

ТИПЫ ГИПЕРГЕННЫХ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

И. И. Никулин*, А. Д. Савко**, М. Ю. Меркушова**

*ООО «Белгородская горнодобывающая компания»

**Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 4 марта 2015 г.

Аннотация: в пределах Белгородского рудного района находится серия крупных и уникальных месторождений богатых железных руд, залегающих в сложных горно-геологических условиях на глубинах 600 и более метров, что исключает разработку их открытым способом. Одним из перспективных методов добычи этих руд является гидроскважинный, требующий новых подходов к их классификации, учитывающей, в том числе, и физические свойства, определяемые минеральным составом. Выделяется 7 типов богатых железных руд, каждый из которых представлен определенным сочетанием минералов железа. Сами руды являются полигенетическими, образованными в результате выветривания железистых кварцитов и наложенных на элювий диагенетических и эпигенетических процессов. В зависимости от степени их воздействия и образуются типы руд, отличающиеся друг от друга по минеральному составу, содержанию железа, прочностным свойствам. Это позволяет оптимизировать выбор участков и технологий для гидродобычи.

Ключевые слова: богатые железные руды, магнетит, гематит, мартит, гетит, сидерит, бертьерин, шамозит.

TYPES OF SUPERGENE RICH IRON ORES OF BELGOROD'S DISTRICT, KURSK MAGNETIC ANOMALY

ABSTRACT: SERIES OF LARGE AND UNIQUE DEPOSITS RICH IRON ORES OF THE BELGOROD'S MINING DISTRICT (600 M AND DEEPER) HAS A GEOLOGICAL SETTING WITH COMPLICATED MINING-AND-GEOLOGICAL CONDITIONS. THEIR DEVELOPMENT BY OPEN-PIT. HYDRO-BORE EXTRACTION METHOD IS ONE FROM THE PERSPECTIVE. IT NECESSARILY APPROACHES TO ORE CLASSIFICATION, TAKING IN ACCOUNT PHYSICAL PROPERTIES, DETERMINED BY CHEMICAL COMPOSITION. RICH IRON ORES 7 TYPES ARE DIFFERED ON A BASE OF DISCREPANCIES IN THE IRON MINERALS COMPOSITION. THESE ORES PROPERLY ARE POLYGENETIC PRODUCTS OF THE BIF WEATHERING AND LATER ELUVIUM DIGENETIC AND EPIGENETIC CHANGES. DEGREES OF THESE PROCESSES ACTION DETERMINE TYPES OF ORES FORMATION, DIFFERING IN MINERAL COMPOSITION, IRON CONTENT AND TOUGHNESS. THEIR CONSIDERATION LET OPTIMIZE CHOICE OF PROSPECTS AND TECHNOLOGIES FOR HYDRO-MINING.

KEYWORDS: RICH IRON ORE, MAGNETITE, HEMATITE, MARTIT, GOETHITE, SIDERITE, BARTHELEMIN, CHAMOSITE.

Белгородский рудный район является крупнейшим железорудным бассейном мира, вмещающим около 95 % всех запасов богатых железных руд КМА (рис. 1). На его территории площадью 5500 км² детально разведаны Яковлевское (Центральный участок) и Гостищевское (Крюковско-Гостищевский и частично на Хохловский участки) месторождения, частично установлены (предварительно) запасы этих руд на Большетроицком, Шемраевском и Висловском месторождениях. Оценены также запасы руд по категории С₂ и прогнозные ресурсы Разуменского, Олимпийского, Мелихово-Шебекинского, Ольховатского месторождений. Все они относятся к разряду крупных и уникальных. Часть из них (Висловское, Олимпийское, Мелихово-Шебекинское) являются комплексными железорудно-бокситовыми, остальные вмещают различное количество запасов и прогнозных ресурсов железа.

Однако эти руды залегают на значительных глубинах (600–1000 м) в сложных горно-геологических условиях и поэтому нужны эффективные технологии их разработки. Одной из них является гидроскважинная добыча, опыт проведения которой осуществлен на Большетроицком месторождении. Он показал, что одним из главных недостатков подготовительных работ, касающихся выбора оптимальных участков для гидродобычи, является отсутствие детальной классификации типов богатых железных руд (БЖР), учитывающей не только их минеральный состав, но и определяемые им прочностные свойства.

