
УДК 622.271.3:622.778-913.1

Бабий Е.В., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Косенко В.И., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

Икол А.А.
(ИГТМ НАН Украины)

ПЕРЕРАБОТКА КРУПНОКУСКОВОЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРАХ

Бабій К.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр.
Косенко В.І., канд. техн. наук, ст. наук. співр.

Ікол О.О.
(ІГТМ НАН України)

ПЕРЕРОБКА ВЕИЛКОШМАТКОВОЇ ГІРСЬКОЇ МАСИ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАРЄРАХ

Babiy K.V., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
Kosenko V.I., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher

Ikol A.A.
(IGTM NAS of Ukraine)

PROCESSING OF LUMPY ROCK MASS IN THE IRON ORE QUARRIES

Аннотация. Рассмотрены основные результаты деятельности специалистов институтов и организаций, которые занимаются вопросом переработки крупнокусковой горной массы в железорудных карьерах. Изложен объем теоретических, аналитических и экспериментальных работ выполненных в ИГТМ. Проанализированы горно-обогатительные железорудные предприятия Украины и стран СНГ на предмет применения сухой магнитной сепарации в карьере и на обогатительной фабрике. Разработана типовая технологическая схема предварительного обогащения крупнокусковой горной массы в карьере. Обоснованы рудные и вскрышные грузопотоки, которые рекомендуется направлять на комплекс крупнокусковой рудоразборки. Проанализированы производители электромагнитных сепараторов Украины, России, Швеции и Китая для горной массы крупностью 450 (350) -0 мм.

Ключевые слова: карьер, железная руда, сухая магнитная сепарация, крупнокусковая горная масса, технологическая схема, предварительное обогащение, циклично-поточная технология.

Введение. Открытый способ добычи железных руд обеспечивает лучшие, чем при подземных работах, количественные и качественные показатели. Тем не менее, качественные показатели добычи полезных ископаемых имеют тенденцию к снижению. Это связано с тем, что в Кривбассе богатые месторождения практически исчерпаны, а при разработке бедных месторождений постоянно происходит снижение качества исходного минерального сырья. Оно обусловлено усложнением геологического строения продуктивной толщи, обработке контактных зон «руда-порода» и безрудных прослоек, применением тех-

нологий разрушения и выемки, которые приводят к разубоживанию руд, использованием комплекса машин большой единичной мощности, которые не позволяют производить раздельную выемку, и другие. Перечисленные горно-геологические, технологические и технические условия отработки месторождения приводят к большим потерям и разубоживанию, что в результате приводит к нерациональному природопользованию. Кроме того снижение за счет нерудных включений качества руды, поступающей из карьера, является одним из главных факторов увеличения энергозатрат при производстве концентрата.

На горнодобывающих предприятиях проблему минимизирования потерь и разубоживания полезного ископаемого решают различными способами: планируют режимы горных работ, усредняют рудное сырье перед обогащением, вычисляют экономически обоснованное бортовое содержание полезного компонента, применяют предварительное обогащение на обогатительной фабрике и другие. Анализ способов рационального извлечения полезных ископаемых показал, что они не дают желаемых результатов, так как каждый из них направлен на решение отдельной задачи технического или технологического характера, а для производства необходимо комплексно решать проблему рационального природопользования путем разработки ресурсосберегающих технологий и минимизирования потерь.

Новым направлением повышения качества минерального сырья является ресурсосберегающая технология предобогащения руды в карьере (ТПРК). Суть этой технологии заключается в предварительном обогащении горной массы, содержащей магнитную составляющую, непосредственно в карьере (очистном забое, борту карьера, верхнем или нижнем перегрузочном пункте циклично-поточной технологии). Активному проектированию и внедрению этой технологии на железорудных карьерах мешает отсутствие установленных взаимосвязей параметров добычных и вскрышных работ, теоретического обоснования технологии и совместимости её с циклично-поточной технологией применяемой на железорудных карьерах Кривбасса, разработанных методик расчета изменения производительности добычных и вскрышных комплексов.

Актуальность выбранного в статье направления обусловлена отсутствием комплексного обзора использования сухой магнитной сепарации на горно-обогатительных комплексах и обоснованием применения современных электромагнитных сепараторов для крупнокусковой горной массы в технологических комплексах на перегрузочных пунктах циклично-поточной технологии (ЦПТ).

