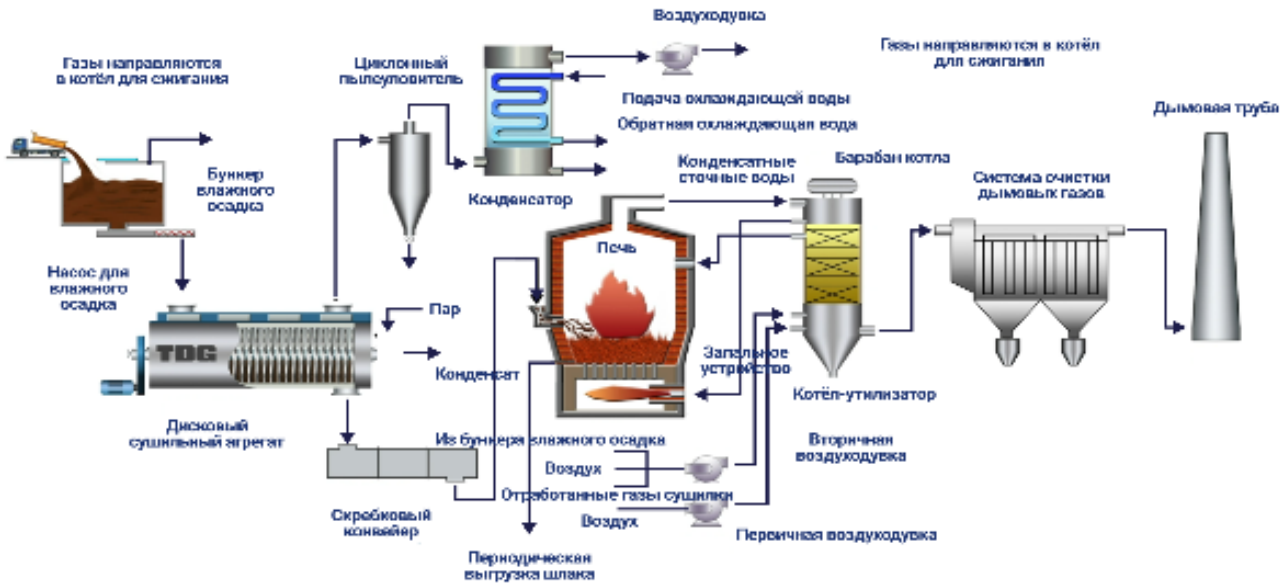
**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru

# ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ/ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД
## Краткий обзор




***Принципиальная технологическая схема***

## БЛОК 1: ПРИЁМ, ПОДГОТОВКА И ГОМОГЕНИЗАЦИЯ ОСАДКА

*Этот блок является фундаментом всей технологической цепочки, так как его задача — преобразовать нестабильное по составу и свойствам сырьё в однородную, технологичную массу, пригодную для эффективной сушки и сжигания. От качества работы этого блока напрямую зависят стабильность процесса, износ оборудования, энергетический баланс установки и, следовательно, стабильность показателей качества выбросов дымовых газов. Стабильность процесса, в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на стабильность показателей эксплуатационных затрат.*

### 1.1. Приём и первичное разделение потоков сырья.

Два вида поступающего сырья: На переработку поступает осадок двух типов, что является типичным для крупных очистных сооружений. Свежий (свежеобразованный) осадок с влажностью 75–77% поступает непосредственно после этапа механического обезвоживания. Он имеет относительно стабильный гранулометрический состав. Выдержанный осадок с влажностью 80–85% (до 90% в отдельных случаях) — это осадок, долгое время хранившийся на иловых картах. Его ключевая проблема — наличие крупногабаритных посторонних включений: твёрдых предметов, длинноволокнистых структур, комков, растительности.

Отдельные технологические маршруты: Для каждого типа осадка предусмотрена своя схема подачи.

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru

Свежий осадок по схеме «приёмный бункер → шнековый насос» направляется сразу на смешивание. Выдержанный осадок проходит по схеме «приёмный бункер → сепарирующий измельчитель → шнековый насос». Это принципиальное решение направлено на защиту последующего оборудования (насосов, сушилок) от абразивного износа и засорения.

**1.2. Ключевое оборудование предварительной обработки.**

Дробилка-сепаратор: Выполняет роль «технологического фильтра». Измельчает крупные включения до безопасного размера и отделяет «инертные» предметы, не подлежащие переработке. Материал исполнения — дуплексная нержавеющая сталь 2205, что обеспечивает коррозионную стойкость и высокую износостойкость в агрессивной среде.

