

БРЮХАНОВ А. М., МНУХИН А. Г., ГОРОШКО И. П., БРЕУС Н.Г.  
МакНИИ, Макеевка, Украина

## О ПЕРЕРАБОТКЕ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

**Аннотация.** В статье обоснована целесообразность комплексной переработки породных отвалов угольных шахт. Предложены технологические схемы переработки отвалов для извлечения германия и редкоземельных элементов, алюминий - и железосодержащего сырья, реализация которых позволят улучшить экологическую обстановку и получить значительный экологический эффект.

## SOCIAL AND ENGINEERING FACTORS INFLUENCING LABOUR PRODUCTIVITY AND SAFETY IN COAL MINING INDUSTRY

**Abstract.** The article states the practicability of complete coal wastes processing. Waste rock processing technological cycles have been presented to extract germanium and rare-earth elements, aluminium- and iron-containing materials, which enable to significantly improve the environment and cost-effectiveness.

Вопрос практического использования промышленных отходов, добычи и обогащения углей, представляющих серьезную экологическую проблему, и в то же время содержащих ценное минеральное сырье, является сейчас весьма актуальным.

В настоящее время ведутся изыскания путей ликвидации шахтных терриконов или ограничения их вредного воздействия на окружающую среду, а также способов переработки накопленной в них горной массы.

Исходя из сложившейся экологической и экономической ситуации, сейчас представляется весьма перспективным вовлечение шахтных терриконов в хозяйственный оборот, как мощную и практически бросовую минерально-сырьевую базу, запасы которой более чем достаточны для создания высокорентабельных перерабатывающих производств на многие десятилетия.

Отвальная порода имеет различный минералогический состав и пригодна для использования в качестве сырья для производства строительных материалов, что уже позволило создать ряд перерабатывающих производств соответствующего профиля. Наряду с этим, исследования, проведенные специализированными организациями, показывают, что отходы угледобычи (шахтная порода, отходы углеобогащения) представляют особый интерес так же, как источники получения металлов, в первую очередь цветных и редких. Так, например, в породных отвалах луганских шахт отмечено повышенное содержание бериллия, олова, иттрия, иттербия, цинка, меди, стронция, ниобия, скандия и других металлов, а в отходах углеобогащения имеются значительные концентрации ванадия, марганца и хрома [1].

Анализ химического состава ряда породных отвалов Донецкого региона (таблица 1) также позволяет оценить количественный состав элементов, представляющих интерес для извлечения и дальнейшей переработки.

Таблица 1

## Результаты анализа проб породы и угля

	Наименование показаний	Порода				Уголь
		Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5
1	Массовая доля золы, %	72,0	65,0	54,1	72,5	21,7
2	Выход летучих веществ, %	21,5	18,4	17,1	21,2	69,9
3	Массовая доля серы, %	1,09	0,67	1,75	2,07	2,3
4	Содержание германия (Ge), г/т	40,0	20,0	30,0	55,0	5,0
5	Массовая доля оксидов в золе					
	SiO <sub>2</sub>	47,00	47,00	47,00	47,00	42,20
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,65	20,65	20,65	20,65	19,96
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,90	14,90	14,90	14,90	18,30
	CaO	3,40	3,40	3,40	3,40	4,15
	MnO	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13
	MgO	1,45	1,45	1,45	1,45	2,06
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,28	0,28	0,28	0,28	0,86
	FeO	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32

Из табл. 1 следует, что породная масса данных отвалов содержит повышенное количество угля (от 28 до 46%), а также сырье для получения алюминия – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до

15%) и германия (до 55 г/т). Основную массу составляют оксиды кремния и железа ( $\text{SiO}_2$  - 47% и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 20%), причем содержание щелочных компонентов – CaO и MgO не превышает 5%. Следует также отметить, что судя по результатам спектрального анализа углей, которым сопутствует рассматриваемая порода, выполненного ПО «Укргеология», помимо германия (Ge), в данном массиве будут в достаточном для извлечения количестве галлий (Ga), как сопутствующий германию элемент, иттрий (I), цирконий (Zr) и скандий (Sc). При этом, на основе анализа зол можно предварительно определить, что галлий ожидается в количестве примерно 100 г/т, (извлечение целесообразно с 10 г/т), скандий ожидается в количествах примерно 10-20 г/т (извлечение целесообразно начиная с 10 г/т). Конкретное процентное содержание в породе указанных элементов будет уточнено на основе организуемого в настоящее время анализа исходного вещества на раздельное содержание в нём редкоземельных элементов (на основе предварительного анализа общее количество в породе редкоземельных элементов составляет примерно 230-260 г/т).

