

В.И. МУЛЯВКО, Т.А. ОЛЕЙНИК, д-ра техн. наук,
Н.В. КУШНИРУК, канд. техн. наук
(Украина, Кривой Рог, Криворожский национальный университет)

ВОВЛЕЧЕНИЕ В ПЕРЕРАБОТКУ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИВБАССА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЙ И УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАЙОНА

Горнодобывающая промышленность Кривбасса, которая характеризуется высокими темпами развития добычи руды открытым и подземным способами, определяет весьма существенное и уникальное техногенное воздействие на природную среду не только в пределах самого месторождения, но и в регионе в целом. В следствие этого происходит изменение природного ландшафта, который представлен карьерами, зонами отчуждения с провалами и террасами от ведения подземных работ, дамбами, отвалами и терриконами; хвостохранилищами и шламоотстойниками. С ними связан комплекс деформационных изменений горных пород и земной поверхности.

Наличие такого объема техногенных образований, являющихся причиной формирования катастрофической ситуации региона, обусловлено следующими факторами:

1. При разработке месторождений полезных ископаемых на земную поверхность извлекают породы с глубин, превышающих мощность гидравлически активной зоны. Вследствие чего в руде и вскрышных породах присутствуют как нерастворимые, так и легкорастворимые минералы, в том числе содержащие высокие концентрации таких токсичных металлов, как медь, цинк, свинец, марганец, кадмий, а иногда и особо токсичных – бериллий, таллий, ртуть, мышьяк. Эти породы складировать в отвалы, но при этом их удельная поверхность увеличена по сравнению с природной в 3-10 раз, коэффициент фильтрации (по сравнению с массивом) – в 10^2 - 10^3 раза.

2. В процессе обогащения кондиционных руд образуются отходы производства, складываемые в хвостохранилища. При этом по сравнению с исходным сырьем содержание ценных компонентов в них существенно снижено, но одновременно в 10^4 - 10^5 раз увеличена удельная поверхность, в 10-100 раз – коэффициент фильтрации, что создает благоприятные условия для их интенсивного выщелачивания.

3. Так как техногенные отходы складываются на земной поверхности (выше уровня грунтовых вод), то градиенты фильтрации в них существенно выше (от 1,0 – в отвалах до 2-30 – в хвостохранилищах), чем в естественных условиях ($\leq 0,1$). Кроме того, атмосферные осадки и особенно жидкая фаза пульпы в хвостохранилищах содержат значительно большее количество кислорода и углекислого газа, чем грунтовые воды. Суммарное воздействие этих факторов увеличивает концентрацию солей тяжелых металлов в прошедшем через них

фильтрате в сотни и тысячи раз.

4. Непрерывный сброс пульпы в хвосто- и шламохранилища и отсутствие противofiltrационных экранов в ложе и ограждающих дамбах вызывают потери воды в пределах 40-70% и более от общего объема жидкой фазы. В результате этого окружающие территории подвергаются интенсивному подтоплению, а подземные воды – загрязнению до высоких концентраций солей тяжелых металлов.

5. Не менее значительный ущерб окружающей среде причиняет снос пыли с отвалов и сухих пляжей хвостохранилищ. Этот фактор также следует относить к постоянно действующим, поскольку атмосферная пыль, оседая на окружающие территории, загрязняет земную поверхность, а при последующем растворении токсичные соединения мигрируют в почвы, подпочвы и, в конечном счете, в подземные воды.

6. Крайняя опасность наземного размещения техногенных образований заключается в том, что их отрицательное воздействие на окружающую среду осуществляется в течение очень длительного периода. Так, по данным геохимического контроля на руднике Эллиот-Лейк (Канада), выщелачивание токсичных компонентов из хвостов и загрязнение ими подземных вод без какого-либо снижения интенсивности данных процессов прослеживается в течение 100-150 лет. Окисление пирита в шламах, сопровождающееся образованием серной кислоты, усиливающей выщелачивание тяжелых металлов, будет продолжаться в течение 200 лет и более.

Для Кривбасса ежегодный экономический ущерб от загрязнения окружающей среды по неполным данным оценивается в 300 млн долларов, а возможные вторичные последствия трудно предсказуемы.

В настоящее время доля использования отходов обогащения сравнительно невелика и составляет, например, на железорудных горно-обогатительных комбинатах (ГОК) 10-48% (для сооружения дамб хвостохранилищ, дообогащения, и т.п.).

