

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД БЕЛГОРОДСКОГО И СТАРООСКОЛЬСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ РАЙОНОВ КМА

М. Ю. Меркушова<sup>1</sup>, И. И. Никулин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет  
<sup>2</sup>ООО «Белгородская горнодобывающая компания»

Поступила в редакцию 18 сентября 2015 г.

**Аннотация:** богатые железные руды Курской магнитной аномалии (КМА) связаны с палеозойской корой выветривания нижнепротерозойских железистых кварцитов. Типы руд определяются составом исходных пород, степенью их выветрелости, а также диагенетическими и эпигенетическими процессами, приведшими к хлоритизации, бертьеринизации, сидеритизации. Руды Белгородского района отличаются большей мощностью, проработанностью экзогенными процессами, что связано с интенсификацией процессов выветривания в раннем карбоне. Кора Старооскольского района к этому времени уже были перекрыты морскими отложениями, а эпигенетические преобразования выразились в масштабной карбонатизации, и плотные руды стали преобладать над рыхлыми, что повлияло на качество руд, снизив содержание железа в них на 4–6 %.

**Ключевые слова:** Курская магнитная аномалия, кора выветривания, богатые железные руды.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF RICH IRON ORES OF BELGOROD AND STARY OSKOL DISTRICT, KURSK MAGNETIC ANOMALY

**Abstract:** RICH IRON ORES OF THE KURSK MAGNETIC ANOMALY ARE FORMED BY PALEOZOIC WEATHERING CRUST PROTEROZOIC JASPIHTES. THE TYPES OF ORE ARE DETERMINED BY THE COMPOSITION OF ORIGINAL ROCKS, FOR WEATHERING, AND ALSO BY DIAGENETIC AND EPIGENETIC PROCESSES, WHEREBY CHLORITE, SIDERITE AND BERTIERITE FORMED. AT THE SAME ORES OF BELGOROD DISTRICT HAVE A LARGE CAPACITY AND MOST CHANGES IN EXOGENIC PROCESSES. IT CAUSED BY INTENSIFICATION OF WEATHERING PROCESSES AFTER ORGANIC MATTER DEPOSITED IN CARBONIFEROUS, STARY OSKOL DISTRICTS ORE HAD ALREADY BEEN COVERED WITH SEA. FURTHERMORE DIAGENETIC AND EPIGENETIC CHANGES HAVE PROVED TO BE LESS AS COMPARED TO THE STARY OSKOL DISTRICT, WHERE DENSE ROCKS DOMINATE OVER LOOSE, WHICH AFFECTED THE QUALITY OF THE ORE, ITS LOWERING THE IRON CONTENT OF 4–6 %.

**Keywords:** KURSK MAGNETIC ANOMALY, WEATHERING CRUST, RICH IRON ORE/

Курская магнитная аномалия (КМА) – крупнейший железорудный бассейн в России, расположен на территории Курской, Белгородской и Орловской областей и включает в себя Белгородский, Новооскольский, Старооскольский и Курско-Орловский железорудные районы [1, 2]. Богатые железные руды связаны с палеозойской корой выветривания на железистых кварцитах нижнего карелия. Она имеет существенные различия в этих районах по степени проработки материнских пород, мощностям, минеральному составу, интенсивности наложенных эпигенетических процессов, чему и посвящена настоящая статья.

Она написана на основе изучения каменного материала с помощью прецизионных методов исследований Яковлевского и Стойленского месторождений, а также анализа фондовой и опубликованной

литературы по Гостищевскому, Большетроицкому, Коробковскому, Лебединскому и Шемраевскому месторождениям.

Изучение богатых железных руд проводилось на растровом электронном микроскопе Jeol 6380LV, для получения изображений использовался детектор вторичных электронов, локальный рентгено-спектральный анализ элементного состава (микрозонд) осуществлялся системой OKSFORM INS. С помощью порошкового рентгеновского дифрактометра ARL X'TRA изучался минеральный состав всех образцов.

Белгородский район КМА расположен в пределах юго-западного склона Воронежской антеклизы в западной части Белгородской области. По величине залежей богатых железных руд и их запасам он является крупнейшим в бассейне КМА и характеризуется наиболее низкими, в пределах

бассейна, абсолютными отметками погребенной поверхности фундамента (до 600 м). Благодаря высокой интенсивности оруденения и относительно слабому размыву, рудная зона сплошным плащом покрывает выходы железистых кварцитов, повторяя их контур. Протяженность залежей по простиранию составляет десятки километров при мощности более 70–80 м, а местами до 200–350 м. В качестве примера приводится разрез Яковлевского месторождения (рис. 1), где богатые руды образуют непрерывную лентовидную залежь, ширина которой изменяется от 200 до 600 м, в среднем 234 м. Средняя мощность руды по профилям колеблется от 32 до 154 м [1].

