

Новая технология термической утилизации осадков сточных вод

Вихрев В.И.¹,
руководитель
проекта
«Производство
теплофикационных
модулей»
ООО «НПО
«Мостовик»,

Шевченко В.С.²,
главный технолог
ОАО «Омск
Водоканал»

Для разгрузки мест хранения осадка его необходимо или переработать в полезный продукт, или уничтожить.

1 +7 (3812)977-911,
доб.23-99,
vihrev@mostovik.ru
2 +7 (3812)319-861,
sgt@omskvodokanal.ru

Системы канализации поселений, решая одни проблемы, создают ряд других, не менее важных. Очистные сооружения канализации должны разделить сточные воды города на очищенные стоки и осадок — концентрированные загрязнения всего города; вернуть в природную среду очищенные стоки (чаще всего сбросить в водоем); любым способом обезвредить осадки, чтоб они не загрязняли атмосферу, грунтовые воды, не занимали больших площадей и не мешали городу жить и развиваться.

На большинстве сооружений канализации осадок без всякой обработки перекачивается насосами в места его хранения или обезвоживания (подсушивания). Иногда осадок предварительно обезвоживается до влажности 75–80% на специальном оборудовании — декантерах или фильтр-прессах, в отдельных случаях осадок подсушивается в специальных сушилках и после этого вывозится в места его накопления. Удалять осадок из мест хранения некуда, осадки накапливаются десятилетиями, загрязняя окружающую среду.

В качестве мест хранения и обезвоживания осадка применяются иловые площадки разных типов или илошламонакопитель. Иловые площадки строятся с учетом их периодической разгрузки и вывоза высушенного осадка. Илошламонакопитель сооружение периодического действия, по своей сути — временное. После заполнения накопителя его следует рекультивировать, а для вновь образующегося осадка строить новый на другом участке земли. Так как высушить осадок в шламонакопителе крайне затруднительно, то рекультивация превращается в сложную проблему. Вокруг мест хранения несброженных осадков распространяется зловоние.

Для разгрузки мест хранения осадка его необходимо или переработать в полезный продукт, или уничтожить.

По многим причинам, получить полезный продукт, из данного отхода, имеющий спрос на рынке, в настоящее время практически невозможно.

Термическая утилизация осадка может рассматриваться как технология получения из отходов полезных продуктов — тепла, как энергоресурса, и золы, как компонента современных строительных материалов.

В мире для сжигания осадков сточных вод производятся и эксплуатируются печи различных конструкций и принципов действия. Лучшей считается печь с кипящим слоем из кварцевого песка. Данное оборудование эксплуатируется на трех комплексах очистных сооружений г. Санкт-Петербурга.

Существующее серийное оборудование иностранного производства обладает рядом несомненных достоинств:

- имеет многолетний опыт использования, серьезных проблем при эксплуатации не возникает;
- проектирование и строительство, а также пусконаладочные работы выполняются «под ключ». Заказчик может быть уверен, что будет поставлено оборудование достойного качества.

Недостатки:

- громоздкость и металлоемкость;
- потребность в газе, как в дополнительном топливе;
- потенциальная возможность превышения нормативов загрязненности дыма по соединениям серы и азота, в отдельных случаях и по диоксидам;
- крайне высокая стоимость оборудования (завод по сжиганию осадка для комплекса сооружений производительностью 600 тыс. м³/сут. сточных вод, стоит более 4 млрд. руб.), высокие затраты на эксплуатацию.

ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ

Институт Катализа Сибирского отделения Академии наук Р.Ф. (г. Новосибирск) разработал технологию сжигания топлив в усовершенствованных аппаратах с кипящим слоем, состоящим из смеси песка и зернистого катализатора. Присутствие в реакционной системе катализатора позволяет, сохраняя принципиальные конструкции хорошо изученного процесса, добиться существенно лучших результатов по всем параметрам — как техническим, так и экономическим. В связи с особенностями процесса, происходящего в кипящем слое смеси песка и катализатора, процесс называется «термокаталитическое окисление». Аппараты с кипящим слоем из смеси кварцевого песка и катализатора в настоящее время успешно работают при сжигании газа и жидкого топлива, а также и каменного угля.

