

БОГАТЫЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ РАЗУМЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ)

И. И. Никулин

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Поступила в редакцию 23 января 2017 г.

Аннотация: рассмотрены богатые железные руды площадной коры выветривания (КВ) по дже-спилитам Разуменского месторождения Белгородского железорудного района Курской магнитной аномалии. Мощности КВ 10-92 м, наибольшие в регионе. По минеральному составу выделены мартитовые, железнослюdkовo-мартитовые, лептогематит-мартитовые и карбонатно-гематитовые богатые железные руды. Преобладающими минералами в КВ являются его оксиды и гидроксиды, сидерит и бертьерин в различных сочетаниях. В профиле выветривания происходило накопление железа и активный вынос кремнезема. Последующие наложенные процессы привели к частичной цементации и разубоживанию руд, понижению в них содержания F_2O_3 , увеличению концентраций FeO и SiO_2 . Анализ минерально-геохимической дифференциации вещества позволил выделить 3 основных этапа: 1) допоздневизейского выветривания, 2) постсредневизейского (постбобриковского) диагенеза и 3) поствизейского эпигенеза. Предложенная модель формирования БЖР позволяет объяснить их сложный минеральный состав и прогнозировать участки, благоприятные для гидроскважинной разработки месторождений.

Ключевые слова: кора выветривания, латериты, богатые железные руды, гематит, мартит, бертьерин, стадиальный анализ.

RICH IRON ORES OF THE RAZUMENSKY DEPOSIT (KURSK MAGNETIC ANOMALY)

Abstract: rich iron ores of residual weathering crust that formed on Razumensky deposits jaspilites of iron ore Belgorod region of the Kursk Magnetic Anomaly, considered. Capacities residual weathering crust of 10-92 m, the highest in the region. Among rich iron ores allocated martite, iron mica-martite, lepto-hematite-martite, and carbonate-hematite mineral associations. In profile of laterite occurred accumulation of F_2O_3 and active removal of SiO_2 . Later, there were processes that cemented and degenerate the quality of ores dropped them F_2O_3 content, and increased concentration of FeO and SiO_2 . The analysis of mineral and geochemical differentiation of substance, which resulted in the allocated 3 main stages: 1) weathering; 2) diagenesis; 3) epigenesis. The proposed model of ore formation helps explain their complex mineral composition and predict the sectors that are favorable for hydraulic borehole mining.

Keywords: weathering crust, laterites, rich iron ores, hematite, martite, berthierine, stadal analysis.

В раннем фанерозе на обнажившихся породах железисто-кремнисто-сланцевой формации докембрия в пределах бассейна Курской магнитной аномалии (КМА) образовалась кора выветривания (КВ) [1, 2]. Она представлена богатыми железными рудами (БЖР) латеритного типа, наиболее мощными на Разуменском месторождении, расположенном в юго-западной части Белгородского рудного района КМА.

В пределах месторождения выделяются три участка с остаточной КВ, сложенной рыхлыми и слабосцементированными мартитовыми рудами: Крутологовской, Масловопристанский и Безымянный. КВ площадной формы, развита прерывисто, отношение её мощности к ширине как 1:10. Самый северный Крутологовской участок протяженностью 3,5 и шириной 1 км разведен редкой сетью скважин (400–700х1500 м) (рис. 1). Он характеризуется наиболее широким

распространением БЖР. Их мощность колеблется от 10 до 92 м (рис. 2), а глубина залегания их поверхности изменяется от 666 до 833 м. Рыхлые латериты перекрываются плотными рудами мощностью 24–35 м и залегающими выше известняками мощностью 80–56 м.

Масловопристанский участок длиной 3,5 км и шириной 700 м разбурен в южной части лишь тремя скважинами через 300–750 м в одном профиле. Рыхлые и слабосцементированные породы КВ залегают на глубинах 760–810 м под плотными крепкими рудами мощностью 10–14 м и залегающими выше известняками карбона (150–174 м). Мощность рыхлых разностей не превышает 64 м при минимальной 10 м. КВ морфологически и по литологической характеристике является продолжением КВ Крутологовского участка.

