

УДК 553.31 (477.63)

Э.А. Беспояско¹, В.Д. Евтехов², Е.В. Евтехов³

¹ ПАО "ИНГОК"

50064, г. Кривой Рог, Украина, ул. Рудная, 47

E-mail: bespoyasko-ea@ingok.com.ua

² Криворожский национальный университет

50027, г. Кривой Рог, Украина, ул. XXII партсъезда, 11

³ ПАО "СЕВГОК"

50079, г. Кривой Рог, Украина

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КРИВОРОЖСКОГО БАССЕЙНА

Более 130 лет эксплуатации железорудных месторождений Криворожского бассейна можно разделить на четыре этапа развития их минерально-сырьевой базы. Первый (начало в 80-х гг. XIX ст.) связан с добычей богатых бурожелезняковых, затем гематитовых и магнетитовых руд. Переход на обогащение первичных богатых руд и вовлечение в отработку залежей магнетитовых кварцитов — бедных магнетитовых руд, нуждающихся в обогащении (50—60-е гг. XX ст.), — это начало второго этапа. Постепенным исчерпанием богатых гематитовых и бедных магнетитовых руд обусловлен переход в конце XX ст. к третьему этапу. Основное его содержание — начало эксплуатации залежей бедных гематитовых руд — гематитовых кварцитов. Четвертый этап, начинающийся в настоящее время, связан с использованием отходов горно-обогатительных и металлургических предприятий, более комплексной отработкой попутно добываемых металлических и неметаллических полезных ископаемых. Дальнейшее развитие третьего и четвертого этапов позволит значительно расширить минерально-сырьевую базу горно-обогатительных предприятий Криворожского бассейна и решить ряд экономических, экологических и социальных проблем региона.

Ключевые слова: железисто-кремнистая формация, Криворожский бассейн, богатые железные руды, магнетитовые кварциты, гематитовые кварциты, техногенное железорудное сырье, комплексное использование минерального сырья.

Вступление. Железорудная толща Криворожского бассейна характеризуется сложным геологическим строением и многостадийной историей формирования. Современный состав, свойства, структура и текстура руд, форма и локализация рудных залежей — это результат проявления многих геологических процессов: седиментации, диагенеза, динамотермального и других видов метаморфизма, натриевого и других видов метасоматоза, разных по природе и характеру гидротермальных процессов, гипергенеза и др. Пластовые тела железных руд и вмещающих сланцев дислоцированы с образованием многочисленных и морфологически разнообразных пликативных и дизъюнктивных структур разного масштаба. На раз-

ных стадиях образования железорудной толщи эти геологические процессы обусловили возникновение рудных залежей, отличающихся друг от друга по происхождению, масштабам и качеству руд [1—3].

Одна из основных проблем при эксплуатации месторождений полезных ископаемых — истощение минерально-сырьевой базы и, как следствие, необходимость поиска альтернативного минерального сырья. Железорудные месторождения Криворожского бассейна эксплуатируются более 130 лет. За этот период горнодобывающие и перерабатывающие предприятия неоднократно сталкивались с проблемой перехода на новые виды полезных ископаемых и расширения минерально-сырьевой базы предприятий. Основной закономерностью ее развития стало вовлечение в эксплуа-

© Э.А. БЕСПОЯСКО, В.Д. ЕВТЕХОВ, Е.В. ЕВТЕХОВ, 2013

тацию все более бедных железных руд, характеризующихся все большим размером залежей.

Цель работы — обобщение опыта развития минерально-сырьевой базы железорудных месторождений Криворожского бассейна и определение перспективных направлений ее развития.

В статье описаны исторические этапы развития минерально-сырьевой базы предприятий Криворожского бассейна. На основе результатов ранее проведенных исследований и опыта работы горнорудных предприятий авторы выделили четыре этапа развития сырьевой базы региона, охарактеризовали дальнейшие пути развития минерально-сырьевой базы месторождений Кривбасса.

Результаты работы. Развитие минерально-сырьевой базы добывающих и обогатительных предприятий Криворожского железорудного бассейна происходило стадийно. В этом процессе авторы выделяют *четыре* основных этапа.