Анализ последних исследований и публикаций. В 1970-80-х гг. в Институте геотехнической механики (ИГТМ) им. Н.С. Полякова НАН Украины активно развивалось направление предварительной переработки крупнокусковой горной массы на железорудных карьерах Советского Союза [1 и др.]. Сотрудниками института были выполнены теоретические изыскания способов предварительного обогащения железистых кварцитов при открытой и открыто-подземной разработке месторождения. Научные проработки касались технологических комплексов и возможного их применения, расположения комплекса

оборудования и его состава. Конструкторская группа под руководством С.М. Бро выполнила инженерные расчеты технологических комплексов предварительного обогащения и сконструировала передвижной дробильно-обогащительный комплекс. Однако дальнейшее развитие этого направления было затруднительно в связи отсутствием необходимого оборудования. В технологическом комплексе предусматривалось использовать сепараторы, которые перерабатывают горную массу после среднего дробления и/или грохотильных устройств. В связи с этим разработанный технологический комплекс включал в себя кроме дробилки крупного дробления дополнительно дробилку среднего дробления, что существенно увеличивает размеры, объем и вес конструкции, усложняет дробильно-обогащительную схему переработки горной массы. Кроме того существующие сепараторы на тот момент не удовлетворяли необходимым техническим (размеры, напряжённость магнитного поля) и технологическим (низкий выход магнитного продукта, потери полезного компонента) требованиям.

Главным условием применения сепараторов является выдержанный гранулометрический состав горной массы (ограничение по максимальному куску). В технологических схемах стационарных комплексов предварительного обогащения при циклично-поточной технологии предусматривалось применять грохочение после стадии крупного дробления или вместо нее. Большой вклад в развитие этого направления вложили ученые Института геотехнической механики: М.Г. Новожилов, Н.А. Резников, С.М. Бро, Г.Г. Грищенко, Б.Н. Тартаковский, М.С. Четверик, И.И. Гаврилюк, С.А. Бондарь. Были проведены научно-исследовательские работы, конструкторские проработки, опытно-промышленные эксперименты и промышленная проверка работы грохотильных устройств по сортировке крупнокусковой руды при циклично-поточной технологии (неподвижные колосниковые грохота). Опытно-промышленные эксперименты на карьере № 1 НКГОКа показали неработоспособность этих грохотов.

В 2000-х годах для железорудных карьеров предварительным обогащением руды в карьере занимаются уже несколько научных учреждений. В России в Институте горного дела Дальневосточного отделения РАН над этим направлением работают специалисты: Г.В. Секисов, Л.Е. Гуревич, Ю.Н. Резник, Е.Б. Шевкун, В.С. Чечеткин и другие. Они ведут теоретические исследования рациональной отработки богатых железорудных месторождений. Ими предлагается для разубоженных руд применять передвижные комплексы в добычном забое. В их трудах приводятся различные технологические схемы дробильно-обогащительных комплексов и металлургических переделов. Работа дробильно-обогащительного комплекса предусматривает предварительный качественный взрыв и поэтому включает в себя только дробилки среднего и мелкого дробления и сухую магнитную сепарацию для мелкодробленой руды, после чего рудная масса поступает на второй комплекс (металлургический), где доводится до концентрата.

В Украине предварительным обогащением руды занимаются специалисты нескольких организаций. Их деятельность имеет разные направленности: тео-

ретического, экспериментального или опытно-промышленного характера.

Теоретическими изысканиями кроме ИГТМ занимаются специалисты Криворожского технического университета: Ю.П. Капленко, М.Б. Федько, С.А. Мельничук, С.В. Безверхий, В.В. Кузнецов и другие. Они занимаются поиском рациональных технологий при подземном способе добычи магнетитовых кварцитов в комплексе с предварительным сухим обогащением. Ими выполнено экономико-математическое моделирование различных технологических схем дробильно-обогажительного комплекса в подземных условиях в зависимости от стадии дробления и внутришахтного размещения отходов сухих хвостов. Лучшие показатели качества горной массы и работы комплекса получены при предварительном обогащении магнетитов после среднего и мелкого дробления. Доказывается, что обогащение железных руд после крупного дробления куском -350 мм не рационально, поскольку очень большие габариты сепаратора, что отражается на капитальных затратах строительства. Проведены исследования применения сепараторов шкивного и барабанного типа, которые показали рациональность последних, ввиду меньших габаритов и относительной дешевизны закупки и обслуживания.

В Национальном горном университете проф. Кармазинным В.И. и Борисенко С.Г. совместно с государственным институтом по проектированию «Кривбасспроект» и «Механобрчермет» разрабатывалась технология горных работ с созданием подземного горно-обогажительного комбината. Сущность этой технологии заключается в следующем. Шахтное поле увеличивается за счет понижения бортового содержания железа. Производится валовая добыча руд, увеличиваются параметры добычных блоков, что позволяет сократить количество подготовительных выработок, увеличить производительность рудника. Руду доставляют с использованием рудоспусков к подземным камерам, в которых расположено дробильное и обогажительное оборудование. Для обогащения используется шахтная вода. Отходы обогащения обезвоживаются и ими заполняются камеры после выпуска руды. Концентрат выдается на поверхность.

