

УДК 622.74

А.И. МИРОНЕНКО, С.А. САМОХИНА, С.С. СТАРЫХ, Г.М. ШАПОВАЛОВА,
ГП «ГПИ «Кривбасспроект»**АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОБЛЕМЫ СКЛАДИРОВАНИЯ
ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Рассмотрены проблемы транспортирования и складирования хвостов обогащения на горнорудных предприятиях. Обобщен опыт зарубежных и отечественных предприятий по подготовке и складированию отходов переработки полезных ископаемых. Обоснована необходимость выполнения технико-экономической оценки мероприятий по подготовке и складированию хвостов при выполнении проектирования нового строительства и реконструкций. Представлены рекомендации по уменьшению объемов образования хвостов и сокращению затрат на их транспортировку, уменьшению отчуждения новых участков сельскохозяйственных угодий для складирования хвостов.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Украина располагает огромными запасами железной руды, занимая ведущее место в мире. Основные запасы сосредоточены в Криворожском железорудном бассейне, разработка которых ведется 130 лет. Уникальность месторождений и масштабы добычи полезной руды предопределили в свое время бурное развитие других отраслей народного хозяйства. И сегодня железорудная отрасль оказывает существенное влияние на экономику страны. Годовой объем производства товарной руды превышает 82 млн. т. Даже в условиях кризиса горнорудные предприятия работают стабильно. Позитивные тенденции проявляются и на современном этапе развития горнорудных предприятий. Вместе с тем последний период сопровождается обострением проблем, которые негативно влияют на эффективность их работы и в перспективе их проявление еще более усилится. Эти проблемы, в основном, вызываются спецификой горнорудного производства и длительными сроками эксплуатации.

Спецификой горнорудного производства является постоянное увеличение глубины разработки месторождений полезных ископаемых, что вызывает неизбежный рост объемов отходов в виде вскрышных пород, и увеличение глубины обогащения бедных руд, что также неизбежно связано с ростом образования отходов обогащения в виде «хвостов» и, соответственно, затрат на их складирование. В целом при добыче и обогащении бедных железных руд образуются отходы в объеме 5-6 т на 1 т концентрата, в том числе при обогащении - 2,5-3 т.

Длительные сроки эксплуатации горно-обогачительных предприятий при высоком выходе отходов создали проблему их складирования. К настоящему времени в хвостохранилищах горно-обогачительных комбинатов Криворожского бассейна накопилось более 3 млрд. т хвостов, в отвалах – 9 млрд т вскрышных пород [1]. Проблема заключается в отсутствии свободных площадей земли для образования отвалов и хвостохранилищ и увеличении затрат, что в перспективе может привести к спаду производства.

Анализ исследований. Технические решения проблемы складирования отходов добычи и обогащения имеют свои особенности и требуют специальных исследований.

Целью настоящей статьи является обобщение отечественного и зарубежного опыта в решении проблемы складирования отходов обогащения и разработка рекомендаций по актуализации этого вопроса.

Постановка задачи. Задача актуализации проблемы складирования отходов обогащения полезных руд состоит в поисках направлений по уменьшению объемов их образования и сокращению затрат на транспортировку с одной стороны и уменьшению отчуждения новых участков сельскохозяйственных угодий для складирования с другой стороны.

Изложение материала и результаты. Эта задача может решаться следующими способами:

применение сухой магнитной сепарации дробленной руды, позволяющей при обогащении руды определенной текстуры выделять 10-20% пустой породы. Выделенные отходы являются строительным материалом, то есть дополнительным продуктом реализации;

сгущение хвостовой пульпы до содержания в ней 30-50% твердого, что существенно сокращает затраты на транспортировку к месту складирования;

в условиях ограниченных возможностей отвода новых земель под хвостохранилище ис-

пользование искусственных емкостей, образованных в результате отработки запасов руды подземным и открытым способом (зоны обрушения, зоны воронок, отработанные карьеры, пустоты в полях шахт).

Указанные способы в принципе известны проектировщикам и специалистам горнорудных предприятий. Однако в практике проектирования и строительства горнорудных предприятий в Украине они не нашли широкого применения. Это объясняется тем, что в период проектирования действующих в настоящее время горнорудных предприятий выбор площадок строительства обогатительных фабрик производился с учетом наличия вблизи естественных углублений дневной поверхности с угодьями, непригодными для сельскохозяйственного производства. К настоящему времени сложилась иная ситуация.

