

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА БОГАТЫХ РУД КРИВОРОЖСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО БАССЕЙНА

Общеизвестно, что Криворожский железорудный бассейн является уникальным не только по количеству запасов железных руд, но и по целому ряду других определяющих его признаков. Это не только длительная, двухмиллиардная история его формирования в сложных и своеобразных структурно-тектонических условиях, но и многогранность и многоэтапность геологических процессов, широта и разнообразие их проявления, как в пространстве, так и во времени.

Уникальной является и изученность криворожских недр, в которой принимало участие огромное количество исследователей- Н.П. Барботде-Морни, А.Н. Поль, В.А. Домгер, С.О. Конткевич, П.П. Пятницкий, Э.К. Фукс, И.И. Танатар, Н.И. Свитальский, Ю.Г. Гершойг, П.М. Каниболоцкий, Ю.И. Половинкина, Я.Н. Белевцев, Н.П. Семенов, А.П. Никольский, Е.К. Лазаренко и др., а также коллективы геологоразведочных организаций, рудничных геологических служб, учебных и научно-исследовательских институтов, Академий.

Среди обширного и оригинального научного багажа особое место всегда занимали так называемые «богатые» руды, т.е. такие, которые использовались в металлургической промышленности без предварительного обогащения. С них более 200 лет назад начиналась история отработки и изучения недр Кривбасса. Им посвящены исследования советского периода: Д.С. Коржинский, А.С. Поваренных, Н.П. Семенов, Я.Н. Белевцев, Н.А. Корнилов, Г.В. Тохтуев, М.И. Черновский, А.И. Стрыгин, Г.Г. Бура, М.Н. Доброхотов, В.С. Федорченко, А.П. Гречишников, В.Л. Максимович, Ю.П. Мельник, Р.И. Сороштан, Л.И. Мартыненко, В.М. Кравченко, Э. В.Дмитриев, А.Д. Додатко, Я.З. Дорфман, В.Г. Борисенко, А.Т. Джездалов, М.К. Заика, В.И. Шелегеда, М.С. Точилин и многие другие.

По богатым рудам Кривого Рога накоплены колоссальные знания, как ни на одном из аналогичных месторождений мира. В последние двадцать- тридцать лет новые данные предоставили разноплановые геофизические исследования, среднемасштабная, геологическая съемка и пробуренная в Кривом Роге в период 1984-1995г.г. сверхглубокая скважина. Сейчас имеется возможность по-новому оценить многие региональные вопросы стратиграфии, тектоники и рудообразования, в том числе и вопрос о месте и роли Криворожского железорудного бассейна в глобальной истории развития земной коры.

По дислокации рудных полей, химическому и минеральному составу, физическим и физико-механическим свойствам, текстурно-структурному рисунку и другим признакам в том числе и по происхождению многие исследователи в богатых рудах Кривого Рога выделяют три типа:

- центральный- саксаганский,
- южный - ингулецкий,
- северный или первомайско-желтореченский.

*1. Руды саксаганского типа*, представляют собой главные ресурсы богатых залежей. Название происходит от Саксаганского геологического района, где богатые руды прослеживаются на расстояние 30 км, образуя локальные концентрации - месторождения. Руды добываются в течение уже двух веков, но особенно активно в советский период, когда отработка велась рудниками подземной добычи (с юга на север) им. Дзержинского, им. Кирова, им. К.Либкнехта, им. Коминтерна, им. Фрунзе, им. XX Партсъезда, им. Р.Люксембург и им. Ленина. В настоящее время месторождение Р.У. им. Дзержинского уже отработано. Добыча богатой руды на остальных месторождениях осуществляется шахтами «Артем-1» (АрселорМитталКривой Рог), «Родина», «Октябрьская» (ПАТ Криворожский железорудный комбинат - КЖРК), им. Фрунзе, «Юбилейная» (ПАТ «Сухая балка»), «Гвардейская», им. Ленина (ПАТ КЖРК), им. Орджоникидзе» (ПАТ «ЦГОК»).

Объем товарной богатой руды, добываемой в Кривом Роге, в настоящее время составляет 10,1-11,6 млн.т. в год. Среднее содержание в ней железа колеблется от 50 до 54% (для разных шахт).