Термическая утилизация осадка может рассматриваться как технология получения из отходов полезных продуктов — тепла, как энергоресурса, и золы, как компонента современных строительных материалов.

ПРИНЦИП ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ

В обычном процессе горения топлива (например, угля) в аппарате кипящего слоя, состоящего из кварцевого песка, песок является теплоаккумулятором, устройством для измельчения топлива и иных целей. Горение происходит при температурах более 1200°C, что диктует требования к конструкции как самого аппарата (тяжелая обмуровка), так и к материалу газоходов и теплообменников (высокожаропрочные стали) (рис.1).

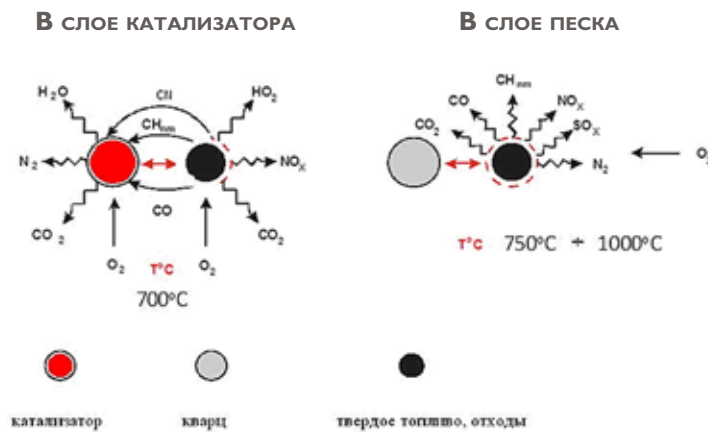


Рис. 1. Механизм «освобождения» катализатором частиц твердого топлива от летучих соединений

Выделяющиеся летучие органические вещества окисляются в основном на поверхности катализатора, освобождая доступ кислорода к поверхности твердых топлив, за счет этого процесс окисления более глубок, а его скорость существенно выше. Процесс окисления полностью локализуется в кипящем слое и не выходит в надслоевое пространство, достигается высокая теплонпряженность объема топочного пространства. В целом, окисление твердых топлив происходит быстрее и полнее чем в отсутствие катализатора.

Важно отметить тот факт, что в отличие от импортных установок, технология термokatализа не сопровождается открытым факелом горения в надслоевом пространстве и не требует использования дополнительного топлива. А это немалая экономическая составляющая эксплуатационных затрат.

По сравнению с традиционной печью кипящего слоя с кварцевым песком, при термokatализическом окислении объем печи уменьшается более чем в 12 раз, вес реактора — в 15 раз, расход электроэнергии на дутьевое оборудование — на 30%. Пониженная температура процесса позволяет отказаться от обмуровки реактора и применить недорогие стали для газоходов и теплообменников, при этом еще и снижается эрозионный износ оборудования. Отсутствие обмуровки позволяет осуществлять пуск котла и его остановку за 3–4 часа, вместо 7–10 суток в обычном процессе.

По данной технологии компания ООО «ТермоСофт-Сибирь» (г. Новосибирск) запроектировала и построила несколько пристанционных котельных по линии РЖД (табл. 1,2).

В отличие от традиционного процесса без катализатора, в слое катализатора (в данном случае — гранулы оксида алюминия) вокруг частиц кварцевого песка и катализатора не образуются зоны горения летучих веществ. Температура, при которой протекает процесс термokatализа, требуется не более 750°C. При таких температурах в частице топлива не происходит разрушение микропор и мезопор, в связи с этим удельная поверхность частиц твердых топлив получается выше.

Показатели	Котельная КТУ-3	Старая котельная
Среднемесячный расход угля за сезон, тонны	144	302
Стоимость затраченных за месяц топливных и энергетических ресурсов, тыс. руб.	174 (с учетом катализатора)	323
Себестоимость выработки 1 Гкал, руб.	331,5	1050

Таблица 1. Результаты применения процесса термokatализа в угольной котельной станции Артышта в Кемеровской области

Токсичные вещества	Количество токсичных веществ, мг/сек		
	Фактическое для слоевой топки ³	Фактическое для КТУ	Предельно допустимый выброс ⁴
Сажа	81,3	нет	13,4
Пыль	132,4	12,4	20,1
NOx	53,4	7,0	22,8
SOx	60,4	4,9	13,4
CO	604,0	47,5	268,0

Таблица 2. Количество токсичных веществ в дымовых газах, выбрасываемых в атмосферу при сжигании твердого топлива на установке КТУ и котельной со слоевой топкой

Весь процесс выполняется автоматически. Обслуживанием котельной занимается один оператор, главная функция которого — сторож. Один день в неделю с помощью механизмов перегружает в бункер привезенный уголь и выгружает золу в транспортное средство. Визуально дыма над дымовой трубой не видно, а помещение котельной, по эстетике, ничем не выдает своего назначения.