Практически на всех горно-обогатительных комбинатах емкости действующих хвостохранилищ достаточны для эксплуатации в течение 3-5 лет. Увеличение емкости за счет наращивания высоты дамб уже практически невозможно, так как они достигли предельных уровней. Создание новых емкостей хвостохранилищ сопряжено со вовлечением значительных капитальных вложений и увеличением расстояний транспортирования [2].

Уменьшение объемов хвостов обогащения, складываемых в хвостохранилище, за счет применения сухой магнитной сепарации достаточно эффективный способ. Однако сфера применения этого метода ограничена. Эффективность сухой магнитной сепарации зависит от текстуры перерабатываемых руд. При проектировании должна быть произведена оценка экономической целесообразности применения сухой магнитной сепарации дробленой руды с учетом потерь металла с хвостами обогащения. Как правило, применение сухой магнитной сепарации целесообразно при выходе сухих хвостов более 7% и содержании железа в них не более 4% [3,4,5].

Достаточная практика применения сухой магнитной сепарации имеется на Ингулецком и Центральном горно-обогатительных комбинатах. Выход хвостов сухой магнитной сепарации составляет 10-12% при содержании железа в них до 4%.

Выделение сухих хвостов позволяет уменьшить расход электроэнергии на обогащение на 8-10%, сократить затраты на транспортировку хвостов в хвостохранилище и сэкономить их емкость для складирования дополнительных объемов хвостов.

Применение сухой магнитной сепарации должно базироваться на основе технологических испытаний и экономической оценки целесообразности.

Важным направлением, обеспечивающим существенное снижение затрат на транспортировку и складирование хвостов мокрой магнитной сепарации, является повышение плотности пульпы за счет увеличения содержания твердой части.

На большинстве обогатительных фабрик содержание твердого в хвостовой пульпе составляет всего 3-5%.

Расходы электроэнергии на перекачки хвостовой пульпы в хвостохранилище и осветленной воды обратно при внешнем водообороте превышают затраты энергоресурсов на такие технологические операции, как магнитная сепарация и классификация, и составляют примерно 12% расхода электроэнергии на производство концентрата [1].

При этом используются десятки километров труб, строятся комплексы гидротехнических сооружений, эксплуатация которых со временем становится дороже и сложнее.

Зарубежная практика эксплуатации самых крупных горно-обогатительных предприятий показывает преимущества использования предварительного сгущения хвостов перед подачей в хвостохранилище и применение схемы внутризаводского водооборота.

Имеется опыт работы горнорудных предприятий с рациональными схемами водооборота. В числе горнодобывающих предприятий ближнего зарубежья, располагающих комплексами сгущения хвостов, можно назвать следующие:

Коктаукский горно-обогатительный комплекс «50 лет Октября», Актюбинская обл., Казахстан. Сгущение хвостов до 55% в сгустителе Супафло;

ЗАО «Полюс». Горнодобывающее предприятие на базе месторождения «Благодатное», Россия. Сгущение до 60% твердого;

ЗАО «Полюс». Олимпиадинский ГОК. Сгущение до 64% твердого;

Нурказганский ГОК, Казахстан. Сгущение до 60% твердого.

Хвостохранилище ОАО «ЕВРАЗ КГОК» (Качканарский ГОК по переработке титаномагнетитовых руд Урала) эксплуатируется с 1963 г.

Поскольку его проектная вместимость по прогнозам специалистов будет исчерпана через 6-7 лет, руководством принято решение о разработке проектной документации по реконструкции системы гидротранспорта и складирования хвостов обогащения с учетом использования технологии глубокого сгущения хвостовой пульпы.

Переход на новую технологию планируется осуществлять в два этапа, с получением продукта второй ступени сгущения с содержанием твердого 65-70 % [6].

В настоящее время с участием специалистов института «Укрводоканалпроект», компании «СЕТСО», фирмы «DOBERSEK» и других выполнены работы на стадии предпроектных решений и технико-экономических обоснований для горно-обогатительных комбинатов Криворожского железорудного бассейна по сгущению хвостов до 35-50 % твердого.

Так, на обогатительных фабриках ПАО «Ингулецкий ГОК», перерабатывающих ежегодно 35 млн т сырой руды, хвосты в данное время перекачиваются в хвостохранилище с содержанием твердого около 4% в объеме более 62 тыс. м³/ч.

В системе гидротранспорта хвостов задействовано оборудование трех пульпонасосных станций и километры трубопроводов. Затраты на перекачку хвостовой пульпы составляют около 20% от себестоимости концентрата.

