

№ 275

МИСиС

---

Л.Я. Шубов

# **Технологические процессы обогащения твердых отходов**

Лабораторный практикум

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 275

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ  
И СПЛАВОВ

МИСиС



Кафедра обогащения руд цветных и редких металлов

Л.Я. Шубов

# **Технологические процессы обогащения твердых отходов**

Лабораторный практикум

Допущено учебно-методическим объединением  
по образованию в области металлургии в качестве  
учебного пособия для студентов высших учебных  
заведений, обучающихся по направлению Металлургия

УДК 669.054.8  
Ш95

Рецензент  
д-р техн. наук, проф. *Л.С. Стрижко*

**Шубов Л.Я.**

Ш95 Технологические процессы обогащения твердых отходов:  
Лаб. практикум. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 86 с.

Лабораторный практикум содержит 13 работ по основным разделам двухсеместрового курса «Технологические процессы обогащения и переработки твердых отходов», при выполнении которых студенты получают навыки работы на лабораторно-укрупненном оборудовании, изучают конструкции аппаратов, основные технологические процессы сепарации отходов и их подготовки к использованию в качестве вторичных материальных и энергетических ресурсов (ВМР и ВЭР), анализируют результаты работы по показателям обогащения (рассчитываются самостоятельно).

Соответствует программе спецкурса «Технологические процессы обогащения и переработки твердых отходов».

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по специальности 130405 «Обогащение полезных ископаемых» (специализация «Технологические процессы обогащения и переработки твердых отходов»).

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Лабораторная работа № 1. Аэросепарация в горизонтальном потоке воздуха .....	6
Лабораторная работа № 2. Аэросепарация в вертикальном потоке воздуха .....	12
Лабораторная работа № 3. Схемные опыты по аэросепарации (двухстадийная аэросепарация и ее варианты) .....	18
Лабораторная работа № 4. Электродинамическая сепарация .....	22
Лабораторная работа № 5. Магнитная сепарация .....	28
Лабораторная работа № 6. Электросепарация .....	34
Лабораторная работа № 7. Специальные методы сепарации .....	45
Лабораторная работа № 8. Термообработка материалов в кипящем слое .....	49
Лабораторная работа № 9. Грохочение (классификация материалов по крупности) .....	56
Лабораторная работа № 10. Дробление .....	62
Лабораторная работа № 11. Изучение морфологического и гранулометрического состава ТБО (опробование ТБО) .....	69
Лабораторная работа № 12. Схемные опыты по сепарации ТБО .....	73
Лабораторная работа № 13. Сепарация отходов демеркуризации отработанных люминесцентных ламп .....	79

## Введение

Проблема отходов – взаимосвязанная эколого-экономическая и технологическая проблема.

Одна из основных задач, стоящих перед системой санитарной очистки города как подотрасли ЖКХ, – своевременный сбор и удаление отходов потребления из тех мест, где они образуются (при одновременном снижении количества отходов, удаляемых из города на захоронение).

Главный критерий уровня санитарной очистки города от ТБО (при обеспечении его необходимой чистоты) – количество отходов, вывозимых на захоронение (в процентах от общего количества образующихся муниципальных отходов). Чем численное значение критерия меньше (т.е. чем больше вовлекается ТБО в переработку), тем выше уровень санитарной очистки. Естественно, при этом имеется в виду, что объекты обработки и промышленной переработки ТБО являются экологически безопасными и функционируют с наименьшими экономическими затратами.

МИСиС – один из первых вузов страны, который начал подготовку специалистов (на стадии обучения студентов) для научно обоснованного решения важнейших технологических проблем в системе санитарной очистки города как подотрасли ЖКХ. Специализация в области управления ресурсосбережением и отходами – необходимое условие подготовки квалифицированных кадров, владеющих действенными инженерными методами обеспечения экологической безопасности хозяйственной деятельности без снижения темпов технического прогресса.

Вовлечение твердых отходов в хозяйственный оборот требует, как правило, их разделения на компоненты или фракции (полупродукты) с последующей переработкой продуктов разделения оптимальным методом (либо придания им определенного вида для обеспечения возможности рациональной утилизации).

Основные подготовительные операции в технологиях отходов идентичны применяемым в технологиях полезных ископаемых: дробление, грохочение, обогащение (магнитная, электрическая и электродинамическая сепарация, аэросепарация, гравитация и др.), укрупнение размеров частиц и компонентов (гранулирование, брикетирование, пакетирование, агломерация). Идентичны также принципиальные направления переработки и утилизации подготовленных

отходов: термическая и биотермическая переработка и др. В этом плане прохождение спецкурса (настоящий лабораторный практикум органически дополняет учебник для вузов «Технологии отходов», вышедший в свет в 2006 году) значительно расширяет кругозор студентов-обогащителей, расширяет область и возможности применения полученных знаний, повышает значимость и универсальность подготовки специалистов на кафедре «Обогащение руд цветных и редких металлов».