Начало *первого этапа* совпадает с началом эксплуатации железорудных месторождений Кривбасса. В 1882 г. под руководством А. Поля были введены в действие первые горнодобывающие предприятия [8, 12], которые разрабатывали богатые (содержание железа более 46 мас. %, в основном 55–65) железные руды.

Первые горные выработки Кривбасса были открытыми. В конце XIX ст. велась добыча бурожелезняковых, мартит-бурожелезняковых руд коры выветривания железисто-кремнистой формации и наиболее богатых гематитовых (мартитовых, железослюдко-мартитовых, дисперсногематит-мартитовых) руд верхних наиболее активно дообогащенных в процессе гипергенеза частей тел богатых гематитовых руд. С отработкой их и с ростом масштаба добычи горнорудные предприятия переходили к подземной разработке рудных залежей.

В конце XIX и начале XX ст. богатые гематитовые руды добывались в штольнях в глубоких балках (Дубовая, Сухая, Пужмерки, Червонная и др.) и неглубоких шахтах. Продолжалась добыча руд открытым способом, глубина карьеров превысила 50 м. С увеличением глубины горных выработок фронт работ постепенно сужался в связи с переходом от залежей, имеющих площадной характер распространения, к столбо-, линзо-, гнездообразным рудным телам, характеризующимся

меньшей площадью и близким к вертикальному залеганием. Одновременно происходило постепенное снижение общего содержания железа в богатых гематитовых рудах — от 60–65 мас. % в конце XIX — начале XX ст. до 55–60 — в середине XX ст.

С углублением шахт произошло постепенное вовлечение в отработку залежей невыветренных богатых руд магнетитового состава. Переход к ним от богатых гематитовых руд осуществлялся через зону руд промежуточного состава, которая располагалась на глубине от 100–200 (Первомайское и Желтореченское месторождения) до 300–500 (Валявкинское месторождение) и 600–900 м (Ингулецкое месторождение). Для большинства месторождений Саксаганской железорудной полосы характерно еще более глубокое (1500–2000 м) положение переходной зоны. Шахты, в которых производится отработка рудных залежей Саксаганского железорудного района (от шахты № 1 им. Ф.А. Артема на юге до шахты им. В.И. Ленина на севере), к настоящему времени достигли глубины 1500 м.

Богатые магнетитовые руды отличаются от их гематитовых аналогов более низким (на 1–5 мас. %) общим содержанием железа, повышенной прочностью и более высоким содержанием вредных примесей, главным образом серы и фосфора. Добыча богатых магнетитовых руд прекратилась в 1970–1980-х гг. в связи с исчерпанием их запасов и снижением качества — вначале на Ингулецком и Валявкинском, а затем на Желтореченском и Первомайском месторождениях.

Второй этап. Со снижением качества богатых руд, уменьшением содержания $Fe_{\text{общ}}$ в их составе до 50–55 мас. % связан переход к дообогащению богатых гематитовых руд во второй половине XX ст. Это послужило началом второго этапа развития минерально-сырьевой базы добывающих и перерабатывающих предприятий Криворожского бассейна. Ранее и сейчас используют такие способы повышения их качества: 1. Ручная рудоразборка, состоящая в отборе вручную обломков наиболее богатой руды (как правило "синьки") из транспортируемого конвейером рудного материала, прошедшего одно- или двухстадийное дробление. Такой способ обогащения позволял выделить из потока рядовой гематитовой руды наиболее ценную ее составляющую — мартековский кусок. Использование ручной

рудоразборки прекратилось на разных шахтах в конце 1960-х — начале 1980-х гг.

2. Гравитационное обогащение продуктов дробления низкокачественных гематитовых руд с использованием отсадочных машин. Такая технология применялась на центральных обогатительных фабриках (ЦОФ) бывших рудников им. В.А. Валявко и им. Коминтерна. Широкому использованию этого метода помешала недостаточно высокая его эффективность: содержание железа в руде повышалось незначительно — с 49—52 до 53—55 мас. %; в тонкозернистых отходах обогащения терялась наиболее богатая раскрытая часть рудного материала. От использования отсадочных машин отказались в конце 1970-х — начале 1980-х гг.