Крупную работу экспериментального и опытно-промышленного характера выполняют специалисты ООО «Научно-технический центр магнитной сепарации «Магнис ЛТД» (г. Луганск) путем разработки технологии механизированной магнитной рудоразборки. Индивидуальность этой организации заключается в том, что они разрабатывают и изготавливают новые высокоградиентные сепараторы, позволяющие производить крупнокусовую рудоразборку. Ими проведены на стендовой установке многочисленные испытания проб горной массы карьеров Украины и стран СНГ по извлечению магнитного продукта и обогащенности для разных типов руд. На основании чего выполнены расчеты повышения содержания железа общего и магнитного в магнитном продукте по отношению к исходному. Промышленное внедрение оборудования произведено на двух карьерах ОАО «Карельский окатыш» (Россия), карьере Соколовско-Сарбайского ГОКа (Казахстан) и планируется применять на Полтавском ГОКе (Украина). Специалистами «Магнис ЛТД» под руководством Р.С. Улубабова выполнен большой объем работ непосредственно по изучению обогащенности-

горной массы для отдельных типов руд ГОКов и конкретных условий, извлечению полезного компонента. Но все исследования и эксперименты имеют частный характер, и отсутствует теоретическое обоснование технологии со схемами вскрытия, системами разработки, типизации технологических схем и комплексов.

Промышленное внедрение комплексов сухой магнитной сепарации (СМС) выполняет ООО РП „Сигма”. Так в карьере № 2-бис «АрселорМиттал Кривой Рог» построен и введен в эксплуатацию в августе 2009 г. комплекс СМС возле верхнего перегрузочного пункта циклично-поточной технологии на территории действующего склада породы и предназначен для переработки контактных малорудных кварцитов и бедных балансовых руд. Комплект оборудования включает дробилки крупного и среднего дробления, электромагнитные сепараторы. Производительность комплекса СМС по исходному сырью составляет 4800 тыс. т. в год, по готовой продукции (обогащенной руде) – 2900 тыс. т. в год. О научной и исследовательской деятельности организации данных нет.

Вопросом переработки крупнокусковой горной массы на железорудных карьерах занимаются многие организации, но у каждой свое направление, способы и методы исследований, условия применения и результаты.

Целью статьи является комплексный обзор достижений науки и техники по вопросу переработки крупнокусковой горной массы в железорудных карьерах.

Изложение основного материала. В ИГТМ научно-исследовательские работы в направлении переработки крупнокусковой горной массы в карьерах продолжают выполняться в рамках госбюджетных тем (№0107U012100, №0110U000676 и др.). Теоретические исследования по этому вопросу ограничиваются условиями разработки железорудных карьеров Кривбасса и стран СНГ. По этому вопросу выполнен большой объем работ теоретического, аналитического и экспериментального характера [2]:

- изучены геологические особенности железорудных месторождений;
- разработана классификация контактных зон «руда – вмещающие породы»;
- исследованы причины засорения рудного потока;
- установлены аналитические зависимости коэффициента засорения от ширины заходки, емкости ковша экскаватора и других горно-геологических параметров;
- установлена взаимосвязь между параметрами систем разработки, схемами вскрытия и объектами предобогажительного комплекса;
- разработана систематизация однотипных комплексов в зависимости от горно-технологических условий разработки и применяемого оборудования;
- рассчитаны энергетические затраты при применении перспективных технологий добычи и переработки руд, выполнен их анализ и сравнение;
- разработана методика расчета корректирования производственной мощности карьера, производительности обогатительной фабрики и вскрышных работ;
- разработаны технологические схемы переработки горной массы в зависимости от типа применяемого оборудования, места расположения оборудования и размещения отходов;

- сформированы технологические комплексы в зависимости от крупности перерабатываемого куска горной массы, магнитных свойств и оборудования;
- разработаны теоретические основы технологии предобогащения руды в карьере.

Анализ существующего положения железорудных карьеров, применяемых схем вскрытия, систем разработки и горнотранспортного обеспечения, а также результатов расчета энергоемкости технологических схем с предварительным обогащением показал, что применение технологии предобогащения руды в карьере рационально выполнять в комплексе с циклично-поточной технологией. Главными достоинствами ЦПТ является поточный вид транспорта и то, что на внутрикарьерных перегрузочных пунктах в обязательном порядке имеется дробилка крупного дробления.