Старооскольский железорудный район находится в юго-восточной части Среднерусской возвышенности, на территории восточных частей Белгородской

и Курской областей. В структурном отношении он приурочен к сводовой части Воронежской антеклизы. В соответствии с таким приподнятым положением поверхности докембрийских пород средняя глубина их залегания для различных месторождений от 72 до 168 м. Рудные залежи были подвергнуты значительному размыву, их площадь не превышает 3–4 км<sup>2</sup> при относительно небольшой средней мощности по различным месторождениям от 10 до 22 м [1]. Так, например, на Стойленском месторождении богатые железные руды имеют горизонтальное плащеобразное залегание с ровной кровлей и неровной извилистой нижней границей (рис. 2). В соответствии с невыдержанным характером подошвы мощность руды колеблется от 1–2 до 32 м.

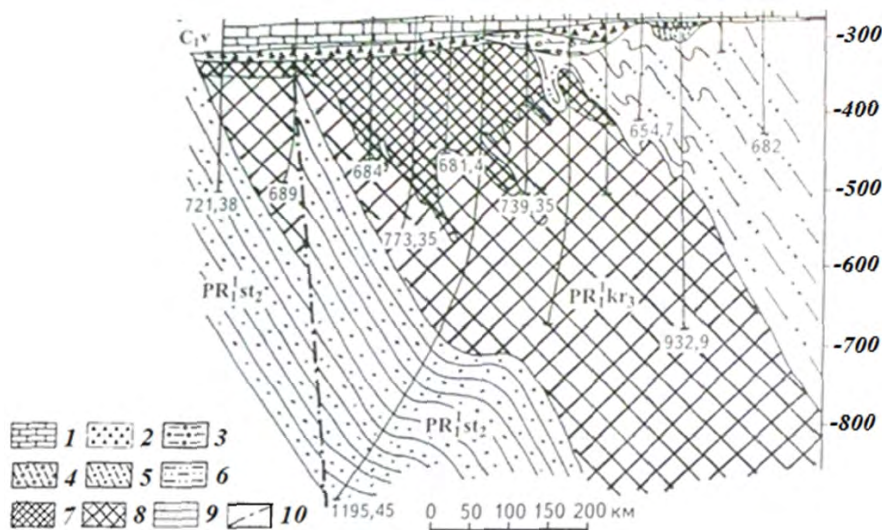


Рис. 1. Геологический разрез Яковлевского месторождения по С. И. Чайкину. 1 – известняки, 2 – осадочная богатая железная руда, 3 – осадочная глинисто-шамозитовая порода; 4 – аллиты; 5 – бокситы; нижний протерозой-оскольская серия: 6 – сланцы, метаалеврофиллиты, прослои конгломератов; 7 – мартитовые руды; курская серия: 8 – коробковская свита ( $PR_1kr_3$ ) – железистые кварциты преимущественно железнослудково-магнетитовые; 9 – Стойленская свита ( $PR_1st_2$ ) – сланцы филлитовидные; 10 – линия разлом

