

УДК 551.243 : 553.31 (477.63)

Худур Дж.

Основные тектонические элементы Криворожской структуры и их роль в формировании залежей богатых железных руд

Приведена общая характеристика тектонических блоков и разрывных нарушений Криворожской структуры. Обоснована роль Саксаганского надвига в образовании залежей богатых железных руд Саксаганского тектонического блока.

Криворожская структура в тектоническом отношении представляет собой моноклираль, усложненную серией блоко-чешуй, складок высших порядков и разноранговых разрывных нарушений. Формирование её современного облика обусловлено длительной и сложной историей геологического развития региона. Согласно современным представлениям, Криворожская структура испытала три стадии формирования: проторифтовую, протогеосинклинальную и орогенную [3, 6].

Проторифтовая стадия подразделяется на проторифтовый и собственно рифтовый этапы, представлена в криворожском разрезе метабазами конкской серии неoarхея и метатерригенно-железистым породным комплексом палеопротерозоя, включающим новокриворожскую, скелеватскую и саксаганскую свиты криворожской серии. С закрытием криворожского палеорифта связано складкообразование в породах криворожской серии, проявления метаморфизма и метасоматоза, образование надвиговых структур.

Протогеосинклинальная стадия характеризовалась формированием карбонатно-углеродисто-сланцевых ассоциаций гданцевской свиты, которая с угловым и стратиграфическим несогласием залегает на саксаганской. Накопление пород свиты происходило в лагунообразном бассейне на месте наложенной впадины, унаследовавшей структурный план криворожского палеорифта. В эту стадию произошло также формирование субширотных разломов и внедрение даек диабазы.

Результатом орогенной стадии является молассоподобная толща, завершающая разрез криворожской структуры и соответствующая в стратиграфическом отношении глееватской свите мезопротерозоя. Накопление пород происходило в грабенообразной впадине, сформировавшейся в центральной части Криворожской структуры под влиянием восходящих вертикальных движений глыбовых горных сооружений по обе стороны от Кривого Рога.

Наложение в результате геодинамических процессов образований различных стадий обусловило формирование сложного многоэтажного геологического сооружения, разбитого разноранговыми разломами на семь тектонических блоков второго порядка: Восточно-Анновского, Первомайского, Саксаганского, Новокриворожского, Основного, Екатерининского и Лихмановско-Тарапаковского [4].

Восточно-Анновский блок расположен в северо-восточной части Криворожской структуры и ограничен на востоке одноименным разломом мантийного заложения, а на западе Анновским разломом. В строении блока принимают участие неогарнейские образования конкской серии и ассоциирующиеся с ними гранитоиды саксаганского комплекса. Метаморфические породы блока образуют своеобразную пластину, которая падает в виде моноклинали на запад, юго-запад.

Первомайский блок расположен на широте Девладовской зоны разломов, которая делит Криворожскую структуру в широтном направлении на две части: северную, известную под названием Анновский железорудный район Кривбасса, и южную, которая объединяет Саксаганский и Южный железорудные районы. Следует отметить, что фундамент структуры в северной части приподнят по отношению к южной на 3-4 км, что, по всей вероятности, и объясняет отсутствие в Анновском районе отложений новокриворожской, скелеватской и саксаганской свит [6]. Девладовский разлом одновременно служит южной границей Первомайского блока, который на юго-востоке ограничивается Анновским разломом. Одной из особенностей блока, сложенного, преимущественно, породами криворожской серии, является расположение в его пределах Терновской астроблемы, формирование которой в значительной степени усложнило его внутреннее строение. Практически все метаморфические образования сильно трещиноваты, отмечаются тела аллогенных брекчий, а также широкое развитие метасоматитов. Особое внимание в этом отношении заслуживают породы, испытавшие минерало-структурные преобразования, обусловленные процессом ударного метаморфизма. Их признаками является наличие планарных элементов в кварце, а также тонкая скрытая фрагментация зерен магнетита и развитие в них планарной трещиноватости [5].

Саксаганский блок представляет собой основной структурный элемент так называемого восточного простирания Кривбасса. Он протягивается от Девладовской зоны разломов на севере до широты месторождения бывшего рудника им. Ильича на юге, ограничиваясь на востоке Восточным глубинным разломом мантийно-корового заложения. В строении блока принимают участие породы криворожской серии, отложения продуктивной саксаганской свиты занимают основную часть объема блока. Пласты пород характеризуются моноклиналильным падением на запад под углом 45-60°. Одной из особенностей строения блока является система блоко-чешуй и надвигов.