При формировании технологического комплекса предварительного обогащения руды, ранее выполненными исследованиями [2] было установлено, что выбор стадии дробления горной массы зависит от типа руд и ценности горной массы. Кондиционные руды с высоким содержанием полезного компонента рационально подвергать всем трем стадиям дробления и только после этого предварительно обогащать через сухую магнитную сепарацию. Учитывая запыленность процесса мелкого дробления и трудность транспортирования мелкой фракции, эти руды перерабатывать лучше на обогатительной фабрике. Некондиционные руды забалансовых запасов или разубоженные руды слабомагнитными включениями из контактных зон подлежат рудоразборке после среднего дробления в карьере или непосредственной близости от него. После крупного дробления подвергать рудоразборке рационально разубоженные руды пустыми породами и вскрышные породы, содержащие магнетит, тем самым увеличить производительность карьера по руде, уменьшить объем вскрышных пород, уменьшить потери полезного ископаемого.

Таким образом, на комплекс крупнокусовой рудоразборки после крупного механического дробления рационально направлять грузопотоки:

1. Вскрышных пород из контактных зон «руда – вскрыша» для уменьшения потерь полезного ископаемого.

2. Рудной массы с сильномагнитными свойствами при выемке контактных зон «руда – вскрыша» с безрудными породами для уменьшения разубоживания.

3. Рудной массы при отработке: а) безрудных прослоев; б) сложноструктурных добычных забоев, где перемежаемость рудных слоев и безрудных прослоев более двух и в) при выклинивании рудной залежи во вмещающие породы для уменьшения разубоживания; г) зон тектонических нарушений.

4. Вскрышных пород при отработке железистых горизонтов, не вошедших в продуктивную толщу, для рационального использования богатства недр, минимизирования потерь полезного ископаемого и создания безотходных технологий. Так, например, в железорудной свите Первомайского месторождения выделяют 7 железистых и 7 сланцевых горизонтов. Тогда как продуктивной толщей являются только силикат-магнетитовые кварциты пятого и шестого желе-

зистых горизонтов. А остальные железистые горизонты, которые имеют непостоянные мощность или кондицию полезного компонента не вошли в балансовые запасы.

Типовая технологическая схема переработки крупнокусковой горной массы в комплексе с ЦПТ представлена на рис. 1, сущность которой заключается в следующем [3]. К внутрикарьерному перегрузочному пункту вскрышные породы доставляются автосамосвалом 1. После процесса дробления горной массы в дробилке крупного дробления 2 ее передают передаточным конвейером 3 на сепаратор 4. В результате горная масса делится на две части: магнитный продукт, который направляют передаточным конвейером 5 в бункер 6 и отходы сухой магнитной сепарации – в бункер 7. Дальнейшее транспортирование осуществляется крутонаклонным (наклонным) конвейером 8 сменным графиком к перегрузочному пункту на борту карьера или земной поверхности 9 в железнодорожный транспорт.

Практическое применение технологической схемы возможно, например, на горизонте -60 м Ингулецкого карьера. Этот перегрузочный пункт недозагруженный и используется для усреднения рудной массы. Его можно использовать по принципиально новой технологической схеме. Породы вскрыши, содержащие магнитную составляющую, после крупного дробления подают самотеком на ниже расположенный уступ -90м, где кусок 0 – 350 мм подлежит сухой магнитной сепарации. Горная масса делится на два потока: магнитный продукт и отходы обогащения. Это дает возможность рационально использовать электроэнергию на дробление, уменьшить потери полезного ископаемого, дополнительно извлекать объемы руды, повышать содержание полезного компонента и извлекать отходы обогащения с низким содержанием железа. В результате магнитный продукт направляется конвейерным транспортом на земную поверхность, а отходы обогащения складировуются во внутреннем отвале или используются в карьере для отсыпки дорог.

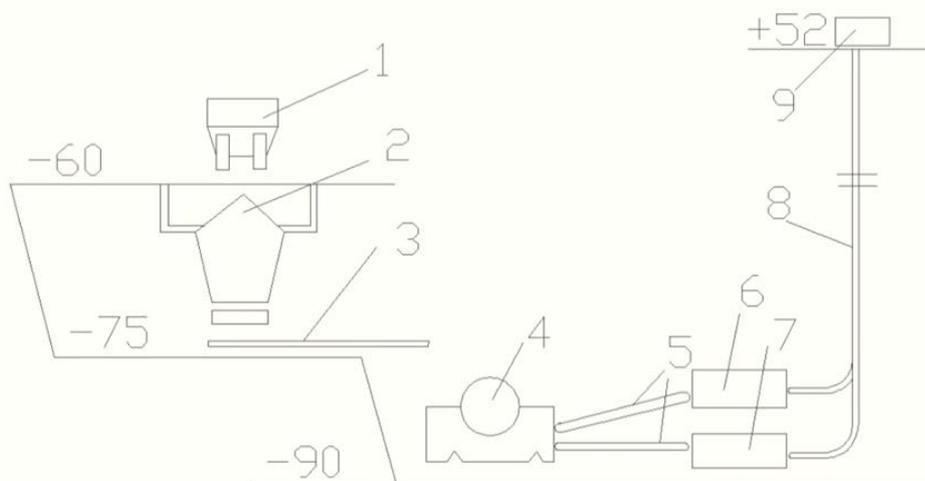


Рис. 1 – Технологическая схема предобогащения при циклично-поточной технологии
1 - автосамосвал, 2 – дробилка крупного дробления, 3 – передаточный конвейер,
4 – сепаратор сухой магнитной сепарации, 5 – передаточные конвейера, 6 – бункер для