3. Обогащение методом дробления руды и последующего грохочения его продуктов. До настоящего времени это наиболее производительный метод обогащения гематитовых руд, который и сейчас используют на дробительно-сортировочных фабриках (ДСФ) шахт и рудников. Метод основан на различии механических свойств богатой и бедной гематитовой руды: частицы первой намного менее прочные, чем второй. После трехстадийного дробления и грохочения, которому подвергают поступающий из шахты рудный материал с исходным содержанием железа 51—53 мас. %, частицы богатой руды накапливаются в мелкозернистом (для разных шахт от 8—0 до 20—0 мм) материале. Общее содержание железа в нем повышается до 55—59 мас. %. Крупнозернистая фракция продуктов дробления (20—100 мм) с содержанием железа от 38 до 45 мас. % (среднее содержание $Fe_{\text{общ}}$ около 40 мас. %) складывается как низкожелезистый доменный кусок. Этот продукт не находит большого применения, его склады переполнены. Общее количество этого материала для всех добывающих предприятий Кривбасса, по разным оценкам, составляет от 10 до 15 млн т. С 1990-х гг. отмечается тенденция вовлечения крупнозернистых отходов ДСФ в повторную переработку.

Залежи богатых бурожелезняковых и магнетитовых руд практически исчерпаны и в настоящее время не разрабатываются. Богатые гематитовые руды добываются восемью шахтами и двумя карьерами, но в связи с уменьшением запасов руд, снижением их качества, увеличением глубины шахт этот процесс при-

ближается к границе экономической целесообразности.

Еще одной отличительной особенностью второго этапа служит введение в эксплуатацию в конце 1950-х гг. залежей магнетитовых кварцитов — *бедных магнетитовых руд*, требующих обогащения. В настоящее время пять горно-обогатительных комбинатов Кривбасса добывают и обогащают руды девяти месторождений.

Обогащение бедных магнетитовых руд производится методом магнитной сепарации в водной среде после измельчения исходного сырья до крупности частиц 74 или 50 мкм. Вовлечение в отработку бедных магнетитовых руд способствовало решению двух основных задач: 1) значительно снизить требования к содержанию железа в добываемой руде (с 50—60 до 30—40 мас. %), что позволило резко увеличить запасы и ресурсы кондиционного железорудного сырья; 2) повысить содержание железа в конечном полезном продукте от 55—60 до 64—66 мас. %.

Третий этап. На протяжении 1990-х гг. нарастала тенденция к снижению запасов разведанных богатых гематитовых и бедных магнетитовых руд. Для ряда шахт и горно-обогатительных комбинатов к 2000 г. четко проявилась недостаточная обеспеченность железорудным сырьем на ближайшую перспективу. Суммарные запасы богатых гематитовых руд шахт и рудников бассейна снизились до уровня ~1 млрд т. Суммарные разведанные запасы магнетитовых кварцитов в границах месторождений всех ГОКов оцениваются в 5—6 млрд т. Это позволяет с достаточной степенью надежности планировать работу комбинатов не далее 2020—2030 гг. Центральный ГОК после 2000 г. перешел к комплексной открытой и подземной добыче магнетитовых кварцитов нескольких месторождений. Эта проблема рассматривается на Северном ГОКе. Уменьшение запасов разведанных руд сопровождается еще одна стойкая негативная тенденция — к снижению их качества. Она проявляется в уменьшении общего содержания железа в составе руд, ухудшении их структурных и текстурных характеристик, снижении технологических показателей их обогащения. Нарастание влияния этих тенденций обуславливает необходимость поиска новых видов железорудного сырья, использование которых было бы экономически целесообразным. Решить эту проблему на многие десятки лет впе-

ред можно, введя в эксплуатацию залежи гематитовых кварцитов — *бедных гематитовых руд*, нуждающихся в обогащении. С этим можно связывать начало третьего этапа развития добычных и обогатительных предприятий бассейна.

Гематитовые (мартитовые, железослюдо-мартитовые, дисперсногематит-мартитовые) кварциты представляют собой продукт выветривания магнетитовых кварцитов. Глубина распространения их площадной коры выветривания обычно не превышает 50—70 м от верхней границы залежей железистых кварцитов. Но в зонах разрывных нарушений, где гипергенные растворы проникали в толщу железистых пород на большую глубину, формировались линейные коры выветривания. Глубина их распространения достигает 1500—2000 м и более.