Система смешивания и гомогенизации: Для стабилизации показателя влажности (разница около 10%) и состава используется статический трубчатый смеситель из стали SUS304. Этот выбор обоснован высокой эффективностью при сравнительно низких капитальных и эксплуатационных затратах, а также простотой монтажа и обслуживания.

1.**3. Система хранения и промежуточной гомогенизации.**

Ёмкостной парк: Установлены 4 стальных шламовых хранилища (резервуара) цилиндрической формы (Ø6.5 × 14 м), каждый полезным объёмом 400 м³. Суммарный объём (1600 м³) обеспечивает необходимый буфер для бесперебойной работы установки. Объемы приведены для объекта производительность. 300-400 тОСВ/сут.

Механизация хранилищ: Каждый резервуар оснащён гидравлическим скребковым мостом, который перемещается по коническому днищу, предотвращая слипание и «сводообразование» осадка и направляя его к шнековому конвейеру у центрального выпуска.

Система рециркуляции: Каждый бункер имеет собственный шламовый насос, что позволяет организовать два режима гомогенизации: внутреннюю рециркуляцию в пределах одного резервуара и внешнюю рециркуляцию между всеми четырьмя резервуарами. Это гарантирует получение максимально однородной массы перед подачей на сушку.

**1.4. Логистика и экологический контроль.**

Учёт сырья: На въезде в блок приема и подготовки сырья установлены две платформы автомобильных весов грузоподъёмностью 80 тонн с автоматической системой учёта, формирующей суточные и месячные отчёты.

Герметичность процесса: Весь процесс приёма и хранения ведётся в условиях отрицательного давления. Воздух из приёмных бункеров и зала разгрузки отсасывается вентиляционными системами. Эти газы, содержащие влагу и дурнопахнущие компоненты в своем составе, не выбрасываются, а направляются в печь сжигания в качестве технологического воздуха, что полностью устраняет неприятные запахи на территории предприятия.

***Результат работы блока. На выходе из системы подготовки формируется постоянный поток гомогенизированного осадка со стабильной влажностью ~75%, полностью очищенный от крупных включений и готовый к эффективной термической обработке.***

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru

## БЛОК 2: ТЕПЛОВАЯ СУШКА ОСАДКА ДО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЛАЖНОСТИ

*Задача блока — снизить влажность осадка до уровня, при котором его теплотворная способность будет достаточной для поддержания процесса горения в печи без существенного расхода вспомогательного топлива (процесс сжигания должен быть автотермичным). Это критически важный этап для экономики всего проекта.*

### 2.1. Выбор и принцип работы сушильного агрегата.

Оборудование: в качестве основного сушильного аппарата выбрана дисковая (лопастная) сушилка.

Принцип действия: Влажный осадок подаётся в горизонтальный корпус, внутри которого медленно вращается ротор с набором полых дисков. В полости ротора и дисков циркулирует нагретый теплоноситель (термальное масло/пар). Осадок, находясь в пространстве между дисками и корпусом, интенсивно перемешивается лопастями и прогревается, отдавая влагу. Подсушенный продукт продвигается к разгрузочному патрубку.

Преимущества технологии:

- Гибкость (широкий диапазон регулирования конечной влажности);
- Безопасность (низкое содержание кислорода в рабочей зоне исключает риск пылевого взрыва);
- Надёжность (высокая загрузка аппарата сырьём сглаживает неравномерность подачи; низкие обороты ротора минимизируют износ);
- Энергоэффективность (не требуется рециркуляции больших объёмов сушильного агента).

### 2.2. Обоснование выбора источника тепла для сушки.

Сравнение «Термальное масло & Пар»: Пар обладает высоким КПД передачи скрытой теплоты (90–95%), но требует сложных и дорогих систем (котельная, химводоочистка, конденсатоотводчики), работы под высоким давлением и менее точен в регулировании температуры (±5-10°C).

Предлагается нагрев термальным маслом (органическим теплоносителем).

Ключевые аргументы:

- Температурный режим: оптимален для стабильного высокотемпературного (200–350°C) процесса сушки.
- Точность контроля: поддержание температуры с точностью ±1°C, что важно для качества продукта.
- Экономика: более простая система, меньшие первоначальные капиталовложения.
- Безопасность: отсутствие систем высокого давления.

### 2.3. Обработка паро-воздушной смеси (выпара) после сушки.

Состав выпара. Газы, выходящие из сушилки, представляют собой насыщенную водяными парами смесь, содержащую летучие органические соединения и аммиак, то есть являются источником неприятного запаха.