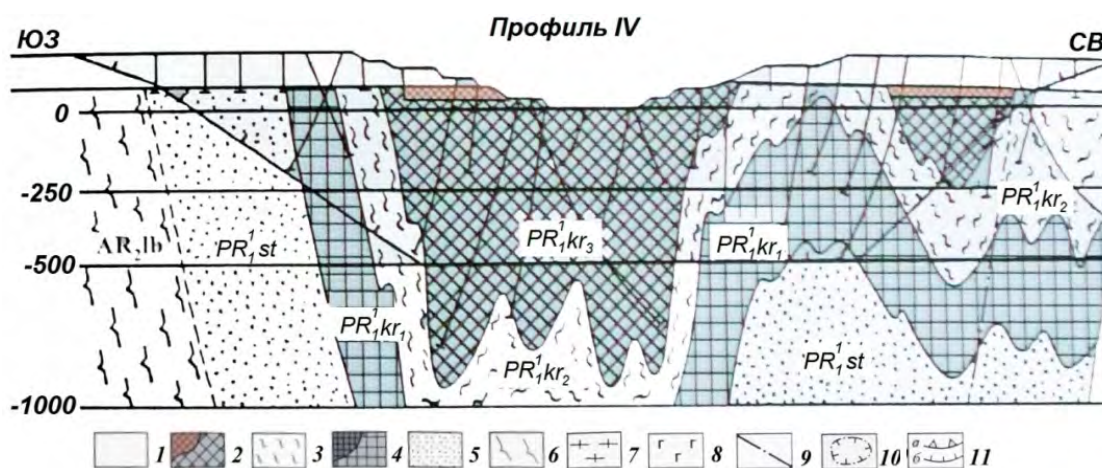


Рис. 2. Схематический геологический разрез по профилю IV Стойленского месторождения [1]. 1 – осадочные породы чехла (на разрезе); нижний протерозой – курская серия: 2–4 – коробковская свита: 2 – верхняя железорудная подсвита ( $PR_1kr_2$ ) и остаточные сидерит-мартитовые руды, 3 – нижняя сланцевая подсвита ( $PR_1kr_2$ ), 4 – нижняя железорудная подсвита ( $PR_1kr_1$ ) и остаточные богатые железные руды; 5 – стойленская свита ( $PR_1st$ ). Верхний архей – михайловская серия: 6 – лебедянская свита ( $AR_2lb$ ); 7 – гранито-магматитовый комплекс ( $my(AR-PR_1)$ ); 8 – габбро-диориты, кварцевые диориты стойло-николаевского комплекса; 9 – разломы; 10 – границы залежей переотложенных богатых железных руд; 11 – границы карьеров по рудно-кристаллическому комплексу действующего карьера (а) и проектного карьера (б).

Продуктивной на железные руды является коробковская свита курской серии нижнего протерозоя с двумя железорудными подсвитами. Кровлей богатых железных руд на территории Белгородского района служат нижнекамен-ноугольные визейские известняки, Старооскольского – песчано-глинистые девонские, а на повышенных участках – юрские отложения, залегающие на коре выветривания докембрия и живецких породах.

В зависимости от количественного соотношения главных рудообразующих минералов в Белгородском железорудном районе выделяются следующие типы руд: 1 – железослюдковые, железослюдково-мартитовые и мартитовые; 2 – мартит-гидрогематитовые; 3 – гидрогематито-гётитовые и гётит-гидрогематитовые; 4 – карбонатизированные и хлоритизированные; 5 – силикатно-мартитовые; 6 – магнетитовые; 7 – глинистые гётито-гидрогематитовые. Доминирующими типами являются рыхлые железослюдковые и железослюдково-мартитовые руды со средним содержанием железа 60–65 %, на долю которых приходится более 50 % от общих запасов. Каждый тип руд соответствует определенному типу железистых кварцитов, железослюдковые и мартит-гидрогематитовые руды приурочены к горизонтам тонкопосчатых магнетитовых и железослюдковых кварцитов, гидрогематит-мартитовые и гидрогётито-гидрогематитовые руды развиваются в силикатно-магнетитовых горизонтах. Руды Белгородского района детально описаны в работах [3, 4].

Руды Старооскольского района несколько отличаются от белгородских, они представлены следующими типами (рис. 3): 1 – железослюдково-мартитовые и мартитовые; 2 – гидрогематито-мартитовые; 3 – гидрогематитовые и глинистые гидрогематитовые; 4 – магнетито-мартитовые; 5 – карбонатизированные и хлоритизированные. При этом плотные руды преобладают над рыхлыми и в среднем по различным месторождениям составляют от 54 до 85 % [1, 2]. Среднее содержание железа в них 50–56 %.

Главными минералами богатых железных руд являются: 1 – унаследованные от материнских пород гипогенные минералы — магнетит, железная слюдка, кварц; 2 – минералы, образованные в результате выветривания железистых кварцитов – мартит, гидроокислы железа (гидрогематит, гётит, гидрогётит), к этой же группе можно отнести каолинит; 3 – диагенетические, образовавшиеся при погружении коры выветривания в условиях гидроморфного режима (бертьерин, шамозит); 4 – Эпигенетические минералы, связанные с инфильтрацией растворов сверху в уже образованную рудную зону — карбонаты (сидерит, кальцит), шамозит, сульфиды;

*Железная слюдка* – имеет форму идиоморфных чешуек и тонких пластинок размером 0,1–0,3 мм, почти всегда ориентированных параллельно реликтовой слоистости железистых кварцитов (рис. 4).

