

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И АВТОТРАНСПОРТА**

*Замараев К. И.*

Важную роль в решении резко обозначившихся экологических проблем должны сыграть новые технологии, основанные на использовании химического катализа. Во-первых, это каталитические технологии для обезвреживания наиболее крупнотоннажных выбросов промышленности и автотранспорта. Во-вторых, это новые малоотходные технологии для получения химических продуктов, основанные на использовании более селективных катализаторов.

Ниже будут рассмотрены каталитические технологии для обезвреживания газов и жидких выбросов различных отраслей промышленности и автотранспорта, разрабатываемые Межотраслевым научно-техническим комплексом «Катализатор». Их широкое использование на действующих предприятиях и транспорте уже сегодня могло бы существенно улучшить экологическую обстановку в стране.

**1. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ  
ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ**

Выбросы диоксида серы производствами цветной металлургии являются одним из основных источников образования кислотных дождей. МНТК «Катализатор» совместно с организациями Министерства металлургии СССР разрабатывает несколько технологий для удаления диоксида серы из этих выбросов с одновременным производством ценных продуктов — серной кислоты или элементарной серы. Некоторые из этих разработок по своему уровню существенно превосходят зарубежные.

Разработан нестационарный способ (реверс-процесс) обезвреживания диоксида серы с одновременным производством серной кислоты. Эта новая технология пригодна для большинства районов страны. Она реализована в промышленном масштабе на ряде заводов. При помощи этой технологии уже сейчас <sup>1</sup> производится свыше 300 тыс. т серной кислоты в год, которая находит полезное применение в народном хозяйстве. Лицензии на реверс-процесс для окисления диоксида серы приобретены фирмами Японии и Болгарии.

Для обезвреживания отходящих газов Норильского горно-металлургического комбината разрабатываются катализаторы и процессы переработки диоксида серы в серу. Переработка диоксида серы в серную кислоту в условиях Норильска нецелесообразна из-за сложности ее вывоза. Серу можно получить путем частичного восстановления диоксида серы до сероводорода с последующим проведением каталитического процесса Клауса. Этот процесс может быть осуществлен в присутствии как гетерогенных, так и гомогенных катализаторов. К настоящему времени

<sup>1</sup> Февраль 1989 г.

на Норильском горно-металлургическом комбинате прошли опытную проверку как гетерогенный, так и гомогенный катализаторы процесса Клауса, специально разработанные для этого комбината. Особенностями нового гетерогенного катализатора являются повышенная активность (благодаря ей можно существенно уменьшить размеры контактного аппарата), а также устойчивость к кислороду, присутствующему в отходящих газах комбината. Готовится выпуск большой партии этого катализатора для проведения опытно-промышленных испытаний.

На базе нового гомогенного катализатора разрабатывается метод очистки отходящих газов от диоксида серы — так называемый процесс СОЖ (сероочистка жидкокомпозиционная). В настоящее время метод проходит проверку на крупной опытной установке в Норильске.

## 2. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА

Разработан новый катализитический метод восстановления оксидов азота аммиаком в искусственно создаваемых нестационарных условиях (вариант реверс-процесса). Построена и успешно работает опытно-промышленная установка производительностью 10000 м<sup>3</sup>/ч.

Разрабатывается вариант реверс-процесса для селективного катализитического восстановления аммиаком оксидов азота в отходящих газах тепловых электростанций.

## 3. ОЧИСТКА ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ СЕРОВОДОРОДА

Природный газ ряда крупных месторождений страны содержит значительные примеси сероводорода. Применяемый в настоящее время способ очистки от этой примеси довольно сложен. Он основан на частичном окислении сероводорода до оксида серы с последующим проведением многостадийного процесса Клауса. МНТК «Катализатор» совместно с организациями Министерства газовой промышленности СССР работает над созданием принципиально новой одностадийной технологии очистки путем катализитического окисления сероводорода до элементарной серы. Метод прошел опытную проверку применительно к обезвреживанию так называемых отдувочных газов скважин.

## 4. ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ ОКСИДА УГЛЕРОДА И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Значительное количество оксида углерода и разнообразных органических соединений содержится в отходящих газах производств черной металлургии и химических отраслей промышленности. Вредные органические вещества присутствуют и в выбросах многих других предприятий, использующих растворители, лаки и т. п.

Для обезвреживания таких выбросов МНТК «Катализатор» предлагает несколько технологий, основанных на катализитических реакциях глубокого окисления. Целесообразность использования той или иной технологии определяется природой и концентрацией вредных примесей, степенью запыленности выброса и т. д. При высоких концентрациях окисляемых веществ можно использовать способ окисления в традиционных реакторах с неподвижным слоем катализатора. При более низких концентрациях (до 0,5—0,8 г/м<sup>3</sup>) целесообразен реверс-процесс. Этот новый энергосберегающий метод уже внедрен на семи<sup>2</sup> предприятиях разных городов. При еще более низких концентрациях возможно применение адсорбционно-катализитического метода. Наконец, для обезвреживания пылегазовых смесей перспективен метод окисления в кипящем слое ка-

<sup>2</sup> К февралю 1989 г.