Добыча богатых руд бассейна ведется на уровне гипсометрических горизонтов от -1040 до -1315м. Подготовка горных выработок выполняется на горизонтах от -1115 до -1500м; проектными горизонтами являются более глубокие – до- 1660м.

Экономически целесообразная глубина добычи богатых руд, по данным Криворожского НИГРИ, составляет 2500м.

Разведочными скважинами залежи богатых руд саксаганского типа подсечены до глубины 2000-2700м.

В Саксаганском районе выделяется два структурно- морфологических типа рудных залежей: шарнирная и столбообразные.

Шарнирная залежь располагается в замковой части Саксаганской синклинали, согласно с ней погружается в север - северо-восточном направлении под углом 12-22°. Падение залежи западное под углом 40-45°. Протяженность 12,5 км. Мощность залежи от 1 до 260м. Максимальная глубина ее распространения в границах рудника им. Ф.Э. Дзержинского достигала 1000м. При наличии шарнирного оруденения в горных отводах северной группы рудников Саксаганского района, залежь можно ожидать на глубине от 2500м (рудник им. М.В. Фрунзе) до 3800м (рудник им. Р. Люксембург).

Столбообразные рудные залежи приурочены к участкам распространения поперечной открытой складчатости и к флексурным изгибам сохранившегося восточного крыла Саксаганской синклинали. Обычно они наследуют углы падения вмещающих пород (от 45 до 70-75) и склоняются в северном, реже - южном направлении под углами от 50 до 80°. Количество этих залежей в Саксаганском районе превышает 140.

Все залежи имеют форму столбов сложной конфигурации- с многочисленными раздувами, пережимами, разветвлениями. Нередко с глубиной они расчленяются на ряд разобщенных тел или, наоборот, сливаются в одно рудное тело. Средняя мощность залежей 30м. В них часты включения вмещающих пород.

Рудоконтролирующей структурой для всех рудных полей района является Саксаганский антиклинальный надвиг. К нему с лежачего бока последовательно примыкают шестой, пятый и четвертый железистые горизонты, сложенные гематитовыми кварцитами, которые являются рудовмещающими на всем протяжении структуры. Четвертый железистый горизонт был наиболее распространен на юге района (рудники им. Дзержинского и им. Кирова), далее к северу он фациально выклинивается. Первый и второй железистые горизонты интенсивно орудневают в пределах рудников им. Коминтерна и им. Ленина. Значительно меньшие объемы оруденения иногда наблюдаются в пятом и шестом сланцевых горизонтах на контакте с железистыми.

Богатые руды Саксаганского района характеризуются простым минеральным составом. Различаются минералы рудного каркаса, унаследованные от исходных железистых пород (по другим представлениям, метаморфогенных руд) и измененные в процессе гипергенеза, а также более поздние - эпигенетические минералы.

К минералам рудного каркаса относятся мартит, железная слюдка, дисперсный гематит и кварц (рис.1); второстепенное значение имеют магнетит, эмульсоидный гематит, гидрослюды, хлорит и каолинит. По генетическим особенностям минералы рудного каркаса являются либо остаточными (магнетит, гематит, эмульсоидный гематит и кварц), либо псевдоморфными, образованными по минералам исходных пород (руд) с сохранением их формы (мартит, дисперсный гематит и каолинит).

Группа эпигенетических минералов, распространенных в богатых рудах Криворожского бассейна более широко, чем в рудах других аналогичных месторождений мира, насчитывает 15 минеральных видов: кварц, гетит, гематит, сидерит, анкерит, доломит, магнезит, хлорит, каолинит, серпентин, тальк, апатит, пирит, марказит, барит. По времени образования они являются более поздними, по сравнению с минералами рудного каркаса [1]. Они отлагались в порах и пустотах уже сформировавшихся богатых руд, а, нередко, и в более плотных кварц- мартитовых рудах и окисленных железистых кварцитах (окварцевание).

