

ється із сучасними провідними національними класифікаціями та класифікаціями провідних національних компаній. На сьогодні класифікація запасів і ресурсів корисних копалин покликана забезпечувати потреби економіки в чотирьох головних сферах практичного використання: при управлінні енергетичними і мінеральними ресурсами на державному і корпоративному рівнях, при довгостроковому прогнозуванні енергетичної забезпеченості і при розробці міжнародних стандартів фінансової звітності про використання корисних копалин.

Список літератури

1. **Малютин Ю.С.** К вопросу об унификации классификации запасов и ресурсов твердых полезных ископаемых / Ю.С. Малютин // Недропользование-XXI век. –2008. –№ 3. –С. 61–63.
2. **Стефенсон П.** Разработка международных систем отчетности о ресурсах, запасах полезных ископаемых в недрах / П. Стефенсон, Н. Уззерстоун // Недропользование-XXI век. –2007. –№ 3. –С. 64–71; № 4. –С. 70–74.
3. **Шаклеин С.В., Рогова Т.Б.** Оценка риска пользования недрами: учеб. пособие / С.В. Шаклеин, Т.Б. Рогова; ГУ КузГТУ. –Кемерово, 2009. –120 с.

УДК 622.778

Р.С. УЛУБАБОВ, директор, ООО "Научно-технический центр магнитной сепарации "МАГНИС ЛТД"

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОКИСЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КРИВБАССА

Представлен современный уровень разработки технологии обогащения окисленных железистых кварцитов и созданных для обогащения слабомагнитных руд современных роторных сепараторов с высокоинтенсивным магнитным полем.

Представлений сучасний рівень розробки технології збагачення окислених залізистих кварцитів і створених для збагачення слабомагнітних руд сучасних роторних сепараторів з високоінтенсивним магнітним полем.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В Кривбассе остается нерешенной проблема использования огромных объемов окисленных железных руд. Это относится как к ранее добытым и заскладированным рудам, так и к окисленным рудам, которые в настоящее время добываются попутно с рудами магнетитовыми. Препятствием для эффективного использования окисленных руд являются не только организационно-экономические вопросы. Ключевыми вопросами остаются уровень научной подготовки технологии обогащения окисленных руд и практическая готовность машиностроительной промышленности обеспечить технологию современными высокоэффективными и надежными в эксплуатации электромагнитными сепараторами с высокоинтенсивным магнитным полем.

Анализ исследований и публикаций. Масштабные исследования по магнитному обогащению окисленных руд Кривбасса были выполнены в начале 80-х годов прошлого столетия. Их результаты были использованы в проекте горно-обогатительного комбината, создаваемого для переработки окисленных руд (КГОКОР). В 1984 г. были выполнены большие работы по созданию специального роторного сепаратора с высокоинтенсивным магнитным полем. Этот сепаратор был принят для установки на КГОКОРе.

Нереализованные в КГОКОРе технологии обогащения и обогатительная техника к настоящему времени морально устарели и не соответствуют современному уровню научных знаний и развития сепараторостроения, а так же современным требованиям к качеству железорудных концентратов.

Постановка задачи. Завершение строительства обогатительной фабрики КГОКОРа и ввод ее в эксплуатацию должны базироваться на современном уровне научно-технической отработки технологии обогащения окисленных руд и современном уровне развития сепараторостроения. Необходимо существенно увеличить содержание железа в концентрате магнитного обогащения по сравнению с его содержанием по проекту КГОКОРа. Необходимо решить проблему разделения окисленной и неокисленной руды при ведении горных работ в зонах контактов этих руд. При освоении технологии обогащения окисленных руд на Ингулецком ГОКе и ГОКе компании "АрселорМиттал Кривой Рог" необходимо обеспечить максимально возможное удаление магнетитовой руды из руды окисленной перед ее измельчением.

Изложение материала и результаты. Окисленные железистые кварциты Кривбасса являются благоприятным сырьем для получения качественного концентрата, о чем свидетельствуют представленные в табл. 1 результаты гравитационных анализов окисленных железистых кварцитов НКГОКа, выполненных специалистами института "Механобр".