Технологическая схема очистки. Для предотвращения выбросов реализована замкнутая система:

1. Охлаждение и конденсация: Выпар направляется в конденсационную колонну, где охлаждается

циркуляционной водой. Основная масса водяного пара конденсируется и отводится.

2. Термическое обезвреживание: Оставшиеся неконденсируемые газы с помощью вентилятора принудительно подаются в печь сжигания. Здесь при температуре свыше 850°C все дурнопахнущие компоненты подвергаются полной термической деструкции.

**2.4. Транспортировка высушенного продукта.**

Изменение реологических свойств. После сушки влажность осадка снижается до 63–65%, его консистенция меняется, он становится более плотным и вязким.

Переход на плунжерные насосы. Если до сушки использовались шнековые насосы, то для транспортировки подсушенного осадка применяются плунжерные насосы. Их порционный (импульсный) принцип работы не только эффективен для перекачки вязких сред, но и придаёт порциям осадка кинетическую энергию, что способствует их лучшему диспергированию и перемешиванию в печи.

***Результат работы блока. Осадок с влажностью ~65%, обладающий достаточной для процесса автотермичного горения теплотворной способностью, транспортируется к печам сжигания. Побочные газообразные продукты сушки полностью обезвреживаются.***

## БЛОК 3: ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ СЖИГАНИЕ В ПЕЧИ БАРБОТАЖНОГО КИПЯЩЕГО СЛОЯ

*Основной деструктивный блок, где происходит полное термическое разложение органической части осадка. Выбранная технология сжигания должна обеспечивать высокую эффективность, экологическую безопасность и надёжность.*

**3.1. Сравнительный анализ и выбор типа печи.**

Рассмотренные альтернативы. Сравнению подлежат три типа печей: барботажный кипящий слой (БКС), циркулирующий кипящий слой (ЦКС) и роторная печь (более подробно – по запросу).

Критерии выбора: Анализ проводился по производительности, требованиям к подготовке топлива, стабильности процесса, зольности шлака, степени локализации оборудования и опыту эксплуатации.

Окончательное решение: Для реализации технологии выбрана печь барботажного (псевдоожиженного) кипящего слоя. Основные причины:

- Технологическая зрелость (широко применяется в Китае и мире для сжигания осадков – проекты в Цинпу, Шидункоу и др.).
- Масштабируемость (высокая единичная мощность (≥30 т сухого вещества /сут) идеально подходит для масштабных проектов.
- Топливная гибкость (способна стабильно работать на осадке с колебаниями теплотворной способности и влажности).
- Надёжность (простая конструкция, длительный срок службы футеровки).

**3.2. Конструкция и принцип работы печи БКС.**

Устройство: Вертикальный стальной корпус с внутренней огнеупорной футеровкой. В нижней части находится распределительная решётка (подина), под которую подаётся воздух. На решётке находится слой инертного материала — кварцевого песка, образующего псевдоожиженный (кипящий) слой.

Принцип горения: Подогретый до 450–650°C первичный воздух, проходя через решётку, равномерно распределяется в слое песка, приводя его в состояние интенсивного «кипения». Осадок «впрыскивается» в раскалённый кипящий слой, где мгновенно перемешивается с песком и воздухом, что обеспечивает исключительно высокие скорости тепло- и массообмена и, как следствие, полноту сгорания.

Требования «3Т»: Технология гарантирует выполнение ключевых условий для полного сжигания:

- Температура: 850–900°C в слое.
- Время: Газы находятся в высокотемпературной зоне более 2 секунд.
- Турбулентность: Интенсивное перемешивание в кипящем слое.

**3.3. Система воздухоподготовки и внутрипечная очистка.**

Двухступенчатая подача воздуха:

- Первичный воздух (флюидизирующий): Обеспечивает псевдоожижение слоя и основной этап горения.
- Вторичный воздух: Подаётся в верхнюю часть печи для дожигания летучих компонентов, регулирования температуры и увеличения турбулентности.

Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ): Для снижения выбросов оксидов азота ($NO_x$) непосредственно в объём печи впрыскивается водный раствор мочевины. При высокой температуре мочевина разлагается, образуя активные радикалы, которые восстанавливают $NO_x$ до безвредного молекулярного азота ($N_2$) и воды. Это пример первичных мер очистки, реализуемых прямо в очаге образования загрязнителя.

**3.4. Системы обеспечения и безопасности.**

Пусковые и вспомогательные горелки: Работают на природном газе. Используются для розжига печи, выхода на режим и поддержания температуры при временном ухудшении качества осадка.