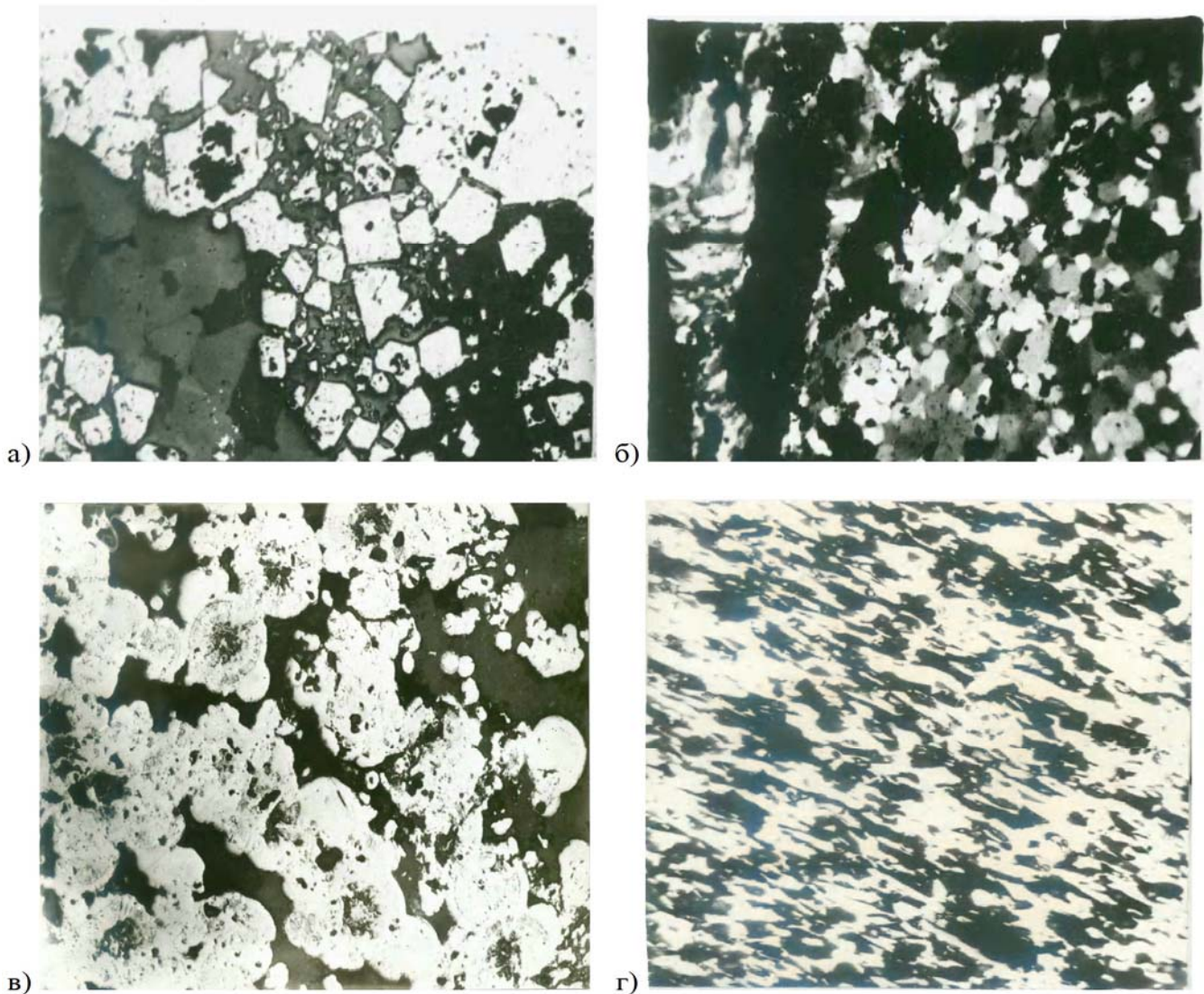


Рис. 1-Морфология основных минералов руд Саксаганского типа. Отраженный свет (а, в, г). Ув.  $\times 180$ . Белое – рудные минералы; черное – поры. Проходящий свет (г). Ув.  $\times 140$   
Черное – рудные минералы; белое и различные оттенки серого – кварц.

- а) октаэдрическая форма зерен мартита;
- б) мозаичная структура метаморфического кварца;
- в) глобулярная форма выделений дисперсного гематита;
- г) таблитчатая форма зерен железной слюдки.