Таблица 1

Содержание класса -0,074 мм в измельченной руде, %	Действительная плотность фракций, г/см ³	Показатели, %					
		Окисленные роговики IV ж.г. НКГОКа			Маршалитизированные джеспелиты VI ж.г. НКГОКа		
		Выход	Содерж. Fe	Извлеч. Fe	Выход	Содерж. Fe	Извлеч. Fe
95,3	<3,2	32,8	7,58	6,2	36,1	5,78	5,4
	>3,2 <4,2	19,5	32,16	15,6	15,7	30,89	12,6
	>4,2	47,7	66,11	78,2	48,2	65,54	82,0
	Исходная руда	100,0	40,28	100,0	100,0	38,52	100,0

Представленные данные показывают, что в условиях идеального технологического процесса из этих руд уже в крупности 95% класса -0,074 мм, которая приближается к крупности 2-й стадии измельчения, можно выделить до 48 % концентрата с массовой долей железа выше 65% при извлечении железа на уровне 78-82 %.

Эти потенциальные возможности обогащения целесообразно иметь в виду при оценке перспектив обогащения окисленных железистых кварцитов, а так же при оценке эффективности используемой для этого технологии и сепараторов.

По нашему представлению, в число условий, способствующих успешному освоению переработки окисленных железистых кварцитов, должны входить три ключевых условия:

- наличие эффективной базовой технологии магнитного обогащения сложных тонковкрапленных магнетито-мартито-гематитовых руд;
- наличие эффективных базовых роторных сепараторов с высокоинтенсивным магнитным полем для обогащения таких руд;
- отработка и полупромышленная проверка технологии магнитного обогащения и конструкции магнитного сепаратора для обеспечения высокого извлечения железа в концентрат магнитного обогащения, который по массовой доле железа будет соответствовать современным требованиям.

Представляется целесообразным определить объективное положение с наличием двух первых условий и наметить эффективные пути отработки в условиях КГОКОРа конструкции магнитных сепараторов и технологии магнитного обогащения, которые позволят комбинату вовлечь окисленные железистые кварциты в экономически целесообразную переработку, которая будет соответствовать современным требованиям к качеству железорудных концентратов.

Базовая технология магнитного обогащения окисленных руд Кривбасса существует. Она была создана еще в 1984-1985 гг. По заданию министра черной металлургии СССР в июне 1985 г. на секции № 4 ЦГОКа была выполнена контрольная проверка такой технологии. Эффективность технологии оценивалась только по данным товарного баланса: количеству переработанной руды, качеству товарного концентрата и количеству концентрата, отгруженного на окомкование.

При обогащении руды НКГОКа, отобранной в восточной части карьера № 3, были получены показатели товарного баланса обогащения. По выходу концентрата и извлечению железа расхождение между реальным товарным балансом и расчетным технологическим не вышло за пределы величин, обычных для обогатительных фабрик. Данной проверкой был положен конец сомнениям в возможности эффективного обогащения окисленных руд Кривбасса.

Обогащение окисленных железистых кварцитов в лабораторных и промышленных условиях дало результаты, отраженные в табл. 2.

Таблица 2

	Выход концентрата, %	Массовая доля Fe, %	Извлечение Fe, %
Обогащение в лабораторных условия методом гравитационного анализа (по данным института "Механобр")	47-48	65,5-66,1	78-82
Промышленное обогащение магнитным методом	38,9	60,9	71,1

на секции № 4 ЦГОКа в 1985 г (по данным акта испытаний)			
---	--	--	--

Приведенные данные показывают, что:

- окисленные железистые кварциты являются сырьем, благоприятным для эффективного обогащения, в т.ч. магнитным методом;
- возможность магнитного метода обогащения этих кварцитов проверена и подтверждена в условиях секции №4 ЦГОКа в 1985 г;
- потенциальная обогатимость окисленных железистых кварцитов показывает, что технология промышленного обогащения имеет хорошую перспективу совершенствования в направлениях увеличения выхода концентрата, повышения его качества, увеличения извлечения железа.