Представляющие промышленный интерес залежи гематитовых кварцитов присутствуют в составе железорудных толщ многих месторождений Криворожского бассейна. К ним относятся все месторождения Саксаганского железорудного района от шахты им. В.И. Ленина на севере до шахты "Гигант-Глубокая" на юге, а также Ингулецкое месторождение, Скелеватское месторождение Южного ГОКа, Глееватское и Петровское месторождения Центрального ГОКа, Валявкинское месторождение ГОКа комбината "АрселорМиттал Кривой Рог". Гематитовые кварциты составляют значительную часть — от 20—30 до 70—80 % объема продуктивных толщ этих месторождений. Ресурсы залежей гематитовых кварцитов Кривбасса оценены в 50 млрд т, что значительно превышает запасы магнетитовых кварцитов действующих ГОКов (около 5 млрд т) и запасы богатых гематитовых руд действующих шахт (около 1 млрд т).

Изучение минерального и химического состава гематитовых кварцитов, минералогическое обоснование технологии их обогащения, разработка технологических схем производства железорудного концентрата активно проводились на протяжении 1960—1990-х гг. Научные исследования, предпроектные разработки и проектирование обогатительных фабрик основывались на магнитной технологии обогащения руды. Вначале было отдано предпочтение обжиг-магнитной технологической схеме. Предлагалось после восстановительного обжига продуктов измельчения ис-

ходного сырья обогащать полученный продукт в магнитном поле. Обоганительная фабрика на основе этой технологии была построена на Центральном ГОКе. Недостатками ее работы были высокая энергоемкость процесса, низкое качество концентрата (среднее содержание железа около 63 мас. %), значительные потери железа в отходах обогащения, негативные экологические последствия работы фабрики.

В 1980-х гг. приоритетной была признана технология обогащения гематитового сырья, измельченного до крупности частиц менее 74 мкм, в сильном магнитном поле. Она должна была обеспечить общее содержание железа в концентрате до 62 мас. %. Началось строительство КГОКОРа, который планировался к вводу в действие в конце 80-х — начале 90-х гг. XX ст. Сырьевой базой для комбината было определено Валявкинское месторождение с разведанными запасами гематитовых кварцитов около 1 млрд т. Однако в связи с распадом СССР строительство комбината было остановлено. В настоящее время проектная технология обогащения гематитовых кварцитов вряд ли будет реализована, главным образом в связи с недостаточно высоким качеством конечного полезного продукта (содержание железа 60—62 мас. %), высокой энергоемкостью процесса обогащения. Рассматривается возможность дообогащения магнитного концентрата с помощью метода обратной флотации с целью повышения содержания в нем железа до 65—66 мас. %. Но с этим, помимо повышения уровня экологических рисков, связано заметное снижение выхода концентрата и существенный рост его себестоимости.

Авторами были проведены предварительные исследования по применению гравитационной технологии обогащения гематитовых кварцитов, которые показали возможность получения высококачественного гематитового концентрата с содержанием железа 65—66 мас. % [11]. В настоящее время ведутся работы по разработке и внедрению новых энерго- и материалосберегающих технологий создания железорудных концентратов из окисленных и дисперсных железных руд. Основные особенности этих работ заключаются в применении нетрадиционных способов восстановления магнетита из гематита. Предварительные результаты свидетельствуют о перспективности этих методов [14]. Для применения этих тех-

нологий в промышленных условиях необходимо проведение дополнительных испытаний для уточнения технологических схем и выполнение на их основе технико-экономических расчетов для оценки эффективности всего процесса.

Четвертый этап. Основные направления четвертого этапа развития минерально-сырьевой базы предприятий Криворожского бассейна таковы: 1) повышение степени комплексного использования извлекаемой из недр минеральной массы; 2) утилизация накопленных в регионе отходов горнодобывающих, обогатительных и металлургических предприятий. Кроме минерально-сырьевых, технологических и технических особенностей, отличающих его от предыдущих этапов, четвертый этап имеет четко проявленную экологическую направленность.