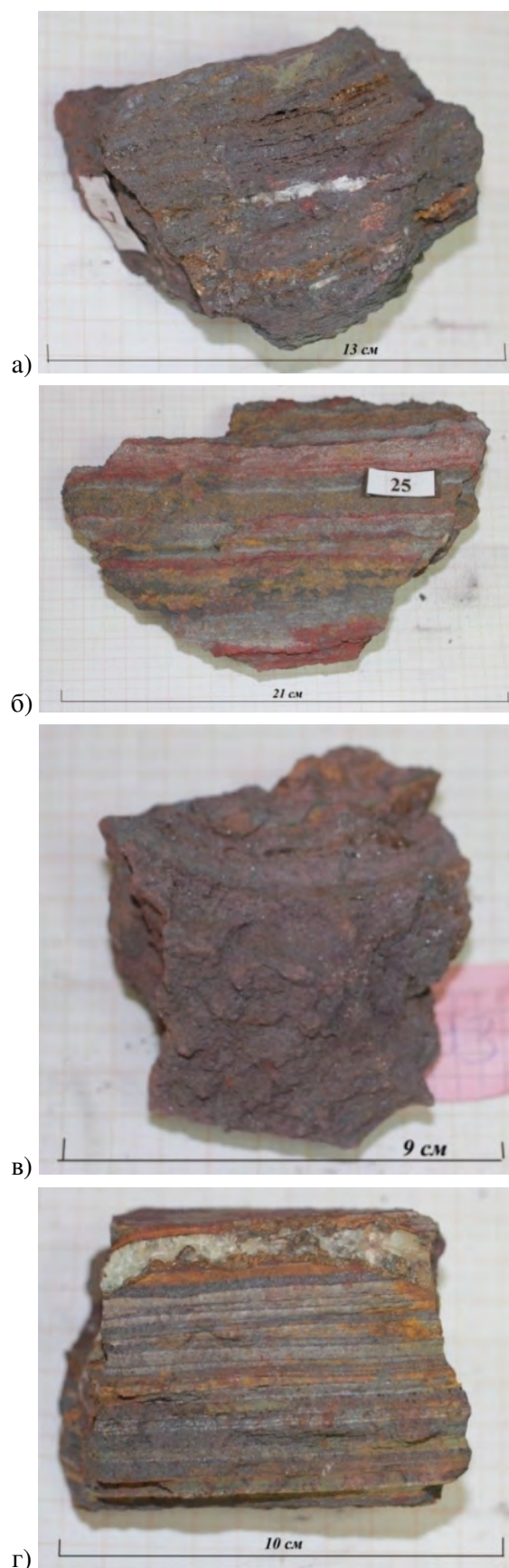


Рис. 3. Типы гипергенных богатых железных руд Стойленского месторождения Старооскольского района КМА: а) железослюдково-мартитовый; б) гидрогематитовый; в) магнетито-мартитовый; г) силикатно-мартитовый

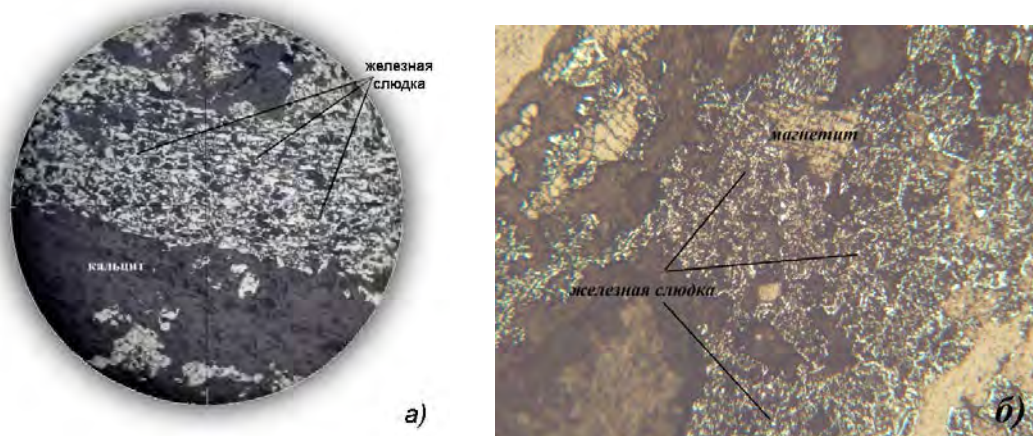


Рис. 4. а) железнослюково-мартитовая руда Яковлевского месторождения КМА, аншлиф, ув.280; б) железнослюково-мартитовая руды Стойленского месторождения, аншлиф, ув.210

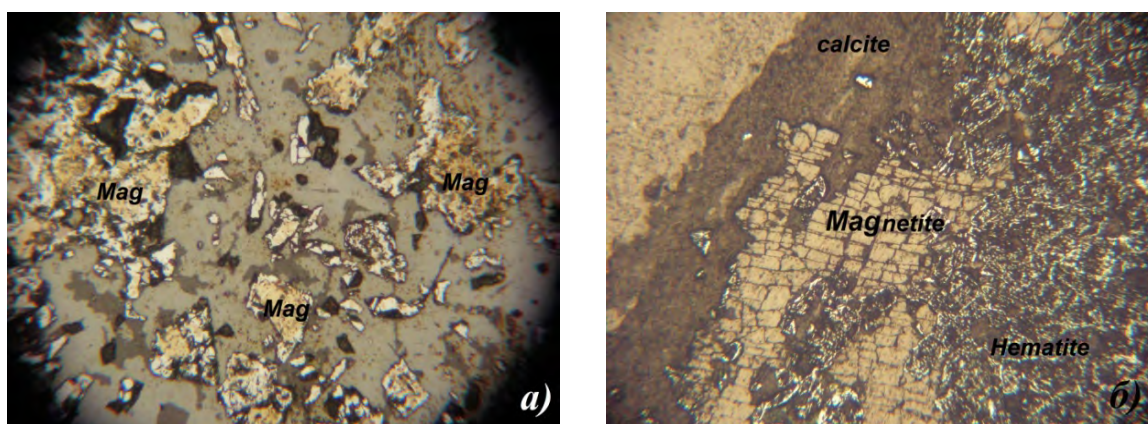


Рис. 5. Фото магнетита в виде: а) мелких реликтов в мартите железнослюково-мартитовой руды Яковлевского месторождения, аншлиф, ув.280; б) крупных реликтов Стойленского месторождения в магнетито-мартитовой руде, аншлиф, ув.210.

