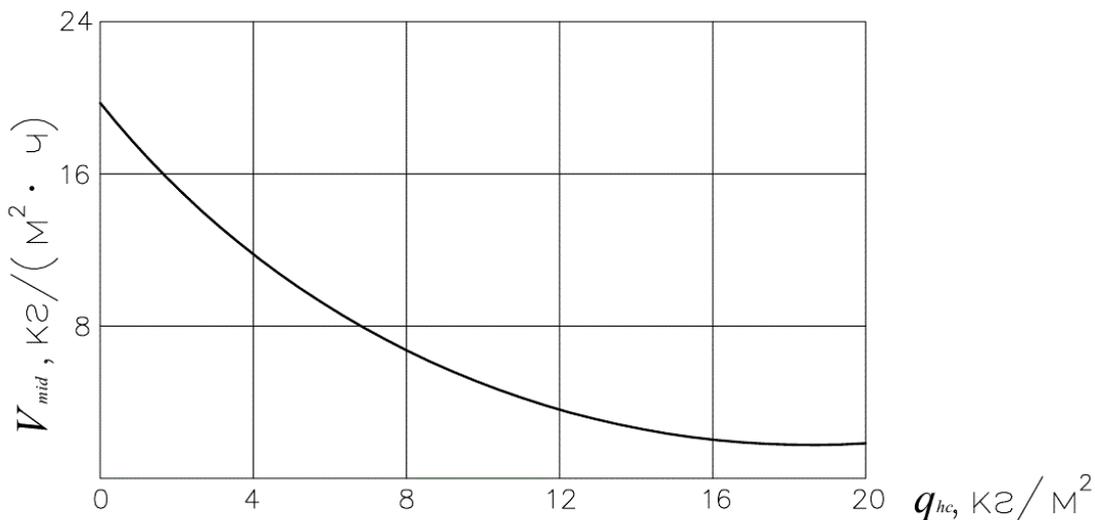


Рис.30. Зависимость средней скорости интенсивности сушки от расчетной массы сухого осадка

7. Требуемое количество аппаратов:

$$n = \frac{n_w}{n_{dw}} = \frac{7,9}{5} = 1,58 \text{ шт.}$$

Принимаются к установке две рабочие сушилки и одна резервная типа СВТР-10В.

8. Расход греющего пара на вакуум-сушку:

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

где K_p – коэффициент, учитывающий количество пара, расходуемого на нагрев осадков до температуры кипения, принимается $K_p = 1,3-1,5$.

Контрольные вопросы

1. Назовите методы обеззараживания и обезвреживания осадков сточных вод.
2. Расскажите об установке биотермического обезвреживания обезвоженного осадка для станций биологической очистки сточных вод производительностью 25-35 тыс.м³/сут.
3. Конструкция и принцип работы камеры дегельминтизации.
4. Цель расчета камеры дегельминтизации.
5. Какова влажность высушенного осадка после термической сушки?
6. Конструкция и принцип работы барабанных сушилок.
7. Конструкция и принцип работы сушилки со встречными струями.
8. Конструкция и принцип работы вакуум-сушильной установки.
9. Цель расчета барабанных сушилок.
10. Цель расчета сушилки со встречными струями.
11. Цель расчета вакуум-сушильной установки.

9. УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ

Обезвреженные и обеззараженные осадки городских сточных вод используются главным образом в сельском хозяйстве в качестве органико-минерального, азотно-фосфорного удобрения, содержащего необходимые для развития растений микроэлементы. При использовании в технологии обработки осадков в качестве реагента известки осадки могут рассматриваться как известковые удобрения.

Целесообразность утилизации осадков в качестве удобрения определяется комплексным содержанием в них биогенных элементов, о количестве которых дают представление параметры, приведенные в табл. 21 по [8].