Исходя из изложенного, можно наметить следующие направления формирования технологической схемы переработки данных породных отвалов:

1. Извлечение железосодержащего сырья.
2. Извлечение германия.
3. Извлечение редкоземельных элементов.
4. Извлечение алюминийсодержащего сырья для отправок на передел или организация собственного производства.
5. Извлечение силикатных материалов для производства строительных материалов.

Поскольку распределение редкоземельных материалов в исходной массе требует еще уточнения путем выполнения специальных анализов, при формировании предлагаемой технологической схемы учитывалось безусловное наличие германия и оксида алюминия в количестве, представляющем интерес для промышленного извлечения.

В настоящее время основными сырьевыми источниками германия являются месторождения германиевых минералов и руд (месторождение Тсумб и Кипуши), а также руды цветных металлов. Кроме того, германий получают из продуктов очистки германия и отходов производства полупроводников. Промышленное извлечение германия из минерального или рудного сырья, как правило, целесообразно при его минимальном содержании 20 г/т, поэтому использование для указанной цели сырья с

содержанием германия 55 г/т является наиболее перспективной частью предлагаемой технологической схемы.

Процесс извлечения германия из вмещающего минерального сырья целесообразно проводить способом выщелачивания с последующим осаждением и получением концентрата диоксида германия традиционными методами.

Причем интенсификацию процесса выщелачивания следует производить с использованием разрядно-импульсной технологии, обеспечивающей высокую производительность и степень перехода германийсодержащих элементов в воду. Соответствующее оборудование в настоящее время разработано и находится в стадии изготовления и патентования.

Далее, в зависимости от количества, содержащихся в остатке таких элементов, как скандий, цирконий и иттрий строится дальнейшая технологическая цепочка их извлечения. Наиболее полно эти, и другие редкие элементы, независимо от объема их содержания, могут быть извлечены с помощью метода электростатической сепарации, однако стоимость соответствующего технического обеспечения может быть предварительно оценена примерно в 500 тыс. долларов. Поэтому на основе технико-экономического сопоставления, следует оценить целесообразность использования для извлечения указанных элементов этого или традиционных и, следовательно, более апробированных методов (например, выщелачиванием, для скандия или хлорированием с помощью соляной кислоты для циркония) или же на первом этапе создания производства считать полезным исключить эти элементы из рассмотрения в качестве объекта для добычи, рассматривая оставшуюся массу, только как сырье для получения силуминов и строительных материалов.

В связи с тем, что в Украине практически отсутствуют запасы глинозема, последний импортируется из-за рубежа по цене до 200\$ за тонну. Поэтому представляют особый интерес технологии использования нетрадиционного, относительно бедного сырья для производства алюминиевых сплавов. К таким технологиям можно отнести технологию производства заэвтектических силуминов "ЗЕВС", разработанную и апробированную в России, использующую сырье с содержанием  $Al_2O_3$  до 20%. Стоимость такой продукции достигает 3000÷3500 долларов за тонну. Сырьем в этом случае вполне может являться горная масса из отвалов, поскольку только вследствие первичной электромагнитной сепарации возможно увеличение концентрации  $Al_2O_3$  до 19 и более процентов, а с учетом последующего выгорания угля – 25 и более процентов. Технология производства силуминов с

использованием бедного в части  $Al_2O_3$  сырья реализуется на базе мини-заводов с годовой мощностью 20 тыс. тонн готовых изделий в год и занимающих площадь до 2000 м<sup>2</sup>. Готовая продукция высоколиквидна и может найти широкое применение в нефтехимической, газовой и других отраслях промышленности.

Кроме того, сырье с концентрацией свыше 15% может использоваться в качестве бокситов при производстве алюминия электрогидравлическим способом.