Общий текстурно-структурный облик богатые руды унаследовали от исходных железистых пород (метаморфогенных руд). Существенным изменением, вызванным гипергенными воздействиями, было появление в рудах интенсивно развитой (до 25-35%) пористости за счет разложения и выщелачивания кварца, карбонатов и силикатов из слоев всех видов, в том числе и нерудных, в результате чего руды приобрели низкую крепость - от 1-2 до 6-8 баллов по шкале М. М. Протодяконова. Центральные части залежей обычно сложены рыхлыми и сыпучими рудами. В торцах залежей и на контактах их с вмещающими окисленными кварцитами в рудах снижается содержание железа и, нередко, увеличивается их крепость- до 10-14 баллов.

На заключительных стадиях формирования богатые пористые руды еще раз изменили свои текстурно-структурные характеристики- при цементации их эпигенетическими минералами. Пористость их при этом снизилась до 10-5%, а крепость увеличилась до 6-24 баллов.

По минеральному составу, в котором отражена приуроченность рудных тел к определенным стратиграфическим горизонтам и положению их в разрезе, а также интенсивности основного рудообразующего процесса (выщелачивание и вынос за пределы рудных залежей кремнезема) среди руд саксаганского типа выделяются следующие минералогические разновидности: кварц-



мартитовые, мартитовые, железослюдко-мартитовые, дисперсногематит-мартитовые, мартит - дисперсногематитовые, дисперсногематитовые и коалинит - дисперсногематитовые (рис.2).

Мартитовые и железослюдко-мартитовые руды в сумме, по данным Л.Ф. Залаты составляют 60% балансовых запасов богатых руд Криворожского бассейна, дисперсногематит-мартитовые -28, а дисперсногематитовые-10% [2]. Кроме перечисленных, на отдельных месторождениях бассейна в небольшом количестве (1-7%) отмечаются богатые руды магнетит-мартитового и магнетитового состава.