Опираясь на опыт станции Артышта, построены, введены в действие и эксплуатируются котельные с термokatализическим процессом на станции Юрга и станции Кулунда, идет строительство еще нескольких котельных.

Изучив опыт термokatализического окисления угля и других низкокалорийных видов топлива, Институт катализа СО РАН применил разработанную технологию для утилизации иловых осадков сточных вод. Для иловых осадков сточных вод институтом были разработаны ТУ на проектирование соответствующей установки. Впоследствии был подготовлен проект⁵ цеха термokatализического окисления осадка с очистных сооружений канализации в варианте, когда на площадке нет газа, т.е. первичный розжиг и прогрев оборудования выполняется по изученному опыту — углем.

В отличие от установок импортного производства, эксплуатируемых в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», предлагаемая технология термokatализа, при условии влажности кека 75% и ниже, не требует дополнительного топлива или «факельной» подпитки газом. Она не требует сушки осадка, после декантерных установок или фильтр-прессов, что сокращает эксплуатационные затраты.

3 Павлов П.П. Автореф. канд. дис., Институт систем энергетики им. Л.А.Мелентьева СО РАН, Иркутск, 1999.

4 Общесоюзный нормативный документ. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Ленинград, Гидрометиздат, ОНД-86, ГОСКОМГИДРОМЕТ, 1987.

5 Работа осуществлена НПО «Мостовик» в сотрудничестве с Институтом катализа СО РАН и иными заинтересованными организациями. — Примеч. автора.

ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

При подаче осадка сточных вод влажностью 75% и ниже в реактор термокаталитического окисления (рис. 2) и поддержании температуры 500–750°C возникает процесс термокатализа. Характерные черты этого процесса — полное окисление всех органических веществ из осадка и отсутствие промежуточных токсичных продуктов горения (практически отсутствуют продукты неполного сгорания: оксид углерода, бензпирены, диоксины и фураны, а также оксиды серы и азота). Те вещества, которые в обычном процессе выделяются в газовую фазу и выбрасываются в атмосферу, в процессе термокатализа связываются в трудно растворимые соединения и выделяются с золой (табл. 3).



Рис. 2. Каталитический реактор (КР)

На рис. 3 приведена схема технологической линии процесса термокаталитического окисления (ТКО), в табл. 4 — состав основного оборудования цеха термокаталитического окисления осадка сточных вод.