Базовый сепаратор 6 ЭРМ-35/315 для обогащения окисленных железистых кварцитов был создан в 1983-85 гг. Здесь следует отметить, что во времена Советского Союза у работников министерства черной металлургии СССР хватило здравого смысла перед принятием серьезного решения не доверять рекламе разработчиков сепараторов и выявить эффективность сепараторов путем сравнительных испытаний. В тендере по выбору сепаратора для КГОКОРа участвовали сепараторы фирмы КНД (ФРГ), институтов UVR (ЧСФР), Механобр (Ленинград) и Гипромашуглеобогащение (Луганск). Все разработчики уверяли, что их сепараторы дадут производительность 90-100 т/ч при извлечении железа до 75 %. Результаты испытаний отражены в протоколе от 30.01.85 г. № 35 заместителя министра черной металлургии СССР и приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	DP-317 (ФРГ)	ВМС-100/2 (ЧСФР)	2/2 ЭРМФ- 160 (Россия)	6 ЭРМ-35/315 (Украина)
Массовая доля в руде, %				
- железа общего	36,7	35,3	35,0	36,0
- железа магнетитового	2,3	2,1	2,5	2,9
Концентрат				
- массовая доля железа, %	59,8	59,3	62,2	61,1
- выход, %	40,7	40,5	37,1	42,4
- извлечение железа, %	66,3	68,1	64,4	72,0
Массовая доля железа в хвостах, %	21,7	18,9	19,8	17,5
Производительность сепаратора на первой стадии, т/ч				
- по паспорту	100	100	100	100
- достигнутая при испытаниях	40	45	45	90
Примечание: Опытный образец сепаратора 6 ЭРМ-35/315 имел шифр ЭРФМ-1.				

Приведенные данные испытаний в промышленных условиях показывают, что сепараторы КНД (DP-317), UVR (ВМС-100/2) и Механобра (2/2 ЭРМФ-160) даже при производительности в 2 раза ниже паспортной далеко не достигли высокого уровня извлечения железа. Только один сепаратор 6 ЭРМ-35/315 обеспечил показатели, близкие к паспортным, и требуемым по условиям испытаний. Благодаря такому тендеру в проект КГОКОРа был за-

ложен сепаратор с показателями, подтвержденными испытаниями, а не рекламными заявлениями фирм-разработчиков.

Целесообразно отметить, что сепаратор 6 ЭРМ-35/315 создавался в 1983-85 г.г. при нулевом опыте авторов и разработчиков в области разработки роторных сепараторов. Были проведены только лабораторные исследования. На их базе был сразу создан самый крупный в мировой практике, в том числе и по состоянию на 2011 г., промышленный сепаратор для обогащения окисленной руды НКГОКа и ЮГОКа. Установленные на КГОКОРе сепараторы 6 ЭРМ-35/315 основаны на технических решениях разработки 1983-1985 гг. Многие из этих решений были разработаны впервые в мировой практике, не имели аналогов и подлежали отработке в процессе последующей промышленной эксплуатации. Необходимость такой отработки была вызвана тем, что сепаратор создан в экстремальных условиях выбора сепараторов для КГОКОРа. Все организации, причастные к приемке сепаратора для КГОКОРа, отдавали отчет в том, с какими проблемами предстоит встретиться при эксплуатации сепараторов. В протоколе от 30.01.85 г. № 35 решением руководства Минчермета СССР было отмечено, что испытания опытного образца необходимо считать первым этапом работ по созданию сепараторов для обогащения окисленных руд, что отработка конструкции сепаратора должна быть продолжена.

В последующие годы с целью обеспечения надежной работы фабрик с большой группой сепараторов были намечены и стали активно осуществляться программы и мероприятия по повышению эксплуатационной надежности сепаратора 6 ЭРМ-35/315. Эти мероприятия были утверждены Минчерметом СССР 20.09.1990 г. Отдельные мероприятия проводились по инициативе авторов сепаратора. Все работы проводились под контролем и руководством авторов и разработчиков сепаратора при их непосредственном участии. Работы были прекращены в 1991 г. в связи с остановкой строительства КГОКОРа, ухудшением положения в железорудной промышленности и связанным с этим выводом из эксплуатации секции № 4 на ЦГОКе.