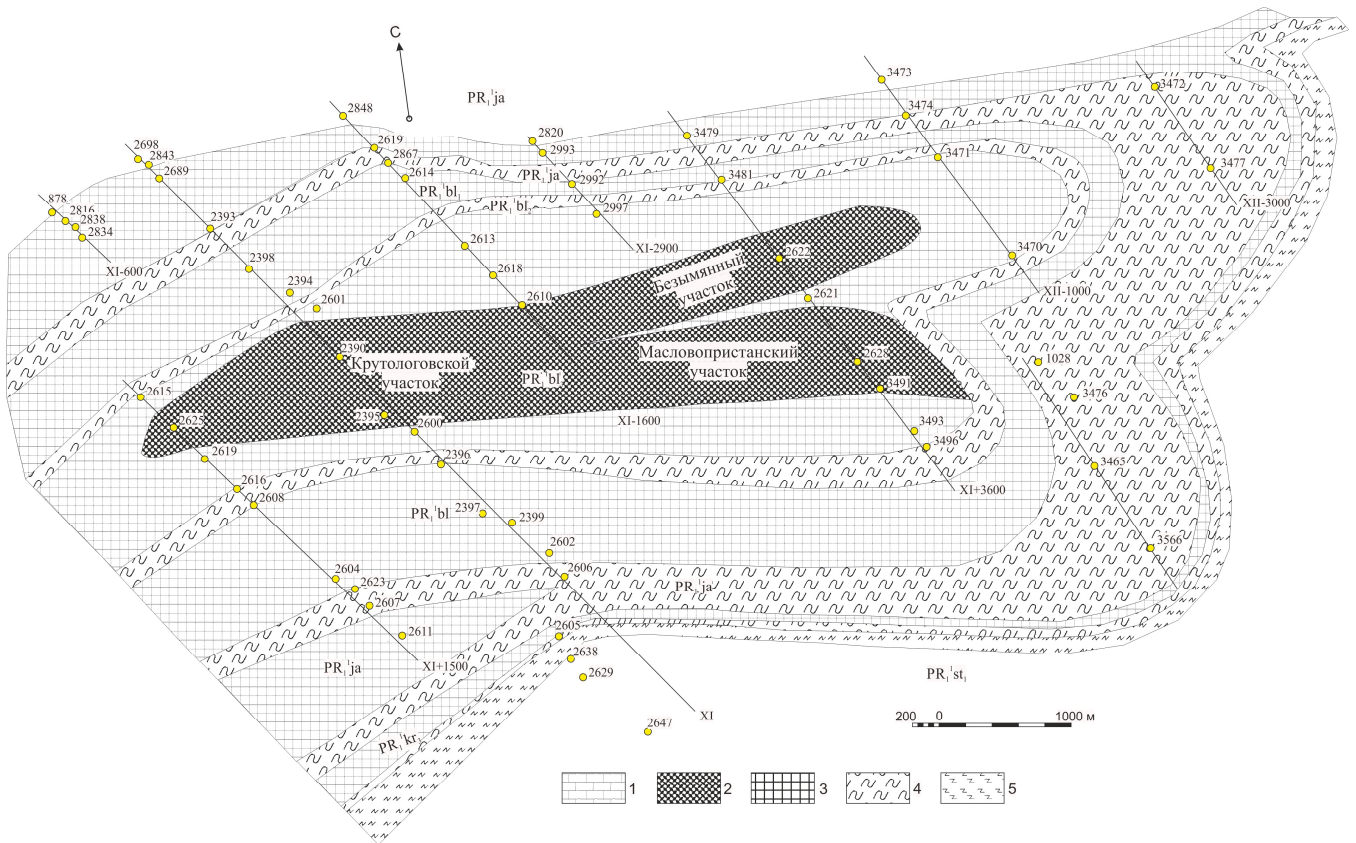


Рис. 1. Схема распространения железорудной КВ в пределах Разуменского месторождения: 1 – раннекаменноугольные известняки (C₁); 2 – остаточная КВ, представленная БЖР; 3 – породы зоны окисления, переслаивающиеся с джепилитами; 4 – межрудные сланцы; 5 – сланцы, вмещающие зону окисления железистых кварцитов. Составлена по данным И. И. Романова (2001).

