

**В.П. СОКОЛОВА**, канд. техн. наук, **Е.О. ШМЕЛЬЦЕР**

(Украина, Кривой Рог, Национальная металлургическая академия Украины,  
Криворожский металлургический факультет),

**А.В. ГАБУРА**

(Украина, Кривой Рог, ОАО НИПИ "Механобрчермет")

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЛОТОРЕАГЕНТОВ ИЗ ПРОДУКТОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГОЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ**

С обретением Украиной независимости традиционные реагенты, применяемые при обогащении угля методом флотации, – керосин, дизельное топливо и др. – стали непомерно дорогим заграничным продуктом, и к середине 90-х годов их дефицит стал достаточно ощутимым.

В связи с этим предложены научные основы подбора флотореагентов из продуктов и отходов коксохимического производства, ряд из них исследован в лабораторных условиях и на обогатительных фабриках.

На ОАО "Днепрококс", ОАО "Запорожкокс" и ОАО "Макеевский коксохимический завод" получают кубовые остатки ректификации сырого бензола (КОРБ), проявившие высокую эффективность в качестве реагентов при флотации угольных шламов. При перемешивании реагент КОРБ образует в воде эмульсию, что обеспечивает равномерное его распределение в пульпе и способствует закреплению реагента на поверхности угольных зерен. Основным препятствием использования названного продукта представляется наличие в его составе продуктов II и III классов вредности (фенол, нафталин, пиридиновые основания и др.), которые могут быть удалены термической перегонкой при 180 °С [1].

На ОАО "Авдеевский коксохимический завод" проведены исследования флотационной активности коксохимических продуктов этого предприятия и промышленное освоение наиболее эффективных в углеподготовительном цехе №1. По степени снижения эффективности использования в качестве флотационных реагентов исследованные продукты можно разместить в следующий ряд:

масло нафталиновых отеков → обесфеноленное фенольное масло → погло-  
тительное масло → полимеры бензольного отделения.

Наиболее токсичное вещество, входящее в перечисленные продукты, – фенол практически не адсорбируется на угольной поверхности. В этой связи ряд снижения вредности для указанных продуктов имеет следующий вид:

поглотительное масло (содержание фенола 0,7...1,0%) → обесфеноленное  
фенольное масло (содержание фенола до 0,5%) → масло нафталиновых отеков  
(следы фенола) → полимеры бензольного отделения (следы фенола).

Таким образом, масло нафталиновых отеков обладает наибольшей флотационной активностью и наименьшей токсичностью [1].

Усилиями инженерно-технических работников и ученых МП ООО "Опыт-

ное производство" (ОАО "Авдеевский коксохимический завод") из коксохимического сырья был получен комплексный флотореагент. В отличие от традиционной технологии флотации угля, в которой применяются два отдельных реагента – собиратель и вспениватель, был изобретен, запатентован (патент №1713А от 18.03.1997 г.) и получен в промышленных масштабах однокомпонентный флотореагент УР-410 – собиратель-вспениватель. Кроме того, данный флотореагент относительно дешевый и обеспечивает более высокую степень извлечения угля и снижение зольности концентрата [2].

В настоящее время углеобогащительная фабрика ОАО "Авдеевский коксохимический завод" работает с использованием флотореагента УР-410. Он поставляется на другие обогащительные фабрики Донбасса и Мариупольский графитовый завод [2].

Предложен способ переработки отходов из илонакопителей углеобогащительных фабрик [3]. Проведенными исследованиями [4] показано, что совместная флотация угля, шихты с отходами из илонакопителей ЦОФ и ОФ коксохимических заводов в количестве 2...10% позволяет получать с каждой тонны шламов от 370 до 486 кг концентрата с зольностью до 10%. Добавление в питание флотации 3...8% шламов из собственного илонакопителя позволяет Авдеевскому коксохимическому заводу ежегодно дополнительно получать 20-30 тыс. тонн флотоконцентрата, который используется при получении кокса.

Применение комплексного флотореагента УР-410 не ограничивается областью флотационного обогащения углей и угольных шламов. Как показали проведенные нами исследования, этот реагент может быть эффективно использован при флотации угольных продуктов при переработке отходов других производств, например, при комплексной переработке золошлаковых отходов ГРЭС и ТЭЦ, а также клинкера цинкового производства.

Переработка твердого топлива на тепловых электростанциях и других энергетических установках связана со значительным выходом золошлаковых отходов, складываемых в специально сооруженных отвалах. Отходы сжигания углей являются источником загрязнения окружающей среды.

Физико-механические свойства золошлаковых отходов (минеральный, химический состав, дисперсность, влажность, гидравлическая активность и др.) колеблются в широких пределах в зависимости от вида используемого топлива, технологии сжигания, способа удаления отходов (гидро или пневмоудаление). Характерной особенностью золы-уноса является наличие в ней несгоревших частиц топлива, количество которых колеблется от долей процента до 22%, в зависимости от вида топлива и технологии сжигания.

Массовая доля основных компонентов в золошлаковых отходах колеблется в следующих пределах:  $C_{\text{общ}} = 10-17\%$ ;  $Fe_{\text{общ}} = 6-10\%$ ;  $SiO_2 = 35-49\%$ ;  $Al_2O_3 = 16-18\%$ .