магнитного продукта, 7 – бункер для отходов обогащения, 8 – крутонаклонный конвейер, 9 – перегрузочный пункт в железнодорожный транспорт

Осуществление технологии предобогащения руды в карьере стало возможным благодаря последним техническим разработкам в области сухого магнитного обогащения и создания магнитных сепараторов для предобогащения магнитных, слабомагнитных и окисленных руд.

Для магнитных и слабомагнитных кварцитов рекомендуется применять сепараторы нового поколения с магнитной системой, которые представлены ООО «НПП «Укрэкология», ООО «ЭРГО плюс», ООО «Научно-технический центр магнитной сепарации «Магнис ЛТД» и других производителей (табл. 1).

Таблица 1 - Производители оборудования для обогащения сильно- и слабомагнитных руд крупностью до 450 мм

Производитель оборудования	Комплекс	Крупность горной массы, мм	Производительность комплекса, т/ч
ООО «ЭРГО плюс» г. Калуга, Российская Федерация	Линия магнитной сепарации (железные руды); ВМС-1 (втор.металл); ВМС-2 (шлаки)	450 – 0	1500
		450 – 0	200
		450 – 0	10 – 200
ООО «Научно-технический центр «Магнис ЛТД» г. Луганск	КМР-1,2/1,4 ВР КМР-1,8/2 КО КМР1,8/2 С	300 – 0	355 – 500
		350 – 0	
		350 – 0	
Пекинский центральный научно-исследовательский институт по горному делу и металлургии, Китай	СТ-1016 СТ-1416	300 – 100	150 – 200
		400 – 0	200 – 350
Ma'anshan Baiyun Environment Protection Equipment Co., Ltd, Китай	CTDG 1515N CTDG 1214N	350 – 40	600 – 800 500
SIWEN MAGNETIC CO., Ltd, Китай	SD011	350	600 – 800
		300	300
		250	400
Sala International AB, Швеция	BSA-1224-235	300 – 0	150 – 250
ООО «Центр технологических исследований», г. Луганск	ПБМ-120/400	250 – 0	

Выполнен анализ применения сухой магнитной сепарации на обогатительных фабриках ГОКов Кривбасса и стран СНГ, проведенных экспериментов на стендах заводов изготовителей современного оборудования, опытно-промышленных участках по крупнокусковой рудоразборке в железорудных карьерах. Каждое горнодобывающее предприятие имеет свои специфические особенности, связанные с минералогическим составом полезного ископаемого, наличием оборудования и его современности, квалификации обслуживающего

персонала и многих других характеристик работы, поэтому все собранные данные рассматривались индивидуально (табл. 2).

Таблица 2- Результаты анализа использования сухого магнитного обогащения на ГОКах Украины и стран СНГ [2]

Горнорудные предприятия	Этап внедрения	Крупность кусков, мм	Оборудование
1	2	3	4
Полтавский ГОК	Работает на ОФ	60 – 33	4ПБС-63/200 с грохочением Q=200т/ч, Q _ф =250т/ч
	-//-	60 – 33	2ПБС-90/250 с грохочением, Q=500т/ч, Q _ф =350т/ч
	-//-	60 – 0	2ПБС-90/250 без грохочен. Q=500т/ч, Q _ф =500т/ч
Михайловский ГОК	Опытно-промышленные-испытания	-250	ПБМ – 120/400
Михайловский ГОК с 2007 г.	Работает/испытание	-70 /-200	КРМ-1,2/2М, Q=400-450 т/ч=2,2 млн/год
Стойленский ГОК	Работает	20 – 10	2ПБС-90/250 с грохочением
	Опытно-промышленные-испытания	50 – 20	2ПБС-90/250 с грохочением
	-//-	18 – 0	BSA-1223-235
Азербайджанский ГОК	Работает		2ПБС-90/250 с грохочением
ОАО «Олкон»	-//-	40 – 10	BSA-1223-235 Q=682т/ч
	Опытно-промышленные-испытания	-350 + 0	Сепаратор НПО «Эрга» на основе редкоземельных магнитов
Костомукшского месторождения	-//-	10 – 0 +10	Сепаратор DS-1124-65 Q=340т/ч
ОАО «Карельский окатыш»	Опытно-промышленные-испытания	20 – 0	2ПБС-90/250 с грохочением
	-//-	60 – 20	2ПБС-90/250 с грохочением
	-//-	15 – 0	Сепаратор BSA-1223-235
	Работает	350 – 0	Комплекс «Магнис ЛТД» Q=2775,17 тыс. т/год
Лебединский ГОК	На стенде «Магнис ЛТД»	400 – 100 350 – 0	Комплекс «Магнис ЛТД»
Западный карьер Корпангского месторождения	Опытно-промышленная эксплуатация	-350	КМР-1,8/2КО, Q=355-500 т/ч
Центральный ГОК	Работает на ОФ	25 – 0	4ПБС-63/200
Соколово-Сабайский ГОК на Куржункульском карьере	Промышленная эксплуатация с 2008 года на ОФ		КМР-1.8/2 С Q=210-250 т/ч