Предлагаемая схема переработки предусматривает использование кремний- и кальцийсодержащих отходов для изготовления строительных материалов. Практика показывает [2], что при относительно небольших, до 100-130 тыс. долларов США, капитальных вложениях возможно создание высокорентабельного производства по выпуску конкурентоспособных строительных материалов и изделий.

Таким образом, на основе проведения детального технико-экономического обоснования отдельных процессов переработки отвалов и проведя дополнительные эксперименты и анализы возможно принять ту или иную технологическую цепочку переработки породных отвалов. Упрощенная технологическая схема переработки породных отвалов представлена на рис. 1.

Кроме того, по нашему мнению, заслуживает внимания технологическая схема с применением многостадийной электромагнитной сепарации на базе мощных высокоградиентных криомагнитных сепараторов (рис. 2).

Однако следует отметить, что для полной оценки ее эффективности в зависимости от состава исходного сырья, необходимо проведение ряда экспериментальных проверок.

Производство по переработке породных отвалов целесообразно разворачивать на базе закрывающихся шахт или обогатительных фабрик, отвалы которых имеют необходимые сырьевые компоненты. Наличие около них железнодорожных и автомобильных путей, энергетического комплекса, зданий и сооружений промышленного и бытового назначения позволяет сократить капитальные затраты и сроки ввода в действие перерабатывающего комплекса.

Реализация предлагаемой технологии, помимо очевидного экономического эффекта (стоимость только германия и редкоземельных материалов, содержащихся в одном отвале составляет порядка 100 млн. долларов) позволит решить важную экологическую проблему ликвидации породных отвалов и рекультивации освободившихся земель. Кроме того, создание высокорентабельного перерабатывающего предприятия, выпускающего высоколиквидную продукцию,

например, силумин, позволит также получить дополнительные средства на проведение природоохранных мероприятий в Донецком регионе.