Складирование промышленных отходов ведет к продолжению отчуждения сельскохозяйственных угодий. В Криворожском бассейне к 2006 году горными работами, отвалами, хвосто- и шламохранилищами занято более 34 тыс.га. Ежегодное отчуждение земель для указанных потребностей составляет 400-500 га.

К отходам производства, имеющим ресурсную ценность, по технологическим и экономическим расчетам следует отнести накопленные объемы хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов Кривбасса около 1,6 млрд м³ на площади 5,6 тыс. га, в которых наличие общего железа составляет от 15% до 30% и более.

Вовлечение "хвостов" ГОКов в производственный цикл в виде вторичных ресурсов является одним из источников удовлетворения потребностей экономики в железорудном сырье.

Несмотря на позитивные сдвиги в переработке вторичного сырья за последнее десятилетие (ЮГОК, ЦГОК) проблема отходов не утратила своей остроты. Больше того, в горнодобывающей промышленности нагромождение отходов

Економіка

продолжают прогрессировать: увеличиваются затраты на их удаление, возведение ограждающих дамб, продолжают отчуждения сельскохозяйственных угодий и значительно ухудшается экологическое качество окружающей среды.

Значительные экологические нагрузки и потери связаны с шахтными и рудничными водами, являющимися специфическим отходом горного производства Кривбасса, а также с накоплением жидких "хвостов" – продукта технологии обогащения железорудного сырья. Из горных выработок шахт и карьеров откачивается и сбрасывается в отстойники, поверхностные водоемы и водотоки десятки млн м³ подземных вод с высокой минерализацией (10-20 г/л и более). Эти и инфильтрационные воды хвостохранилищ попадают в р. Ингулец, что обуславливает гибель биоты, заиливание русла реки, ухудшение питьевого водоснабжения и деградацию поливных земель прилегающих районов.

Для решения экологических проблем Кривбасса необходимо разработать научные принципы экологической безопасности и экологические критерии качества окружающей среды.

К одним из приоритетных направлений для экологической стабилизации Криворожского региона является разработка новой технологии переработки "хвостов" обогащения, что существенно уменьшит водную нагрузку на технологический процесс по сравнению с существующим методом утилизации железосодержащих шламов. Кроме того, извлеченные "хвосты" из шламоохранилища обеспечат дополнительные свободные емкости для складирования отходов производства.

При утилизации железосодержащих шламов требуется их предварительная подготовка и обезвоживание. Наиболее простой путь их использования: обезвоживание на специальных площадках и просушка во вращающихся печах с подачей в промежуточные бункера-накопители материала в пылевидном состоянии. В тех случаях, когда исходные шламы не отвечают пылевидному продукту (т.е. содержат достаточное количество частиц крупнее 74 мкм к тому же с ростком), то их необходимо классифицировать [1], а крупную часть шламов доизмельчить. Технология и оборудование для корпусов обезвоживания шламов были разработаны НИПИ "Энергосталь".

Для извлечения железа из сухих шламов нами предлагается магнитная сепарация на аппарате циклонного типа. Схема технологической цепи аппаратов представлена на рис. 1.

Готовый к сепарации продукт питателем (шнек, конвейер и т. д.) подается в бункер-дозатор 1, из которого воздушным потоком, создаваемым вентилятором 11, по замкнутому воздуховоду и классификатор 2 направляется в магнитный циклонный аппарат 3 [2]. Остальной аэродисперсный поток поступает в магнитные циклоны 9 [3] для окончательного извлечения из него ферромагнитных частиц. Железосодержащая фракция, уловленная аппаратами 3 и 9, собирается в бункерах 6 и 7, не магнитная – в бункере 8. Вращательное движение магнитных систем 4 осуществляется электродвигателями 5.

Мелкая фракция продукта, которая не уловлена циклонными аппаратами, поступает в аппарат 10 – это или инерционно-электростатический пылеуловитель [4], или газоочиститель типа скоростного циклона [5]. Окончательная очи-

стка воздушного потока происходит в аппарате 12, которым может служить электрофильтр [6] или вертикальная пылеосадительная камера [7].