1	2	3	4
Ингулецкий ГОК	Работает на ОФ	25 – 0	
	На стенде «Магнис ЛТД»	350 – 0	Комплекс «Магнис ЛТД»
АрселорМиталл Кривой Рог на карьере 2-бис.	Верхний перегрузочный пункт ЦПТ	150 – 0	Комплекс ООО РП «Сигма»: дробилка щековая ТРИОСТ-32×54; грохот ГИТ-51; ЭБС-90/120А, ЭБС-90/150А. Q=750-850 т/ч
АрселорМиталл Кривой Рог карьер «Южный»	На борту карьера возле отвала	150 – 0	Комплекс ООО РП «Сигма»: дробилки «Metso Mineral» С100 и GP200; сепаратор ЭБС-90/120А
Шахта «Октябрьская» на промплощадке	Работает	10 – 0	ООО «НПП «Укрэкология» ПБСС-90×110; Q=30-60 т/ч
Коршуновский ГОК	На стенде «Магнис ЛТД»	350 – 0	Комплекс «Магнис ЛТД»

На основании собранных данных (см. табл. 2) выполнен анализ этапов развития научно-технического прогресса. С годами проявляется тенденция внедрения нового оборудования СМС в производство, и соответственно изменяются параметры работы, например, выход сухих хвостов (рис. 2):

- первоначально на ГОКах проводили опытно-промышленные испытания на сепараторах типа 4ПБС-63/200 для широкополосчатых и полосчатых руд. Результаты этих испытаний были противоречивые: так если на Полтавском ГОКе отобрано всего 3,5 % хвостов, то на Центральном ГОКе сухая магнитная сепарация дает хорошие показатели работы с извлечением хвостов до 13,8 %;

- в 1980-х годах в промышленных масштабах внедряли сепараторы 2ПБС-90/250, которые характеризуются более высокими производственными показателями (Полтавский ГОК, Стойленский ГОК, Азербайджанский ГОК). Горная масса, подвергавшаяся сухой магнитной сепарации, была фракцией 60 - 0 мм с извлечением хвостов 5,0 - 8,75 %;

- в 1990-х годах все чаще используется импортное оборудование («Sala International AB» Швеция). Оборудование рассчитано на крупность кусков обогащения в среднем 50 - 0 мм. Практические результаты показали высокие показатели извлечения пустых хвостов до 9,3 - 14,5 %;

- в 2000 годы определилось новое направление в сухой магнитной сепарации, при котором увеличивается крупность перерабатываемых кусков обогащения до 300 - 450 мм (ООО «ЭРГО плюс» г. Калуга, ООО «Научно-технический центр «Магнис ЛТД» г. Луганск и другие производители). Ожидаемые показатели извлечения до 15 - 16 % хвостов из рудной массы и 45-67 % из вскрышных пород.

На современном этапе развития научно-технического прогресса имеется оборудование для переработки горной массы любой крупности от мелкодробленой до крупнодробленой. Оборудование постепенно обновляется, совершенствуется, что создает условия для разработки новых технологий.

