



ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ТИПЫ МЕТАМОРФОГЕННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ¹

В.А. Дунаев
И.М. Игнатенко

*Белгородский
государственный
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы 85
E-mail: ignat86_m@mail.ru*

В рамках двух основных формационных типов месторождений железистых кварцитов (киватинского и криворожского) дана их прикладная геолого-структурная типизация с учетом особенностей складчато-дизъюнктивных дислокаций, влияющих на устойчивость уступов карьеров, разрабатывающих эти месторождения.

Ключевые слова: месторождения железистых кварцитов, складчатость, разрывные нарушения, структурная типизация, устойчивость уступов карьеров.

Железорудные месторождения метаморфогенной генетической группы представлены железистыми кварцитами. Они играют важную роль в сырьевом обеспечении отечественной и мировой чёрной металлургии. В нашей стране на них приходится 56% разведанных запасов промышленных категорий (А+В+С₁) и почти 65% объема добычи железных руд. Подавляющая часть запасов железистых кварцитов России (84%) сосредоточена на КМА, где их ежегодная добыча составляет 52% общероссийской добычи железных руд.

Месторождения железистых кварцитов эксплуатируются почти исключительно открытым способом. Как правило, рудные залежи уходят на глубину до 300-500 м и более, что обуславливает большую глубину разрабатывающих их карьеров и делает чрезвычайно актуальной проблему безопасности горных работ, связанную главным образом с устойчивостью уступов на предельном контуре карьеров.

В массивах крепких скальных пород, какими представлены месторождения железистых кварцитов, устойчивость уступов карьеров определяется типом и ориентировкой поверхностей ослабления массивов, которые обусловлены особенностями их структуры. Месторождениям железистых кварцитов присущи следующие структурные особенности: слоистость (стратификация), складчатость, наличие разрывных нарушений. Конкретное их проявление (характер литолого-стратиграфического разреза и складчато-дизъюнктивных дислокаций) определяется генезисом месторождения.

Месторождения железистых кварцитов по времени и условиям образования, масштабам оруденения, особенностям вещественного состава и структуры руд подразделяются на два формационных типа: киватинский (алгоманский) и криворожский [1].

Месторождения киватинского типа имеют более древний возраст (поздний архей – ранний протерозой) и залегают в породах высоких ступеней метаморфизма (амфиболитовой и гранулитовой фаций) – гнейсах, амфиболитах, кристаллических сланцах. Железистые кварциты и вмещающие их породы часто несут следы гранитизации, в них широко развиты мигматиты, интенсивно проявлен многофазный дайковый магматизм. Первичные осадки, преобразованные при метаморфизме в железистые кварциты, имели вулканогенно-осадочное происхождение. В разрезе вмещающих пород преобладают метавулканиты. Месторождения представлены исключительно или преимущественно магнетитовыми кварцитами в виде линз и пластов относительно небольшой мощности (10-60 м; редко, причем только в раздувах рудных тел, до 150-250 м) и протяженности (первые километры). Иногда продуктивная толща протягивается на 5-15 км, но при этом она сложена мелкими рудными линзами и пластами, часто переслаивающимися с пустыми породами. Запасы руд составляют обычно от десятков до нескольких сотен млн т., в единичных случаях до 1 млрд т. К киватинскому форма-

¹ Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, государственный контракт ПЗ6 от 30 марта 2010г.



ционному типу относятся месторождения железистых кварцитов Кольского полуострова (Оленегорское, Кировогорское, Комсомольское и др.), Карелии (Костомукшское, Корпангское), Забайкалья (Чаро-Токкинская группа). Проявления железистых кварцитов этого типа известны в породах обоянской и михайловской серий КМА.

Месторождения криворожского формационного типа образовались в конце раннего протерозоя и в среднем протерозое. Они являются продуктом метаморфизма терригенно-осадочных пород в условиях фации зеленых сланцев. Для этих месторождений характерны гематит-магнетитовые и магнетит-гематитовые кварциты, большая (сотни метров) мощность рудных тел, непрерывно протягивающихся на многие километры; крупные (миллиарды тонн) запасы руд. В нашей стране к данному типу относятся месторождения железистых кварцитов бассейна КМА, аналог которого (Криворожский бассейн, включая Кременчугскую зону) расположен в соседней Украине.

