



УДК 551.4.07; 551.43 (553.311)

**ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КУРСКОЙ
МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ**
**CONDITIONS FOR THE FORMATION OF RICH IRON ORES OF THE KURSK
MAGNETIC ANOMALY**

И.И. Никулин
I.I. Nikulin

ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий», Россия, 404352, Волгоградская обл., г. Котельниково, ул. Ленина, 7

EuroChem-VolgaKaliy Company Ltd., 7 Lenina St, Kotelnikovo, Volgograd region, 404352, Russia

E-mail: iinikulin@gmail.com

Аннотация. Проведен структурный и морфологический анализ залежей богатых железных руд Курской магнитной аномалии. Прослежены возможные условия преобразования исходных материнских пород докембрия (железистые кварциты). Приводятся фациальные особенности формирования богатых железных руд в корах выветривания докембрийских пород: Оскольского (Стойленское, Приоскольское, Салтыковское, Панковское, Осколецкое, Лебединское, Коробковское, Огибнянское месторождения), Белгородского (Яковлевское и Разуменское; Мелихово-Шебекинское, Западная часть Яковлевского, Таволжанский участок, Висловское, Олимпийское, Гостищевское, Ольховатское, Восточная часть Яковлевского, Большетроицкое, Шемраевское месторождения) и Михайловского (Михайловское, Курбакинское, Новоялтинское, Дичнянско-Реутецкое месторождения) железорудных районов, а также Истобнянского участка Курского металлогенического района. Выделены четыре фациальных типа железорудных кор выветривания.

Resumé. A structural and morphological analysis of the deposits of rich iron ore of the Kursk magnetic anomaly was carried out. Possible conditions of converting the original source rocks of Precambrian (ferruginous quartzites) were tracked. We give facial features of formation of high-grade iron ore deposits in weathering crusts of Precambrian rocks: Oskolskii (Stoilenskoye, Prioskolskoye, Saltykovoye, Punkoye, Oskoletskoe, Lebedinskoye, Korobkovskoye, Ogibnyanskoye deposits), Belgorodskii (Yakovlevskoye and Razumenskoye; Melihovo-Shebekinskoye, Western Yakovlevskoye, Tavolzhansky site, Vislovskoe, Olympic, Gostischevskoe, Olhovatskoye, Eastern part of the Yakovlevskoye, Bolshetroitskoe, Shemraevskoe deposits) and Mikhailovskii (Mikhailovskoye, Kurbakinskoye, Novoyaltinskoye, Dichnyansko-Reutetskoye deposits) iron ore districts, as well as the site of the Kursk Istobnyanskoye metallogenic district. Four facies types of iron ore weathering crust were obtained.

Ключевые слова: фация, кора выветривания, богатая железная руда, Курская магнитная аномалия.

Key words: facies, weathering crust, rich iron ore, Kursk Magnetic Anomaly.

Введение

Железорудные районы КМА в современном виде приурочены преимущественно к синклинальным структурам, ограниченным с бортов (реже в замках) разломами, что характеризует их как грабен-синклинали. Разрывные нарушения в рудных районах придают им блоковое строение, определяя иногда структуры рудных полей. Выделяются региональные и локальные разломы типа сбросов и взбросов, а также встречаются сдвиги и надвиги. Региональные разломы имеют амплитуды до 2 км, а локальные до первых сотен метров.

Большинство месторождений богатых железных руд (БЖР) Курской магнитной аномалии (КМА) представляют собой сохранившиеся реликты кор выветривания (КВ). Богатые железные руды являются продуктами континентального выветривания железистых кварцитов и залегающих среди них прослоев железистых силикатных сланцев.

Черты развития КВ по докембрийской железисто-кремнисто-сланцевой формации обусловлены структурой исходных материнских железистых кварцитов, палеотектоническими и палеогеографическими условиями. В зависимости от струк-

туры исходных пород и условий их выветривания образовались различные по морфологии залежи гипергенных БЖР.

Вопросы морфологии и структурно-тектонических особенностей в работах предыдущих исследователей рассматривались разобщённо и на основании даже одной-двух скважин [Гречишников и др. 1983; Чайкин, 1983]. Новый эпизод геологоразведочных работ на КМА (начиная с 1990-ых) принёс достаточное количество нового фактического материала для полноценного фациального анализа гипергенных залежей БЖР. Эти залежи являются остаточными (частично размывтыми) КВ, развитыми на породах метаморфической железисто-кремнисто-сланцевой формации, а также пролювиально-делювиальными и, в том числе, озёрно-болотными и прибрежно-морскими продуктами их переотложения.