В пределах блока отмечаются два региональных надвига первого порядка – Восточный и Саксаганский. Их положение контролируют тела преобразованных в тальк-содержащие сланцы эффузивов ультраосновного состава.

Восточный надвиг проходит по кровле скелеватской свиты и отделяет образования последней от пород продуктивной саксаганской свиты. Он картируется по всему простиранию блока и характеризуется западным падением плоскости под углом 40-45°.

Саксаганский надвиг усложняет строение одноименной свиты. Он простирается параллельно Восточному и также имеет западное падение плоскости под углами, от 45 до 60°. Имеется предположение, что на глубине около 7000 м надвиги соединяются [4].

К надвиговым элементам следует отнести также структуру так называемых Дальних Западных полос, сложенную, преимущественно, образованиями железорудно-сланцевой ассоциации гданцевской свиты [3].

Новокриворожский блок характеризуется субмеридиональным простиранием и ограничивается с запада одноименным разломом корового заложения. В его строении принимают участие породы криворожской серии, которые в отличие от аналогичных образований выше упомянутых блоков смяты в складки второго и высших порядков, образуя Саксаганскую антиклиналь и одноименную синклиналь. Обе складки характеризуются северным с незначительным отклонением на восток простиранием. Кроме того, они опрокинуты на восток, юго-восток, что, очевидно, является следствием надвигообразования. Осевые поверхности складок падают на запад, северо-запад под углами 35-45°. Общее крыло этих структур практически полностью уничтожено Саксаганским надвигом, вследствие чего складки имеют облик однокрылых, при этом в синклинали сохранилось восточное крыло, а в антиклинали – западное. Шарнир первой погружается в северном направлении под углом 12-22°. На фоне моноклинали общего крыла отмечаются пологие изгибы и флексуры, что является следствием наложения поперечной складчатости. Именно к таким структурам высших порядков в ряде случаев приурочены узлы оруденения, которые образуют отдельные рудные залежи.

Как уже отмечалось выше, западной границей блока является Новокриворожский разлом корового заложения, который характеризуется падением на запад под углом 65-80° и северо-западным, северным простиранием. Вертикальные смещения по разлому составляют до 20-30 метров.

Основной блок является центральным структурным элементом южной части Кривбасса. На востоке он ограничен Новокриворожским разломом, а с запада – Екатерининским. Строение блока определяет одноименная синклиналь, шарнир которой погружается в северном направлении под углами 50-80°. Основная синклиналь Кривбасса

представляет собой складчатое сооружение, усложненное целым рядом складок высших порядков. Ее замыкание выходит на поверхность южнее г. Кривого Рога, а шарнир погружается в северном направлении, где перекрывается мощной толщей пород гданцевской свиты криворожской серии.

Екатерининский разлом, который отделяет Основной блок от Екатерининского, имеет северо-западное, северное простирание и падение на запад под углами 60-80°.

Екатерининский блок расположен между Основным и Лихмановско-Тарапаковским в виде своеобразного клина. В его строении принимают участие, главным образом, породы криворожской серии, которые образуют антиклинальную складку открытого типа с углами падения крыльев от 45 до 75°. Простирание складки субмеридиональное. В северной части шарнир антиклинали погружается под Тарапаковский надвиг, который имеет северо-восточное простирание и западное, северо-западное падение.

Лихмановско-Тарапаковский блок объединяет метаморфические образования так называемого Лихмановского простирания, одноименной (на юге) и Тарапаковской (на севере) структур. Он ограничивается на востоке Лихмановским разломом первого ранга мантийно-корового заложения, а на западе Криворожско-Кременчугским разломом. С юго-запада его отделяет от гранитоидных образований мезоархея Высокопольский разлом. В северо-восточной части образования блока по Тарапаковскому надвику надвинуты на породы Екатерининской и Основной структур. Ранее внутреннее строение блока рассматривалось как синклиналь, однако, в результате проведения геологоразведочных работ последних лет было установлено моноклинальное залегание пород с крутым, местами до вертикального падением.