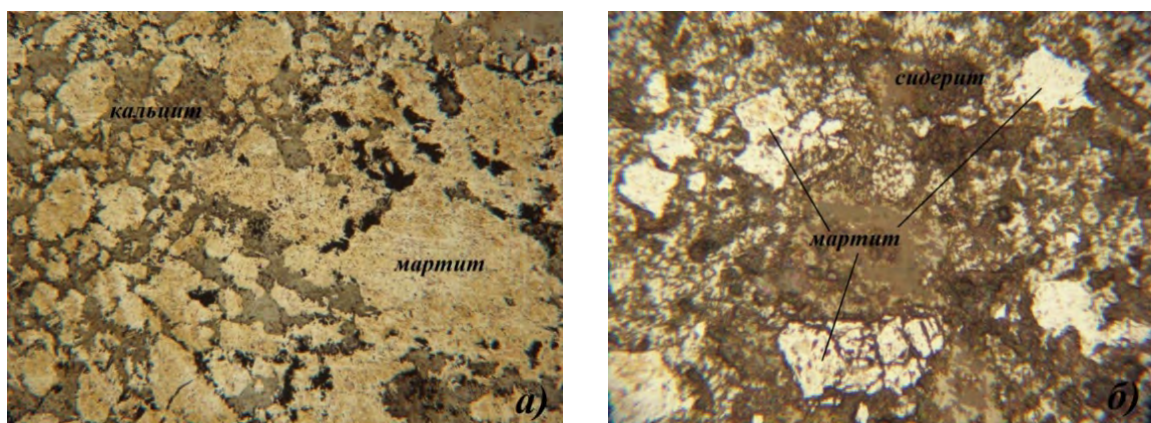


Рис. 6. Мартит в богатых железных рудах: а) Яковлевского месторождения б) Стойленского месторождения, аншлиф, ув. 210

*Магнетит* в богатых железных рудах Белгородского района присутствует в небольших количествах, входит только в состав мартита и находится в виде уцелевших от окисления сильно корродированных мелких реликтов различной формы (рис. 5). *Магнетит* в рудах Стойленского месторождения в полуокисленных кварцитах распространён весьма широко, образует большие скопления и рудные

залежи.

*Кварц* распространён в ограниченном количестве и встречается лишь в приподошвенных частях залежей. Под влиянием растворов агрегаты кварца материнских пород испытывали замещение или растворение. Иногда образует тонкие прослойки в виде белого мучнистого порошка – маршаллита.

*Мартит* представляет собой псевдоморфозы

гематита по магнетиту. Минерал обладает серым или серовато-синим цветом, находится он в виде изометричных зерен обычно октаэдрического облика размером 0,02 до 0,1 мм (рис. 6), которые срastaются в сплошные рудные массы. В зёрнах и сростках мартита часто встречаются коричневатые в отражённом свете реликты магнетита.

*Гидрогематит* слагает красные и красно-коричневые породы, образует волокнистые или землистые массы агрегатов. От мартита и гематита отличается отсутствием видимых кристаллов при небольших увеличениях, землистым строением, меньшей отражательной способностью.

*Гётит* образует обычно желтые, охристо-желтые, желто-бурые массы, представлен концентрическими образованиями, которые на микроснимках выглядят как набор широких и тонких колец с псевдокруглой сердцевинной и двойной каёмкой на периферии (рис. 7). Этот минерал часто имеет постепенные переходы в гидрогётит. *Гидрогётит* внешне не отличим от гётита, под микроскопом изотропен, в отличие от анизотропного гётита, дает внутренние рефлексы от желтого до бурого цвета, тогда как гётит – коричневые. Минералы имеют схожие рефлексы на дифрактограммах и наиболее надежно диагностируются рентгенографическим методом по рефлексам: 4,98 Å, 4,18 Å, 2,69 Å, 2,45 Å, 2,25 Å, 2,19 Å.

*Каолинит* является продуктом разложения алюмосиликатов и фиксируется среди прослоев сложенных

гидроокислами железа. В корах выветривания железистых кварцитов глинистые минералы образуют с гидроокислами железа тонкую дисперсную сильно сцементированную смесь и поэтому трудно определяемы [3]. Обычно присутствует в хлоритомартитовых, гидрогематито-мартитовых и глинистых гидрогематитовых рудах.