Указанные выше принципиальные различия киватинского и криворожского формационных типов месторождений железистых кварцитов проявились и в их структурном облике. Поэтому в основу предлагаемой геолого-структурной типизации месторождений железистых кварцитов также было положено их деление на два формационных типа. Принадлежность к одному из этих типов уже указывает на масштабы месторождения, особенности его литолого-стратиграфического разреза, петрографические разновидности слагающих его пород, степень интенсивности складчатых и разрывных дислокаций, формы их проявления.

В частности, для киватинского типа характерными чертами являются гнейсовый разрез вмещающих пород с четко выраженной зависимостью величины естественной отдельности от мощности пласта или слоя определенной разновидности гнейса, наличие многочисленных даек магматических пород, весьма напряженная складчатость с осложнениями и явлениями будинажа, расчленение на относительно небольшие тектонические блоки. Разрывные нарушения, по которым происходило движение блоков, проявлялись неоднократно, часто со сменой от этапа к этапу плана деформаций и кинематики относительных смещений блоков. Амплитуда этих смещений была значительная, вследствие чего в современном эрозионном срезе как рудные зоны в целом, так и составляющие их месторождения, имеют прерывистое линейно- и дугообразно-цепочечное строение.

Криворожская формация характеризуется протяженными мощными зонами железистых кварцитов с небольшими перерывами по простиранию в основном литолого-фациального происхождения. Границы между месторождениями в пределах этих зон часто являются условными. Вмещающие породы представлены сланцами, которые иногда переслаиваются с пластами железистых кварцитов. Последнее больше характерно для Криворожского бассейна. На месторождениях КМА внутрирудные сланцевые прослои редки и маломощны. Вследствие крупных размеров рудных залежей криворожской формации разрабатываемый массив часто представлен исключительно толщей переслаивания железистых кварцитов различных минеральных типов. Большая мощность продуктивной толщи обусловила крупные размеры основных складок. Как правило, амплитуда перемещения отдельных тектонических блоков незначительная, а сами блоки имеют большие размеры. Практически не встречаются высокоамплитудные пологие надвиги, характерные для месторождений киватинского типа.

Месторождения киватинского и криворожского формационных типов различаются также интенсивностью развития гипергенных процессов, налагающих свой отпечаток на структуру массива пород. В приповерхностной части первых из них обычно наблюдается только зона дезинтеграции пород и локального окисления железистых кварцитов мощностью до 10-20 м. Для месторождений криворожского типа характерно развитие плащеобразной коры выветривания с уходящими на большую глубину линейными клиньями. В коре выветривания обычно залегают богатые гематит-мартитовые руды, переходящие с глубиной в зону окисленных и полуокисленных железистых кварцитов, которые сменяются свежими не затронутыми выветриванием кварцитами. Наличие кор выветривания, особенно линейного типа, как например, на Михайловском месторождении КМА, существенно усложняет первичную структуру породного массива и создает дополнительные трудности при открытой его разработке.



В массивах железистых кварцитов основополагающим фактором, влияющим на их структуру, является залегание слоистости пород. Именно оно определяет положение основных поверхностей ослабления породного массива, которые необходимо учитывать при проектировании бортов карьера. Важно также отметить, что естественная отдельность в массивах железистых кварцитов задается тремя системами трещин, одна из которых, обычно господствующая, является поверхностью раздела слоев, другая – продольная по отношению к простиранию пород и перпендикулярная слоистости, а третья – поперечная к простиранию пород и субнормальная двум другим системам. Поскольку положение поверхности раздела слоев определяется пликативной тектоникой, с учетом отмеченных выше закономерностей структурные типы целесообразно выделять по форме и элементам складок, которыми представлены месторождения. По этому критерию намечаются моноклиальный, соответствующий крылу любой складки, синклиальный и комбинированный структурные типы (таблица).

Таблица

Структурная типизация месторождений железистых кварцитов

Структурные типы, подтипы	Примеры месторождений	
	киватинская формация	криворожская формация
1	2	3
1. Моноклиальный		
1.1 Простой	Комсомольское (Кольский п-ов), Горкитское, Тарыннахское (Забайкалье)	Осколецкое, Курбакинское, Долгополянский участок, Стретенский участок (КМА), Анновское, Большая Глееватка (Кривбасс), Лавриковское (Кременчугская зона)
1.2 Сложно-складчатый	-	Северная часть Приоскольского (КМА), Шимановское (Кривбасс)
1.3 Флексурно-блоковый	Оленегорское, Южно-Кахозерское (Кольский п-ов)	-
2. Синклиальный		
2.1 Простой	Костомукшское, западный участок Карпангского (Карелия), Петровское (Кривбасс)	Салтыковское, Александровское, Огибнянское (КМА)
2.2 Сложно-складчатый	-	Приоскольское, Чернянское, Погромец (КМА), Скелеватское, Ингулецкое (Кривбасс)
3. Комбинированный		
3.1 Антиклинально-синклиальный	-	Михайловское, Лебединское, Стойло-Лебединское, Стойленское (КМА)
3.2 Синклиально-моноклиальный	-	Горишне-Плавнинское (Кременчугская зона)
4. Блоковый	Кировогорское (Кольский п-ов)	Первомайское (Кривбасс)