На западе Криворожская структура ограничивается Криворожско-Кременчугским разломом мантийного заложения, который одновременно является границей между Приднепровским и Кировоградским геоблоками первого порядка. Простирание разлома северное, северо-восточное с азимутами от 0-5° до 15-20°, падение на запад под углами 60-70°. Разлом представляет собой зону шириной несколько километров, которая имеет ступенчатое строение, характеризуется интенсивными тектоническими преобразованиями пород. Они сопровождают все разрывные нарушения в районе. В пределах зоны породы катаклазированы, милонитизированы, интенсивно трещиноватые и дробленые. Одной из особенностей зоны является широкое развитие продуктов метасоматических и гидротермальных процессов.

Современный облик Криворожской структуры определяет Глееватский палеограбен, который увязывает древние блоки в единое целое. Он характеризуется субмеридиональным простиранием и

ступенчатым строением. Как с запада, так и с востока отмечаются два основных тектонических уступа, которые, в свою очередь, усложнены уступами высших порядков. Вертикальные амплитуды уступов не определены, однако можно предположить, что они превышают 500 м. Следует также отметить, что глееватский палеограбен, в отличие от других тектонических элементов Кривбасса, представляет собой орогенную структуру.

Таким образом, в строения Криворожской структуры принимают участие элементы четырех разновозрастных этапов становления центральной части Украинского щита: 1) неоархейский проторифт, содержащий черты развития зеленокаменных структур; 2) палеопротерозойский рифт; 3) протогеосинклинальная наложенная впадина, унаследовавшая структурный план зеленокаменного рифта и выполненная карбонатно-углеродисто-сланцевыми образованиями гданцевской свиты и 4) орогенный грабен [3, 6]. Каждая из отмеченных стадий развития Кривбасса ознаменовалась проявлением интенсивных тектонических процессов, проявленных складко- и надвигообразованием, формированием разрывных элементов [4]. С неоархейским и палеопротерозойским периодами следует связывать образование разломов мантийного и мантийно-корового заложения, ограничивающих структуру. На завершающих стадиях палеопротерозойского рифтогенеза, предшествовавшего формированию протогеосинклинальной наложенной впадины, происходило надвиго- и складкообразование, которое сопровождалось гидротермально-метасоматическими процессами. Орогенный этап характеризовался образованием субмеридиональных разломов корового заложения, предопределивших образование глееватского палеограбена. Наложение нескольких тектонических этапов друг на друга не могло не сказаться и на процессах рудообразования. Формирование разрывных нарушений как надвигового, так и сдвигового характера приводило к изменению физических параметров пород: их разуплотнению, образованию зон повышенной трещиноватости и т.д. Это, в свою очередь, сопутствовало проникновению и циркуляции гидротермальных растворов, которые играли ведущую роль в рудообразовании.

Основные залежи богатых железных руд Кривбасса сосредоточены в пределах Саксаганского блока и расположены в поднадвиговой части разреза саксаганской свиты. Это позволило в свое время В.В.Решетняку высказать предположение о том, что Саксаганский надвиг является основной рудоконтролирующей структурой, которой отводилась роль экрана при прохождении гидротермальных растворов через нижние горизонты продуктивной свиты [1]. Однако рудные залежи концентрируются не просто в поднадвиговой части разреза, а именно в зонах пересечения разновозрастных и разнотипных разрывных нарушений, т.е. в зонах с

максимальным нарушением физического состояния исходных железистых пород.

В пределах Саксаганского блока, как уже отмечалось выше, выделяются два крупных надвига – Восточный и Саксаганский. Образовались они, вероятно, в период смены рифтогенного тектоногенеза протогеосинклинальным, обновлялись и активизировались на протяжении всей докемрийской истории развития Криворожской структуры. Учитывая расстояние между надвигами, которое не превышает 1,5-2 км, а также мощность зон влияния динамических процессов при надвигообразовании, можно предположить, что все пространство между Восточным и Саксаганским надвигами следует считать зоной активного влияния надвигообразующих сил. Это, в свою очередь, обусловило образование оперяющих разрывных нарушений и, как следствие, нарушение первичных физических констант (образование зон интенсивной трещиноватости и пористости) пород железисто-кремнистой толщи, расположенной между плоскостями надвигов.

