

**УДК 628.54**

**З. В. КУЧМА**, заместитель директора, **В. И. АНДРЕЕВ**, канд. хим. наук,  
**В. М. КОВЕРЯ**, старший научный сотрудник, **Л. М. ЕВСА**, старший научный сотрудник  
ОАО «Украинский научно-исследовательский институт  
по промышленной и санитарной очистке газов», г. Запорожье

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

В статье представлен обзор направлений исследований по переработке и вторичному использованию отходов производства и потребления. Обозначены актуальные проблемы в сфере обращения с отходами в Украине. Изложены основные технологии, обеспечивающие комплексное решение проблем утилизации и обезвреживания отходов с использованием представленных разработок.

**обращение с отходами, галогенсодержащие органические вещества, замасленные отходы, лакокрасочные материалы, технология обезвреживания, подготовка материалов**

Одной из основных особенностей индустриальных комплексов является активное природопользование. Значительные масштабы использования природных ресурсов и энергетико-сырьевая специализация экономики города способствуют значительным объемам образования и накопления отходов производства и потребления. Несмотря на частичное использование и переработку отходов в процессе производства, их значительное количество по-прежнему накапливается на полигонах.

По состоянию на 01.01.03 в хранилищах организованного хранения и на территории предприятий страны скопилось около 2723 млн т токсичных отходов; из них более 18,7 млн т относится к I–III классам опасности.

Общее количество отходов всех классов опасности, образовавшихся в 2002 г., составило 77605 тыс. т (в 2001 г. – 77513 тыс. т); при этом из них использована почти половина – 30924,2 тыс. т. Динамика образования токсичных отходов за последние годы имеет тенденцию роста.

Промышленные отходы ОАО «Запорожский металлургический комбинат «Запорожсталь» занимают 376,5 га; промышленные отходы ОАО «Запорожский про-

изводственный алюминиевый комбинат» – 68,7 га; промышленные отходы «Запорожский титано-магний комбинат» – 36,2 га; промышленные отходы ОАО «Запорожский завод ферросплавов» – 26,5 га. Обследование грунтов в санитарной зоне г. Запорожья свидетельствует о постоянном накоплении токсичных веществ.

Обозначенные актуальные проблемы в сфере обращения с отходами не могут быть решены без привлечения научного потенциала страны. На протяжении последних лет в ОАО «УкрНИИОГаз» проводятся исследования и разработка технологий, обеспечивающих комплексное решение утилизации и обезвреживания отходов по следующим направлениям.

### **Обезвреживание галогенсодержащих органических веществ**

Данная разработка направлена на обезвреживание непригодных и запрещенных к использованию средств защиты растений, а также ядохимикатов, складирование которых во многих хозяйствах вызывает опасность.

Для обезвреживания органических соединений, содержащих в своем составе галогены, предложено снизить объемы образования диоксинов и дибензофуранов

за счет уменьшения количества галогенов в продуктах, поступающих на сжигание. Это достигается предварительным разрушением стойких соединений и дехлорированием продуктов деструкции. Кроме того, в разработанном процессе предусматривается разделение на потоки: первый – используемый на нагревание исходного вещества, не требующий очистки и второй – поток исходного вещества, требующий нейтрализации.

Исследования, проводимые в лабораторных условиях, показали принципиальную возможность проведения процесса, и на основании полученных данных предложена схема обезвреживания токсичных веществ.

Предложенная технология имеет ряд преимуществ перед существующими, а именно:

- разделение потоков снижает объем нейтрализуемого газа, что связано с капитальными и эксплуатационными расходами;
- предварительное отделение и вывод из цикла твердой фазы позволяет исключить из схемы стадию обеспыливания;
- при достаточной полноте удаления галогенов из продуктов деструкции удастся снизить образование более токсичных веществ и уменьшить коррозирующую активность как самих веществ, так и образующихся дымовых газов. При этом снимается вопрос о необходимости применения специальных сталей, устойчивых к коррозии.