Отдельно выделен блоковый тип, объединяющий месторождения, в которых дизъюнктивная тектоника проявляется настолько ярко, что становится определяющей в структуре месторождения. Каждый из названных структурных типов, кроме комбинированного, встречается среди месторождений обоих формационных типов. Однако при сравнении месторождений одного структурного типа, но принадлежащих разным формационным типам, обнаруживаются существенные различия, которые отражены в делении на структурные подтипы. Комбинированный структурный тип встречается только в высокопродуктивной криворожской формации железистых кварцитов, особенно в крупных синклиальных структурах, осложненных сопряженными антиклиналями и синклиналями более высокого порядка.

Моноклиальный тип в виде простого и сложно-складчатого подтипов характерен для криворожской формации (рис. а,б). Месторождения киватинской формации представлены простым и флексурно-блоковым подтипами. Последний характерен

ризуется флексурными осложнениями моноклинали и расчленением ее на тектонические блоки (рис. в). Месторождения этого структурного типа, расположенные на платформенных щитах, успешно отрабатываются карьерами. В пределах Восточно-Европейской платформы к таковым относятся месторождения Кривбасса (Украинский щит) и Карело-Кольского региона (Балтийский щит). Поскольку моноκлиальные месторождения не создают компактных скоплений руд (их запасы рассредоточены по простиранию и падению рудных залежей), то с учетом значительной глубины их залегания под покровом осадочного чехла на КМА разработка открытым способом таких месторождений нерентабельна.

Синκлиальный тип также делится на простой и сложноскладчатый подтипы. Первый представлен либо узкой сжатой синκлиалью с крутыми до субвертикальными углами падения, либо опрокинутой изоклиальной синκлиалью (рис. г). Сложноскладчатый подтип встречается только на месторождениях криворожской формации. Он представлен широкими желобо- или корытообразными синκлиальями, в том числе брахиформными, осложненными мелкой складчатостью (рис. д).

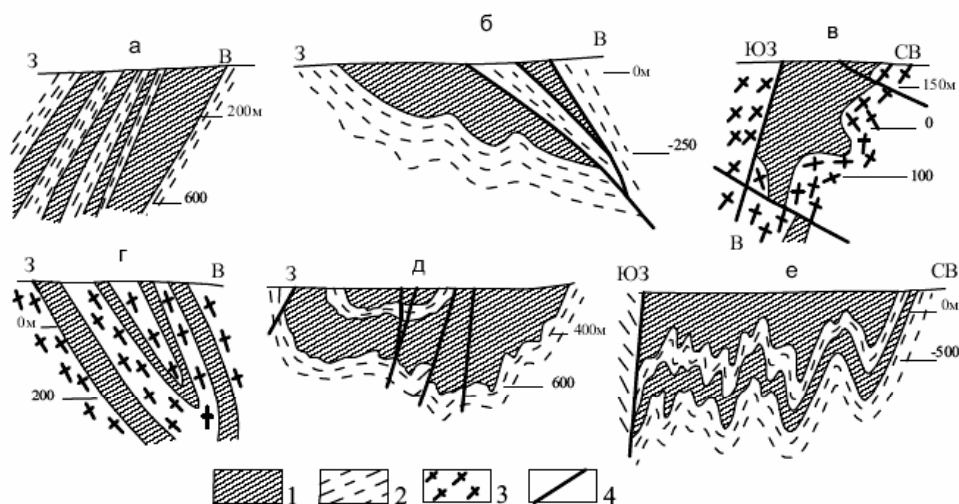


Рис. Схематические геологические разрезы месторождений железистых кварцитов: а – Шимановского, б – северного участка Приоскольского, в – Оленегорского, г – Костомукшского, д – Скелеватского, е – Лебединского и Стойло-Лебединского (по [2,3])

Комбинированный тип включает антиκлиально-синκлиальный и синκлиально-моноκлиальный подтипы. Первый представлен парой «синκлиально-антиκлиаль» или даже складчатым ансамблем, состоящим из нескольких чередующихся антиκлиналей и синκлиналей. Примером складчатого ансамбля служит массив железистых кварцитов и сланцев в составе Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений КМА (рис. е). Он разрабатывается единым карьером Лебединского ГОКа. Месторождения антиκлиально-синκлиального структурного подтипа приурочены обычно к замыканию крупных синκлиналей или участкам складчатого осложнения их крыльев. В частности, Лебединское, Стойло-Лебединское и Стойленское месторождения залегают в замыкании Тим-Ястребовской грабен-синκлинали, а Михайловское – на участке складчатого осложнения западного крыла Михайловской синκлинали.