Материал и методы исследования

В течение последних два десятилетия в пределах Курской магнитной аномалии (КМА) производились поисково-оценочные и геологоразведочные работы, в которых принимал непосредственное участие автор. Несколькими организациями (Белгородгеология, Белгородская горно-добывающая компания, Воронежгеология, Белруда и другие) пробурено более 300 скважин с поднятием керна БЖР. Получена новая геологическая информация по эксплуатирующимся месторождениям. На основании новых и уже имеющихся данных проведен фациальный анализ образования железорудных КВ Стойленского, Приоскольского, Салтыковского, Панковского, Осколецкого, Лебединского, Коробковского, Огибнянского, Яковлевского, Разуменского, Мелихово-Шебекинского, Висловского, Олимпийского, Гостищевского, Ольховатского, Большетроицкого, Шемраевского, Михайловского, Курбакинского, Новоялтинского, Дичнянско-Реутецкого месторождений, а также Таволжанского и Истобнянского участков.

Результаты и их обсуждение

Гидрогематит является второстепенным минералом в рудных залежах [Леоненко и др., 1969; Рахманов, 1962], но встречены несколько маломощных пластов, где он доминирует над гематитом и гётитом [Никулин, 2012]. Визуально от мартита и гематита он отличается отсутствием видимых кристаллов при небольших увеличениях и землистым строением, а от гидрогётита – красным цветом. Гидрогематит слагает красные (бардовые), красно-коричневые (бурые) и буровато-красные породы (рис. 1). Породы, сложенные гидрогематитом преимущественно колломорфного строения волокнистой или землистой массы агрегатов.

По структурным признакам залежи БЖР КМА приурочены к следующим исходным материнским породам.

1. Расположенным на моноклинально залегающих железистых кварцитах, являющихся крыльями крупных синклиналей открытого типа. К структурам, связанным с крутопадающими моноклиналями, относятся Курбакинское и Роговское месторождения, а также Яковлевский и Покровский участок Яковлевского месторождения. К пологозалегающим моноклиналям пород железисто-кремнисто-сланцевой формации (несколько гофрированным пологой складчатостью) приурочены Беленихинское и южная часть Висловского месторождения.

2. На флексурно-осложнённых моноклиналях, образуя на Михайловском месторождении площадные покровы на многочисленных складках железистых кварцитов.

3. На сложноскладчатых шарнирах крупных синклинальных структур. К этому типу отнесены Лебединское, Стойленское и Большетроицкое месторождения и Лучкинский участок Гостищевского месторождения.

4. На протяжённых, изоклинального или открытого типа, синклиналях, сложенных железистыми кварцитами. Это большинство участков Гостищевского месторождения, северный и южный участки Дичнянско-Реутецкой структуры и Огибнянское месторождение.



Рис. 1. Схема распространения железорудных кор выветривания в пределах бассейна Курской магнитной аномалии: 1 – осадочный чехол (глины (J-K); известняки и доломиты (C_{1v}); глинистые известняки (C_{1t}); глины и аргиллиты карбонатизированные (D₂)); 2 – залежи богатых железных руд; 3 – железистые кварциты и сланцы

Fig. 1. Distribution scheme of ferrous weathering crusts in the basin of Kursk Magnetic Anomaly: 1 – sedimentary cover; 2 – rich iron ore deposits; 3 – ferruginous quartzites and slates

5. На брахисинклинальных складках железистых кварцитов небольшой и средней мощности. В горстовых блоках – Дичнянско-Реутецкое, Чернянское и Погромецкое месторождения. В прогнутых частях синклиналиев – Белгородское, Разуменское, Гремяченское и Топлинское месторождения.

6. На Гостищевско-Соловьевском и Малиновском участках на антиклинальных структурах железистых кварцитов.

7. На седловидной структуре Большетроицкого и южной части Гостищевского месторождений.

8. Развита по комбинированным структурам. Участок Стойленского месторождения локализован в пределах брахисинклинали (западная часть) и седловидной структуры, отвечающей южной периклинали Крамской антиклинали (восточная часть месторождения). Новоялтинская КВ контролируется (с запада на восток) следующими структурами: моноклинал, флексура, антиклинал, возможно, седловидная (западная часть месторождения) и брахисинклинал (восточная часть).