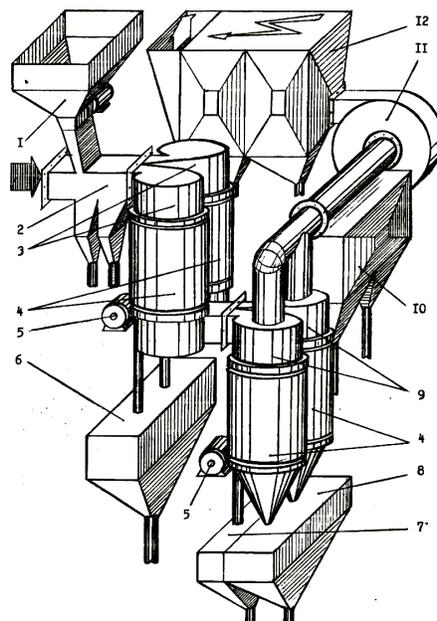


Рис. 1. Установка для извлечения магнитной фракции из пылеобразного материала

Продуктом для исследования явились шламы из хвостохранилища ЦГОКа, взятые из трех, достаточно удаленных друг от друга, зон хранилища. После просушки и просева через сита 0-40 мкм, материал без доизмельчения был подвергнут воздушной сепарации на магнитном циклоне. Результаты трех серий экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследований магнитной сепарации хвостов ЦГОКа

№ п/п	Массовая доля железа общего в пробе, %	Величина магнитной индукции в аппарате, Тл	Продукты сепарации	Массовая доля железа общего в продуктах, %	Выход продуктов, %	Извлечение железа общего, %
1	29,94	0,1	Промпродукт Хвосты	53,3 19,3	31,3 68,7	55,72 44,28
		0,4	Промпродукт Хвосты	45,6 16,6	46,01 53,99	70,07 29,93
2	31,25	0,1	Промпродукт Хвосты	53,7 19,9	33,58 66,42	57,70 42,29
		0,4	Промпродукт Хвосты	51,1 17,6	40,75 59,25	66,63 33,37
3	31,31	0,1	Промпродукт Хвосты	54,99 20,22	31,9 68,1	56,03 43,97
		0,4	Промпродукт Хвосты	53,2 18,4	37,1 62,9	63,04 36,96

Економіка

Анализ результатов исследований показал возможность получения 31,3...46,01% магнитного промпродукта с качеством по железу общему 51,1...54,7% и извлечением 55,72...70,07%. Лучшие результаты достигнуты при индукции магнитного поля 0,4 Тл. Это доказывает возможность использования шламохранилища как техногенного месторождения.

Таким образом, эксперименты подтвердили надежность, эффективность и необходимость применения сухой сепарации шламов в магнитном циклоне. Для повышения эффективности и более полного извлечения железа из шламов необходимо увеличить магнитную индукцию поля в рабочей зоне сепаратора до 1-1,2 Тл, а также производить доизмельчение шламов для раскрытия зерна. Все это позволит увеличить количество промпродукта при минимальных затратах.

Такое усовершенствование технологии сухой магнитной сепарации (на магнитном циклоне) дает возможность существенно уменьшить потребление воды на ГОКе и минимизировать влияние инфильтрационных вод шламохранилищ на воды р. Ингулец и Саксагань.

Кроме того, при обработке шламохранилища освободятся новые площади (объемы) для складирования пустых пород.

Список литературы

1. Мулякко В.И., Жуков С.А., Гирин В.С. Устройство для сухой классификации сыпучих материалов по размерам, форме и плотности // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2002. – Вип. 14(55). – С. 19-22.
2. Деклараційний патент України №48631. Відцентровий магнітний сепаратор / В.Ф. Бизов, В.І. Мулякко, А.М. Кириченко, Л.П. Думанська Бюл. №8, 2002.
3. А.С. СССР №1130404. Циклон / А.П. Янов, Г.А. Жовтуха, В.И. Мулякко и др. Бюл. №47, 1984.
4. А.С. СССР №1562026. Инерционный электростатический пылеуловитель / Ф.М. Кириченко, Г.А. Жовтуха, В.И. Мулякко и др. Бюл. №17, 1990.
5. Деклараційний патент України №47025. Газоочисник типу циклон / Ю.Г. Вілкул, В.І. Мулякко, А.М. Кириченко та інші. Бюл. №6, 2002.
6. Патент РФ №1835305. Электрофильтр / В.Ф. Бызов, В.С. Харламов, А.М. Кириченко, В.И. Мулякко и др. Бюл. №13, 1992.
7. Деклараційний патент України № 16963 А. / В.І. Мулякко, А.М. Кириченко. Опубл. № 7 1999.

© Мулякко В.И., Олейник Т.А., Кушнирук Н.В., 2012

*Надійшла до редколегії 15.03.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*