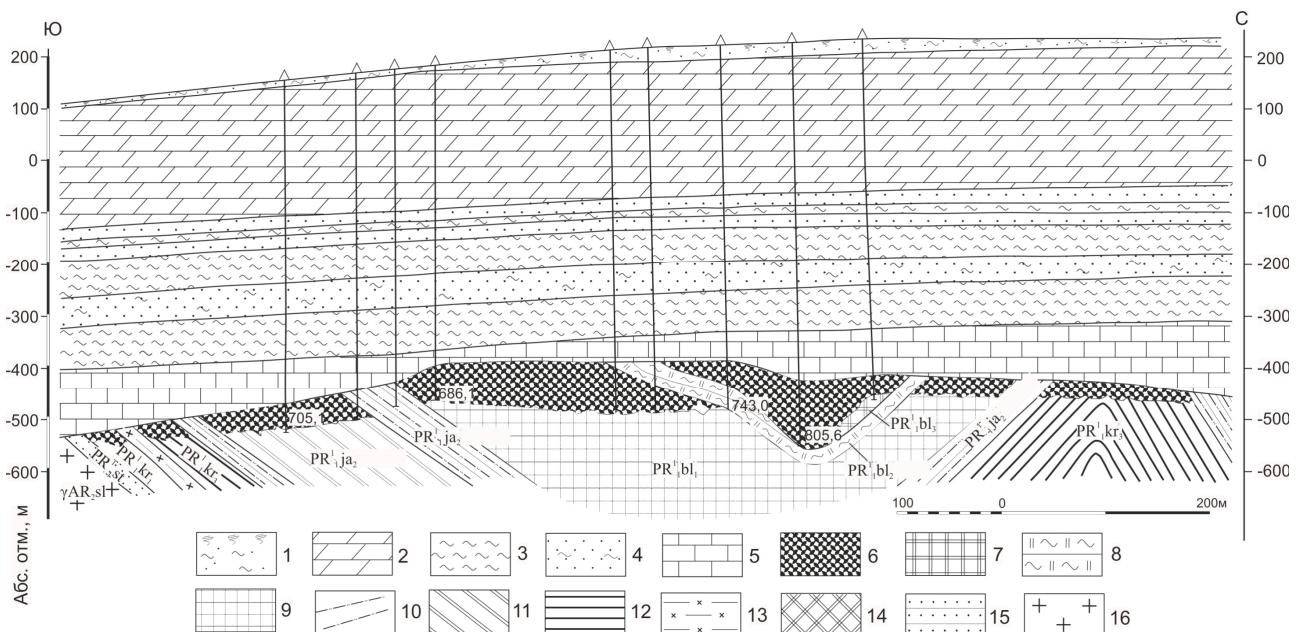


Рис. 2. Геологический разрез КВ по профилю XI+1500 Разуменского месторождения: 1 – почвенный слой, суглинки (Q); 2 – мелоподобные мергели (K); 3 – глины (J); 4 – глинистые пески (J); 5 – известняки с прослоями глин (C); 6 – маритовые БЖР; оскольская серия: 7 – верхняя железорудная подсвита (PR₁^{bl}₃); 8 – слюдяные сланцы сланцевой подсвиты (PR₁^{bl}₂); 9 – нижняя железорудная подсвита (PR₁^{bl}₁); 10 – слюдяные сланцы, алевролиты (PR₁^{ja}₂); 11 – железистые кварциты (PR₁^{ja}₂); курская серия: 12 – верхняя железорудная подсвита (PR₁^{kr}₃); 13 – слюдяные и углисто-сланцевые сланцы нижней сланцевой подсвиты (PR₁^{kr}₂); 14 – нижняя железорудная подсвита (PR₁^{kr}₁); стойленская свита: 15 – кварцитовидные песчаники, сланцы (PR₁st); верхний архей, салтыковский комплекс: 16 – плагитограниты (γAR₂sl). Составлен по данным Н. А. Соколова и др. (1998).

Безыманный участок, расположенный восточнее Масловопристанского, отделяется от него маломощным (10 м) перегибом КВ шириной около 100 м. Участок характеризуется меньшими размерами (3500х500 м), слабой изученностью (толща вскрыта одной скважиной в южной его части). Кровля КВ залегает на глубине 802 м, перекрывается плотными сильно сцементированными рудами мощностью 42 м и залегающими выше известняками мощностью 156 м. Мощность рыхлых образований 39 м.