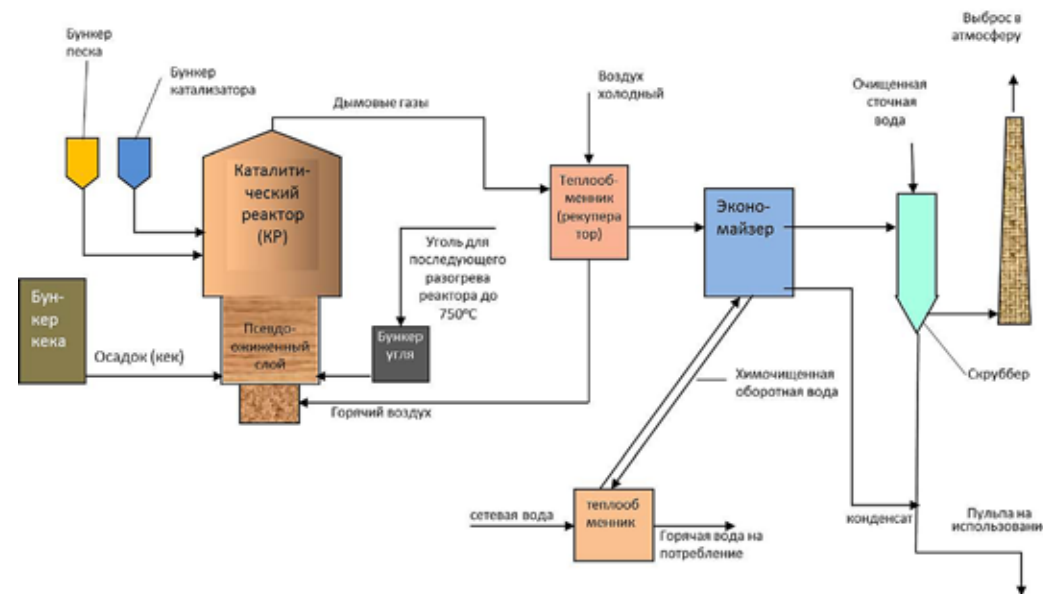


Рис. 3. Схема технологической линии ТКО

Вид процесса	В слое инертного материала (t = 980°C)	В слое с катализатором (t = 700°C)
Окисление азота	Вблизи частицы твердого топлива происходит образование промежуточных продуктов азота (N, NH, NH ₂ , CN и др.), которые частично окисляются до NO _x . Полного окисления до газообразного азота не происходит. Продукты частичного окисления удаляются с дымовыми газами	Основная часть связанного азота переходит в газообразный азот (N ₂), выход других соединений азота не превышает нескольких процентов
Окисление серы	Соединения серы переходят в газовую фазу в виде SO ₂ и частично SO ₃ и в таком виде выбрасываются из печи	Сульфаты в присутствии катализатора не разлагаются, а оксиды серы связываются золой и не выделяются в газовую фазу
Окисление хлор-содержащих веществ	В газовую фазу выделяется хлористый водород. При горении хлорорганических соединений образуются и выделяются в газовую фазу свободный хлор-газ (Cl ₂), фосген, диоксины	Степень разложения и гидролиза неорганических соединений хлора существенно ниже, а хлорорганические соединения практически полностью окисляются на поверхности катализатора до CO ₂ и HCl, который связывается с минеральной частью отходов (золой)

Таблица 3. Сравнение процессов термокатализа и обычного сжигания в кипящем слое кварцевого песка

Наименование	Назначение	Характеристика
Каталитический реактор (КР)	Окисление обезвоженных осадков сточных вод (кека) методом термокаталитического окисления в псевдооживленном слое с катализатором	Реактор состоит из трех частей: 1) нижняя часть – зона сжигания доп. топлива 2) средняя часть – зона окисления кека 3) верхняя часть – сепарационная зона
Теплообменник (рекуператор)	Подогрев воздуха, подаваемого в КР до температуры 150–300°C	Стандартный одноходовой теплообменник типа ТЛ
Теплообменник (экономайзер)	Подогрев воды с целью снижения t°C отходящих газов с 600–740°C до 150–250°C	Стандартный вертикальный одноходовой теплообменник типа ТН
Система подачи и распределения сжатого воздуха	Создание псевдооживленного слоя катализатора в КР; окисление кека; распыление жидкого топлива при пуске КР; пневмотранспорт катализатора и песка в КР	В КР – воздухораспределительная решетка колпачкового типа
Система подачи твердого топлива в КР	Пуск КР в работу и поддержание заданной температуры	Бункеры: загрузочный и измельченного угля, транспортеры, дробилка, дозатор
Система подачи жидкого топлива в КР (в теплогенератор ТГ)	Пуск КР в работу	Топливный бак, насосный агрегат, устройство подачи жидкого топлива в ТГ
Система подачи кека в КР	Транспортировка и дозирование кека из общего бункера в КР	Винтовые насосы, дозирующие шнеки
Система мокрой очистки дымовых газов от пыли и золоудаление	Улавливание золы, очистка дымовых газов от пыли золы, охлаждение дымов, газов и конденсация паров, сбор и удаление золы за пределы цеха	Сухое золоулавливание и мокрая газоочистка, дымосос, дымовая труба, система удаления и обезвоживания золопульпы
Система КИПиА	Поддержание в заданных пределах параметров процесса	

Таблица 4. Состав основного оборудования цеха термокаталитического окисления осадка сточных вод

В настоящее время на площадке очистных сооружений Омска начато строительство цеха производительностью термоутилизации 108 т/сут. илового осадка по абсолютно сухому веществу (рис. 4).