**Катализитические технологии обезвреживания выбросов промышленности и автотранспорта, разрабатываемые МНТК «Катализатор»**

| Вид загрязнения         | Источник загрязнения   | Тип разработки  | Уровень разработки   |
|-------------------------|--|---|--|
| Диоксид серы            | Отходящие газы металлургических и химических производств; природные газы; попутные газы нефтепереработки; газовые выбросы ТЭЦ          | Нестационарный метод переработки оксидов серы с получением серной кислоты<br>Метод жидкофазной очистки с получением товарной серы<br><br>Новые катализаторы процесса Клауса<br>Метод Клауса в нестационарном режиме<br>Катализитический способ очистки отходящих газов процесса Клауса              | Промышленные аппараты<br>Опытно-промышленные аппараты<br>Опытные аппараты<br>Стадия НИР<br>Опытные аппараты                          |
| Сероводород             | Отходящие газы металлургических и химических производств; попутные газы нефтепереработки   | Метод жидкофазной очистки с получением товарной серы<br><br>Новые катализаторы процесса Клауса<br>Метод Клауса в нестационарном режиме<br>Катализитический способ очистки отходящих газов процесса Клауса<br>Установки обезвреживания в кипящем слое сероводородсодержащих отдувочных газов скважин | Опытно-промышленные аппараты<br>Опытные аппараты<br>Стадия НИР<br>Опытные аппараты<br>Опытные аппараты                               |
| Оксиды азота            | Технологические газы и газовые выбросы промышленных предприятий; отработавшие газы двигателей внутреннего горения; газовые выбросы ТЭЦ | Нестационарный метод очистки<br>Разработка блочных катализаторов для нейтрализаторов<br>Разработка гранулированных катализаторов для нейтрализаторов<br>Метод селективного катализитического восстановления аммиаком  | Опытно-промышленные аппараты<br>Опытно-промышленные аппараты<br>Стадия НИР   |
| Оксид углерода          | Технологические газы и газовые выбросы промышленных предприятий; отработавшие газы двигателей внутреннего горения                      | Нестационарный метод очистки<br><br>Способ катализитической очистки в кипящем слое<br>Адсорбционно-катализитический метод очистки<br><br>Разработка блочных катализаторов для нейтрализаторов<br>Разработка гранулированных катализаторов для нейтрализаторов                                       | Опытно-промышленные аппараты<br>Опытные аппараты<br>Опытно-промышленные аппараты<br>Опытные аппараты<br>Опытно-промышленные аппараты |
| Органические соединения | Технологические газы и газовые выбросы промышленных предприятий; сточные воды; продукты не полного сгорания органических топлив        | Нестационарный метод очистки<br><br>Способ катализитической очистки в кипящем слое<br>Установка обезвреживания на основе катализитических генераторов тепла<br>Использование для сжигания смесительных катализитических воздухонагревателей   | Промышленные аппараты<br>Опытные аппараты<br>Опытно-промышленные аппараты<br>Опытно-промышленные аппараты                            |

тализатора. В частности, ведутся работы по внедрению этого метода для очистки газовых выбросов коксохимической промышленности и установок сухого тушения кокса.

## 5. КАТАЛИТИЧЕСКОЕ СЖИГАНИЕ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Разработан способ сжигания жидких органических отходов в компактных реакторах с кипящим слоем катализатора (катализитических генераторах тепла). Способ позволяет сжигать отходы при сравнительно низких температурах, т. е. в условиях, исключающих образование токсичных оксидов азота, и одновременно утилизировать выделяющееся тепло.

## 6. КАТАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Эта технология также основана на использовании катализитических генераторов тепла. Она прошла опытно-промышленную проверку. Эта технология применима для очистки бессолевых сточных вод, содержащих органические вещества в концентрациях, достаточных для того, чтобы за счет теплоты сгорания этих веществ можно было испарить воду.

Аналогичная технология разрабатывается также для обезвреживания твердых отходов, находящихся в сточных водах в виде примесей.

## 7. БЛОЧНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Выхлопные газы автотранспорта являются одним из основных источников загрязнения атмосферы оксидами углерода и азота. Созданы образцы блочных и гранулированных катализаторов различных видов для очистки выхлопных газов от этих оксидов. С положительным результатом проведены опытные испытания катализаторов на основе металлических блоков и гранул из оксидов алюминия.

Приведенные выше данные о катализитических технологиях для обезвреживания газовых и жидких выбросов промышленности и автотранспорта, разрабатываемых в МНТК «Катализатор», суммированы в таблице, в которой указан также уровень (т. е. степень завершенности) каждой разработки. Около половины из них внедрены в промышленность или находятся в стадии опытно-промышленных испытаний.

Однако темпы внедрения разработок явно неудовлетворительны. Они реализованы на сравнительно небольшом числе предприятий и пока не привели к сколько-нибудь существенному изменению экологической обстановки в стране. Основной причиной такого неудовлетворительного положения является недостаточная заинтересованность предприятий в природоохранных мероприятиях. Из сложившегося положения есть, по моему мнению, только один выход: повсеместное введение штрафных санкций за превышение уровня вредных выбросов выше допустимого. При этом важно подойти разумно как к выбору начального размера штрафов, так и к динамике их роста во времени. Оба эти показателя надо выбрать так, чтобы побудить предприятия к достаточно быстрому внедрению природоохранных технологий, но не выйти при этом за рамки их реальных возможностей.

Из выступлений руководителей Госкомприроды СССР мы знаем, что неотвратимое введение штрафных санкций ожидается в начале следующей пятилетки и что готовятся проекты соответствующих постановлений. Полагаю, что было бы правильно опубликовать эти проекты как можно быстрее с тем, чтобы их можно было заблаговременно обсудить, а также для того, чтобы работники предприятий промышленности и транспорта убедились в реальности надвигающихся санкций.

Институт катализа СО АН СССР, Новосибирск