Имеющиеся на сегодняшний день сходные классификации по минеральному составу приведены в обобщающих работах [1, с. 31 и 2, с. 48] и статье С. И. Чайкина [3]. В них выделены по 4 типа богатых железных руд. Проведенные нами исследования позволяют предложить более полную классификацию богатых

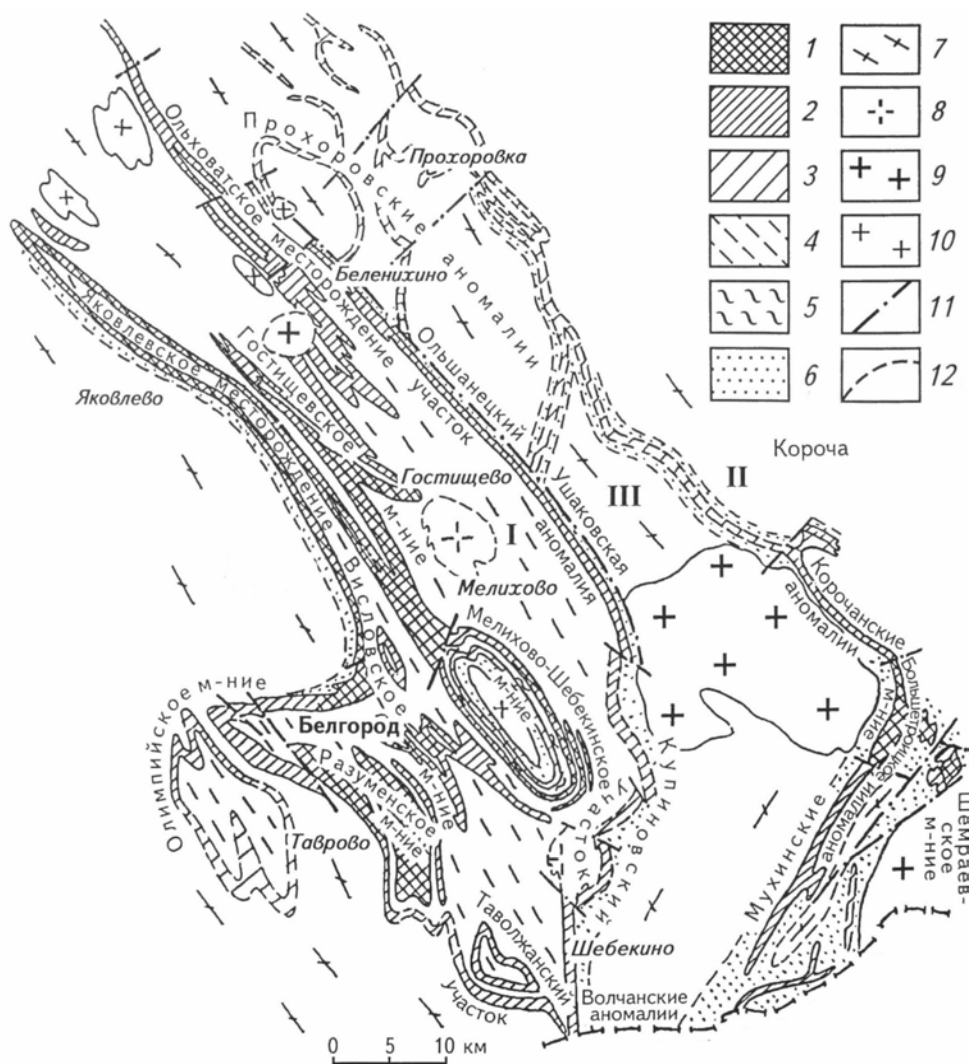


Рис. 1. Схематическая карта развития кор выветривания – месторождений богатых железных руд Белгородского района КМА. Составлена И. И. Романовым: 1 – коры выветривания железистых кварцитов и сланцев; 2 – проявления богатых железных руд ($Fe > 52\%$); 3 – выходы железистых кварцитов на поверхность докембрия с маломощной (до 10 м) корой выветривания; 4 – образования оскольской серии; 5 – внутрирудные сланцы коробковской свиты курской серии; 6 – образования стойленской свиты курской серии; 7 – породы архея; 8 – сиениты шебекинского комплекса; 9 – граниты субщелочного атаманского комплекса; 10 – плагиограниты салтыковского комплекса; 11 – тектонические нарушения; 12 – геологические границы.

железных руд, которая может быть использована при планировании добычных работ гидроскважинным способом.

Богатые железные руды в Белгородском районе КМА представлены двумя типами пород – остаточными кор выветривания и обломочными осадочными. Последние являются продуктами разрушения пород кор выветривания, развитых по железистым кварцитам и сланцам, и самих метаморфических пород. Эти обломочные делювиально-пролювиальные, озерно-болотные образования, в редких случаях прибрежно-морские, из-за малых размеров рудных тел не имеют промышленного значения.

Коры выветривания (КВ), сложенные БЖР, являются продуктами континентального выветривания железистых кварцитов и залегающих среди них прослоев железистых силикатных сланцев. БЖР, как правило, наследуют текстурные признаки и частично минеральный состав исходных материнских пород.

Тесная зависимость между минеральным составом материнских пород и развитых по ним кор выветривания обычно отмечается только в их линейных типах. Последние по объему преобладают над площадными. В Белгородском районе КМА выделены 7 типов БЖР, слагающих КВ, от гематитовых с магнетитом до рыхлых железнослюдково-мартитовых и глинисто-гётитовых (см. табл.). В каждом типе имеются свои разновидности.