В связи со структурными особенностями докембрийского фундамента в его эрозионном срезе под осадочным чехлом вскрываются разнофациальные части вещественного профиля железистых кварцитов [Петров, 1973]. Это позволяет определить вещественный состав профилей развитых по ним КВ, и соответственно, литологический состав залежи БЖР. Изучены БЖР КВ на месторождениях Оскольского, Белгородского, Михайловского и Курского рудных районов (см. рис. 1). На основании структуры докембрийских пород и образованных по ним КВ выделены морфологические типы залежей БЖР [Никулин, 2014]: 1) площадной; 2) контактово-площадной; 3) линейный; 4) карстовыполняющий. Каждый морфологический тип характеризуется определённым набором литологических особенностей, зависящих от факторов выветривания, что в целом определяет её фациальную принадлежность.

Главными факторами выветривания приняты атмосфера, её водные осадки и состав материнских пород. Наряду с температурным режимом, химической составляющей самой атмосферы, количеством и сезонностью осадков, а также испарением, существенную роль играют рельеф местности, топографическое положение выветривающейся породы, состав почвенных и грунтовых вод, и газов, жизнедеятельность микроорганизмов, состав продуктов распада растительных и животных организмов и прочее. Все факторы, влияющие на процесс выветривания, в конечном итоге находят свое отображение в фациальной обстановке, возникающей на конкретном участке земной поверхности. Процессы выветривания, свойственные той или иной фациальной обстановке, приводят к формированию определенного фациального типа КВ [Михайлов, 1977], характеризующегося своеобразной подвижностью химических элементов и специфическим минералообразованием. Фактор воздействия атмосферы (фактор аэрации исходного субстрата) проявлен преимущественно на начальном этапе развития, формируя окислительные условия и, как следствие, латеритную КВ. Смены уровня и интенсивности промывного режима (фактор интенсивности промывного режима) определил вертикальную зональность профиля КВ. Завершение эпохи выветривания знаменуется начальным этапом трансгрессии моря, формируя за счёт приморских озёр и болот восстановительные условия, что выразилось в обогащении приповерхностных вод CO_2 и обуславливающих сидеритизацию верхних частей профилей выветривания.

Последующее влияние инфильтрационного гидроморфного режима на перечисленные КВ спровоцировало смену режима литогенеза на восстановительный в верхних горизонтах профилей. Кольматирование, цементация, и в свою очередь заполнение пор и трещин коллоидами временных водоёмов и подвижными осадками, что создало условия для выделения вторичных минеральных ассоциаций.

Площадные залежи формировались в условиях холмистых палеоравнин преимущественно на железистых кварцитах (железистых роговиках и джеспилитах) в Оскольском (Стойленское, Приоскольское, Салтыковское, Панковское, Осколецкое месторождения), Белгородском (Яковлевское и Разуменское) и Михайловском (Михайловское, Курбакинское, Новоялтинское, Дичнянско-Реутецкое месторождения)



рудных районах, а также Истобнянский участок в Курском рудном районе. Они протягиваются на значительные расстояния, существенно не меняя своего строения. Их развитие обусловлено перепадами температуры, уровнем кислорода и углекислого газа в условиях свободной аэрации воздуха, то есть в аэробной окислительной среде, со слабым промывным режимом. Профиль выветривания отчётливо сохранил текстурные и структурные особенности преимущественно джеспилитов. Лишь в кровле отмечены частичные нарушения реликтовой структуры и латеритный покров представлен массивными пёстрыми породами. Они характеризуются площадными формами тел с неровными, но плавными подошвами. В зонах дробления гипергенные процессы за счёт дренажа проточных вод могут глубоко в виде «языков» залегать среди материнских пород.

Контактово-площадные залежи развивались на полосчатых метаморфических породах (джеспилитах и железистых сланцах) в Оскольском (Лебединское, Коробковское, Огибнянское) и Белгородском (Мелихово-Шебекинское месторождение) рудных районах, характеризуются площадными формами тел с неровными и секущими (в виде «рудных языков») подошвами, которые уходят на небольшую глубину в материнские породы. По своей форме они стремятся к линейным за счёт развития гипергенной зоны на некоторых участках больше (почти в два раза) в глубину в сравнении с шириной. Отличаются увеличением мощности в сравнении с площадными корами, обусловленной значительной проницаемостью по трещинам на контакте между разнотипными (кварцсодержащими и безкварцевыми) материнскими породами.