Удаление шлака: Образующийся шлак (крупная негорючая фракция) непрерывно удаляется через водоохлаждаемый шнековый шлакоохладитель, затем просеивается на вибросите. Часть пригодного кварцевого песка возвращается в процесс, остальное направляется в бункер для утилизации.

***Результат работы блока. Полное обезвреживание осадка с разрушением органических веществ, патогенов и стойких органических загрязнителей. Образование дымовых газов с высоким теплосодержанием и твёрдых остатков (шлака и летучей золы).***

## БЛОК 4: РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛА.

*Блок выполняет жизненно важные для проекта функции: преобразование тепла отходящих газов в полезную энергию.*

Многоступенчатая система рекуперации тепла.

Высокотемпературный воздухоподогреватель: Первая и наиболее эффективная ступень. Горячие дымовые газы (850°C) отдают тепло воздуху, который используется для псевдоожижения слоя в печи. Конструкция «труба в кожухе» из жаропрочной стали 253МА обеспечивает нагрев воздуха до 650°C, радикально повышая КПД печи.

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru

Утилизатор тепла отходящих газов: Вторая ступень. Здесь тепло газов высокотемпературного воздухоподогревателя используется для нагрева термального масла в замкнутом контуре с 160°C до 220°C. Именно это нагретое масло затем циркулирует в дисковых сушилках, замыкая энергетический контур «сжигание → сушка».

Охладитель дымовых газов: Третья ступень, утилизирующая низкопотенциальное тепло. Газы нагревают воду примерно с 70°C до 130°C для нужд отопления и ГВС предприятия.

***Результат работы блока. Максимальное использование тепловой энергии сгорания, что делает процесс энергетически рентабельным и сбалансированным.***

## БЛОК 5: ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

*Блок является завершающим этапом технологического цикла и критически важным для обеспечения экологической безопасности всего объекта. Его задача — очистить дымовые газы, образующиеся при сжигании осадка, до соответствия жёстким нормативным требованиям, а также обеспечить безопасное обращение с твёрдыми отходами процесса (золой и шлаком). Система построена по принципу многоступенчатой (многофакторной) очистки, где каждая ступень направлена на удаление определённой группы загрязнителей.*

### 5.1. Нормативная база и целевые показатели выбросов.

Очистка осуществляется в соответствии с требованиями **Приказа Минприроды России от 12.11.2021 № 844**, устанавливающего технологические показатели наилучших доступных технологий (НДТ) для термической утилизации отходов.

Ключевые нормативы выбросов для проекта:

- Оксиды азота ($NO_x$): ≤ 200 мг/м³
- Диоксид серы ($SO_2$): ≤ 50 мг/м³
- Оксид углерода (CO): ≤ 50 мг/м³
- Взвешенные вещества (пыль): ≤ 10 мг/м³
- Диоксины и фураны: ≤ 0.1 нг-ТЭ/м³
- Тяжёлые металлы (ртуть, кадмий и др.): ≤ 0.05 мг/м³
- Хлористый (HCl) и фтористый водород (HF): ≤ 10 мг/м³ и ≤ 1 мг/м³ соответственно.

Эти стандарты относятся к **среднесуточным пороговым значениям**, что требует стабильной и бесперебойной работы всего очистного комплекса.

### 5.2. Классификация загрязнителей и стратегия очистки.

Дымовые газы от сжигания осадка содержат комплекс загрязняющих веществ, которые условно делятся на четыре группы, требующие разных методов удаления:

- Твёрдые частицы (пыль, зола): Удаляются механическими и электростатическими методами.
- Кислые газы ($SO_2$, HCl, HF, $NO_x$): Нейтрализуются химическими реагентами в сухих и мокрых системах.
- Тяжёлые металлы (Hg, Pb, Cd, Cr): Улавливаются за счёт адсорбции на активированном угле и последующей фильтрации.

- Стойкие органические загрязнители (диоксины, фураны): Разрушаются в условиях высокотемпературного дожигания и адсорбируются на активированном угле.

Принятая комплексная технологическая схема очистки дымовых газов: **СНКВ (внутри печи) → Электрофильтр → Сухое раскисление ($NaHCO_3$) → Впрыск активированного угля → Рукавный фильтр → Мокрое раскисление (скруббер) → Подогрев в GGH → Выброс через дымовую трубу.**

**5.3. Детальное описание ступеней очистки.**

*5.3.1. Первичное подавление $NO_x$ (СНКВ – Селективное некаталитическое восстановление)*

Место: Непосредственно в зоне печи с температурой 800–900°C.