В качестве объекта сепарации при выполнении лабораторных работ (продолжительность каждой 4 часа) используются синтетические смеси различных материалов (компонентов), отражающие состав реальных отходов потребления, в ряде случаев – реальные отходы (например, демеркуризованный стеклобой).

Во время лабораторных работ (включая демонстрационные опыты) обеспечивается творческая активность студентов: подготовка проб к испытаниям, постановка экспериментов, непосредственная работа на том или ином аппарате, запись показаний приборов (тахометра, дифференциального манометра, киловольтметра и пр.), взвешивание продуктов сепарации, осмысливание результатов, ответы на вопросы. При выполнении работ могут встретиться проблемные для студента ситуации (например, выбранные параметры процесса изначально занижены или завышены, в результате чего не достигаются удовлетворительные показатели сепарации); тогда по ходу процесса вносятся коррективы в режимные параметры: регулируется расход воздуха, скорость конвейера, напряжение коронирования и т.п.

## Лабораторная работа № 1

# АЭРОСЕПАРАЦИЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПОТОКЕ ВОЗДУХА

### 1.1. Цель работы

1. Проведение аэросепарации компонентов ТБО и их смесей в горизонтальном потоке воздуха.
2. Изучение факторов, влияющих на процесс аэросепарации (скорость воздуха, крупность материала и его влажность).
3. Расчет показателей обогащения и их зависимости от влияющих факторов.
4. Анализ полученных результатов.

### 1.2. Теоретическое введение

Твердые бытовые отходы (ТБО) – гетерогенная смесь органоминеральных компонентов (черных и цветных металлов, макулатуры, пластмасс, стекла, текстиля, кожи, резины, камней, пищевых и растительных остатков, а также опасных и токсичных бытовых отходов – отработанных сухих гальванозащитных элементов и пр.). Будучи многокомпонентными, ТБО требуют комбинированной переработки с применением различных методов, обеспечивающих комплексность их использования.

При вовлечении ТБО в промышленную переработку в качестве техногенного сырья особую роль играют технологические процессы сепарации как подготовительные операции, позволяющие выделить те или иные ценные компоненты для вторичного использования, удалить опасные компоненты и оптимизировать состав отходов для последующих переделов переработки.

*Аэросепарация* – процесс обогащения в движущейся газовой (воздушной) среде, основанный на использовании различий в плотности компонентов и их скорости витания.

Аэросепарацию применяют как при обогащении полезных ископаемых (угля, асбеста), так и при обогащении техногенного сырья (ТБО, дробленого электрокабельного лома для удаления неметаллических компонентов, отходов демеркуризации ртутных ламп и др.).

Аэросепарацию при обогащении ТБО применяют для разделения потока отходов на легкую и тяжелую фракции. Это необходимо, прежде всего, по условиям технологии извлечения металлов, а также для выделения горючих компонентов с целью последующей их термической переработки.

При аэросепарации ТБО в легкую фракцию переходят макулатура, полимерная пленка, некоторые текстильные компоненты (в основном синтетические) и т.п. Рекомендуемая крупность аэросепарации ТБО – 250 мм.

При аэросепарации используются два основных способа разделения компонентов: в горизонтальном потоке воздуха (направление воздуха перпендикулярно действующей на компоненты силе тяжести) и в вертикальном потоке воздуха (направление силы противоположно действующей на компоненты силе тяжести).

Рабочая скорость воздуха в процессе аэросепарации в горизонтальном потоке воздуха

$$W_p^r \geq W_b \cdot l/h,$$

где  $W_b$  – скорость витания компонента, м/с;

$l$  – смещение частиц в горизонтальном потоке воздуха, равное примерно  $20l_T$ , м ( $l_T$  – линейные размеры частицы);

$h$  – высота рабочей зоны сепарации, м.

Теоретически скорость витания рассчитывают с использованием числа Рейнольдса и диаграммы Лященко по формуле

$$W_b = \frac{Re \cdot \mu_b}{\rho_b \cdot l_T},$$

где  $Re$  – число Рейнольдса;

$\mu_b$  – коэффициент вязкости воздуха;

$\rho_b$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

### 1.3. Описание установки

Общий вид и схема лабораторно-укрупненной установки горизонтального аэросепаратора представлены на рис. 1.1 и 1.2.