В богатых железных рудах широкое распространение имеет *бертьерин* — слоистый силикат из подгруппы серпентина группы каолинита-серпентина, встречается вместе с мартитом и карбонатами. На основании рентгенографических и электронографических исследований А. П. Никитиной и В. И. Сиротинным выяснено, что шамозиты в бокситах КМА – не хлориты, а железо-алюминиевые слоистые силикаты со структурой серпентинного типа [4, 5]. И. И. Никулиным бертьерин был обнаружен в богатых железных рудах КМА. Бертьерин идентифицируется на рентгеновских дифрактограммах по рефлексам  $d_{001} \approx 7,105-7,04$  Å и  $d_{002} \approx 3,547-3,52$  Å (рис. 8), которые отличают его от рефлексов шамозита и хлорита (кратных  $d_{001}=14$  Å). Наиболее развита бертьеринизация в зоне слабо сидеритизированных и в несидеритизированных (рыхлых) рудах. Белгородского района подробно описан в работах [6, 7, 8]. На Стойленском месторождении бертьериновая минерализация проявлена в виде сплошных светло-зеленых масс в тонкополосчатых разновидностях руд (рис. 9). Мощность прослоев бертьерина 0,5 до 1 см.

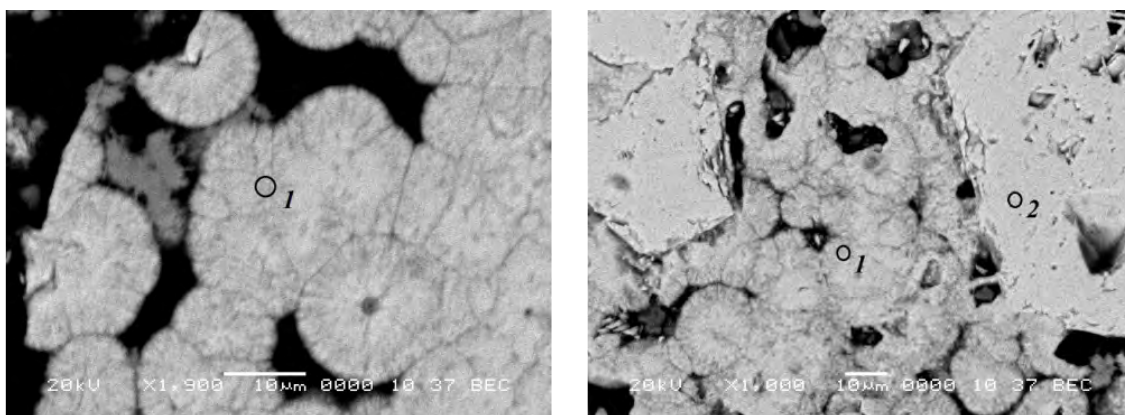


Рис. 7. Электронно-микроскопические снимки гетита Яковлевского месторождения (1 – гетит, 2 – мартит)

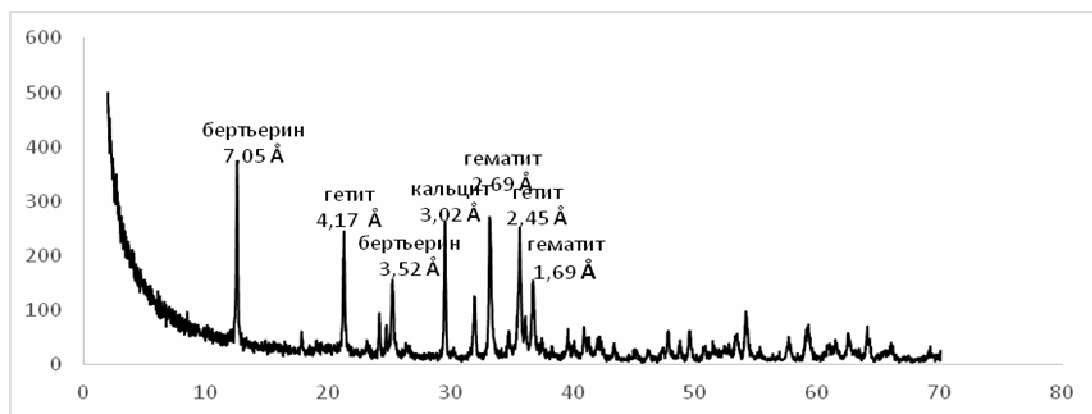


Рис. 8. Дифрактограмма гидрогематитовой руды с бертьерином Стойленского месторождения Старооскольского района КМА