В последующие годы авторы и разработчики 6 ЭРМ-35/315, работающие в НТЦ МАГНИС ЛТД, критически оценили опыт эксплуатации сепараторов. Был сделан основополагающий вывод: необходимо обеспечить не только технологическую эффективность, но и повысить эксплуатационную надежность; обогатительные фабрики не должны простаивать и терять производство концентратов из-за простоев сепараторов. В связи с этим специалисты НТЦ МАГНИС ЛТД основное внимание уделяют обеспечению эксплуатационной надежности создаваемых сепараторов.

Что касается технологии обогащения окисленных руд, то она создавалась в условиях, когда массовая доля железа в концентрате на уровне 61 % признавалась приемлемой. В настоящее время требуются гематитовые концентраты с массовой долей железа от 64 % до 66 %. Достичь наиболее высокого качества можно путем использования технологии флотационной довод-

ки концентрата. Однако такая доводка ведет к снижению извлечения железа и снижению выхода концентрата.

Для предотвращения таких последствий НТЦ МАГНИС ЛТД в 2003 г. предложил дирекции КГОКОРа увеличить на операции магнитного обогащения извлечение железа в черновой магнитный концентрат на 8-10% и поднять его с проектного извлечения 72 % до 80-82 %. Такой запас извлечения позволит осуществить доводочные операции по повышению качества концентрата при условии сохранения выхода концентрата и извлечения железа на уровне плановых заданий, установленных для КГОКОРа.

В апреле-мае 2002 г. НТЦ МАГНИС ЛТД и специалисты Национального горного университета (г. Днепропетровск) провели лабораторные испытания по обогащению шихты VI ж.г. НКГОКа. В основу схемы обогащения положены представления авторов 6 ЭРМ-35/315 о том, какими параметрами должен обладать сепаратор, на каких режимах должен работать и по какой технологической схеме должно осуществляться обогащение. Испытания были проведены на пробе, из которого в РИСе КГОКОРа был удален магнетит в слабом поле на сепараторе ПБМ. Испытания на стендовом сепараторе с высокоинтенсивным магнитным полем проводились по методике, которая была ранее использована участниками исследований, проводимых при создании 6 ЭРМ-35/315. Испытания проводились с учетом возможности достижения получаемых результатов в промышленных условиях при использовании 6 ЭРМ-35/315 в модернизированном исполнении.

Результаты испытаний, проведенных по трем вариантам технологических схем, представлены на рис. 1. Они показывают, что современные подходы к выбору параметров роторных сепараторов и технологии обогащения дают возможность выйти на качественно новый уровень эффективного обогащения окисленных железистых кварцитов. По чисто магнитной схеме обогащения достигнуты следующие качественно новые результаты:

- выделен черновой концентрат с массовой долей железа 60,6 % при высоком извлечении железа – 78,6 %, которое на 6 % выше извлечения, достигнутого в 1985 г.; этот концентрат может быть использован для флотационной доводки;

- выделены достаточно богатые концентраты с массовой долей железа от 63,2 % до 64,2 %; концентраты с таким высоким содержанием железа в 1985 г. не выделялись; на начальном этапе освоения КГОКОРа этот концентрат может быть товарным и не требовать флотационной доводки.

Необходимо особо отметить, что представленные выше показатели в принципе не могут быть достигнуты на существующих сепараторах 6 ЭРМ-35/315. Для достижения таких показателей роторные сепараторы, изготовленные для КГОКОРа, необходимо модернизировать.

Параметры режимов магнитного обогащения, определенные в процессе указанных выше исследований, были переданы КГОКОРу в июне 2002 г. Испытания, выполненные в РИСе комбината, подтвердили, что новые режимы работы роторных сепараторов обеспечивают извлечение железа в черновой

концентрат до 80-82 %, что на 8-10 % выше проектного для КГОКОРа. Последующая флотационная доводка чернового концентрата позволяет повысить массовую долю железа в концентрате, при необходимости, до 66 %, что значительно выше проектного задания.