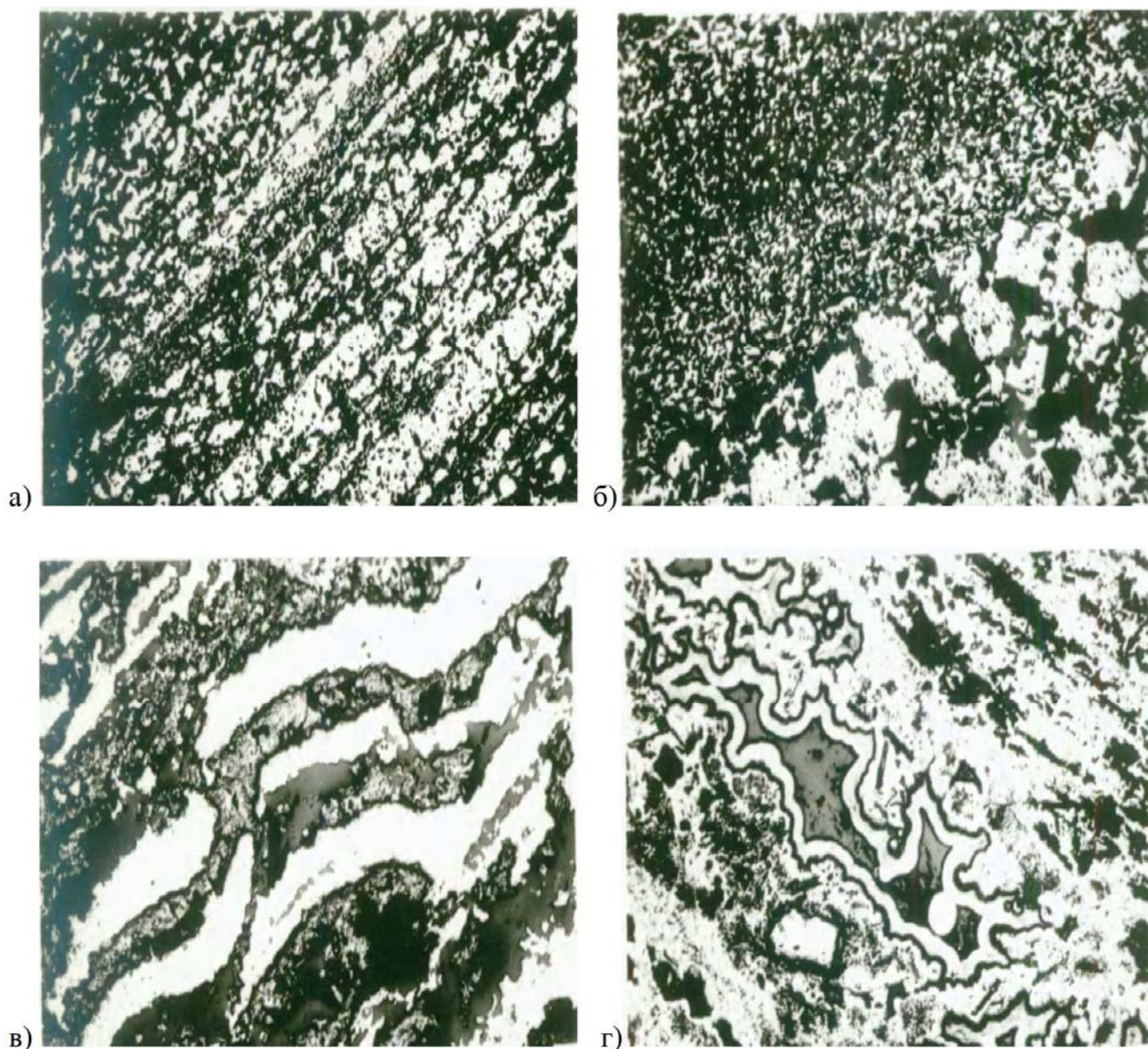


Рис. 2 -Текстурно структурные особенности руд Саксаганского типа. Отраженный свет. Ув.  $\times 60$ . Белое – рудные минералы; темно серое – нерудные минералы; черное – поры.

- а) мартитовая руда;
- б) железослюдко – мартитовая руда;
- в) дисперсногематит - мартитовая руда;
- г) дисперсногематитовая руда.

Химический состав руд саксаганского типа определяется суммой оксидов железа (в основном  $Fe_2O_3$ , в незначительном количестве  $FeO$ ) и кремния ( $SiO_2$ ), которая колеблется от 94 до 99%. Содержание других химических компонентов в рудах, не затронутых эпигенетической минерализацией, обычно составляет сотые-первые десятые доли процента.

Нижний предел содержания  $Fe_{общ}$  в составе руд саксаганского типа (46 мас.%) определяется требованиями существующих кондиций, верхний - достигает 69,0-69,6 мас.%, что фиксируется в

отдельных участках залежей. Высокое содержание железа (63-65 мас. %) характерно для мартитовых и, особенно, железослюдко-мартитовых и мартит-железослюдковых руд. Более низким является содержание железа в составе дисперсногематит-мартитовых, мартит - дисперсногематитовых, дисперсногематитовых и каолинит-дисперсногематитовых руд. Самое низкое содержание железа (46-55 мас.%) - в составе слабо оруденелых кварц-мартитовых руд.

В любом случае содержание железа в руде определяется ее положением в залежи: самые богатые руды располагаются в центральных частях, а самые бедные - в периферийных, вдоль контактов с вмещающими породами. Краевые зоны залежей чаще всего сложены пористыми рудами, переслаивающимися со слабо выщелоченными окисленными железистыми кварцитами или сланцами, реже - полурыхлыми маршалит-мартитовыми или плотными кварц-мартитовыми рудами. Последние характеризуются присутствием метаморфического (микрогранобластового) кварца. Такая смена качества железных руд от центра к периферии залежей характерна для всех рудных узлов (рудников). Она отражает интенсивность основного рудообразующего процесса-выщелачивания кремнезема, более активного в тектонически подготовленных центральных частях залежей по сравнению с периферийными.

Систематическим опробованием рудного керна глубоких скважин на содержание FeO установлена важная особенность остаточных руд саксаганского типа: глубокая степень окисления рудных минералов, одинаковая для любых глубин вскрытия залежей. Исключение составляют лишь магнетитовые руды северного фланга рудника им. Ленина, что связано, скорее всего, со спецификой их геологической позиции на окраине Саксаганского рудного поля, в зоне перехода к Первомайскому месторождению магнетитовых руд.