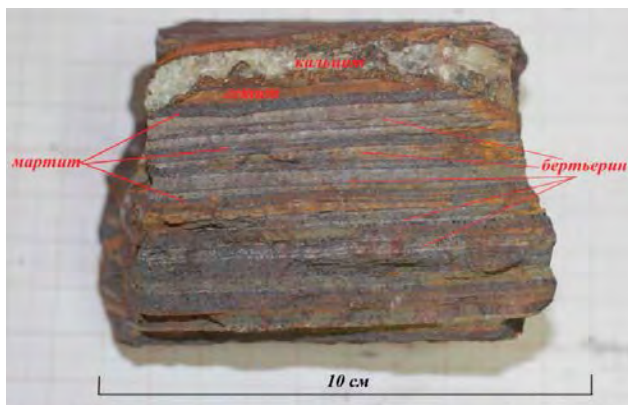


Рис. 9. Бертьерин в силикатно-мартитовой руде Стойленского месторождения

*Хлорит* образует плотные скопления темно-зеленого цвета. Отмечается в верхних горизонтах рудной зоны, где вместе с карбонатами входит в состав цемента плотных руд.

*Карбонаты* приурочены к самым верхним частям кор выветривания. Как правило, они образуют мелкозернистые агрегаты, цементирующие зерна мартита, железной слюдки. Сидерит присутствует в плотных рудах, где составляет до 40–50 % объема. Кальцит заполняет трещины, в которых имеет кристаллическое сложение. Возникновение карбонатов связано с инфильтрационными процессами.

*Сульфиды* представлены пиритом, имеющим инфильтрационное происхождение. В рудных широко распространены вблизи кровли, где образует сростки и сплошные массы.

### Выводы

Образование богатых железных руд Белгородского и Старооскольского района происходило в несколько этапов [1, 3, 4]. Первым из них был – додевонский (каолинитовый). Кору, сформировавшиеся на этом этапе, имеют гораздо меньшие мощности и проработанность экзогенными процессами по сравнению с нижнекаменноугольными. Кора этого типа, перекрытая живетскими отложениями, сохранилась в Старооскольском районе КМА. В результате на железистых кварцитах сформировались преимущественно магнетит-мартитовые богатые железные руды небольшой мощности, а на межрудных сланцах – гидрослюдисто-каолинитовый профиль выветривания [9, 10].

В северных и центральных районах КМА к концу среднего и первой половины верхнедевонского времени кристаллический фундамент уже был покрыт морем, тогда как на территории Белгородского района континентальный режим существовал до визейского времени [9–14].

В следующий – позднеурнейско-ранневизейский этап развития на более древнюю кору выветривая Белгородского района наложился процессы латеритизации [15]. А в связи с обширным выходом биоса на сушу произошла значительная интенсификация процессов гипергенного рудообразования. Доказательством деятельности микроорганизмов в

джеспилитах Курской магнитной аномалии служат данные А. Г. Володина [16], который после макро- и микроскопического исследования материнских пород установил, что основным структурным элементом железистых кварцитов являются железобактерии различных видов. Кроме того, кристаллический фундамент региона к этому времени представлял собой пенепленизированную равнину, на которой железистые кварциты, как более стойкие по отношению к процессам выветривания, слагали грядобразные поднятия с относительной высотой до 100 м, вытянутые в северо-западном направлении. Приподнятость фундамента обусловила развитие мощной зоны дренажа и интенсивного выноса подвижных в гипергенезе элементов и соединений. При выветривании в химическом составе железистых кварцитов происходило резкое уменьшение кремнезема с 43 % до 1–8 % и одновременным увеличением содержания железа с 30 до 70 % [17]. Вынос  $\text{SiO}_2$  способствовал развитию высокой пористости руд и, соответственно, их рыхлому сложению. Процесс выщелачивания кремнезема из материнских пород объясняется преобразованием железистых кварцитов в процессе их разложения микроорганизмами и образовавшимися в результате их жизнедеятельности органическими соединениями [18].

При погружении коры выветривания в условиях гидроморфного режима происходило ее преобразование, выраженное в бертьеринизации и хлоритизации богатых железных руд в зоне цементации перед перекрытием её осадками. Особенно масштабными эти процессы были в Белгородском рудном районе. В Старооскольском районе диагенетические преобразования начались в первой половине верхнедевонского времени, в белгородском – в поствизейское время. При эпигенетических процессах продолжалась трансформация минерального и химического составов руд, слагающих кору выветривания, и их структурно-текстурного облика. В результате по трещинам и сколам происходили карбонатизация (сидеритизация), развитие сульфидов. Руды в зависимости от слагающих их минералов приобрели различную плотность в результате неравномерной цементации в верхних частях профилей.

Мощности руд определялись интенсивностью экзогенных процессов, которая зависит от нескольких факторов: климатического, тектонического и биотического. Большая проработанность экзогенными процессами руд Белгородского района напрямую связана широким развитием органики, что подтверждается формированием угленосных отложений в отрицательных структурах.