Принцип: Впрыск водного раствора карбамида (мочевины). При высокой температуре мочевина разлагается с образованием аммиака ($NH_3$), который избирательно восстанавливает оксиды азота ($NO_x$) до безвредного молекулярного азота ($N_2$) и воды ($H_2O$).

Цель: Гарантированное достижение норматива по $NO_x$ (≤200 мг/м³) даже в нештатных режимах работы печи.

*5.3.2. Очистка от твёрдых частиц (Многоступенчатая фильтрация)*

Электрофильтр: Первая ступень улавливания золы. Частицы заряжаются в высоковольтном поле и осаждаются на электродах. Эффективно удаляет основную массу летучей золы.

Рукавный фильтр: Финальная ступень тонкой очистки. Газы проходят через тканевые фильтрующие рукава, которые задерживают мельчайшие частицы, в том числе продукты реакций и порошок активированного угля с адсорбированными загрязнителями. Обеспечивает достижение норматива по пыли (≤10 мг/м³).

*5.3.3. Нейтрализация кислых газов (Комбинированная сухая и мокрая очистка)*

Сухое раскисление: В сухой реактор, расположенный после электрофильтра, вводится тонкодисперсный порошок пищевой соды (бикарбонат натрия, $NaHCO_3$). При температуре >180°C сода реагирует с $SO_2$, HCl, HF, образуя твёрдые соли, которые улавливаются рукавным фильтром. Обеспечивает эффективность очистки >90%.

Мокрое раскисление (скруббер): Газы, охлаждённые до ~120°C, поступают в скруббер, где орошаются щелочным раствором (NaOH). Происходит окончательная нейтрализация остаточных кислых газов и охлаждение газов до температуры насыщения (~46°C). Поддерживая pH раствора около 6, система обеспечивает соответствие нормам по $SO_2$ и HCl.

*5.3.4. Улавливание тяжёлых металлов и диоксинов/фуранов (ПХДД/ПХДФ)*

Впрыск активированного угля: Мелкодисперсный порошкообразный активированный уголь впрыскивается в газоход перед рукавным фильтром. Его развитая поверхность адсорбирует (поглощает) пары ртути, другие летучие соединения тяжёлых металлов, а также молекулы диоксинов и фуранов.

Фиксация: Уголь с адсорбированными загрязнителями задерживается в рукавных фильтрах, что предотвращает их выброс в атмосферу.

*5.3.5. Устранение видимого выброса («белого дыма»)*

Рекуперативный газо-газовый теплообменник (GGH): Устанавливается между рукавным фильтром и мокрым скруббером (при использовании в технологическом цикле системы мокрого раскисления).

Принцип работы: Охлаждает горячие газы перед скруббером (со 180°C до 120°C), одновременно подогревая очищенные и насыщенные влагой газы после скруббера (с 46°C до 110°C).

Результат: Снижение влажности выбросов, предотвращение конденсации пара у устья трубы и образования видимого белого шлейфа, особенно в холодное время года. Также снижает коррозию дымовой трубы.

**5.4. Система контроля и управления.**

Вся система газоочистки работает под управлением автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). Контролируются ключевые параметры:

- Расход и давление подачи реагентов (мочевина, сода, NaOH, активированный уголь).
- Температура газов на входе и выходе каждой ступени.
- Перепад давления на рукавных фильтрах (для определения момента регенерации).
- Показания газоанализаторов на выходе (концентрации $NO_x$, $SO_2$, CO, $O_2$ и др.).

***Результат работы блока. Гарантированное соблюдение всех установленных законодательством экологических нормативов по выбросам в атмосферу и обращению с отходами. Многоступенчатая система обеспечивает высокую надёжность и эффективность очистки, сводя экологический риск от эксплуатации завода к минимальному.***

## БЛОК 6: ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ЗОЛЫ И ШЛАКА

*Блок обеспечивает экологически безопасное обращение с твёрдыми отходами, образующимися в процессе термического обезвреживания осадка. Технология построена на принципе раздельного сбора, классификации по опасности и дифференцированной обработки каждого потока отходов.*

Отходы разделяются на потоки в зависимости от класса опасности.

- Шлак из печи и зола из котла-утилизатора: Малоопасный отход (4 класса). После охлаждения может направляться на полигон или использоваться в строительной индустрии (например, в качестве сырья для цемента или дорожных оснований).
- Летучая зола из рукавного фильтра: Классифицируется как умеренно опасный отход (3 класса) из-за потенциального содержания тяжёлых металлов, диоксинов и остатков активированного угля.