Одним из наиболее перспективных направлений утилизации зол ТЭЦ и ГРЭС является их обогащение различными методами, позволяющими получить углерод – и железосодержащие продукты, минеральную массу золы, микросферы. В институте Механобрчермет в результате изучения вещественного состава

## **Флотация**

и обогатимости золошлаковых отходов одной из ГРЭС была разработана и на опытном производстве испытана технология магнитно-флотационного обогащения [5].

Было установлено, что углистые частицы в золошлаке концентрируются, в основном, в крупности менее 0,16 мм. Они представлены зернами несгоревшего угля черного цвета продолговатой, остроугольной или угловатой формы с неровными поверхностью и краями. Одни частицы плотные, часто хрупкие с матовым или металлическим блеском; другие – блестящие, округлые, мягкие, легко разрушаются в порошок черного цвета. В кусочках остаточного угля наблюдается вкрапленность магнетита, сульфидов и других минералов.

Для получения угольного концентрата была разработана и испытана в полупромышленных условиях схема флотационного обогащения немагнитного продукта золошлаковых отходов. В качестве собирателей использовался керосин марки ТС-1, комплексный флотореагент УР-410, депрессора пустой породы – жидкое стекло, вспенивателя Т-92. Сравнительные исследования показали, что применение флотореагента УР-410 позволяет значительно снизить расход собирателя (в 2 раза) и пенообразователя (в 5 раз), а также исключить использование депрессора пустой породы при улучшенных технологических показателях по сравнению с использованием в качестве собирателя керосина. Расход УР-410 составил 1,5-2,0 кг/т.

Зольность полученных угольных концентратов в зависимости от содержания углерода в исходном продукте составила 10-15%, извлечение углерода в концентрат флотации порядка 95%, массовая доля углерода в хвостах – до 2%.

Другим углесодержащим техногенным сырьем, исследованным нами, явился клинкер цинкового производства.

Клинкер, образующийся при переработке цинковых кеков, шлаков и других продуктов представляет собой продукт, в котором концентрируется медь и благородные металлы. При высоком содержании меди и благородных металлов в клинкере его направляют на медеплавильные заводы для их извлечения. Коксик, содержащийся в клинкере, затрудняет плавку, поэтому для его выделения клинкер обогащают.

Обогащением клинкера занимаются на протяжении многих лет в России институты Уралмеханобр, НИИцветмет и другие.

Авторами работы [5] выполнены исследования на пробе клинкера цинкового производства с целью разработки технологической схемы получения медного и угольного концентратов.

Углерод в клинкере содержится в значительном количестве – 29,9% и находится в виде коксика и остаточного угля. Зерна коксика имеют разнообразную форму и размеры от сотых долей мм до 6 мм. Они часто содержат вкрапления металлического железа и магнетита.

Исследования по флотационному обогащению пробы выполнялись на лабораторной флотомашине 237-ФЛ. В качестве реагентов для угольной флотации использовались: собиратель УР-410, вспениватель Т-92. По результатам лабораторных исследований, расход собирателя составил до 2 кг/т, вспенивателя – 0,15 кг/т.

Разработанная магнитно-флотационная схема обогащения позволила получить угольный концентрат в количестве 31% по выходу с массовой долей углерода 87,3% при извлечении углерода 90,4%. Крупность угольного концентрата составляет 98% класса -0,16 мм.

Угольные флотоконцентраты, полученные при переработке техногенного сырья, могут быть использованы как энергетическое топливо, а также при получении кокса (в качестве присадки к угольной шихте).

### Список литературы

1. **Никитин Н.И., Никитин И.Н., Топоркова Н.И.** Флотационные реагенты, полученные из коксохимических продуктов, их использование // Кокс и химия. – 2007. – №6. – С. 14-22.

2. Информация сайта [www.internet.dn.ua](http://www.internet.dn.ua).

3. **Саранчук В.И., Аровин И.А., Галушко Л.Я.** Флотирование углей реагентами из продуктов коксохимии. – Донецк: Східний видавничий дім, Кальміус. 2006. –1 92 с.

4. **Саранчук В.І., Аровин І.А.** Резерви вугілля для коксування // Донецький Вісник наук. Товариства ім. Шевченка. – 2006. – Т. 15. – С. 19-36.

5. К вопросу комплексной переработки золошлаковых отходов ГРЭС и ТЭЦ / **С.А. Айзенштейн, В.П. Соколова, А.Г. Радчук и др.** // Сб. науч. тр. ин-та Механобрчермет: Новое в технологии и технике переработки минерального сырья, 2007. – С. 169-176.

6. Исследование и разработка комплексного обогащения клинкера цинкового производства / **А.В. Габура, В.П. Соколова, С.В. Дмоховская и др.** // Сб. науч. тр. ин-та Механобрчермет: Новое в технологии и технике переработки минерального сырья, 2008. – С. 142-151.

© Соколова В.П., Шмельцер Е.О., Габура А.В., 2010

*Надійшла до редколегії 28.04.2010 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*