Линейные залежи развивались на джеспилитах и железистых сланцах в Белгородском (Западная часть Яковлевского, Таволжанский участок, Висловское, Олимпийское, Гостищевское и Ольховатское месторождения) рудном районе в условиях древних нередко заболоченных поверхностей выравнивания, наиболее близко из всех на КМА расположенных к древней (допоздневизейской) прибрежной части. Они являются комбинированными гипергенными образованиями, по своей морфологии охарактеризуемыми площадными и линейными. От контактово-площадных отличаются тем, что линейные формы образованы по всей истинной мощности материнского пласта за счёт более интенсивного промывного режима и наличия в сланцах значительной доли кварца. Площадные формы между линейными характеризуют участки гипергенеза, обусловленные застойными водоёмами с резко пониженным промывным режимом. Для КВ этого типа интенсивность промывного режима по контакту разнотипных материнских пород здесь является главным фактором. Самыми агрессивными можно считать дождевые воды, у которых самое высокое Eh и самое низкое pH , ослабление которых связано с подтоплением и образованием застойных водных бассейнов, насыщенных химическими подвижными элементами.

Залежи БЖР, развитые за счёт сифонного режима вадозных вод в джеспилитах с некоторым количеством железистых роговиков в составе своих слоёв, выполняют карстовые формы в Белгородском рудном районе (Восточная часть Яковлевского, Олимпийское, Большетроицкое, Шемраевское месторождения). В итоге выщелачивания кварцевой составляющей образовывались карстовые формы, аккумулирующие продукты выветривания. Они разнообразны по морфологии, условиям образования и заполнения.

В плане карстовые депрессии имеют изометричную, нередко вытянутую форму север-северо-западного и реже северо-восточного простираний, согласующиеся с направлением разломов рудоконтролирующих зон. Глубина карстовых образований варьирует от 300 до 1100 м. Борта депрессий, как правило, имеют крутые склоны. В плане характеризуются преимущественно площадными формами тел с подошвами в виде «фальшкиля».

На пониженных участках (в результате обрушения) профиль выветривания формировался в условиях заболоченной низменной равнины. Здесь слагающий его элювий в своей кровле имеет светло-серый и зелёновато-серый цвет.

Тесная зависимость между минеральным составом материнских пород и развитых по ним КВ в большинстве случаев отмечается только на линейных КВ

[Никулин, 2015]. БЖР, как правило, в линейных корах наследуют характерные черты текстуры, а минеральный состав исходных материнских пород плавно сменяется их гипергенными продуктами. Месторождения южной части Белгородского района характеризуются наиболее крупными профилями выветривания. Их формирование обусловлено благоприятными для сохранения карстовыми, а затем тектоническими процессами. Вертикальная зональность профилей выветривания на Большетроицком и Шемраевском месторождениях, таким образом, нарушена. Минеральные преобразования в целом следуют по следующим принципам:

1) последовательно преобразуется магнетит в мартит, мартит в железную слюдку либо крупнокристаллический гематит, а затем гематит в мушкетовит;

2) количество остаточного магнетита с глубиной увеличивается, и ассоциируется с уменьшением пористости пород; в боковых зонах КВ его количество возрастает интенсивнее;

3) железистые силикаты, разлагаясь в зоне окисления, превращаются в гидроокислы железа либо глинистые минералы;

4) интенсивность распространения гидrogематитовых и гётитовых прослоев с глубиной уменьшается, а в дислоцированных зонах прослеживается выклинивание;

5) гидроокислы железа, образованные в результате выполнения пустот выщелачивания кварца роговиковых прослоев в железистых кварцитах, тёмно-стального или кирпично-красного, почти чёрного окраса, плотные, с раковистым изломом, без блеска или с полуметаллическим блеском;

6) гидроокислы железа и лептогематит, образованные в результате разложения хлорита или роговой обманки в межрудных сланцах, макроскопически слагают собой кирпично-красные или тёмно-красные коровые образования с хорошо выраженной сланцеватостью;

7) наибольшая пористость проявлена в мартитовых породах, наименьшая в пёстроцветных породах с преобладанием гидроокислов железа;

8) повышенное количество сидерита в толщах железорудных КВ тяготеет к кровле.