Попутно добываемые полезные ископаемые железорудных месторождений Кривбасса в разной степени использовались на всем протяжении их разработки. Индустриальных объемов достигло производство щебня из вскрышных кристаллических пород, минеральных пигментов (сурика и охры), технического талька [13, 16]. Однако в составе продуктивных и вмещающих толщ месторождений присутствуют около 50 минералов и горных пород, являющихся ценными металлическими и нематаллическими полезными ископаемыми: абразивный гранат, мелкочешуйчатый мусковит, облицовочный и тротуарный камень, редкие, рассеянные и благородные металлы, около 20 видов цветного, поделочного и коллекционного камня и др. [5–7]. Использование их могло бы в значительной степени удовлетворить потребность Украины и стран ближнего зарубежья в некоторых видах полезных ископаемых. По предварительным расчетам, общий объем использования попутно извлекаемых полезных ископаемых через пять лет после начала их добычи может превысить 1 млн т в год. Прибыль от их реализации составит 200–500 млн грн.

В Криворожском бассейне накоплено, по разным оценкам, от 7 до 10 млрд т промышленных отходов. Это составляет около 30 % отходов всех предприятий Украины. Около 60 % общей массы отвалов горнорудных предприятий, 20 % массы лежалых хвостов обогатительных фабрик и 100 % массы шламов горно-металлургического комбината "Арсе-

лорМиттал Кривой Рог" представляют собой железорудное сырье, соответствующее по качественным показателям требованиям обогатительных предприятий.

В 1990-х гг. были предприняты первые шаги к использованию железосодержащих отходов. Крупнозернистые отходы ДСФ шахты "Заря-Октябрьская" с общим содержанием железа около 40 мас. % методом "сухой" магнитной сепарации дообогатились до получения агломерационной руды с содержанием железа 53–55 % [4]. Внедрение методов сухой магнитной сепарации позволило вовлекать в отработку некондиционные руды, а также вести повторную отработку так называемых потерянных при первичной отработке руд (карьеры "Северный" и "Южный") [15]. В Центральном ГОКе лежалые хвосты обогатительной фабрики возвращались после доизмельчения в действующую технологическую линию.

Начиная с 2005 г. с участием авторов было начато исследование возможности применения гравитационных и гравитационно-магнитных технологий переработки отходов горнодобывающих предприятий. С учетом полученных результатов [9, 10, 17] были разработаны установки по обогащению гравитационными методами лежалых гематитсодержащих хвостов обогащения богатых гематитовых руд (отходы обогащения руд шахты "Северная" им. В.А. Валявко) и магнетитовых кварцитов (лежалые хвосты Северного ГОКа и шахты "Новая", г. Желтые Воды). На основе применения комплексной гравитационно-магнитной технологии доказана целесообразность переработки отвалов гематитовых кварцитов и лежалых шламов металлургического комбината "АрселорМиттал Кривой Рог". Перечисленные технологии позволяют получать железорудный концентрат с общим содержанием железа 65–66 мас. %.

Себестоимость гематитового концентрата, производимого на указанных установках, ниже себестоимости магнетитового концентрата, производимого ГОКаами Кривбасса.

Заключение. Результаты технико-экономических расчетов, проектных разработок, опыта работы первых обогатительных установок свидетельствуют о высокой минералогической, технологической, технической, экономической, экологической, социальной эффективности работ третьего и четвертого этапов развития минерально-сырьевой базы Криво-