По мнению специалистов комбината и компании «СЕТСО», проводивших испытания по сгущению хвостов, с введением операции сгущения хвостовой пульпы фабрик ПАО «Ингулецкий ГОК» возможно получить сгущенный продукт с содержанием твердого 50-55%.

При использовании существующей системы складирования хвостов необходимо выполнить строительство объектов комплекса для сгущения хвостов (радиальные сгустители с установкой насосного оборудования, зумпфы с насосами для сбора и подачи питания в сгустители, участок приготовления и хранения реагентов), реконструкцию существующих пульпонасосных.

При дополнительных капитальных вложениях на строительство новых объектов с уменьшением объемов перекачиваемой пульпы (примерно в 18 раз) значительно снизятся затраты на гидротранспорт и эксплуатацию существующего хвостохранилища.

Для ПАО «Южный ГОК» разрабатывается рабочая документация на строительство комплекса по сгущению хвостов до 40% твердого.

Интересен опыт ОАО «КМАруда» по сгущению хвостов обогащения и использованию для складирования пустот, образовавшихся при подземной добыче магнетитовых кварцитов.

ОАО «КМАруда» (г. Губкин Белгородской обл.) является одним из ведущих предприятий железорудной отрасли России, которое ведет разработку запасов железистых кварцитов подземным способом.

В результате добычи в недрах земли образуются пустоты (камеры), общий объем которых составляет более 50 млн. м³. Обогатительные фабрики ОАО «КМАруда» были введены в эксплуатацию в середине 20-го века.

В 2009 году введено в эксплуатацию отделение сгущения объединенных хвостов обогатительных фабрик ОАО «КМАруда».

До 2009 года обогатительные фабрики ОАО «КМАруда» использовали для складирования своих отходов хвостохранилище Лебединского ГОКа.

При этом затраты на складирование, транспортирование хвостов и оборотной воды составляли существенную долю в себестоимости концентрата, что послужило основанием принятия решения о создании собственной системы водообрата со складированием хвостов в подземные выработки.

На основании проведенных исследований компании «СЕТСО» по сгущению объединенных хвостов обогатительных фабрик ОАО «КМАруда» было принято решение о проектировании и строительстве отделения сгущения со складированием в подземные выработки. Комплекс объектов хвостового хозяйства был спроектирован и построен ООО «Caroline Ingeneering» с использованием существующей инфраструктуры и опыта работы комбината.

Проектными работами предусматривалось строительство: новой приемной камеры объединенных хвостов, насосной подачи хвостов в сгуститель, установки приготовления и дозирования флокулянта, сгустителя с периферическим приводом диаметром 50 м с системой разгрузки и доставки песков к закладочным скважинам, чана оборотной воды и насосной для ее подачи на обогатительную фабрику.

Построенный комплекс должен обеспечивать прием хвостовой пульпы с содержанием твердого 6% в объеме сухих хвостов равном 2,43 млн. тонн, получение песков сгустителя с содержанием твердого 68-70% и оборотной воды, удовлетворяющей требованиям комбината (чистота слива 50-100 мг/л).

Складирование в отработанные камеры шахты сгущенных до 70% твердого хвостов в составе закладочной смеси позволяет не только сохранить поверхность земли от застройки сооружениями хвостохранилищ, но и оставить в целиках минимальное количество руды, то есть, рационально использовать запасы полезных ископаемых.

В последнее время для решения проблемы складирования хвостов обогащения и снижения затрат одним из направлений зарубежные горнодобывающие предприятия выбирают использование метода сгущения хвостов до пастообразного состояния или сухое складирование хвостов. Процесс доведения суспензии до состояния пасты осуществляется в сгустителях специальной конструкции с использованием флокулянтов, оптимизирующих процесс отделения жидкой фазы. Пастообразные хвосты могут складироваться не только на поверхности, но и являться оптимальным материалом для закладки горных выработок.

В Украине установка по сгущению отходов производства до пастообразного состояния введена в эксплуатацию на Николаевском глиноземном заводе.

Использование систем обработки месторождений с закладкой выработанного пространства крайне актуально для горнодобывающих предприятий Кривбасса.

Приведенные в таблице данные показывают масштабы негативного результата деятельности горнодобывающих предприятий Кривого Рога на экологию города и прилегающих районов.