Кристаллический фундамент Разуменского месторождения сложен породами курской и оскольской серий. С запада месторождение обрамляется гранитоидами салтыковского комплекса верхнего архея. Курская серия представлена базальной стойленской и коробковской свитами.

Стойленская представлена только своей нижней песчаниковой подсвитой, развитой по западному борту месторождения и залегающей на плагиооклазовых гранитах салтыковского комплекса. Мощность ее составляет 25–40 м.

Коробковская свита слагает западное крыло Яковлевской синклинали, ограничивающей с запада Разуменское месторождение и Разуменскую антиклиналь на границе с востока. Свита представлена двумя железорудными и сланцевой подсвитами. Мощность нижней железорудной подсвиты колеблется в пределах 75–600 м, а верхней подсвиты – 20–650 м. Сланцевая подсвита мощностью 25–100 м сложена кварцсерицитовыми алевролитами и алеврофиллитами.

Оскольская серия представлена яковлевской и белгородской свитами. Яковлевская свита общей мощностью 150–1000 м наиболее широко развита в западной части месторождения она на железистых кварцитах коробковской свиты без видимого перерыва. Здесь сложена алеврофиллитами, алевролитами, реже песчаниками с порфириобластами мартита, с выклинивающейся пачкой магнетитовых кварцитов, аналогичных таковым коробковской свиты. У восточного борта месторождения сложена тонкополосчатыми углисто-кварц-слюдными сланцами, иногда у ее основания с прослоями конгломератов. Мощность свиты здесь составляет 75–100 м.

Белгородская свита состоит также из двух железорудных подсвит, разделенных сланцевой подсвитой. Нижняя железорудная слагает крылья Разуменской синклинали с пологим их падением (30–50°) и залегает на породах яковлевской свиты. Мощность ее от 180 до 550 м. Верхняя железорудная подсвита выполняет ядро Разуменской синклинали. Крутологовской, Масловопристанский и Безыманный участки приурочены к площади распространения пород этой подсвиты. В составе обеих подсвит преобладают магнетитовые, реже железослюдково-магнетитовые среднетонкополосчатые кварциты, не отличающиеся от таковых коробковской свиты. Силикат-магнетитовые кварциты в этих свитах имеют подчиненное значение. Сланцевая подсвита мощностью 50–100 м сложена углисто-кварц-слюдными сланцами. Кристаллический

фундамент перекрывается мощным чехлом осадочных пород мезо-кайнозойского и каменноугольного возраста (глин, песков, мелов, мергелей, известняков) общей мощностью от 587 до 796 м.

В центральной части месторождения КВ состоит из шести параллельных разновеликих залежей БЖР юго-восточного и южного простирания, разделенных пачками сланцев и алеврофиллитов шириной от 20 до 500 м. Сосновская-I и Разуменская-IV залежи приурочены к КВ железистых кварцитов коробковской свиты, Сосновская-II залежь – к КВ железистых кварцитов яковлевской свиты, а Разуменские I, II, III залежи – к КВ железистых кварцитов белгородской свиты. Наиболее крупными, вмещающими более половины запасов руд, являются Разуменская-I и Разуменская-II, а самая маленькая залежь – Разуменская-IV.

В разрезе КВ выделяются три зоны (снизу вверх) (рис. 3): 1) начального окисления (мартитизированные железистые кварциты), 2) выщелачивания (пористые мартитовые руды); 3) конечного выветривания (тонкодисперсно-гематит-гётитовые руды). Верхняя часть зоны выщелачивания подверглась бертьеринизации (зона диагенеза). Зона конечного выветривания и верхняя часть зоны выщелачивания карбонатизированы (зона эпигенеза).

Существенно кварцевые железные руды нижней зоны мощностью до 7,5 м встречаются повсеместно, подстилая рыхлые и слабосцементированные БЖР. От железистых кварцитов они отличаются четко выраженной мартитизацией магнетита. Зона выщелачивания сложена пористыми мартитовыми БЖР со средней мощностью 87 м, составляя более 40% от общего объема рудных тел. Руды условно делятся на две части. Нижняя характеризуется рудами с мелкой (до 10 мм) полосчатостью разнозернистого мартита. Верхняя часть зоны выделяется наличием в ней жилок шамотов различной ориентации и мелкопятнистой текстурой за счёт бертьеринизации, нижняя граница которой в пределах месторождения находится примерно на одном уровне [2].