Т а б л и ц а 21

Содержание основных питательных веществ в осадках сточных вод,
% массы сухого вещества

Питательные вещества	Сырой осадок	Активный ил	Сброженный осадок	Смесь осадка первичных отстойников и активного ила
Азот (N)	1,6-4	2,4-6,5	1,7-6	2-5
Фосфор в пересчете на P ₂ O ₅	0,6-5,2	2,3-8	0,9-6,6	1-6
Калий в пересчете на K ₂ O	0,1-0,6	0,3-0,4	0,2-0,5	0,2-0,5

Как видно из табл. 21, наиболее ценным органическим удобрением, особенно богатым азотом и фосфорным ангидридом, является активный ил.

Содержание удобрительных веществ в осадках колеблется в широких пределах. Это объясняется различием составов очищаемых городских сточных вод. Отношение углерода к азоту в среднем составляет 14-15.

Содержание удобрительных микроэлементов в осадках городских сточных вод обусловлено поступлением на очистные станции городов разнообразных производственных стоков. Количество микроэлементов в осадках при утилизации их в качестве удобрения в мг на 1 кг сухого вещества осадков должно быть следующим по [8]: бор – 15, кобальт –

2-114, марганец – 60-715, медь – 55-3200, молибден – 0,5-11, цинк – 40-5000.

Если концентрации удобрительных микроэлементов в осадках городских сточных вод превышают вышеуказанные, а также содержат различные вредные для растений вещества (яды, химикаты, химические соединения токсичных солей тяжелых металлов - мышьяка, ртути, свинца, кадмия, никеля и шестивалентного хрома, радиоактивные вещества, сорняки), тогда необходимо решать вопросы извлечения указанных веществ и элементов из сточных вод; строительства на промышленных предприятиях локальных очистных сооружений; осуществления контроля за содержанием предельно допустимых концентраций в производственных сточных водах, сбрасываемых в городскую канализацию; проведения контроля химического состава осадков и почвы. Для таких осадков определяется класс токсичности по [14].

Осадки городских сточных вод населенных пунктов и городов с развитой промышленностью, как правило, относятся по значению суммарного индекса токсичности к четвертому классу опасности из-за содержащихся в осадках катионов тяжелых металлов в количествах, превышающих допустимые при использовании их в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Из таких осадков должны быть извлечены катионы тяжелых металлов до значений приведенных выше, перед внесением их в почву.

Обеззараженные и обезвреженные осадки в качестве удобрения вносят в почву с соблюдением доз и частоты внесения согласно «Временным техническим условиям (ВТУ) на термически высушенный осадок городских сточных вод, используемый в качестве удобрения для сельского хозяйства».

Учитывая возможность накопления в почве и растениях токсичных веществ из осадков, вносить осадок на один и тот же участок следует не чаще 1 раза в 5 лет дозой 10-40 т/га. На крупных станциях аэрации образуется такое количество осадков, что его не всегда можно полностью утилизировать в пригородных хозяйствах, транспортировка же осадка на значительные расстояния требует лишних затрат. Не всегда можно утилизировать осадок в местах с суровыми климатическими условиями. В указанных случаях осадки или часть их сжигаются с использованием выделяемого тепла. Получаемая при сжигании зола может утилизироваться для интенсификации процесса обезвреживания осадков, как наполнитель при изготовлении строительных конструкций и т.п.

Наряду с использованием осадков в качестве удобрения представляют интерес и другие методы утилизации осадков, которые находятся в стадии экспериментального внедрения и изучения. К таким методам относятся приготовление из активного ила кормовых добавок к рационам питания сельскохозяйственных животных и ценных пород зверей, получение из активного ила витамина В₁₂ и аминокислот, извлечение ценных продуктов при сухой перегонке осадков и другие методы.

Обеззараженные осадки производственных сточных вод, близкие по своему химическому и физическому составу и свойствам к осадкам бытовых сточных вод (пищевая промышленность), утилизируются аналогично осадкам городских станций очистки. Для осадков и шламов производственных сточных вод, содержащих вредные и токсичные вещества, определяется класс токсичности по методике, изложенной в подразд. 2.2, или по [14]. Утилизация осадка производственных сточных вод осуществляется в зависимости от его специфического химического состава и физических свойств конкретно для каждого вида производства с учетом местных условий и возможностей.