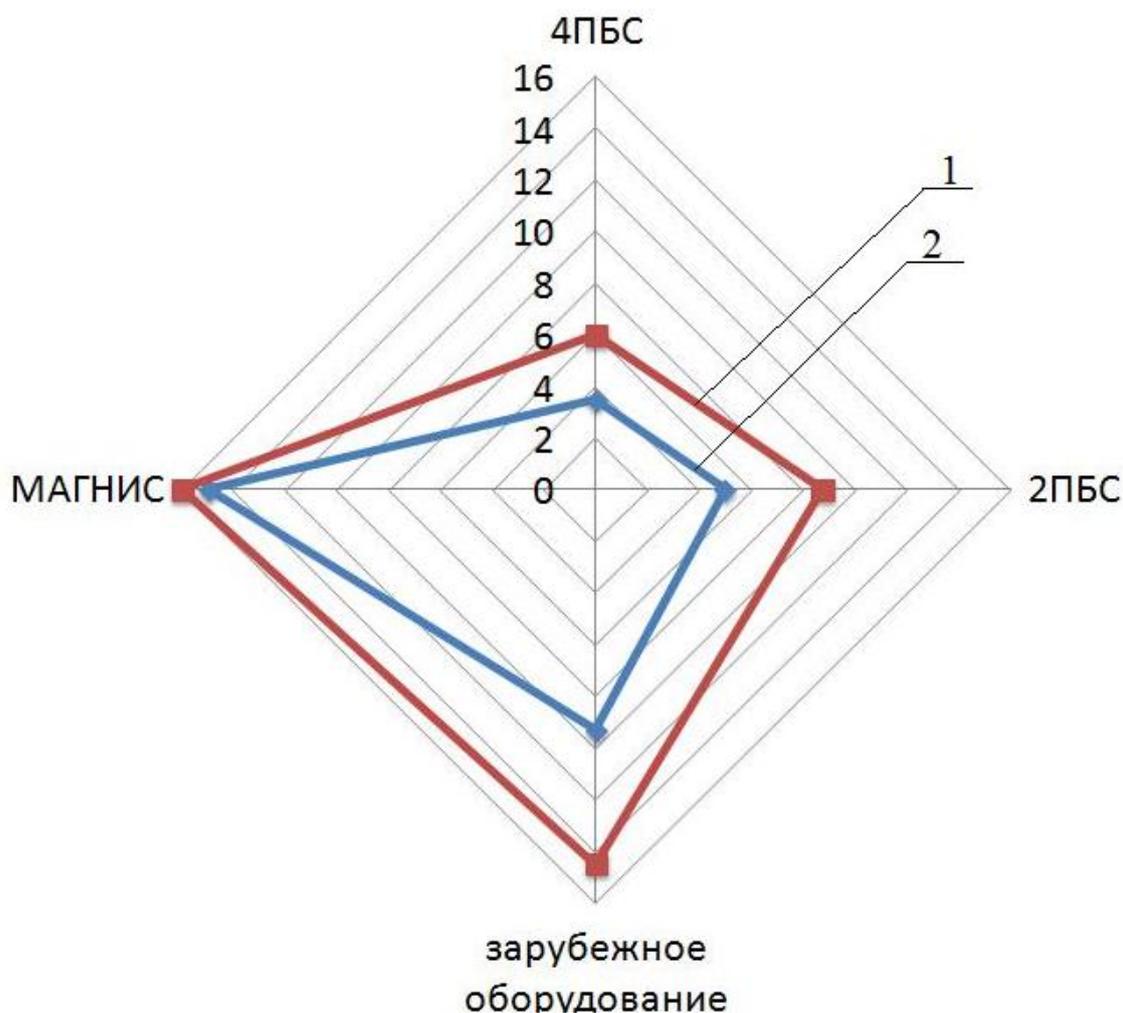


Рис. 2 – Гистограмма, отображающая продуктивность используемого в производстве оборудования по сухой магнитной сепарации
 1 – максимальный выход хвостов; 2 – минимальный

Выводы и перспективы дальнейшего развития. Таким образом, можно сделать вывод, что вопросом переработки крупнокусковой горной массы на железорудных карьерах занимаются научно-исследовательские институты, заводы по изготовлению оборудования, опытно-промышленные предприятия и торговые организации. У каждой организации свое направление, способы и методы исследований, условия применения и результаты.

Анализ применения оборудования на горно-обогатительных комплексах на протяжении 40 лет показал тенденцию смены магнитных сепараторов, появления нового оборудования, его опробования и внедрения в производство. Первоначально сухая магнитная сепарация предусматривалась для применения на обогатительных фабриках для широкопосчатых и полосчатых руд при крупности 25 - 0 мм. Далее опытно-промышленные эксперименты проводились для рудной массы 50 – 0 мм, потом для 100 – 0 мм. На современном этапе развития техники имеются электромагнитные сепараторы для переработки крупнокусковой горной массы 450 – 0 мм, что создает условия для разработки новых ресурсосберегающих технологий.