Синκлиально-моноκлиальный подтип возникает при срезании одного из крыльев синκлинали разрывным нарушением, ориентированным под острым углом к ее простиранию. Примером такого месторождения является Горишне-Плавнинское (Кременчугская зона), приуроченное к одноименной синκлинали субмеридианального простирания. Южная его часть представлена замыканием синκлинали, а северная – её крутопадающим восточным крылом. Западной границей месторождения является крупный Западно-Кременчугский разлом.

Блоковый тип месторождений железистых кварцитов в целом достаточно редкий. Одним из них является Кировогорское месторождение киватинской формации.



Его складчатая структура вначале была осложнена довольно густой сетью крутопадающих малоамплитудных разрывов северо-западного и субмеридианального простирания, залеченных дайками диабазов и пегматитов, а затем расчленена относительно пологими надвигами северо-западного направления на несколько тектонических блоков. Примером месторождения блокового структурного типа криворожской формации является Первомайское в Кривбассе. В первичном виде это была почти отвесно падающая толща кварцитов меридианального простирания. Благодаря своему расположению в узле пересечения двух разноориентированных зон разломов, она была разбита системой продольных и поперечно-диагональных нарушений с углами падения 45-85° на многочисленные, повернутые относительно друг друга блоки различных размеров и ориентировки, разделенные зонами тектонических брекчий мощностью от 0,2 до 50-70м и протяженностью до 100-300м.

С точки зрения условий разработки и надежности их прогноза с верхних изученных горизонтов на нижние еще не вскрытые горизонты наиболее удобными являются месторождения простых подтипов моноклиального и синклиального типов. Для них характерна выдержанность мощности и внутреннего строения продуктивной толщи по простиранию и падению, а, следовательно, и слабая изменчивость геометрии решетки трещиноватости.

При открытой разработке синклиальных месторождений сложноскладчатого подтипа и комбинированных антиклинально-синклиального подтипа наиболее опасны складчатые осложнения в лежачем боку рудной залежи и ундуляция (поднятие и погружение шарнира складок), а месторождений синклиально-моноклиального подтипа – разрывные нарушения и зоны повышенной трещиноватости, связанные с региональным разломом, срезавшим одно из крыльев рудомещающей синклинали. Наиболее проблемными являются моноклиальный флексурно-блоковый подтип и блоковый тип месторождений, для которых характерны высокая изменчивость элементов залегания пород в плане и по глубине, наличие многочисленных разноориентированных разрывных нарушений.

Следует особо подчеркнуть, что разведка месторождений железистых кварцитов дает лишь самое общее представление об их складчато-разрывной структуре. Вследствие этого уже на начальной стадии открытой разработки месторождения любого структурного типа целесообразно проведение детального геолого-структурного картирования карьерного поля. На сложноструктурных месторождениях такое картирование необходимо выполнять систематически по мере углубления карьера.

Список литературы

1. Григорьев В.М. Формации железисто-кремнистых осадочных и вулканогенно-осадочных метаморфизованных месторождений // Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1977. – Т. 2. – С.84-98.
2. Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Структуры месторождений и рудных районов / гл. ред. Я.Н. Белевцев. – К.: Наукова думка, 1989. – 156 с.
3. Железные руды КМА / гл. ред. В.П. Орлов. – М.: Геоинформмарк, 2001. – 616 с.

GEOLOGY AND STRUCTURAL TYPES OF METAMORFOGENIC IRON-ORE DEPOSITS

V.A. Dunaev

I.M. Ignatenko

Belgorod State University

Pobedy St., 85, Belgorod,

308015, Russia

E-mail: ignat86_m@mail.ru

The article gives the applied geology and structural typification of two basic formation types of ferruginous quartzite deposits. It also takes into account the features of the folds and disjunctive dispositions which influence the stability of the open pits benches and develop these deposits.

Key words: ferruginous quartzite deposits, folding, dislocation with a break in continuity, structural typification, stability of the open pits benches.