рожского бассейна. Вовлечение в эксплуатацию бедных гематитовых руд и техногенного сырья позволит: 1) значительно увеличить минерально-сырьевой ресурс добывающих и обогащательных предприятий Кривбасса; 2) снизить себестоимость железорудного концентрата; 3) увеличить степень использования извлекаемой из недр минеральной массы; 4) внедрить современные технологии добычи и переработки полезных ископаемых; 5) создать дополнительные рабочие места; 6) снизить уровень техногенного давления на регион; 7) повысить качество и расширить спектр производимых продуктов переработки минерального сырья; 8) увеличить конкурентоспособность продукции предприятий Криворожского бассейна на мировом рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акименко Н.М., Белевцев Я.Н., Горошников Б.И. и др.* Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна / Ред. Я.Н. Белевцев. — М. : Госгеолтехиздат, 1957. — 280 с.
2. *Белевцев Р.Я.* Метаморфическая зональность Криворожского бассейна // Геол. журн. — 1970. — № 4. — С. 25—38.
3. *Белевцев Р.Я., Беляев О.Я., Ветренников В.В. и др.* Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Метаморфизм. — Киев : Наук. думка, 1989. — 148 с.
4. *Волошин В.М., Зубкевич В.Ю., Евтехов В.Д.* Опыт повторного обогащения отходов дробильно-сортировочных фабрик Криворожского бассейна // Сб. материалов V конгр. обогатителей стран СНГ / Моск. ин-т стали и сплавов (23—25 марта 2005 г.). — М., 2005. — Т. III. — С. 46—48.
5. *Евтехов В.Д.* Альтернативная минерально-сырьевая база железорудных месторождений Кривбасса // Разработка рудных месторождений / Криворож. техн. ун-т. — Кривой Рог, 1997. — С. 121—125.
6. *Євтехов В.Д.* Етапи формування комплексної мінерально-сировинної бази залізорудних родовищ Криворізько-Кременчуцького лінеаменту // Відом. Акад. гірн. наук України. — 1997. — № 4. — С. 111—114.
7. *Евтехов В.Д., Евтехов Е.В.* Сырьевая база предприятий по производству гематитового концентрата в Криворожском бассейне // Сб. материалов VI конгр. обогатителей стран СНГ / Моск. ин-т стали и сплавов (28—30 марта 2007 г.). — М., 2007. — Т. II. — С. 113—114.
8. *Евтехов В.Д., Евтехов Е.В.* Этапы развития минерально-сырьевой базы Криворожского бассейна // Геол.-минерал. вісн. — 2007. — № 2 (18). — С. 45—59.
9. *Евтехов В.Д., Кириносос С.Э., Беспояско Т.В.* Минералого-технологическое обоснование повторной переработки тонкозернистых отходов обогащения гематитовых руд Криворожского бассейна // Там же. — 2006. — № 1 (15). — С. 61—65.
10. *Евтехов В.Д., Федорова И.А.* Топоминералогия отходов обогащения бедных железных руд Кривбасса как техногенного железорудного сырья // Там же. — 2001. — № 2 (6). — С. 81—87.
11. *Евтехов В.Д., Филенко В.В., Беспояско Э.А., Матыс В.Б.* Некоторые черты технологической минералогии гематитовых кварцитов Ингулецкого месторождения Криворожского бассейна // Новое в технологии, технике и переработке минерального сырья : Сб. науч. тр. н.-и. и проект. ин-та "Механобрчермет". — Кривой Рог, 2004. — С. 113—117.
12. *Кочегін І.О.* Олександр Поль: мрії, справи, спадщина / Нац. гірн. акад. України. — Дніпропетровськ, 2000. — 233 с.
13. *Куделя А.Д.* Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных обогащательных комбинатов УССР. — Киев : Наук. думка, 1984. — 496 с.
14. *Пономаренко А.Н., Брик А.Б., Дудченко Н.А., Юшин А.А.* Новые энерго- и материалосберегающие технологии создания железорудных концентратов из окисленных и дисперсных железных руд // Зб. наук. пр. II Міжнар. наук.-техн. конф. "Геомеханічні аспекти та екологічні наслідки відпрацювання рудних покладів" / Криворіз. нац. ун-т (21—22 груд. 2012 р.). — Кривий Ріг, 2012. — С. 197—198.
15. *Самоткал Э.В., Заболотный С.А., Величко Ю.В. и др.* Сухая магнитная сепарация некондиционных гематит-мартитовых руд — путь к увеличению производства товарной продукции на шахтах Криворожского бассейна // Сб. материалов V конгр. обогатителей стран СНГ / Моск. ин-т стали и сплавов (23—25 марта 2005 г.). — М., 2005. — Т. III. — С. 211—213.
16. *Сытай В.А., Евтехов В.Д., Матыс В.Б.* Тальк Кривбасса: перспективы промышленного применения // Геол.-минерал. вісн. — 2004. — № 1 (11). — С. 71—76.
17. *Федорова И.А.* Хвосты Северного ГОКа — высококачественное техногенное железорудное сырье // Тез. докл. науч.-техн. конф. молодых специалистов "Криворожсталь-2004". — Кривой Рог, 2004. — С. 14—15.