Условием применения современного оборудования для переработки крупнокусковой горной массы является ограничение по максимальному куску 450 (350) мм, что технологически возможно в трех случаях: после крупного механического дробления, после грохочения грузопотока или в результате качественного взрыва. Ввиду нерентабельности второго (см. обзорную часть) и трудности осуществления третьего варианта типовая технологическая схема включает дробилку крупного дробления. Так как в большинстве случаев в железорудных карьерах Кривбасса и стран СНГ имеется дробилка крупного дробления (и не одна) при циклично-поточной технологии, то это дает возможность с минимальными затратами применять комплекс рудоразборки в карьере или непосредственной близости от него. Поэтому технологию предобогащения руды в карьере рекомендуется рассматривать в комплексе с циклично-поточной технологией, и размещать комплексы предобогащения на нижнем или верхнем перегрузочных пунктах.

Технология предобогащения руды в карьере предназначена для рудных и вскрышных грузопотоков, позволяет отбирать пустые породы из рудной массы и потери из вскрышных пород непосредственно в карьере. В результате повышается производительность комбината по концентрату за счет переработки более качественного сырья и снижаются затраты на концентрат в связи с вовлечением в переработку некондиционных и разубоженных руд и уменьшения при этом коэффициента вскрыши.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четверик, М. С. Разработка Удоканского месторождения при открыто-подземных горно-обогатительных работах / М. С. Четверик, В.В. Кармазин // Цветная металлургия. - 1988. - № 11. – С. 16-21.
2. Бабий, Е.В. Технология предобогащения железных руд в глубоких карьерах / Е.В. Бабий. – К.: Наукова думка, 2011. – 184 с.
3. Пат. 101761 UA, МПК (2013.01) E21C 41/26, E21C 47/00. Спосіб розробки крутоспадних залізородних кар'єрів / К.В. Бабій, В.І. Косенко, О.О. Ікол; заявник і патентовласник ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. - и 2012 00115; заявл. 04.01.2012; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8.

REFERENCES

1. Chetverik, M.S. and Karmazin, V.V. (1988), "Development of the Udokansky deposit during the open and underground and mining and enrichment works" *Tsvetnaya metalurgiya*, no. 11, pp. 16-21.
2. Babiy, K.V. (2011), *Tekhnologiya predobogashcheniya zheleznykh rud v glubokikh karyerakh* [The technology of preliminary enrichment of iron ores in the deep quarries], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.
3. Babiy, K., Kosenko, V. and Ikol, A. M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2013), *Sposib rozrobky krutospadnykh zalizorudnykh kareriv* [The method of development the steeply dipping iron ore quarries], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 101761.

Об авторах

Бабий Екатерина Васильевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе Геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, katebabiy@yandex.ru.

Косенко Виктор Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе Геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина igtmanu@yandex.ru.

Икол Александр Алексеевич, инженер-конструктор в отделе Геомеханических основ технологий

открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, igtmnanu@yandex.ru.

About the authors

Babiy Katerina Vasilevna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, katebabiy@yandex.ru

Kosenko Victor Ivanovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, igtmnanu@yandex.ru.

Ikol Aleksandr Alekseevich, engineer in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, igtmnanu@yandex.ru.

Анотація. Наведено основні результати діяльності фахівців інститутів й організацій, які займаються питанням переробки гірської маси великих шматків в залізорудних кар'єрах. Викладений об'єм теоретичних, аналітичних та експериментальних робіт, які виконані в ІГТМ. Проаналізовані гірничо-збагачувальні залізорудні підприємства України та країн СНД на предмет використання сухої магнітної сепарації в кар'єрі та на збагачувальних фабриках. Розроблена типова технологічна схема попереднього збагачення гірської маси великих шматків в кар'єрі. Обґрунтовані рудні та розкривні вантажопотоки, які рекомендовано спрямовувати на комплекс рудорозробки великих шматків. Проаналізовані виробники електромагнітних сепараторів України, Росії, Швеції та Китаю для гірської маси 450 (350) – 0 мм.

Ключові слова: кар'єр, залізна руда, суха магнітна сепарація, гірська маса великих шматків, технологічна схема, попереднє збагачення, циклічно-потоківа технологія.

Abstract. Key findings of specialists from different institutes and organizations dealing with the problems of rock lump processing in the iron ore quarries are presented including theoretical, analytical and experimental work carried out in the IGTM. Iron ore mining and enrichment enterprises from Ukraine and the CIS are analyzed for possibility to apply dry magnetic separation in their quarries and at their enrichment plants. A standard technological scheme was developed for pre-enrichment of the lump rock mass in the quarry. Ore and overburden freight traffics were established, and such traffics are recommended to be laid to the lump separation complex. Ukrainian, Russian, Swiss and China manufacturers of electromagnetic separators for the rock mass of 450 (350) - 0 mm size are analyzed.

Keywords: quarry, iron ore, dry magnetic separation, lumpy rock mass, technological scheme, preliminary enrichment, cyclically and streaming technology.

*Стаття поступила в редакцію 15.09.2013
Рекомендовано к публікації д.т.н., проф. М.С. Четвериком*