Таким образом, богатые железные руды КМА являются продуктами неоднократного фанерозойского выветривания докембрийских пород железисто-кремнисто-сланцевой формации. Морфология КВ зависит от структуры и тектонической проработки исходных пород. Нарушение профиля выветривания, его смещение и перемешивание отмечено в профилях карстовыполняющих форм. Площадные КВ формировались на холмистых палеоравнинах, сложенных флексурно-складчатыми и крутопадающими сложноскладчатыми комплексами и по изоклинальным ядрам синклиналей роговиков и джеспилитов, в условиях резких перепадов температур, свободной аэрации воздуха и слабым промывным режимом. Контактново-площадные КВ сформированы в пределах пологопадающих моноклиналей и пологопогружающихся замковых структур на контактах джеспилитов со сланцами, где за счёт выветривания (окисления железистых минералов и растворения кварца) образовывались зоны повышенной трещиноватости, обуславливающих накопление рудных минералов, в том числе за счёт привноса с других участков. Линейные КВ сформированы на пологопадающих моноклиналях джеспилитов и сланцев в условиях низких поверхностей выравнивания вблизи прибрежно-морской зоны, где интенсивность промывного режима периодически сменялась подтоплениями и образованием застойных водных бассейнов. КВ, развитые за счёт сифонного режима грунтовых вод в субгоризонтальных пологоскладчатых структурах джеспилитов и в меньшей степени железистых роговиков в составе своих слоёв, выполняют карстовые формы. Карстовые депрессии сыграли большую роль в становлении и сохранении довизейских железорудных КВ. Контролируемые разрывными нарушениями залежи БЖР представляют собой новый для КМА промышленный тип месторождений. Последующее влияние гидроморфного режима на них спровоцировало создание восстановительного режима в нижних горизонтах профиля с выделением вторичных минеральных ассоциаций. Подавляющий объём богатых железных руд сосредоточен в линейных КВ и выполняющих ими карстах.



Список литературы References

1. Гречишников Н.П., Еремеев Г.П., Занкевич Б.А. и др. 1983. Структуры рудных полей и месторождений железистых кварцитов и железных руд Украинского щита и Воронежского массива. Киев, Тр. ИГФМ АН УССР, 66.

Grechishnikov N.P., Eremeev G.P., Zankevich B.A. et al. 1983. Structure rudnikh poley i mestorozhdeniy zhelezistykh kvarzitov i zhelezistykh rud Ukrainского zchita i Voronezhskogo massiva [The structures of ore fields and deposits of ferruginous quartzite and iron ores of the Ukrainian Shield and Voronezh Massif]. Kiev, 66. (in Russian)

2. Михайлов Б.М., Куликова Г.В. 1977. Фациальный анализ кор выветривания. Л., Недра, 159.

Mikhailov B.M., Kulikova G.V. 1977. Facialniy analis kor vivetrivaniya [Facies analysis weathering crusts]. Leningrad, Nedra, 159. (in Russian)

3. Никулин И.И. 2014. Морфология и условия формирования железорудных кор выветривания Белгородского района КМА. Вестник ВГУ. Серия: Геология, (3): 64–73.

Nikulin I.I. 2014. Morphology and conditions of formation of iron weathering crust Belgorod region KMA. Vestnik VGU. Serija: Geologija [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology], (3): 64–73. (in Russian)

4. Никулин И.И. 2015. Связь богатых железных руд Курской магнитной аномалии с материнскими метаморфогенными породами. Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ), (6): 294–299.

Nikulin I.I. 2015. Contact of rich iron ore of the Kursk magnetic anomaly with parent rocks metamorphogenic. Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten [Mining Informational and Analytical Bulletin], (6): 294–299. (in Russian)

5. Чайкин С.И. 1983. Структурные и литологические факторы образования железных руд КМА. В кн.: Условия формирования кор выветривания и их минеральных месторождений. М., Наука: 164–170.

Chaiykin S.I. 1983. Structural and lithological factors formation of iron ore KMA. In: Usloviya formirovaniya kor vivetrivaniya i ikh mineralnikh mestorozhdeniy [Conditions of formation of weathering crusts and their mineral deposits]. Moscow, Nauka: 164–170. (in Russian)

6. Петров Б.М. 1973. Нижнепротерозойская структура КМА и некоторые черты её развития. Геотектоника, (1): 42–54.

Petrov B.M. 1973. Lower Proterozoic KMA structure and some of the features of its development. Geotectonica [Geotectonics], (1): 42–54. (in Russian)