Осадки и шламы промышленных сточных вод после соответствующей обработки могут использоваться в общем случае в качестве реагентов для коагуляции осадков городских сточных вод, для получения технических жиров, сорбентов, кормовых добавок, в качестве строительных материалов, вторсырья, в дорожном строительстве и т.п.

Контрольные вопросы

1. Назовите направления утилизации осадков городских сточных вод.
2. Какие осадки сточных вод используются в сельском хозяйстве в качестве удобрения?
3. Назовите направления утилизации осадков промышленных сточных вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В постановлениях по охране природы и улучшению использования природных ресурсов указывается, что проблема охраны окружающей среды и водных объектов от загрязнения сточными водами городов и промышленных предприятий требует комплексного решения, связанного не только с разработкой технологии очистки воды, но и с необходимостью создания систем по переработке осадков, образующихся при очистке сточных вод.

В этой связи технологии переработки и утилизации выделяемых из сточных вод осадков не только представляют теоретический интерес, но и, в условиях широкого строительства очистных станций, имеют важное природоохранное значение.

Учебное пособие знакомит студентов с методами обработки, обеззараживания и утилизации осадков сточных вод, применяемыми как в нашей стране, так и за рубежом. В нем приведены рекомендации по выбору схем обработки осадков, а также технические и конструктивные характеристики сооружений и серийно выпускаемых аппаратов по обработке осадков, получивших широкое практическое применение на отечественных и зарубежных очистных сооружениях канализации.

В пособии представлены методики и примеры расчетов сооружений и установок, схемы и компоновочные решения сооружений по обработке, обеззараживанию и утилизации осадков сточных вод.

Целью издания учебного пособия является оказание помощи студентам, обучающимся по направлениям 270800.62 и 270800.68, при изучении теоретического материала и выполнении курсовых, дипломных проектов и работ по курсам «Водоотведение и очистка сточных вод», «Оборудование и сооружения станций очистки сточных вод» и «Проектирование энергосберегающих систем водоотведения населенных пунктов и локальных объектов». Пособие также будет полезно специалистам природоохранных организаций, занимающимся проектированием, строительством, наладкой, эксплуатацией и мониторингом очистных сооружений канализации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М.:ГУЦПП, 2002.
2. Яковлев, С.В. Канализация [Текст] / С.В. Яковлев, Л.А. Карелин, А.И. Журков, С.К. Колобанов. – М.: Стройиздат, 1981.
3. Яковлев, С.В. Канализация [Текст] / С.В. Яковлев, М.Ю. Ласков. – М.: Стройиздат, 1987.
4. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий [Текст] / под ред. В.Н.Самохина. – М.: Стройиздат, 1981.
5. Перечень действующих типовых проектов и чертежей типовых конструкций и деталей водопроводных и канализационных сооружений [Текст]. – М.:Госстрой СССР, СантехНИИпроект, 1990.
6. Ласков, Ю.М. Примеры расчетов канализационных сооружений [Текст]/Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, В.И. Калицун. – М.:Стройиздат, 1987.
7. Каталог типовой проектной документации для строительства зданий и сооружений канализации // Сб. каталожных листов 2.902-91. Т. 6. Сооружения для обработки осадка. Дренажные насосные станции [Текст]. – М.:ЦИТП, 1991.
8. Туровский, И.С. Обработка осадков сточных вод [Текст] / И.С. Туровский. – М.: Стройиздат, 1988.
9. Обработка и удаление осадков сточных вод. Т. 1. Обработка осадков [Текст] / пер. с англ. Т.А. Карюхиной, И.Н. Чурбановой, И.Х. Заена. – М.: Стройиздат, 1985.
10. Обработка и удаление осадков сточных вод. Т. 2. Утилизация и удаление осадков [Текст] / пер. с англ. А.А. Веницкой, З.Н.Макаренко. – М.: Стройиздат, 1985.
11. Монгайт, И.Л. Тепловая обработка осадков сточных вод [Текст] / И.Л. Монгайт, М.И. Гаврилов, В.П. Шерстнёв. – М.: Стройиздат, 1981.
12. Мягков, М.И. Высокотемпературная обработка сточных вод [Текст] / М.И. Мягков. – Л.: Стройиздат, 1983.
13. Яковлев, С.В. Водоотводящие системы промышленных предприятий [Текст]/ С.В. Яковлев, А.Я. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов. – М.: Стройиздат, 1990.
14. Временный классификатор токсичных промышленных отходов и методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов [Текст]. – М.: Минздрав СССР, ГК СССР по науке и технике, 1987.

15. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу "Технология очистки сточных вод", разд. "Обработка осадков сточных вод" / сост. В.А.Нелюбов, Н.Г. Радионова. – Одесса, 1987.

16. Проектирование очистных сооружений водоотводящих систем. Механическое обезвоживание и термическая сушка осадков сточных вод: методические указания / сост.: В.И. Алексеев, М.Н. Ожерельева, И.Л. Монгайт. – Горький, 1987.

17. Лапицкая, М.П. Очистка сточных вод (примеры расчетов) [Текст] / Л.И. Зуева, Н.М. Балаескул, Л.В.Кулешова. – Минск: Высшая школа, 2007.

18. Жуков, А.И. Методы очистки производственных сточных вод [Текст] / А.И. Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. – М.: Стройиздат, 1977.

19. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве: САНПиН 42-128-4433-87. – М., 1985.

20. Беспамятнов, Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде [Текст] / Г.П. Беспамятнов, Ю.А. Кротов. – Л.: Химия, 1985.

21. Измеров, Н.Ф. Параметры токсикометрии промышленных ядов при однократном воздействии [Текст] / Н.Ф. Измеров, И.В. Саноцкий, К.К. Сидоров. – М., 1977.

22. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей [Текст] / под ред. Н.В. Лазарева, Э.Н. Левиной. – Л.: Химия, 1976. – Т. 1-3.

23. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнений. – М., 1984.

24. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1996.

25. Туровский, И.С. Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание [Текст] / И.С. Туровский. – М.: Дели принт, 2008.

26. Алексеев, В.И. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий [Текст] / В.И. Алексеев, Т.Е. Винокуров, Е.А. Пугачев. – М.: АСВ, 2003.

27. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: АСВ, 2002.

28. Сумароков, М.В. Утилизация промышленных отходов [Текст] / М.В. Сумароков. – М.: Стройиздат, 1990.

29. Любарский, В.М. Осадки промышленных вод и методы их обработки [Текст] / В.М. Любарский. – М.: Стройиздат, 1980.

30. Яковлев, С.В. Современная обработка осадков сточных вод и осадков, образующихся на водопроводных станциях [Текст] / С.В. Яковлев, Б.А. Ганин, А.С. Матросов, Б.М. Кальчугин. – М.: Стройиздат, 1990.

31. Халтурина, Т.И. К вопросу кондиционирования и утилизации осадков промышленных сточных вод [Текст] / Т.И. Халтурина // Известия вузов. Строительство. – 2003. – № 11.

32. Бучева, Л.Н. Использование отходов производства кремний органических соединений для очистки промышленных сточных вод [Текст] / Л.Н. Бучева // Экспресс-информ. – 2003. – №3.