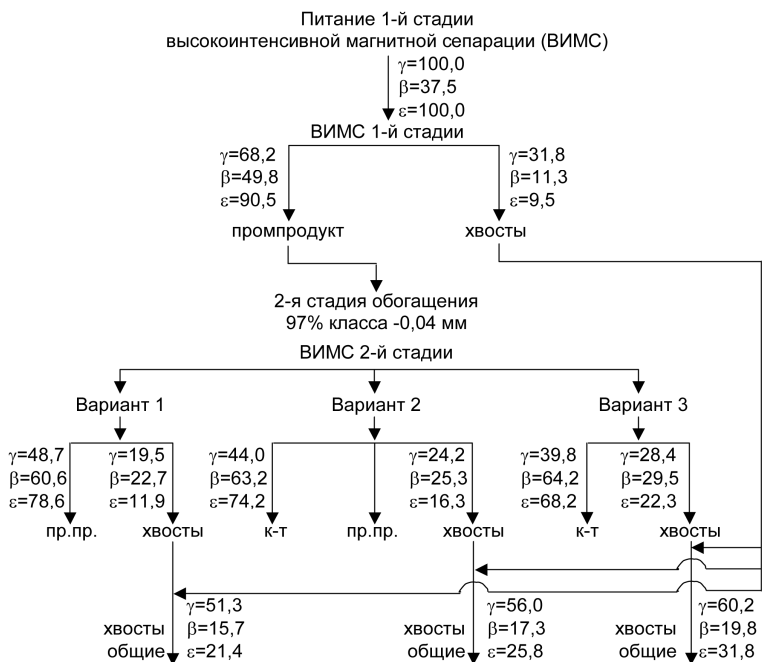


Рис. 1. Результаты лабораторных испытаний пробы шихты 6 ж.г. НКГОКа с учетом ее обогащения на роторных сепараторах современного типа по технологии, отвечающей требованиям обеспечения высокого извлечения железа и получения магнитных продуктов высокого качества

Тот факт, что окисленные руды Кривбасса находятся в контактах с рудами магнетитовыми, выдвигает определенные требования к их добыче:

- куски окисленных руд не должны попадать в добытую магнетитовую руду и теряться с отходами обогащения;
- куски магнетитовых руд не должны поступать в руду окисленную и мешать ее обогащению.

О важности последнего требования свидетельствует неудачная попытка освоить обогащение смешанной неокисленной и окисленной рудной массы на секции №10 РОФ2 ГОКа "Криворожстали". Ошибка специалистов ГОКа, направивших в измельчение смешанную рудную массу – основная причина неудачи на секции №10.

"НТЦ МАГНИС ЛТД" впервые в практике горного дела создал оборудование, позволяющее с высокой эффективностью извлекать в магнитный продукт куски магнетитовой руды крупностью до 350 мм, и обеспечивать выде-

ление в немагнитный продукт крупных кусков с низким содержанием железа магнетитового. Предлагаемая техника позволяет осуществить механизированное разделение кусков добытой рудной массы по такому объективному физическому параметру, как содержание магнетитового железа. Благодаря этому смешанная руда может быть разделена на руду окисленную и неокисленную еще на борту карьера.

Отличительная особенность работы "НТЦ МАГНИС ЛТД" в области создания роторных сепараторов заключается в принципиальном отказе от создания стандартной конструкции сепаратора для последующего тиражирования по заказам потребителей. Для каждого потребителя "НТЦ МАГНИС ЛТД" проводит стендовые испытания проб руды и разрабатывает оптимизированную конструкцию сепаратора. Такие испытания позволяют определить параметры и схему роторного сепаратора в наибольшей степени отвечающих обогащаемой руде, а так же обеспечивающих достижение требуемых потребителем показателей обогащения. Все типоразмеры сепараторов имеют индивидуальное исполнение, основанное на таких испытаниях.