2. Руды южного ингулецкого типа слагают сложноскладчатые и пластообразные тела, приуроченные к контакту криворожской и ингулецкой серий. В них установлены разновидности: магнетит-силикатные, магнетит-карбонатные, магнетит-железослюдковые, мартит-магнетитовые и мартитовые. Местами с глубиной наблюдаются постепенные переходы мартитовых руд в магнетитовые, в которых иногда встречаются включения магнетитовых кварцитов.

В середине прошлого века руды ингулецкого типа в южной части Криворожского бассейна обрабатывались рядом горнодобывающих предприятий - Карьером Малого Советского рудника, шахтами им. Валявко, №5, №10 и им. Калинина, а также рудника «Ингулец», которые в настоящее время уже закрыты.

В скважине карьера Малого Советского рудника мартитовые руды на глубине 490-516м сменились магнетит-силикатными, магнетит-карбонатными и магнетит - карбонатными с альбитом и, иногда, с турмалином.

В поле шахты им. Валявко основная масса рудных залежей имела мартитовый состав и залегала среди мартитовых кварцитов. Был установлен переход к силикат - магнетитовым рудам в магнетитовых кварцитах четвертого железистого горизонта, контактирующего с магнетит - хлоритоидными сланцами ингулецкой серии.

В Екатерининской синклинали была установлена последовательная смена мартитовых руд в мартитовых кварцитах, контактирующих с кварцитами ингулецкой серии, на железослюдко-мартитовые в кварцитах того же состава и далее, в северной части рудного поля, на силикат-магнетитовые руды в хлорит - магнетитовых кварцитах.

В поле шахты №5 также наблюдались хлорит-магнетитовые руды в толще хлорит-магнетитовых кварцитов, а в поле шахты №10 дисперсногематит-мартитовые руды залегали в дисперсногематит - мартитовых кварцитах.

В пределах Тараповского рудного поля на шахте им. Калинина пластообразные залежи были приурочены к четвертому и пятому железистым горизонтам, контактирующим с породами ингулецкой серии. Залежи были сложены мартитовыми и магнетит-силикатными рудами, с глубиной переходящими в магнетит-карбонатные. Рудные залежи и вмещающие их куммингтонит-магнетитовые кварциты были нарушены поперечными сдвигами на блоки длиной от 20 до 100м. В поперечных и диагональных трещинах наблюдались образования крокидолита и карбонатов, наиболее поздним были жилы кварц - анкеритового состава.

Богатые руды шахт рудника «Ингулец», в соответствии с фондовыми данными Криворожской комплексной геологической партии, имели гематитовый состав до глубины 500-

700 м, гематит-магнетитовый в интервале глубин от 500-700 до 900 м и магнетитовый на глубинах более 1000 м.

На Ингулецком ГОКе в настоящее время проводится изучение возможности селективной добычи богатых гематитовых руд с целью повышения эффективности использования минерально-сырьевой базы.

Форма рудных тел линзовидная, столбовидная и гнездовидная, мощность их - от нескольких десятков сантиметров до 40-50 м (средняя 10-15 м).

Минеральный и химический состав руд ингулецкого типа обусловлен составом первичных магнетитовых руд, а также направленностью и интенсивностью их гипергенных изменений. В этой связи выделяется около 20 минералогических разновидностей, значительно отличающихся по качеству. Среднее содержание железа 53 мас.%. По данным геологического изучения рудных залежей, богатые гематитовые залежи имеют следующие особенности:

— преимущественное расположение рудных тел в пришарнирной части Лихмановской синклинали и их приуроченность к зоне контакта верхней части разреза пятого и шестого железистых горизонтов с гданцевской свитой [3];

— секущее или согласное расположение тел богатых руд по отношению к простиранию вмещающих гематитовых кварцитов и наличие их включений в рудных телах;

— низкая крепость руд;

— содержание общего железа в рудах от 46 до 64 мас.% (в среднем 53), железа магнетитового - от 0,0 до 2,0 мас.% (в среднем около 0,3).

3. Северный первомайско-желтореченский тип руд развит в северной части Саксаганской и Желтореченской синклиналей.