1. Бункер иловый (после центрифуги)
2. Иловый насос
3. Шнековый дозатор или иловый насос
4. Каталитический реактор
5. Бункер катализатора
6. Бункер инертного материала
7. Бункер твердого топлива
8. Печь розжиговая
9. Теплообменник дымовые газы-вода (рекуператор)
10. Теплообменник дымовые газы-вода (экономайзер)
12. Мокрый скруббер
13. Дымосос

Схема полной установки

Схема отдельной технологической линии

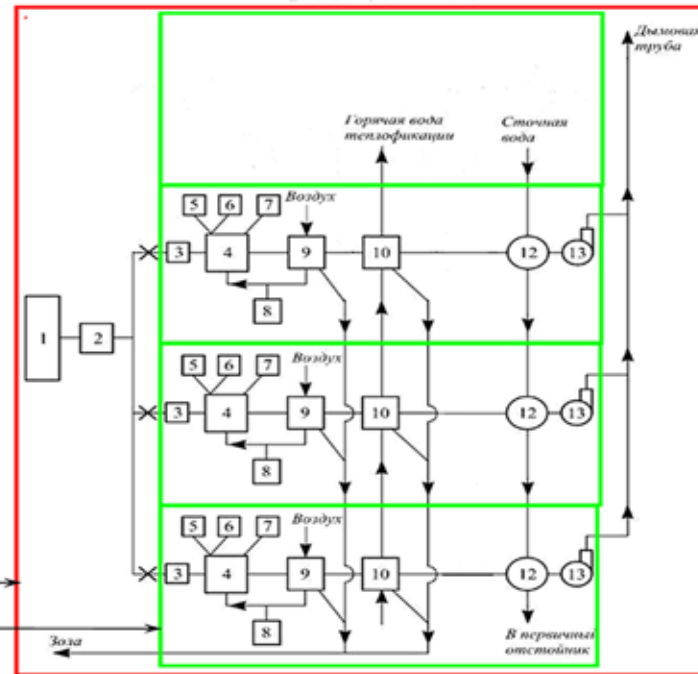


Рис. 4. Компоновка оборудования по термокаталитическому окислению осадков сточных вод на ОСК ОАО «ОмскВодоканал»

Выводы

Сравнение работы цеха сжигания осадка в печах кипящего слоя с цехом термокаталитического окисления осадка показывает:

- в связи с резким снижением габаритов оборудования и всего цеха, стоимость комплекта оборудования термокатализа снижается более чем в 4 раза;
- стоимость эксплуатации цеха термокатализа заметно ниже величины эксплуатационных расходов при обслуживании и, особенно, ремонтах оборудования;
- величина платежей за выбросы и размер санитарно-защитной зоны существенно меньше в случае применения технологии термокатализа.

Внедрение процесса утилизации осадков сточных вод на оборудовании с термокаталитическим окислением обеспечит:

- ликвидацию проблемы переполнения иловых площадок и всего комплекса сопутствующих проблем;

- получение тепла на площадке очистных сооружений канализации, которое можно использовать как на собственные нужды, так и реализовывать, либо перерабатывать в электрическую энергию;
- получение золы с классом опасности 4–5, которую можно использовать, как компонентную добавку, без ограничений в производстве железобетонных изделий, кирпича, компонентов дорожных материалов или на другие цели;
- освобождение ранее используемых территорий, являющихся источниками неприятных для горожан запахов;
- очистка сточных вод становится безотходной, энергособновляемой биоэнергетической технологией.

Новая технология утилизации осадка сточных вод, как вновь образующегося, так и скопившегося на площадках или накопителях, позволяет решить проблемы утилизации этих осадков на приемлемых условиях в части цены строительства, эксплуатационных расходов, сроков реализации и экологических последствий⁶. ●

На оборудовании с термокаталитическим окислением очистка сточных вод становится безотходной, энергособновляемой биоэнергетической технологией.

⁶ НПО «Мостовик» г. Омска, имеет исключительную лицензию на проектирование и строительство технологических установок термокатализа иловых осадков очистных сооружений канализации по технологии, запатентованной институтом катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. — Примеч. автора