Основной вектор динамической силы надвигообразования имеет северо-восточное направление, что обусловило образование оперяющих надвиги разрывных нарушений, простирающие которых совпадает с простираем пластов пород саксаганской свиты. Этот факт может быть одним из объяснений вытянутости залежей по простираению вмещающей толщи (тектонический контроль оруденения). Однако существование к востоку от Криворожской структуры жесткого Саксаганского массива препятствовало динамическим процессам и, в свою очередь, сопутствовало образованию перпендикулярных основному направлению субширотных разрывных нарушений высших порядков. В конечном итоге это привело к формированию разнонаправленной системы разломов и зон разуплотнения первичных пород. Последние, в свою очередь, обусловили избирательное, неравномерное проникновение гидротермальных растворов, вызвав тем самым неравномерный в площадном отношении вынос одних элементов и накопление других [1]. Вероятно, этим можно объяснить разнообразную и порой сложную морфологию рудных залежей Саксаганского блока.

Во многих литературных источниках богатые железные руды Саксаганского блока выделяются в качестве саксаганского рудного формационного типа [1]. Однако, понятие «формационный тип» является синонимом термина «абстрактная формация», т.е. формация без конкретной возрастной, структурной, географической привязки, отражающая общие структурно-вещественные особенности определенного геологического тела [3]. Учитывая отмеченное, саксаганскую рудную формацию необходимо выделять в качестве конкретной формации, а не формационного типа. В пользу этого свидетельствует не только наличие конкретной структурной и

географической привязки, но и то, что формация объединяет локализующиеся в пределах Саксаганского блока дисперсногематит-мартитовые, мартитовые и железослюдко-мартитовые руды, обогащенные за счет гипогенных и гипергенных процессов. Преобладающее большинство залежей сложено гематитовыми рудами, обогащенными в так называемых «глубинных зонах гипергенеза». Рудные тела оконтурены мощными ореолами гипергенно измененных железистых пород, тела которых вместе с рудными телами погружаются на глубину. При этом отмечается постепенное уменьшение размеров ореолов при выдержанных параметрах рудных залежей.

Руды сложены дисперсным и мелкочешуйчатым гематитом, мартитом, железной слюдкой, количественные соотношения которых обусловлены аутигенно-минералогической зональностью рудосодержащих горизонтов. Содержание второстепенных минералов (новообразованные глинистые минералы и гидрослюды, а также реликтовые магнетит, кварц и силикаты (преимущественно, хлорит)), как правило, не превышает 5-10 объемн.%. Текстуры руд характеризуются как унаследованной от исходных железистых кварцитов слоистостью, так и существенным ее преобразованием при дроблении и рудогенезе.

Рудные тела в ряде случаев содержат реликтовые включения железистых кварцитов, которые оконтурены ореолами окварцованных мартитовых, железослюдко-мартитовых руд, отличающихся от неизмененных исходных пород отсутствием самостоятельных кварцевых прослоев. Содержание рудных минералов в этих рудах 66-71 объемн.%, кварца – 29-34%, причем 30-50% кварца – вновь образованный, цементационный. В некоторых случаях пористые руды глубоких частей рудных залежей содержат гипергенные минералы зоны инфильтрации, заполняющие поры: цементационный гематит, пойкилитовый и сферолитовый кварц, анкерит, доломит, сидерит, шамозит, каолинит, тальк, серпентин, гидрослюды, гетит, реже пирит.

Вертикальная зональность рудных тел выражена в смене количественных соотношений цементационных минералов. В пределах тел выделяется четыре зоны [1, 5]. Первые две, глубина распространения которых достигает 400 м, характеризуются развитием инфильтрационного гетита и, в меньшей мере, сидерита. Для третьей зоны (400-1250 м) характерно интенсивное окварцевание руд. Четвертая приурочена к интервалу глубин 1250-2500 м, представляет собой зону комплексной цементации руд силикатами, частично апатитом, кварцем и кальций-магнезиальными карбонатами.