Обработка: Подлежит обязательной иммобилизации (обезвреживанию) методом хелатной стабилизации**.**

Технология: Зола смешивается со специальным хелатирующим агентом и водой. Реагент связывает ионы тяжёлых металлов в прочные, нерастворимые в воде комплексы, «запирая» их в твердой матрице.

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru

Результат: Превращение умеренно опасного отхода (3 класса) в малоопасный (4 класса) или практически неопасный (5 класса) инертный отход с низкой миграционной способностью, пригодный для безопасного захоронения на специализированном полигоне после 48-часовой выдержки.

### 6.1. Классификация твёрдых отходов процесса.

В процессе сжигания осадка формируются три основных вида твёрдых остатков, различающихся по происхождению, составу и степени опасности:

| Категория отхода | Источник образования | Характеристики и класс опасности (предварительно) |
|---|---|---|
| **Песчаный шлак (донная зола)** | Разгрузка из нижней части печи барботажного кипящего слоя. | Состоит в основном из отработанного кварцевого песка с примесью неорганических оксидов ($SiO_2$, $Al_2O_3$). Крупная фракция. Класс опасности: IV (малоопасные) или V (практически неопасные) отходы после подтверждения испытаниями. |
| **Котловая зола и зола из электрофильтра** | • Котёл-утилизатор тепла.<br>• Сухой электрофильтр. | Неорганические оксиды и соли, мелкодисперсная фракция. По составу близка к глине. Класс опасности: IV–V (малоопасные/неопасные) отходы. |
| **Летучая зола из рукавных фильтров** | Рукавные фильтры (после ступеней впрыска реагентов). | Содержит:<br>• Активированный уголь с адсорбированными тяжёлыми металлами (Pb, Cd, Hg, Cr, As, Ni) и диоксинами/фуранами.<br>• Непрореагировавшие реагенты ($NaHCO_3$, $Ca(OH)_2$).<br>• Продукты реакций нейтрализации. Класс опасности: Требует идентификации. Высокая вероятность отнесения к III классу (умеренно опасные отходы). |

### 6.2. Технологические схемы обработки по видам отходов

*6.2.1. Обработка шлака и обычной золы (малоопасные и практически неопасные отходы)*

Технологическая цепочка: **Сбор → Транспортировка → Испытание на токсичность → Утилизация / Захоронение.**

Сбор и транспортировка:

- Шлак из печи поступает в шнековый шлакоохладитель, затем на вибросито для отделения кондиционного кварцевого песка, возвращаемого в процесс. Остаток шлака направляется в систему сбора.
- Котловая зола и зола из электрофильтра шнековыми транспортерами и пневмокамерными насосами подаются в общий бункер золы (объём 100 м³).

Идентификация: Перед любым способом утилизации отходы этого потока в обязательном порядке проходят лабораторные испытания на выщелачиваемую токсичность для окончательного подтверждения класса опасности.

Пути утилизации (на основе успешного опыта КНР):

- Строительная индустрия: Использование в качестве добавки к сырью для производства цемента (проекты в Цинпу, Шидункоу).
- Производство стройматериалов: Применение в производстве кирпича (проект в Сяошань).
- Дорожное строительство: Использование в качестве материала для основания дорог.
- Захоронение на полигоне ТБО (удобен для транспортировки, объем незначителен).

*6.2.2. Обработка летучей золы из рукавных фильтров (умеренно опасные отходы)*

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru

Для данного потока применяется обязательная технология иммобилизации (обезвреживания) перед захоронением.

Технологическая цепочка: **Сбор → Пневмотранспорт → Временное хранение → Хелатная стабилизация → Отверждение → Выдержка → Контроль → Захоронение.**

Сбор и транспортировка: Зола из-под каждого рукавного фильтра через шнековый питатель поступает в пневмонасос-накопитель и, далее, пневмотранспортом подаётся в специализированный силос (герметичный бункер) для летучей золы (объём 5-15 м³).

Технология хелатной стабилизации и отверждения: Это ключевой этап обезвреживания.

Принцип: Использование хелатирующих агентов (полимерных комплексообразователей), которые вступают в химическую реакцию с ионами тяжёлых металлов, образуя прочные, нерастворимые в воде и химически инертные комплексы**.** Этот процесс "запирает" токсичные элементы в твёрдой матрице.