Приложение

Классы опасности осадков промышленных сточных вод

№ п/п	Наименование отхода и производства, где он образуется	Внешний вид и консистенция	Наиболее токсичные компоненты	Методы утилизации, обезвреживания, захоронения	
				применяемые	рекомендуемые
1	2	3	4	5	6
ПЕРВЫЙ КЛАСС ОПАСНОСТИ (I)					
1	Осмолы – отходы при получении бензила хлористого марки "4"	Полужидкий шлам	Бензил хлористый	Складирование на территории предприятия	Термическое обезвреживание на полигоне промотходов
2	Отход концентрата химико-металлургического производстве	Твердое вещество	Торий	Захоронение в могильниках подземного типа	Захоронение на полигоне промотходов
3	Пыль, содержащая пятисернистый фосфор в гальваническом производстве	Твердое вещество	Пятисернистый фосфор	Сжигание	Термическое обезвреживание на полигоне промотходов
4	Растворы отработанные (обезжиривающие, травильные, рабочие) нейтрализованные гальванического производства	Жидкое, шлам	Цианиды, окислы меди, хрома, кадмия, никеля и др. тяжелых металлов	Нейтрализация, уплотнение	Извлечение цветных металлов, обезвреживание, захоронение на полигоне промотходов
5	Ртуть на графите, отход производства каустической соды	Твердое вещество	Ртуть	Накопление на территории предприятия	Захоронение на полигоне промотходов или переход на безотходную технологию
6	Смесь с примесью соединений свинца, сурьмы, в производстве поливинилхлоридной пленки и пластикатов	Твердое вещество	Соединение свинца, кадмия и сурьмы	Накопление на территории предприятия	Захоронение на полигоне промотходов

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6
7	Стекло от переработки ламп	Твердое вещество	Ртуть	Накопление на территории предприятия	Разработана и освоена технология переработки люминесцентных ламп с извлечением ртути
8	Шлам, образующийся к процессе никелирования	Паста	Никель	Организованное складирование	Захоронение на полигоне промотходов
ВТОРОЙ КЛАСС ОПАСНОСТИ (II)					
1	Гудрон кислый нефтехимического производства	Смолообразная масса	Серная кислота, нефтепродукты	Нейтрализация, тер-молиз с получением серной кислоты, рас-творов, ПАВ, склади-рование в спец. на-копителях на терри-тории предприятия	Включение в дорожные покрытия, использование в производстве цемента
2	Кек мышьяковистый производства меди	Твердое вещество	Соединение мышьяка	Захоронение с глиняной изоляцией	Захоронение на полигонах промотходов
3	Нефтеотходы различных производств	Вязкие жидкости	Нефтепродукты	Термическое разло-жение и захоронение	Сжигание на полигонах промотходов
4	Осмол производства анили-новых красителей	Жидкость	Метанол, амины, производственные анилины	Хранение и уничто-жение на территории предприятия	Термическое обезвреживание на полигоне промотходов
5	Остаток производства органических красителей	Паста	Производные анилина, пиридин	Хранение на промплощадке	Термическое обезвреживание на полигоне промотходов
6	Отход производства лаков, эмалей, смол	Жидкость	Соединения свинца, хрома, цинка, растворители	Складирование на территории предприятия	Извлечение ценных компонентов, создание безотходных производств

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6
7	Отходы солей кадмия, никеля, свинца, ванадия, хрома, олова, меди, йода в производстве реактивов	Твердое вещество	Соли кадмия, свинца, хрома	Складирование на территории предприятия	Захоронение на полигоне промотходов
8	Отход производства товаров бытовой химии	Жидкость	Керосин, спирты, сольвент	Сжигается	Термическое обезвреживание на полигоне промотходов
ТРЕТИЙ КЛАСС ОПАСНОСТИ (III)					
1	Воды промывные травильных отделений прокатных цехов	Жидкость	Соляная кислота	Нейтрализация, шлам в отвал	Извлечение хлорного железа, меди, хрома и других металлов
2	Нефтешламы механической очистки сточных вод	Жидкая вязкая масса	Нефтепродукты	Хранение в шламоотстойниках	Термическое обезвреживание на полигоне промотходов
3	Отходы производства красителей	Жидкое вещество	Красители, растворители	Накопленге на предприятии	Термическое обезвреживание на полигоне промотходов
4	Шлам гидроокисей цветных металлов после нейтрализации	Шлам	Медь, цинк, хром, никель	Хранение на промплощадке	Захоронение на полигоне промотходов
5	Шлаки фосфатные сталеплавильного производства	Твердое вещество	Фосфор, ванадий	Используется для производства минеральных удобрений	Полное использование
6	Шлаки ферросплавного производства	Твердое вещество	Хром, марганец	Используется в качестве добавок в металлургии и стройматериалах	Полное использование