Остаточно-метаморфические, неизмененные гипергенными процессами магнетитовые (с силикатами и карбонатами) руды редки. Они образуют небольшого размера тела среди железистых кварцитов и являются сингенетичными с ними. Иногда они отмечаются в границах тел гипергенно измененных руд. Характер их пространственных

взаимоотношений постепенный. Минеральный состав неизменных руд, в зависимости от расположения рудных тел по отношению к аутигенно-минералогическим зонам железистых горизонтов, кварц-гематит-магнетитовый, кварц-магнетитовый, хлорит-сидероплезит-магнетитовый. Содержание железа изменяется от 46 до 59 мас.%. Одной из особенностей рудных тел является невыдержанность мощности – от первых сантиметров до 25-30 м.

Большинство исследователей придерживается мнения о важной роли эндогенно-метасоматической усадки в формировании руд саксаганского железорудного района [1, 5]. В пользу этого свидетельствуют: повышенные концентрации рудного вещества, накопление которого было обусловлено выносом нерудного компонента – кремнезема; пассивная роль в процессе рудогенеза магнетита, гематита и силикатов; отсутствие поступления рудного вещества извне; сокращение объема оруденелых пород при сохранении их высокой плотности; локализация рудных тел в пределах толщ материнских железистых кварцитов. Дискуссионным остается только механизм образования руд. Основная роль в усадке принадлежит тектоническому фактору, с действием которого частично также связано изменение механических свойств материнских пород (пористость, трещиноватость, проницаемость и др.), играющих важную роль при гидротермальном и гидротермально-метасоматическом рудообразовании.

Понимание процесса формирования залежей богатых железных руд, как и других минеральных образований, вытекает из сведений об истории геологического развития региона. Учитывая существующие представления о стратиграфии, тектонике, минералогии, геохимии и металлогении Криворожской структуры [6], можно высказать предположение, что образование и распределение рудных залежей в железисто-кремнистой толще Саксаганского блока предопределено процессами надвигообразования и проявлениями последующей более молодой разрывной тектоники, изучение которой должно стать одним из главных направлений современных геологических исследований Кривбасса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белевцев Я.Н., Кравченко В.М., Кулик Д.А. и др.* Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Генезис железных руд // Киев: Наукова думка, 1991.– 216 с.
2. *Паранько И.С.* Основы формационного анализа // Киев: Госкомгеологии Украины, 1991.– 180 с.
3. *Паранько И.С.* Некоторые особенности геологического развития Криворожской структуры // Геологический журнал.– 1993.– № 4.– С. 112-122.
4. *Паранько І.С., Бутирін В.К.* Розломно-блокова тектоніка Криворізької структури // Геолого-мінералогічний вісник.– 2004.– № 1 (11).– С. 5-13.
5. *Пирогов Б.И., Стебловская Ю.М., Евтехов В.Д. и др.* Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Минералогия. // Киев: Наукова думка, 1989.– 168 с.
6. *Paranko I.S., Maluk V.I.* Kryvyi Rig belt. Introduction to geology and metallogeny / Main types of rock complexes and mineral deposits in the Ukrainian shield // Kiyiv, 2002.– P. 83-97.

ХУДУР Дж. Основные тектонические элементы Криворожской структуры и их роль в формировании богатых железных руд.

РЕЗЮМЕ. Криворожский бассейн состоит из семи тектонических блоков, усложненных складками высших порядков и разломами. Залежи богатых железных руд локализируются, главным образом, в пределах Саксаганского блока. Особенностью его тектонического строения является развитие надвигов. Их присутствие явилось одним из благоприятных условий для образования залежей богатых руд.

ХУДУР Дж. Основні тектонічні елементи Криворізької структури і їх роль у формуванні багатих залізних руд.

РЕЗЮМЕ. Криворізький басейн складається з семи тектонічних блоків, ускладнених складками вищих порядків і розривними порушеннями. Поклади багатих залізних руд локалізуються, головним чином, у межах Саксаганського блоку. Особливістю його тектонічної будови є розвиток насувів. Їх присутність була однією зі сприятливих умов для утворення покладів багатих руд.

KHOUDOUR Dj. Main tectonic elements of Kryvyi Rih structure and their role in formation of high grade iron ores.

SUMMARY. Kryvyi Rih basin consists of seven tectonic blocks that are complicated with the highest order folds and faults. High grade iron ore deposits are mainly located within the Saksaganskyi block limits. The feature of its tectonic structure is distribution of overthrusts. Their presence was one of the favorable conditions for high grade iron ore deposits formation.

*Надійшла до редакції 29 жовтня 2004 р.
Представив до публікації проф. І.С.Паранько.*