Верхняя зона в виде маломощной корки сложена преимущественно гидроокислами железа и тонкодисперсным гематитом. Породы пёстроцветные в нижней части, сменяясь кверху более светлыми и голубоватыми окрасками за счёт большей интенсивности проявления сидеритизации.

Наибольшая мощность руд – 138 м (в одной из скважин до 195 м) отмечается в центральной части месторождения. К его периферийным частям она постепенно уменьшается до 35–10 м. Выдержанная мощность КВ предопределила их довольно плавную подову. Поверхность залежей представляет собой эрозийный срез на абсолютных отметках от -450 до -550 м в северной и от -540 до -670 м в южных частях месторождения. В целом рыхлые и слабосцементированные гематитовые породы КВ обычно концентрируются в центральных частях залежей; имеют изменчивую мощность; могут включать в себя прослои сильно сцементированных пород мощностью от 1-2 до 12 м.

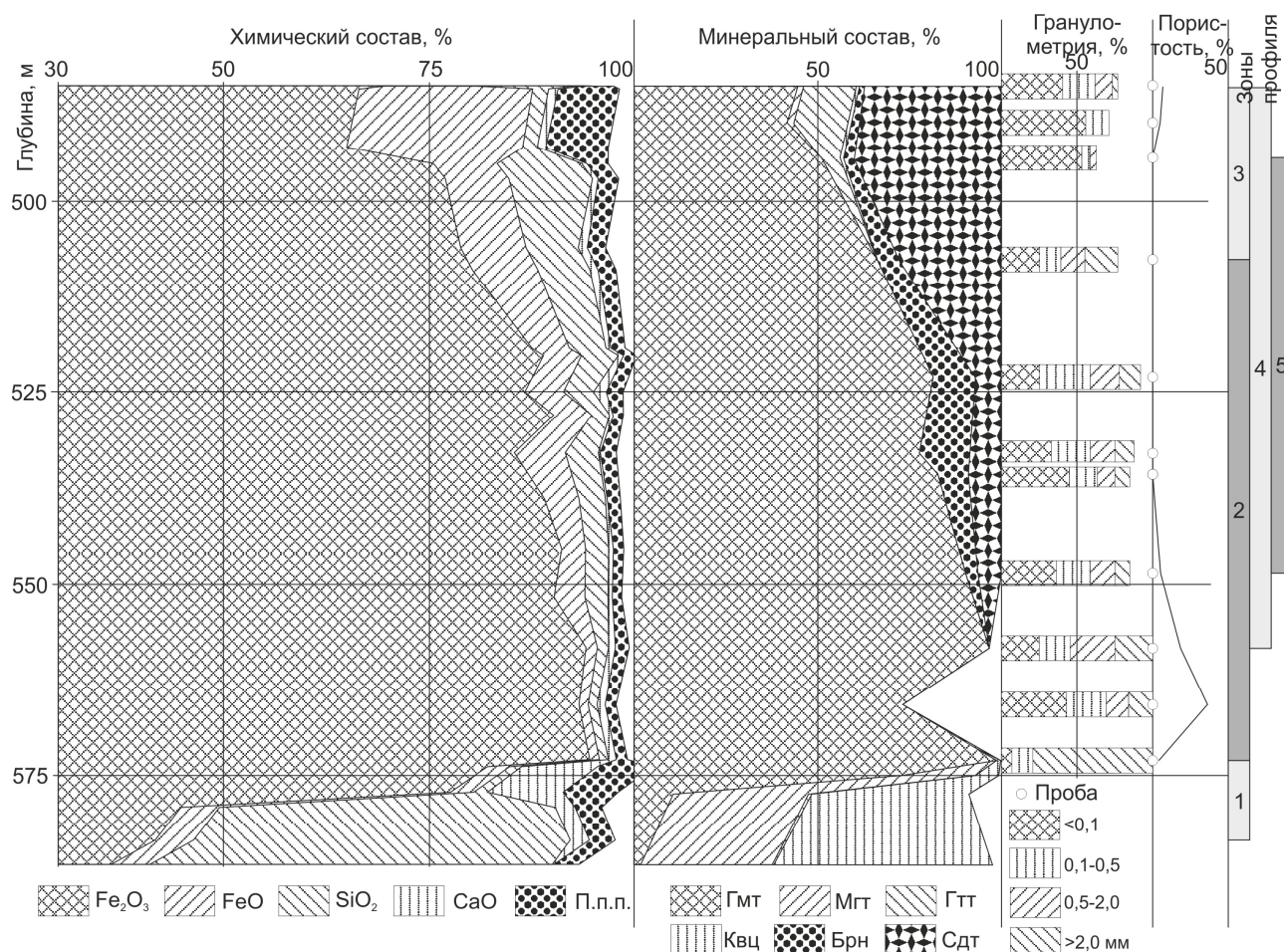


Рис. 3. Диаграмма вещественного состава разреза площадной коры выветривания Разуменского месторождения: *Минеральный состав*: Гмт – гематит, Мгт – магнетит, Гтт – гётит, Квц – кварц, Брн – бертьерин, Сдт – сидерит. Зоны профиля: 1 – начального окисления (мартитизированные железистые кварциты); 2 – выщелачивания (пористые мартитовые руды); 3 – выветривания (тонкодисперсно-гематит-гётитовые руды); 4 – карбонатизации (зона эпигенеза); 5 – бертьеринизации (зона диагенеза).

Факторы формирования площадной КВ

Обогащение железистых кварцитов в экзогенных условиях и образование БЖР обусловлено рядом факторов. Среди них важнейшими выделены [3]: 1) тектонический, 2) петрохимический, 3) климатический и 4) биотический.

Первый, действуя через рельеф, определил ослабленные зоны по материнским породам для образования элювия. Контрастность рельефа, в котором железистые кварциты возвышались над участками развития гранитогнейсов, способствовала выносу растворимых компонентов из пород профиля выветривания.

Петрохимический фактор определен восприимчивостью исходных горных пород, вышедших на дневную поверхность, к выветриванию.