Таблица

Площади горных отводов, зон воронок и объем пустот

Название предприятия	№ п/п	Название объекта предприятия	Площадь проекции горного отвода на земную поверхность, га	Площадь зоны воронок, га	Объем пустот, тыс. м ³
ПАО «СевГОК»	1	Первомайский карьер	772,0	-	-
	2	Анновский карьер	1398,8	-	-
	3	ш. «Первомайская»	463,8	42,0	393,0
Всего	3		2634,6	42,0	393,0
ПАО «КЖРК»	1	шахта им. Ленина	426,3	82,0	Нет данных
	2	ш. «Гвардейская»	633,7	95,0	Нет данных
	3	ш. «Октябрьская»	990,0	125,0	15186*
	4	ш. «Родина»	947,4	153,0	11500
Всего	4		2997,4	455,0	26686
ПАО «ЦГОК»	1	ш. им. Орджоникидзе	223,4	21,0	240,0
	2	карьер № 1	620,8	-	-
	3	карьер № 2	146,7	-	-
	4	карьер № 3	301,1	-	-
	5	карьер № 4	228,0	-	-
	6	ш. «Гигант»	646	-	7077,8
	7	ш. им. Артема 2	-	-	-
	8	ш. «Саксагань»	-	-	890,4
Всего	8		2166,0	16,5	8208,2
4 ПАО «ЕВРАЗ «Сухая Балка»	1	ш. «Юбилейная»	900,4	157,5	Нет данных
	2	ш. им. Фрунзе	589,9	108,0	6096,0*
Всего	2		1490,3	208,5	6096,0
ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог»	1	ш. им. Артема 1	587,3	72,0	5600,0
	2	карьер № 1	-	-	-
	3	карьер № 2 ^{бис}	466,3	-	-
	4	карьер № 3	545,8	-	-
	5	карьер «Южный»	Повторная добыча углубленных богатых руд при отработке залежей бывшего РУ им. Кирова в границах горного отвода ш. им. Артема 1		
Всего	5		1599,4	127,0	5600,0
ПАО «ММК им. Ильича»	1	карьер «Северный»	123,5	Повторная добыча углубленных богатых руд при отработке залежей бывшего РУ им. Дзержинского, рудное поле ш.	

Название предприятия	№ п/п	Название объекта предприятия	Площадь проекции горного отвода на земную поверхность, га	Площадь зоны воронок, га	Объем пустот, тыс. м ³
				«Гигант»	
Всего	1		123,5	-	-
ПАО «ЮГОК»	1	карьер	1033,7	-	-
Всего	1		1033,7	-	-
Недействующие шахты, правопреемник которых не определен	1	шахта «Красный Партизан»	-	10,5	Нет данных
	2	шахта «4 ^{бис} »	-	13,9	Нет данных
	3	шахта «Коммунар»	-	12,5	Нет данных
	4	шахта ГПУ	-	22,3	Нет данных
	5	шахта «Южная»	-	12,8	Нет данных
	6	шахта им. Валявко	-	387,8	Нет данных
Всего	6		-	459,8	Нет данных
8	Всего	30	по городу	12044,9	1336,1
					46983,2

* - по учету службы сдвига ПАО «ЦГОК»;

Кроме большого количества подземных пустот, которые могут служить емкостями для складирования отходов обогатительных фабрик и ДСФ шахт, емкости воронок, образовавшихся в результате проседания земли в зонах обрушения, могут быть также использованы для складирования отходов с последующей рекультивацией поверхности земли. Но при этом сухое складирование требует подготовки материала крупностью минус 0,050мм с использованием процессов окускования [2].

Проектные работы последних десятилетий по строительству или реконструкции горнодобывающих предприятий выполняются с обязательной оценкой эффективности вариантов проектных решений с закладкой выработанного пространства, как шахт, так и карьеров.

Выполненное институтом «Кривбасспроект» «ТЭО реконструкции обогатительной фабрики Демуринского ГОКа» показало экономическую целесообразность применения сухого складирования хвостов первичного обогащения в отработанном пространстве карьера вместе с вскрышными породами.

Согласно технологической схеме первичного обогащения рудных песков Волчанского месторождения титаноциркониевых руд предполагается вывод отдельно глинистых хвостов (шламов) и зернистых хвостов.

Подготовка шламов (глинистых хвостов) к складированию осуществляется в сгустителе диаметром 30 м (технология подготовки шламов к складированию разрабатывает фирма «DOBERSEK»). На выходе операции сгущения шлама получают сгущенные хвосты с содержанием твердого 30% для последующего фильтрования в фильтрпрессах с получением хвостов с содержанием твердого 75%. Обезвоженные шламы со склада глинистых хвостов автотранспортом транспортируются в карьер.

Для увеличения скорости осаждения глинистой фракции в питающий трубопровод и приемный колодец сгустителя производится подача флокулянта.

Сливы сгустителя с содержанием твердого до 200 мг/л возвращаются в технологический процесс.