Поступила 19.09.2013

Е.О. Беспояско, В.Д. Евтехов, Е.В. Евтехов

МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННА БАЗА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Понад 130 рр. експлуатації залізорудних родовищ Криворізького басейну можна розділити на чотири етапи розвитку їхньої мінерально-сировинної бази. Перший (розпочався у 80-х рр. XIX ст.) пов'язаний з видобутком багатих бурозалізнякових, дещо пізніше гематитових і магнетитових руд. Перехід до збагачення первинних багатих руд та залучення до відпрацювання покладів магнетитових кварцитів — бідних

магнетитових руд, що потребують збагачення (50–60-ті рр. ХХ ст.) є початком другого етапу. Поступовим вичерпанням багатих гематитових і бідних магнетитових руд обумовлений перехід наприкінці ХХ ст. до третього етапу. Основний його зміст — початок експлуатації покладів бідних гематитових руд — гематитових кварцитів. Четвертий етап, який розпочинається тепер, пов'язаний з використанням відходів гірничодобувних, збагачувальних, металургійних підприємств, більш повним використанням неметалевих і металевих корисних копалин, які видобувають супутньо. Подальший розвиток третього та четвертого етапів дозволить суттєво розширити мінерально-сировинну базу гірничо-збагачувальних підприємств Криворізького басейну та розв'язати низку економічних, екологічних та соціальних питань регіону.

Ключові слова: залізисто-кремениста формація, Криворізький басейн, багаті залізні руди, магнетитові кварцити, гематитові кварцити, техногенна залізородна сировина, комплексне використання мінеральної сировини.

E.A. Bespoiasko, V.D. Evtexhov, E.V. Evtexhov

MINERAL AND RAW MATERIAL BASE OF MINING AND CONCENTRATION ENTERPRISES OF KRYVYI RIG BASIN

The 130-year period of operation of the Kryvyi Rig basin iron ore deposits may be divided into four stages of their mineral raw material base development. The first stage (beginning from the 80's of the 19th century) dealt with extracting high-grade ores; initially they were limonite, then hematite and magnetite ones. The characteristic feature of this stage was a gradual decrease in the total iron content in the mined ore — from 60–65 wt. % in the late 19th — early 20th century to 50–55 wt. % in the mid-20th century. The reduced quality of high-grade ores led to the need in their enrichment, and the need in restoration of the quantity of depleted stocks led to the commissioning

of magnetite quartzite deposits — low-grade magnetite ores that required enrichment. The beginning of enrichment of primary ore (the 50–60's of the 19th century) was the beginning of the second stage. Application of the enrichment process allowed increasing the iron content in the final product from 50–55 up to 60–65 wt. % for high-grade hematite ores, and from 35 % up to 64–68 % for low-grade magnetite ores. The development of magnetite quartzite allowed increasing the reserves and resources of conditioned iron ore dramatically: from 1–2 up to 5–6 billion tons. Transition to the third stage at the end of the 20th century was determined by gradual exhausting of high-grade hematite and low-grade magnetite ores. The beginning of the use of low-grade hematite ore and hematite quartzite deposits was its main content. Deposit resources of Kryvbass hematite quartzite are estimated by 50 billion tons that is much more than the reserves of magnetite quartzite of the functioning quarries (about 5 billion tons) and the reserves of high-grade hematite ores of the functioning mines (about 1 billion tons). The main problem at this stage is the low quality of hematite concentrate (Fe_{total} up to 62 %). The fourth stage being started nowadays is connected with use of mining, concentration, steel-making wastes, and the comprehensive use of accompanying nonmetalliferous and metalliferous minerals. In accordance with the preliminary calculations the total volume of the extracted waste of mineral deposits and enterprises may exceed 1 million tons per year at the same time. The results of the third and fourth stages of the development of mineral resources base of Kryvyi Rig basin indicate their high efficiency. Their further implementation will significantly expand the base of mineral resources of Kryvyi Rig enterprises and solve a number of economic, environmental and social problems of the region.

Keywords: banded iron formation, Kryvyi Rig basin, high-grade iron ores, magnetite quartzites, hematite quartzites, technogenic iron ore raw materials, comprehensive use of mineral raw materials.