Технологический процесс:

Дозирование: Летучая зола (порционно) и раствор хелатирующего реагента подаются в смеситель**.**

Смешивание: Интенсивное перемешивание для обеспечения полного контакта реагента с золой и протекания реакций иммобилизации.

Результат: Преобразование опасных отходов в инертный материал с низкой токсичностью, низкой растворимостью и низкой миграционной способностью**.**

Отверждение и выдержка: Полученная полутвёрдая масса для набора конструкционной прочности и завершения химических процессов направляется на выдержку (созревание) в течение не менее 48 часов**.**

Захоронение: После выдержки и подтверждения лабораторными тестами соответствия нормативам на выщелачивание, стабилизированный и безопасный материал транспортируется на полигон для захоронения отходов**.**

**6.3. Экологическое и технико-экономическое обоснование.**

**Соответствие НДТ:** Применение раздельного сбора и хелатной стабилизации летучей золы соответствует критериям наилучших доступных технологий (НДТ) в области термической переработки отходов, обеспечивая глубокое обезвреживание.

**Предотвращение вторичного загрязнения:** Технология гарантирует долгосрочную иммобилизацию тяжёлых металлов и стойких органических загрязнителей, предотвращая их миграцию в почвы и грунтовые воды с полигона.

**Ресурсный потенциал:** Организация утилизации шлака и неопасной золы в строительной отрасли позволяет снизить нагрузку на полигоны и получить экономический эффект от реализации вторичного материала.

**Правовое соответствие:** Схема полностью отвечает требованиям российского законодательства (ФЗ-89 "Об отходах производства и потребления") в части обезвреживания и захоронения отходов I–V классов опасности.

***Результат работы блока. Блок обработки золы и шлака является завершающим и***

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru

***необходимым элементом экологически безопасного замкнутого цикла предприятия. Он обеспечивает окончательное изъятие загрязняющих веществ из оборота путём их надёжной иммобилизации и/или преобразования в полезные продукты, минимизируя общее экологическое воздействие завода.***

## ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ

*Представлена сводная таблица основного технологического оборудования, обеспечивающего ключевые стадии процесса обработки и утилизации осадка по схеме «сушка + сжигание». В неё включены узлы, непосредственно участвующие в приёмке, подготовке, термической обработке и очистке газов.*

| № п/п | Наименование узла | Наименование оборудования | Ключевые технические характеристики (пример для завода производительностью 300-400 тОСВ/сут.) |
|---|---|---|---|
| **1.** | **СИСТЕМА ПРИЁМА И ПОДГОТОВКИ ОСАДКА** | | |
| 1.1 | **Приём и хранение** | Приёмный бункер влажного осадка | Объём: 50 м³; Материал: нержавеющая сталь SUS304 |
| 1.2 | | Дробилка осадка | Производительность: 4 м³/ч; Материал: дуплексная нержавеющая сталь 2205 |
| 1.3 | | Трубчатый (статический) смеситель | Тип: статический; Материал: SUS304 |
| 1.4 | | Бункер хранения смешанного осадка | Полезный объём: 400 м³; Габариты: Ø6.5 × 14 м; Материал: углеродистая сталь |
| **2.** | **СИСТЕМА СУШКИ ОСАДКА** | | |
| 2.1 | **Сушка** | Дисковая сушилка | Производительность по испарению влаги: 2.5 т/ч; Площадь теплообмена: 260 м²; Мощность: 110 кВт |
| 2.2 | **Очистка выпара** | Конденсационная колонна теплоносителя | Макс. расход газа: 7 500 м³/ч; Габариты: Ø2 × 8.3 м; Материал: SUS304 |
| 2.3 | | Вентилятор теплоносителя | Производительность: 10 000 м³/ч; Давление: 10 кПа; Мощность: 37 кВт |
| **3.** | **СИСТЕМА СЖИГАНИЯ ОСАДКА** | | |
| 3.1 | **Печь сжигания** | Печь барботажного кипящего слоя | Производительность: 42 т сух. в-ва/сут; Объём топки: 120 м³; Температура горения: 850–900°C |
| 3.2 | **Вспомогательные системы печи** | Пусковая горелка (природный газ) | Тепловая мощность: 6 МВт |
| 3.3 | | Вентилятор псевдоожижения | Производительность: 10 000 м³/ч; Давление: 35 кПа; Мощность: 280 кВт |
| 3.4 | | Устройство охлаждения и выгрузки шлака | Производительность: 1.5 т/ч; Тип: водоохлаждаемый шнековый конвейер |
| 3.5 | **Транспортировка осадка** | Плунжерный насос | Производительность: 6 м³/ч; Давление: 3 МПа; Мощность: 18.5 кВт |
| **4.** | **СИСТЕМА РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА** | | |
| 4.1 | **Воздухоподогреватель** | Высокотемпературный воздухоподогреватель (ВВП) | Тип: огнетрубный; Нагрев воздуха: 400–650°C; Тепловая мощность: 2.1 МВт |
| 4.2 | **Утилизатор тепла** | Корпус утилизатора тепла (котёл-утилизатор) | Тип: кожухотрубный теплообменник; Расчётный расход теплоносителя: 135 м³/ч; Нагрев теплоносителя: 160 → 220°C |