Климатический фактор связан с благоприятными условиями для развития поверхностных гипергенных процессов (высокие температуры, обильные атмосферные осадки). Воздействие атмосферы (аэрация исходного субстрата) проявлено преимущественно на начальном этапе развития, формируя окислительные условия и, как следствие, образование латеритной КВ. Многократная смена уровня и интенсивности про-

мывного режима определила вертикальную зональность профиля КВ. Температура во многом определяет циркуляцию атмосферных вод, которые вкупе с подземными водами формируют пористость выветриваемых пород.

Четвёртый фактор вызван обширным развитием растительности в раннем карбоне и в связи с этим интенсификацией процессов гипергенного рудообразования. Поэтому КВ, перекрытые девонскими породами, имеют гораздо меньшую мощность и проработанность экзогенными процессами по сравнению с раннекаменноугольными. Роль биологического фактора в формировании КВ осуществляется при воздействии химических и физических процессов атмосферы. По многочисленным данным геохимиков понятно, что выветривание под влиянием органического вещества усложняется и ускоряется, а сами изменения касаются не качества, а за счёт темпа деструкции – количества. Поэтому акцент необходимо ставить на состав и свойства главных агентов выветривания – атмосферы и гидросферы, которые коренным образом трансформированы деятельностью «живого вещества» планеты (по В.В. Вернадскому) – резкое увеличе-

ние содержание кислорода за счёт фотосинтеза, когда «жизнь» вышла на сушу.

На минеральный состав БЖР при дальнейшем их сохранении повлияли диагенетические и эпигенетические процессы [4]. Все перечисленные процессы через геохимическую дифференциацию минерального вещества, изоморфных замещений и кислотно-щелочного равновесия привели к «естественному минеральному отбору» и некоторой его диссимметризации [4].

Стадии образования площадной КВ

Сравнение пространственно-временных соотношений минеральных парагенезисов с фациально-литологическими особенностями гипергенных образований позволяют воссоздать физико-химические процессы, которые протекали на разных этапах породообразования [6, 7]. В связи с вышеперечисленными факторами остаточный профиль выветривания железистых кварцитов Разуменского месторождения сформировался в 3 основных этапа: 1) допоздневизейского выветривания, 2) послесредневизейского (послебобриковского) диагенеза и 3) послевизейского эпигенеза.