"НТЦ МАГНИС ЛТД" во всех своих роторных сепараторах использует только широкие зазоры и рифленые (зубчатые) пластины в роторах устанавливает с зазорами до 5-6 мм. Роторные сепараторы с такими зазорами для тонкоизмельченных руд ни одной другой фирмой не выпускаются. Применение широких зазоров между пластинами роторов является фирменным стилем "НТЦ МАГНИС ЛТД".

Изготовление "НТЦ МАГНИС ЛТД" по заключенным контрактам в течение всего 4-х лет 17-ти роторных сепараторов является достижением, которого не удалось реализовать даже в СССР с его плановой экономикой. Тогда в течение 8 лет было изготовлено всего 12 роторных сепараторов.

Особое внимание нужно обратить на то, что интенсивное изготовление роторных сепараторов "НТЦ МАГНИС ЛТД" осуществлял в условиях жесткого кризиса в горнодобывающей промышленности и спада производства сырья.

В настоящее время "НТЦ МАГНИС ЛТД" готовит условия для расширения в ближайшие годы области использования роторных сепараторов. Для этого выполняется интенсивная поставка стендовых сепараторов роторного типа для институтов и лабораторий горных предприятий Украины и России. Поставка таких сепараторов в последние годы осуществляется в количестве до 2-3 шт. в год. Создается разветвленная исследовательская база, которая должна способствовать расширению области использования роторных сепараторов.

В сентябре 2010 г. заключен контракт с компанией "Amigo Minerals" (Вьетнам) на поставку роторного сепаратора конструкции "НТЦ МАГНИС ЛТД". После проведения стендовых испытаний в Австралии и Украине компания отказалась от приобретения австралийских и китайских роторных сепара-

торов и выбрала сепаратор "НТЦ МАГНИС ЛТД". Головной образец сепаратора "МАГНИС" 6 ЭРМ-220А для поставки во Вьетнам отгружен в мае 2011 г.

На базе технических решений сепараторов серии "МАГНИС" могут быть модернизированы роторные сепараторы 6 ЭРМ-35/315, установленные на КГОКОРе, а так же созданы новые сепараторы для обогащения окисленных руд.

Выводы и направления дальнейших исследований. Технология и техника для обогащения окисленных руд за последнее десятилетие вышли на уровень, который существенно меняет положение в пользу освоения эффективного использования окисленных руд текущей добычи. Исследования, выполненные в "НТЦ МАГНИС ЛТД", Национальном горном университете и РИСе КГОКОРа показали, что:

- технология магнитного обогащения, предусмотренная проектом КГОКОРа, и установленные для ее реализации сепараторы 6 ЭРМ-35/315 имеют значительные производственные резервы;

- на КГОКОРе, Ингулецком ГОКе и ГОКе "АрселорМиттал Кривой РОГ" может быть реализована технология получения магнитным способом из окисленных руд концентратов с массовой долей железа на уровне до 64,0% при высоких выходе концентрата и извлечении железа в концентрат;

- получение высококачественного концентрата может быть обеспечено существенной модернизацией технологии обогащения и роторных сепараторов, которые были разработаны более 25 лет назад под другие требования к концентратам.

В настоящее время в Украине созданы научно-технические условия для эффективного использования окисленных руд текущей добычи:

- создана техника для механизированной магнитной рудоразборки на борту карьера смешанной рудной массы на руду окисленную и неокисленную;

- отработаны технические решения получения из окисленных руд магнитным способом высококачественного концентрата при высоком извлечении железа;

- имеются научно-конструкторские возможности выполнять весь комплекс работ по созданию и поставке современных роторных сепараторов, которые базируются на создании и внедрении в разных странах современных электромагнитных роторных сепараторов для обогащения слабомагнитных руд; сепараторы имеют высокую эффективность и эксплуатационную надежность.

Дальнейшие исследования целесообразно проводить в направлении:

- разработки технологии обогащения, учитывающих особенности окисленных руд тех или иных месторождений;

- создания роторных сепараторов с параметрами, которые учитывают особенности окисленных руд тех или иных месторождений.