#### **Переработка замасленных отходов жаропрочных сталей (стружка)**

Одним из актуальных вопросов вторичной переработки является использование замасленных отходов жаропрочных сталей. Как правило, в таких отходах содержание масел составляет 8–20 % от веса стружки. Переплав отходов жаропрочных сталей связан с выделением в атмосферу таких веществ, как окислы азота, оксиды серы, акролеин, бенз(а)пирен и др. Это обусловлено тем, что химический состав масел в процессе обработки металла претерпевает изменения. Установлено, что в чистом масле содержание смолистых составляет 5,2 %; после использования – 9,7 %. Содержание бенз(а)пирена до использования не превышало 5 мкг/кг, а после использования составило 10 000 мкг/кг. С целью подготовки отходов к переплаву в лабораторных условиях отработан процесс обезмасливания, разработана технология подготовки отходов, изготовлена установка производительностью 1,0 кг/час стружки. Главная особенность предложенной технологии состоит в соблюдении режимов тепловой обработки исходной стружки перед промывкой и осушкой.

В результате использования лабораторной установки получено остаточное количество масел на стружке, %:

- без предварительной промывки горячей водой – 0,22–0,314;
- с предварительной промывкой горячей водой при температуре 80–90 °С – 0,07–0,11.

Кроме того, для очистки выбросов масел от аэрозолей было испытано два варианта – фильтрация замасленного потока через войлочный фильтр и очистка выбросов в электрическом фильтре. Испытания войлочного фильтра показали, что эффективность очистки составляет 93–87 % на протяжении 10 часов работы при входной концентрации 120–200 мг/м<sup>3</sup>. Сопротивление фильтра за это время возросло с 1000 Па до 2500 Па и оставалось неизменным при дальнейших испытаниях, но эффективность очистки немного снизилась. Испытания электрического фильтра показали, что эффективность очистки составляет > 95 % с остаточной концентрацией не более 5 мг/м<sup>3</sup> при входящих концентрациях 120–200 мг/м<sup>3</sup>. Проводится проектирование опытно-промышленного образца установки, которая включает и очистку образующихся газов в электроfiltре либо тканевом фильтре.

#### **Обезвреживание отходов лакокрасочных материалов и СОЖ**

Сложными отходами являются лакокрасочные материалы, которые накапливаются в покрасочных отделениях в виде остатков проливов и сгустков на фильтрах. Лаковая основа эмалей и красок, полимеризуясь на воздухе, как бы запечатывает в массе отходов растворитель. В настоящее время такие отходы сжигают либо складывают. В ОАО «УкрНИИОГаз» разработана экологически безопасная тепловая технология утилизации таких отходов. Сущность её состоит в двухстадийном нагреве отходов в специальной печи, соединенной газоходом с конденсационной камерой, которая одновременно играет роль теплового насоса. При начальном нагреве до 250–300 °С происходит интенсивное испарение растворителя, пары которого поступают в зону пониженного давления конденсационной камеры, где конденсируются, и конденсат через обратный клапан перетекает в приемник. После испарения растворителя, о чем свидетельствует падение давления в печи, проводят подъем температуры до обугливания лаковой основы и сушки пигмента. Технология, отработанная на пилотной установке, позволяет обезвреживать отходы с утилизацией отдельных компонентов – растворителей для топок и пигментов для строительных растворов.

Большой объем отработанных охлаждающих эмульсий (СОЖ) и гидравлических жидкостей в настоящее время сливается на промышленных полигонах, что, естественно, приводит к загрязнению почвы минеральными маслами. Разрушить стойкие эмульсии для последующих этапов обезвреживания довольно сложно, а сами отходы



не горят, не фильтруются и не расслаиваются при отстаивании и с коагуляторами. Для разрушения таких эмульсий нами применен метод экстракции минерального масла эмульсии ограниченным количеством растворителя. После такой обработки эмульсия переходит в три слоя, которые методом декантации и осаждения могут быть разделены и обезврежены известными способами.

#### Переработка никельсодержащего аккумуляторного лома

Процесс производства ферроникеля из вторичного сырья (лом железоникелевых аккумуляторов и железосодержащий лом) в обогащённой среде сопровождается значительным выбросом газообразных и твёрдых веществ в атмосферу. Настоящая работа выполнялась в рамках программы «Ecolinks Challenge Grant». В процессе выполнения работы изучены технологические карты переработки сырья, проведено хронометрирование всех стадий производственного процесса, выполнены наблюдения за эксплуатационным режимом технологического оборудования и газоотводящего тракта, измерение качественного и количественного состава отходящих газов.

Как известно, сокращение вредных поступлений в окружающую среду возможно при разработке комплекса мер: усовершенствования технологии переплава, подготовки поступающего сырья и разработки эффективной надёжной системы улавливания поступающих в воздушное пространство вредных веществ.