1. На начальном этапе выветривания (допоздневизейская стадия) на брахисинклинальных складках железистых кварцитов небольшой и средней мощности сформировались преимущественно красноцветные маломощные БЖР, по трещинам в магнетитовых роговиках – мартитовые, а на межрудных сланцах – гидрослюдисто-каолиновый профиль выветривания [3]. В процессе выветривания произошла дезинтеграция метаморфического гематита до железной слюдки и тонкодисперсного гематита (лептогематита), а за счет силикатов сланцев образовался каолинит.

В прогнутах части синклиория складывались благоприятные условия для латеритизации; здесь произошло полное окисление магнетита и выщелачивание кварца. Данные палеоландшафтного анализа визейского века [9-11] позволяют судить о елховско-бобриковском времени, как основном в стадии латеритизации, наложенной на более древние коры выветривания. В раннем визе зона гумидного климата фиксируется вытянутой полосой через Воронежский свод и Днепровско-Донецкий прогиб с широким распространением угленосных формаций на востоке и в центре Русской платформы [12].

2. Диагенетический этап (средневизейский, послебобриковский) характеризуется сменой тектонического режима, заключающийся в погружении сильно выветрелых железистых кварцитов, создании гидроморфных условий и начала диагенетических преобразований латеритного покрова, выраженных в бертьеринизации, шамозитизации и сидеритизации железных руд в зоне цементации перед перекрытием её осадками. Исследования отложений тульского времени [10] позволяют считать его рубежом между латеритизацией и диагенетическим преобразованием про-

дуктов выветривания метаморфического комплекса КМА [13].

Индикаторными минералами, помимо сохранившихся от второго этапа, являются бертьерин-1М, шамозит, а также сидерит первой генерации, развитые в верхних частях профилей. Этот бертьерин является преобладающим минералом среди силикатов и мог формироваться за счёт гидролиза и смены pH-условий при инфильтрации сидеритовых растворов из выше формирующихся осадков (по А. Ииджима и Р. Матсумото [14]).

3. Этап эпигенеза и формирования современного облика БЖР связан с формированием юго-западного склона палеозойской Воронежской антеклизы. После визейского времени вся территория КМА претерпела погружение [9, 15]. В позднем карбоне, перми, триасе, ранней юре рассматриваемая территория тектоническими процессами была приподнята, а каменноугольные отложения размывались, особенно на севере Белгородского района, вплоть до кристаллического фундамента [16]. Начиная со средней юры и вплоть до неогена, территория была погружена под морским бассейном, трансгрессирующим из Днепровско-Донецкой впадины. В неогене регион КМА вновь стал сушей. Всё это время продолжалась трансформация минерального и химического состава руд, слагающих КВ их структурно-текстурного облика.

Обширное затопление железорудной КВ образовало окисно-карбонатный геохимический барьер в верхней части профиля, где происходило частичное преобразование гематита в магнетит (мушкетовит). В итоге выветрелые породы приобрели новые текстуры (за счёт сидеритизации), в том числе полосчатые и паутинообразные текстуры за счет бертьеринизации. По трещинам и сколам происходили сульфидизация и кальцитизация. Бертьерин занял главенствующую роль среди силикатов. Руды в зависимости от слагающих их минералов приобрели различную плотность в результате неравномерной цементации в верхних частях профилей.

Выводы

При формировании площадной КВ по железистым кварцитам КМА происходили накопление железа. Преобладающими минералами в КВ являются его оксиды и гидроксиды, сидерит и бертьерин в различных сочетаниях. Последующие наложенные процессы привели к частичной цементации и разубоживанию руд, понижению в них содержания F_2O_3 , увеличению концентраций FeO и SiO₂.