Зернистые хвосты операций концентрации отделения гравитационного обогащения гидротранспортом направляются на установку обезвоживания в гидроциклонах, расположенную на борту карьера.

Применение сухого складирования хвостов первичного обогащения в отработанном пространстве карьера вместе с вскрышными породами исключает затраты на строительство и эксплуатацию хвостохранилища, на перекачку большей части хвостовой пульпы и возврата воды.

Выводы. Изучение опыта зарубежных и отечественных предприятий свидетельствует о наличии различных прогрессивных способов решения накопившихся проблем, связанных со складированием отходов обогащения, которые недостаточно используются при проектировании.

Анализ современного состояния технологий транспортировки и складирования отходов обогащения железных руд на предприятиях Украины показывает, что этот процесс превращается в проблему, которая в перспективе может вызвать спад производства.

Для более широкого внедрения современных способов складирования отходов обогащения необходимо проведение специальных исследований по предварительной подготовке отходов обогащения для складирования их в зонах обрушения, образовавшихся при подземной добыче железистых руд.

Список литературы

1. Губин Г.Г. Подготовка отходов обогащения к сухому складированию // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 2005. -№88. – С.96-101.
2. Савельев С.Г., Губин Г.Г. Разработка схем безобжигового окучивания хвостов обогащения магнетитовых кварцитов // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 2004. -№85. – С.85-89.
3. Губин Г.В., Олейник Т.А., Кушнирук Н.В. Снижение потерь железа с отходами обогатительных фабрик Кривбасса // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 2004. -№85. – С.82-85.
4. Євтехов В.Д., Ніколаснко К.В., Філенко В.В., Біленко І.О. Розробка технології збагачення залізозміщуючих відходів Валяківського техногенного родовища. // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг. – 2010. -№25. – С.272-275.
5. Самохина С.А., Старых С.С., Шаповалова Г.М. Перспектива использования бедных кусковых руд шахт Кривбасса // Геотехническая механика: Меж. вед. сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2012. – Вып. 103. – С. 189-195.
5. Кузнецов А.Г., Лытин О.В., Карелин А.Э. Хвостохранилище ОАО «ЕВРАЗ КГОК» и перспективы его развития // Горный журнал. – Москва. – 2013. -№9/1 (№2194). – С. 17-19.
6. Виногородский Э.Б. Технично-економичеcкое обоснование сгущения хвостовых пульп в горнорудной промышленности // Обогащение руд. – Москва. – 2010. – №6. – С. 39-43.
7. Вовк Н.Е. Обратное водоснабжение и подготовка хвостов к складированию. – Москва: «Недра», 1977. – 152 с.
8. Малецкий Н.А., Кабанов А.В., Баршповец В.Т. Комплексное обогащение минерально-сырьевых ресурсов при обогащении руд черных металлов. – Москва: «Недра», 1986. – 192 с.
9. Абрамов А.А. Обоганительное оборудование и аппараты. Том 1. – Москва: «МГТУ «Горная книга», 2010. – 470.

Рукопись поступила в редакцию 15.03.14

УДК 553.3:622.271:622.272

В.Ф. ПЛОТНИКОВ, Е.М. НИКОЛЕНКО ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

КРАТКИЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ГОРНЫХ РАБОТ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВАМА MINING COMPANY (ИРАН)

Произведен обзор разработки месторождений полиметаллических руд открытым и подземным способами. Указаны основные недостатки ведения горных работ подземным способом. Изложена перспектива развития горнодобывающего комплекса компании.

Полиметаллические руды, открытый и подземный способы разработки.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Развитие горнорудной промышленности в исламской республике Иран ставит перед руководителями горнодобывающих компаний задачи о проведении горных работ на высоком техническом уровне.

Карьеры компании Вата, производящие разработку полиметаллических руд, достигли критических, для открытого способа разработки, глубин и вынуждены переходить на подземный способ.

Небольшой опыт ведения подземных горных работ компанией Вата не позволяет проводить эти работы с высокой эффективностью, поэтому руководство компании обратилось в институт «Кривбасспроект» за оказанием помощи в усовершенствовании технологии подземных горных работ.

Анализ исследований и публикаций. Группой специалистов проводилось обследование всех подземных горных выработок и изучение проектной и фактической горной документации.

Изложение материала и результаты. По приглашению компании Вата группа технических специалистов института «Кривбасспроект» посетила горнорудные предприятия, производящие разработку месторождений полиметаллических руд.

Предприятие расположено в центральной части республики Иран вблизи города Исфahan.