При выезде рабочих групп на Константиновский завод «Вторчермет» сотрудниками ОАО «УкрНИИОГаз» совместно с фирмой «Environmental Science Services» (ESS) были выполнены замеры в дымовой трубе высотой 22 м во время обычной плавки аккумуляторных батарей и при плавке, когда шихтовые материалы для плавки не включали в себя аккумуляторные батареи, а состояли на 92 % из смешанного никельсодержащего скрапа и на 8 % из замасленной металлической стружки.

В процессе измерений проведено исследование отходящих газов в зависимости от режима плавки, определено поступление вредных веществ в атмосферу через

дымовую трубу и в рабочее пространство цеха. Замеры были сделаны по следующим параметрам: волюмометрический анализ газового потока; твёрдые частицы (пыль); диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ); гидрохлорид водорода; диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ); оксид углерода ( $\text{CO}$ ); водород ( $\text{H}_2$ ); органические соединения с низкой и высокой температурой кипения. Образцы пыли были проанализированы на содержание железа, никеля, калия и натрия. Пыли анализировались также по различным физико-механическим характеристикам, включая плотность, угол естественного откоса, дисперсность и удельное электрическое сопротивление. В процессе исследований применялись методики отбора и анализа проб газа, принятые в Украине. Данные измерений представлены в табл. 1.

Наблюдения позволяют предположить следующее:

при нагреве шихты до температуры  $180^\circ\text{C}$ – $600^\circ\text{C}$  начинается термическая деструкция с выделением хлористого водорода и образованием углеродистой аморфной массы. По мере подъёма температуры выше  $600^\circ\text{C}$  происходит пиролиз, а затем крекинг углеводородов и углерода электродной массы с выделением устойчивых ароматических и полициклических соединений. Одновременно может идти процесс хлорирования углеводородов с образованием хлорорганических веществ.

Сравнение данных показало, что выброс пыли, никеля, железа, летучих (с низкой температурой кипения) органических соединений (ЛОС) и среднелетучих (с высокой температурой кипения) (СЛОС) были значительно ниже при вторых замерах. Уменьшение выбросов при использовании никельсодержащего скрапа (без включений пластмассы) составило по пыли – в 2,4 раза, среднелетучих – в 7,5 раз. Выброс никеля также уменьшился в 7,5 раз, исходя из доли низкого содержания никеля в образце пыли (0,4 %) при вторых замерах в сравнении с первыми (от 1,39 до 1,51 %). Содержание влаги в трубе составляло приблизительно 0,6 % объёмных, при точке росы  $0^\circ\text{C}$ .

Запылённость на рабочем месте оператора составляла  $1,01 \text{ г/м}^3$ .

Таблица 1.

Параметры отходящих газов при переплаве никельсодержащих аккумуляторов

Время отбора проб	Состав шихты	Количество отходящих газов, $\text{м}^3/\text{час}$ (н. у.)	Запылённость, $\text{г/м}^3$	Удельный выброс пыли, $\text{г/сек}$	Удельные выбросы, $\text{г/сек}$			
					Никель	Железо	Летучие углеводороды	Углеводороды $\text{C}_{13}$ – $\text{C}_{22}$
Май 2001	Аккумуляторный лом	44136	0,327	0,4	0,058	0,488	0,72	3,83
Февраль 2002	92 % никелевый скрап и 8 % металлическая стружка	50760	0,117	1,639	0,0078	0,019	–	0,527

Результаты исследований газопылевыведения при переплаве никельсодержащих аккумуляторов позволили сделать вывод о необходимости разработки системы очистки отходящих газов от пыли и органических соединений или же способа предварительной подготовки

шихтовых материалов, исключающих попадание органических примесей в печь и разработке способа очистки дымовых газов только от пыли.

*Поступила в редакцию 21.10.05*

У статті наведено огляд напрямків досліджень щодо переробки та вторинного використання відходів виробництва і споживання. Визначені актуальні проблеми в сфері поводження з відходами в Україні. Викладені основні технології, які забезпечують комплексне вирішення проблем утилізації та знешкодження відходів із використанням наведених розробок.

There is a review of investigation trends in the field of processing and secondary use of industrial and consumption wastes in the article. Actual problems in the sphere of wastes treatment in Ukraine are represented. Basic technologies providing all-round solution of the problem of wastes' recovery and neutralization with using the submitted developments are stated.