Результаты системного (по О. В. Япаскурту, [16]) стадийного анализа позволили составить представление о геологических процессах формирования железорудной площадной КВ. Предложенная модель формирования БЖР позволяет объяснить их сложный минеральный состав и прогнозировать участки, благоприятные для гидроскважинной разработки месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савко, А. Д. Эпохи корообразования в истории Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Воронеж: Изд-во ВГУ. – 1979. – 120 с.
2. Никулин, И. И. Бертьерин – главный силикат месторождений богатых железных руд КМА / И. И. Никулин // Вестник ВГУ. Серия: Геология. – 2013. – № 1. – С. 89–97.
3. Никулин, И. И. Железорудные коры выветривания Белгородского района Курской магнитной аномалии / И. И. Никулин, А. Д. Савко // Тр. НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 85. – 2015. – 102 с.
4. Никулин, И. И. Литохимия коры выветривания железисто-кремнисто-сланцевой формации Большетроицкого месторождения / И. И. Никулин, М. П. Кетрис, Я. Э. Юдович // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2015. – № 7. – С. 26–33.
5. Урусов, В. С. Симметричная статистика минеральных видов и эволюционная диссимметрия минерального вещества / В. С. Урусов // Записки РМО. – 2006. – Т. 135. – № 6. – С. 3–12.
6. Холодов, В. Н. Проблемы стадийного анализа и развитие литологии / В. Н. Холодов // Литол. и полезн. ископ. – 2004. – № 2. – С. 115–135.
7. Савко, А. Д. Этапы формирования кор выветривания в верхнем протерозое и палеозое Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, Н. П. Хожайнов // Литогенез в докембрии и фанерозое Воронежской антеклизы, – Воронеж: Изд-во ВГУ. – 1975. – С. 49–59.
8. Хожайнов, Н. П. Палеогеография и перспективная оценка бокситоносных отложений нижнего карбона Воронежской антеклизы / Н. П. Хожайнов, С. Т. Акаёмов, В. Н. Бунеев, А. Д. Савко // Литогенез в докембрии и фанерозое Воронежской антеклизы. – Воронеж: Изд-во ВГУ. – 1975. – С. 60–73.
9. Бунеев, В. Н. Палеоландшафты визейского века юго-западного склона Воронежской антеклизы / В. Н. Бунеев, В. И. Сиротин // Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Коры выветривания и бокситы». – Кустанай, 1981. – С. 145–146.
10. Бунеев, В. Н. Эволюция палеоландшафтов визейского века юго-западного склона Воронежской антеклизы / В. Н. Бунеев, В. И. Сиротин // Месторождения бокситов и их связь с выветриванием. – Алма-Ата, 1983. – С. 100–112.
11. Одокий, Б. Н. Распространение, генезис и перспективы поисков бокситов в пределах Воронежской антеклизы / Б. Н. Одокий // Тр. 3-го совещ. по пробл. изуч. Воронеж. антеклизы. – Воронеж. – 1966. – С. 180–183.
12. Сиротин, В. И. О диагенезе и эпигенезе латеритной коры выветривания и общей схеме эволюции бокситового вещества КМА / В. И. Сиротин // В сб.: Литология терриген. толщ фанерозоя Воронеж. антеклизы. – Воронеж. – 1979. – С. 53–58.
13. Matsumoto, R. Origin and diagenetic evolution of Ca-Mg-Fe carbonates in some coalfields of Japan / R. Matsumoto, A. Iijima // Sedimentology. – 1981. – Vol. 28. – P. 239–259.
14. Богунова, Л. С. Палеогеографические условия формирования коры выветривания докембрийских образований и стратиграфическое положение бокситов в Белгородском районе / Л. С. Богунова // Материалы по геологии и полезным ископаемым центральных районов Европейской части СССР. – М.: Наука. – 1970. – С. 69–73.
15. Савко, А. Д. Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Тр. НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 12. – 2002. – 165 с.
16. Япаскерт, О. В. Стадиальный анализ осадочного процесса / О. В. Япаскерт // Литология и полезные ископаемые, 2008. – № 4. – С. 364–376.

Воронежский государственный университет

Никулин Иван Иванович – ведущий инженер НИИ Геологии ВГУ

E-mail: iinikulin@gmail.com

Тел.: 8-927-512-59-78

Voronezh State University

Nikulin I. I., Lead Engineer, Institute of Geology of the Voronezh state university

E-mail: iinikulin@gmail.com

Tel.: 8-927-512-59-78