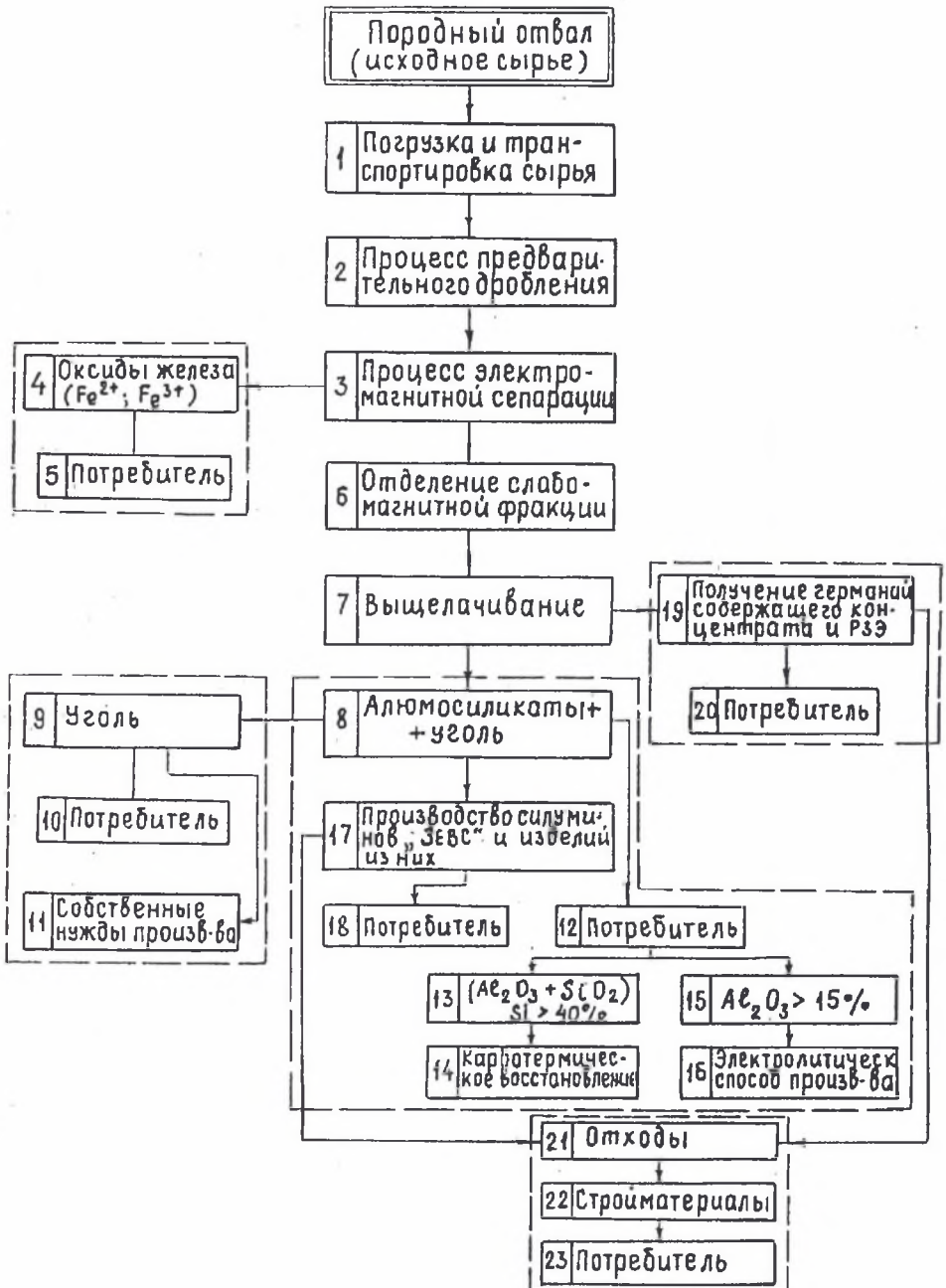


Рис. 1. Упрощенная технологическая схема переработки породных отвалов

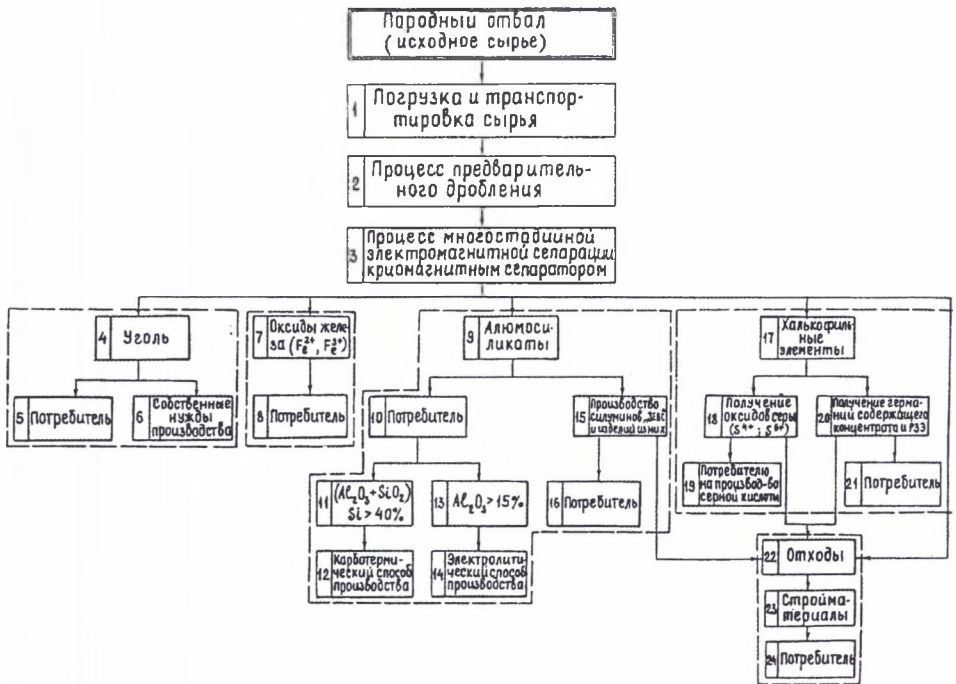


Рис.2. Упрощенная технологическая схема переработки породного отвала с применением многостадийной первичной электромагнитной сепарации сырья

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бент О.И., Беседа Н.И. Углеродные отходы и шахтные воды как комплексное минеральное сырье // Уголь Украины. - 1994. - № 1. - С. 8-9.
2. Бобров А.Г. Террикон – это техногенное полезное ископаемое // Уголь Украины. - 2000. - № 1. - С.10.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Krystian Probiez