Первомайское месторождение богатых железных руд обрабатывалось шахтами Первомайского рудоуправления; бедные руды (железистые кварциты) являются сырьевой базой СевГОКа. Структура месторождения представляет собой продолжение однокрылой Саксаганской синклинали, осложненной поперечной флексурой третьего порядка. Характерной особенностью месторождения является чрезвычайно широкое развитие дизъюнктивных нарушений, особенно в пределах флексурной структуры, где многочисленные линейные зоны тектонических разрывов субмеридионального, северо-западного и широтного простирания сопровождаются брекчированием и милонитизацией пород. В результате интенсивного дробления этот участок месторождения имеет типичные черты мозаично-блокового строения. Первомайская флексура осложнена складками высшего порядка, как по простиранию, так и по падению. Рудные залежи, по мнению рудничных геологов (И.Г. Сокурено, А.В. Головатый и др.) образовались, по видимому, до образования флексуры. Они также разбиты на блоки размером от 30 до 300 м самой разной формы.

Рудные залежи расположены в объединенных пятом и шестом железистых горизонтах; шестой сланцевый горизонт отсутствует. Залежи имеют сложную форму, крутое (75-80°) падение и, преимущественно тектонические контакты с вмещающими породами. Длина залежей колеблется от 230 до 600 м, средняя мощность - от 31,0 до 76,5 м. Запасы руд подсчитаны до глубины 1500 м. Прогнозные запасы в интервале 1480-2320 м оцениваются в 247 млн. т; среднее содержание железа 52,03 вес%. Руды имеют эгирин-амфибол-гематит-магнетитовый состав. На глубине они сменяются магнетит-доломитовыми рудами. На верхних горизонтах магнетитовые руды переходят в рыхлые мартитовые, подобные рудам саксаганского типа. Предполагается, что рудообразование сопровождается натриевым и карбонатным метасоматозом.

В Желтореченской синклинали развиты магнетит-силикатные богатые рудные залежи, образующие рудные поля, контролируемые развитием поперечных крутосклоняющихся структур. Выделяется ряд полей - синклиналей с вертикально-поставленными шарнирами: Урсати, Нетесовка и Каллоти. В рудном поле наблюдается западная цепь оруднений по западному, срезанному к северу, крылу синклинали; центральный узел рудных залежей - столбов, приуроченный к ядру крутосклоняющейся Желтореченской синклинали; восточная цепь залежей по восточному крылу и, наконец, на южном замыкании синклинали развиты крутопадающие рудные залежи Буденновского карьера. Эти цепи рудных столбов окаймляют по периферии ядро синклинали, сложенное кварцитами и сланцами ингулецкой серии.

Магнетитовому оруднению подвергаются как пласты магнетит - железослюдковых и амфибол - магнетитовых кварцитов, так и магнетит-амфиболовые, куммингтонит - рибекитовые и гранат-биотитовые сланцы.

Таким образом, в Криворожском железорудном бассейне установлено три типа богатых руд, которые могут использоваться в металлургическом переделе без предварительного обогащения. Согласно названию геологических районов, где они дислоцируются, эти типы получили названия саксаганского, ингулецкого и первомайско-желтореченского.

Указанные типы отличаются друг от друга по дислокации рудных полей, химическому и минеральному составу, физическим и физико-механическим свойствам, текстурно-структурным характеристикам и другим признакам, что обусловлено разным их происхождением.

По обеспеченности запасами основным типом богатых руд является саксаганский. Он - единственный тип руды, который в настоящее время эксплуатируется. На Ингулецком ГОКе ведутся работы по вовлечению в добычу богатых руд ингулецкого типа.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Семененко Н.П., Тохтуев Г.В., Кравченко В.М. и др. Структура Криворожских месторождений богатых руд и закономерности их развития на больших глубинах - К: Наукова думка, 1981.-188с.
2. Залата Л.Ф. Методы подсчета и учет запасов на месторождениях Криворожского бассейна / Методическое руководство для разведочной и рудничной геологической службы месторождений Криворожского типа - К.: Изд АН УССР, 1963.- С.214-241.
3. Беспояско Е.О., Євтехов В.Д. Геологічна позиція «втрачених» покладів багатих гематитових руд Інгулецького родовища // Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів. – 2010.- С. 40-42.