В Старооскольском районе зона мартитизации имеет меньшую мощность, остаточный магнетит в богатых рудах, в отличие от таковых Белгородского района, развит довольно широко, хотя в обоих районах мартитовые и железослюдково-мартитовые руды являются доминирующими типами. В Старооскольском районе плотные руды преобладают

над рыхлыми, что объясняется более интенсивными процессами сидеритизации в эпигенетический этапы развития. Это сказывается на их качестве – в старооскольских рудах в среднем содержание железа на 4–6 % меньше, чем белгородских.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии / Под ред. И. Н. Леоненко. — Т. 3. Железные руды. — М.: Изд-во «Недра», 1969 — 319 с.
2. Железные руды КМА / Гл. ред. В. П. Орлов. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. — 616 с.
3. Никулин, И. И. Железорудные коры выветривания Белгородского района КМА / И. И. Никулин, А. Д. Савко // Тр. НИИ геологии Воронежского государственного университета. — Вып. 85. — Воронеж: Изд-во ВГУ. — 2015. — 102 с.
4. Никитина, А. П. О шамозитизации в латеритной коре выветривания в бокситах Белгородского района КМА / А. П. Никитина, В. И. Сиротин // Кора выветривания. — М. — 1967. — Вып. 8. — С. 29–39.
5. Сиротин, В. И. Стадиальный анализ древней глиноземной коры выветривания КМА / В. И. Сиротин // Проблемы теории образования коры выветривания и экзогенных месторождения. — Москва. — 1980. — С. 239–253.
6. Никулин, И. И. Типы гипергенных богатых железных руд Белгородского района Курской магнитной аномалии / И. И. Никулин, А. Д. Савко, М. Ю. Меркушова // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. — 2015. — № 3. — С. 71–82.
7. Никулин, И. И. Морфология и условия формирования железорудных кор выветривания Белгородского района КМА / И. И. Никулин // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. — 2014. — № 3. — С. 64–73.
8. Никулин, И. И. Бертьерин – главный силикат месторождений богатых железных руд КМА / И. И. Никулин // Вестн.

Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. — 2013. — № 1. — С. 89–97.

9. Савко, А. Д. Коры выветривания в геологической истории Восточно-Европейской платформы / А. Д. Савко, А. Д. Додатко // Воронеж: Изд-во ВГУ. — 1991. — 231 с.
10. Савко, А. Д. Этапы формирования кор выветривания в верхнем протерозое и палеозое Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, Н. П. Хожанинов / В сб. «Литогенез в докембрии и фанерозое Воронежской антеклизы». Воронеж: Изд-во ВГУ. — 1975. — С. 49–59.
11. Савко, А. Д. Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко // Тр. НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. — Вып. 12. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. — 165 с.
12. Чайкин, С. И. Условия образования богатых железных руд Курской магнитной аномалии / С. И. Чайкин // Латериты. — М.: Недра, 1964. — С. 54–62.
13. Чайкин, С. И. О некоторых аспектах генезиса богатых руд КМА / С. И. Чайкин // Рудоносные коры выветривания. — Москва. — 1974. — С. 73–80.
14. Никитина, А. П. Древняя кора выветривания кристаллического фундамента Воронежской антеклизы и ее бокситоносность / А. П. Никитина. — М.: Наука, 1968. — 159 с.
15. Сиротин, В. И. Закономерности визейского бокситообразования (на примере КМА и других провинций Русской платформы): дисс. д-ра геол.-мин. наук / В. И. Сиротин. — Воронеж. — 1988. — Т. 1. — 353 с.
16. Вологдин, А. Г. Геологическая деятельность микроорганизмов / А. Г. Вологдин // Изв. АН СССР. — 1947. — № 3. — С. 19–38.
17. Рахманов, В. П. Богатые железные руды коры выветривания Курской магнитной аномалии / В. П. Рахманов. — М.: Изд-во АН СССР. — 1962. — 198 с.
18. Яхонтова, Л. К. Разрушение силикатов с помощью бактерий / Л. К. Яхонтова, Л. Г. Нестерович, Г. А. Любарская, П. И. Андреев, В. Х. Пыжов, Г. К. Блинова // Минерал, 1983. — Т. 5. — № 2. — С. 28–38.

Воронежский государственный университет

Меркушова М. Ю., магистр геологического факультета  
E-MAIL: MARINA.MERKUSHOVA@MAILRU

ООО «Белгородская ГДК»

Никулин И. И., главный геолог  
E-MAIL: IINIKULIN@GMAILCOM  
Тел. 8(922)383-2455

VORONEZHSTATE UNIVERSITY

MERKUSHOVA M. MASTER OF GEOLOGICAL DEPARTMENT (FACULTY)  
E-MAIL: MARINA.MERKUSHOVA@MAILRU

«BEIGOROD MINING COMPANY LTD.»

NIKULIN I. I., THE CHIEF-GEOLOGIST  
E-MAIL: IINIKULIN@GMAILCOM  
Тел. 8(922)383-2455