О к о н ч а н и е п р и л о ж е н и я

ЧЕТВЕРТЫЙ КЛАСС ОПАСНОСТИ (IV)					
1	2	3	4	5	6
1	Катализаторы отработанные	Твердое вещество	Соединения кобальта, цинка, никеля	Хранятся на промплощадке	Используются для получения металлов
2	Осадки очистных сооружений гальванических производств	Пастообразное вещество	Окислы цветных тяжелых металлов	Захоронение	Утилизация, захоронение на полигонах промотходов
3	Шлам известковый очистки фосфоросодержащих сточных вод	Суспензия	Фосфор	Складирование в шламонакопителе	Захоронение на полигоне промотходов
4	Шлам станций нейтрализации	Пастообразное вещество	Фосфор, фтор	Складируется на промплощадке	Использование в народном хозяйстве
5	Шламы и пыли железосодержащие пылегазоочистных сооружений предприятий черной металлургии	Шлам	-	В аглошихту	Использование в качестве добавок в аглошихту и стройматериалы
6	Шлаки металлургического периода	Твердое вещество	-	Переработка в стройматериалы	Использование в качестве добавки в стройматериалы

П р и м е ч а н и е . 1.В приложении приведен неполный перечень отходов производств, относящихся к классам опасности.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД	6
Контрольные вопросы.....	26
2. ОБРАБОТКА ОСАДКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД.....	27
2.1. Методы обработки осадков.....	27
2.2. Определение класса токсичности осадка	28
2.2.1. Определение класса токсичности на основе ПДК химических веществ в почве.....	30
2.2.2. Определение класса токсичности при отсутствии ПДК в почве.....	31
Класс токсичности.....	31
2.2.3. Определение класса токсичности осадка при отсутствии ПДК химических веществ в почве и ДЛ ₅₀	32
2.2.4. Определение предельного содержания токсичных веществ в общей массе токсичных отходов.....	32
2.2.5. Определение величин ПДК в почве, ДЛ ₅₀ , коэффициентов растворимости и летучести.....	33
2.2.6. Пример расчета индекса токсичности.....	33
Контрольные вопросы.....	34
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД.....	35
Контрольные вопросы.....	39
4. МЕТАНГЕНКИ	40
Контрольные вопросы.....	46
5. АЭРОБНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ.....	47
5.1. Аэробная стабилизация неуплотненного активного ила.....	48
5.2. Аэробная стабилизация смеси сырого осадка и неуплотненного активного ила	50
Контрольные вопросы.....	53
6. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБЕЗВОЖВАНИЕ ОСАДКОВ.....	54
6.1. Барабанные вакуум-фильтры	56
6.2. Ленточные фильтры-прессы	67
6.3. Осадительные центрифуги	72
Контрольные вопросы.....	83

7. ИЛОВЫЕ ПЛОЩАДКИ	84
7.1. Иловые площадки на естественном основании без дренажа.....	86
7.2. Иловые площадки с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды	89
7.3. Иловые площадки-уплотнители.....	91
7.4. Иловые площадки компостирования.....	93
Контрольные вопросы	95
8. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ И ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ.....	96
8.1. Биотермическая обработка осадков.....	96
8.2. Дегельминтизация осадков	97
8.3. Сушка осадков	100
8.3.1. Барабанные сушилки	101
8.3.2. Сушилки со встречными струями.....	105
8.3.3. Вакуум-сушильные установки	109
Контрольные вопросы	113
9. УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ.....	114
Контрольные вопросы	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	118
П р и л о ж е н и е	121

Учебное издание

Исаева Антонина Михайловна

ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД
Учебное пособие

Редактор М.А. Сухова
Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 07.12.2012. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 7,44. Уч.-изд.л. 8,0. Тираж 80 экз.
Заказ № 8.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28