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4.3 | | Насос подачи теплоносителя (термального масла) | Производительность: 135 м³/ч; Напор: 60 м |
| **5.** | **СИСТЕМА ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ** | | |
| 5.1 | **Многоступенчатая очистка** | Сухой электрофильтр | Расход газа: 30 000 м³/ч; Площадь осаждения: 530 м² |
| 5.2 | | Сухой реактор | Расход газа: 30 000 м³/ч; Габариты: Ø1.4 × 8 м; Материал: SUS304 |
| 5.3 | | Рукавный фильтр | Расход газа: 30 000 м³/ч; Площадь фильтрации: 840 м²; Материал рукавов: PTFE + мембрана PTFE |
| 5.4 | | Мокрый скруббер (десульфуризатор) | Расход газа: 28 000 м³/ч; Габариты: Ø2.2 × 10 м; Материал: углеродистая сталь + стеклопластик (FRP) |
| 5.5 | **Подача реагентов** | Система хранения и подачи гидрокарбоната натрия ($NaHCO_3$) | Производительность дозирования: 20 кг/ч; Включает бункер, мельницу, дозатор |
| 5.6 | | Система хранения и подачи активированного угля | Производительность дозирования: 100 кг/ч; Включает бункер, дозатор, вентилятор подачи |
| 5.7 | **Денитрификация** | Система SNCR (впрыск раствора карбамида) | Емкость для раствора: 10 м³; Включает ёмкости, насосы, форсунки |
| 5.8 | **Теплообмен и выброс** | Рекуперативный газо-газовый теплообменник (GGH) | Расход газа: 15 000 м³/ч; Площадь теплообмена: 130 м²; Подогрев очищ. газа: 50 → 110°C |
| 5.9 | | Дымосос | Производительность: 29 000 м³/ч; Напор: 9 кПа; Мощность: 160 кВт |
| 5.10 | | Дымовая труба | Высота: 60 м; Конструкция: стальной внешний ствол с двумя внутренними титано-стальными стволами |
| **6.** | **СИСТЕМА ДЕЗОДОРАЦИИ** | | |
| 6.1 | **Очистка от запахов** | Биофильтр для дезодорации | Расход воздуха: 45 000 м³/ч; Материал: стеклопластик (FRP) |
| 6.2 | | Центробежный вентилятор высокого давления | Расход: 45 000 м³/ч; Давление: 45 кПа; Мощность: 160 кВт |

***ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД (СУШКА+СЖИГАНИЕ+ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ) СОСТАВЛЯЕТ ПОРЯДКА 2 550 руб. за 1 тонну перерабатываемого ОСВ (без НДС), что соответствует (в рамках тарифа на водоотведение) 3,65 руб./м³ очищенных сточных вод (без НДС) для объекта производительностью (по объему поступающих сточных вод) порядка 300 000 м³/сут.***

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru

**Референс-объекты:**



***Завод по сушке и сжиганию осадка сточных вод 300 т/сут. (Цинпу, Шанхай)***



***Завод по сушке и сжиганию осадка сточных вод 480 т/сут. (Сунцзян, Шанхай)***

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru



***Завод по сушке и сжиганию осадка сточных вод 100 т/сут. (Фэнсянь, Шанхай)***



***Завод сушки осадка в рамках проекта ТЭЦ "Хайнин Людун", 800 т/сут.***

**Общество с ограниченной ответственностью**
**«Сивэй Рус»**
125047. г. Москва. муниципальный округ Пресненский. ул. Гашека, 6
ИНН 9710127135 КПП 771001001 ОГРН 1237700937506
E-mail: info@seaway-rus.ru, sales@seaway-rus.ru



***Завод сушки осадка на мусоросжигательном заводе "Чэнду Ваньсин", 500 т/сут.***



***Завод сушки осадка в рамках проекта ТЭЦ "Хэфэй Ляньхэ Фадьянь", 300 т/сут.***