Мартитовые и железнослюдково-мартитовые разновидности, наиболее богатые, часто развиты совместно, обладают близкими текстурными признаками, поэтому обе объединены в один минеральный тип, который составляет более 50 % общих запасов БЖР КМА. Породы сохраняют реликтовые текстуры, характеризуются тонкой полосчатостью, выраженной чередованием рыхлых порошковатых и плотных прослоев мощностью от 1 до 6 мм (рис. 2). Свежие хорошо сцементированные разновидности, извлеченные из

Таблица

Минеральные типы железных руд месторождений Белгородского района КМА

№ п/п	Яковлевское	Гостищевское	Ольховатское	Разуменское	Большетроицкое	Шемраевское
1	железнослюдковые, железно-слоудково-мартитовые и мартитовые	мартитовые, железно-слоудково-мартитовые	железнослюд-ково-мартитовые	мартитовые, железно-слоудково-мартитовые	мартит-гематитовые	железнослюдковые с гиббситом, мартитовые с маршаллитом
2	мартит-гидрогематитовые	гидрогематит-мартитовые	гидрогематит-мартитовые	гидрогематит-мартитовые	Гидрогематит-гематитовые	мартит-железнов-слоудково-гидрогематитовые
3	гидрогематито-гётитовые	гётит-гидрогематитовые	–	–	гематит-гётитовые, гидрогематит-гётитовые	–
4	карбонатизированные (сидерито-железнослюдковые, сидерито-железнослюдково-мартитовые, сидерито-гидрогематито-гётитовые)	сидерито-железнослюдковые, сидерито-железнослюдково-мартитовые, сидерито-гидрогематито-гётитовые	сидерито-железнослюд-ковые, сидерито-железнослюдково-мартитовые, сидерито-гидрогематито-гётитовые	карбонатно-гематитовые	карбонат-гематитовые, магнетит-карбонатно-гематитовые; бертьерин-карбонатно-гематитовые	сидерито-мартитовые
5	железнослюдковые, железно-слоудково-мартитовые и другие с силикатами	силикатно-мартитовые	–	–	бертьерин-гематитовые	–
6	–	магнетитовые	–	–	магнетит-гематитовые	–
7	–	глинистые гётито-гидрогематитовые	–	–	–	–

скважин, на открытом воздухе с течением времени превращаются в порошки. В верхней части рудных залежей по мартиту развит гидрогематит, местами с образованием мартит-гидрогематитовых руд красного цвета.

На нижних горизонтах залежей встречается кварц, обычно в виде маршаллита, образующего тонкие пылеватые налеты.

Среди БЖР Яковлевского месторождения железно-слоудково-мартитовые и мартитовые разновидности характеризуются наиболее высоким содержанием железа, обладают близкими текстурами, часто встречаются вместе и поэтому рассматриваются как один минеральный тип, на долю которого приходится около 75 % от общей массы руд участка. Эта разновидность характеризуется тонкополосчатой, реже среднеполосчатой текстурой, обусловленной чередованием рыхлых (2–6 мм) и плотных (1–2 мм) прослоек. Часто мартит и железная слюдка развиты совместно. Железная слюдка с размером чешуек по длинной оси 0,2–0,5 мм выполняет промежутки в мартитовых агрегатах, нередко концентрируется в мономинеральные прослойки шириной до 1 мм. Мартитовым породам присущи такие структуры, где идиоморфные зерна мартита размером 0,01–0,05 мм образуют полиэд-

рические агрегатные сростки, слагающие прослойки до 3 мм. В небольших количествах (до 7 %) в рудах присутствует реликтовый магнетит. В верхней части толщи БЖР отмечается гидратация мартита, реже железной слюдки с образованием гидрогематита. В незначительном количестве в рудах присутствуют реликты кварца, слагающие маршаллит, особенно в нижней части коры выветривания. Данная разновидность в ядерном материале в преобладающей массе рыхлая, порошокватая, пористая или уплотненная, легко рассыпается.

Мартито-гематитовые разновидности обычно развиты на "головах" горизонтов силикатно-магнетитовых кварцитов. В корях выветривания Яковлевского месторождения они составляют свыше 20 % запасов руд и приурочены обычно к висячему боку. Эти разновидности характеризуются пестрой окраской с преобладанием красного цвета с оттенками, имеют полосчатую текстуру, часто за счет присутствия плотных мартитовых прослоев. Кроме мартита и гидрогематита в рудах в виде примесей присутствует гидрогётит, минералы глин, карбонаты, бертьерин, кварц, иногда гиббсит и бёмит. Повышенное количество глинозема свидетельствует о наличии силикатов в материнских кварцитах [4].



Рис. 2. Мартитовая разновидность со слоистой текстурой Большетроицкого месторождения: скв. 15р, гл. 522,1 м; красные прослойки – тонкодисперсный гематит, который под биноклем с естественным освещением ярко-синий.

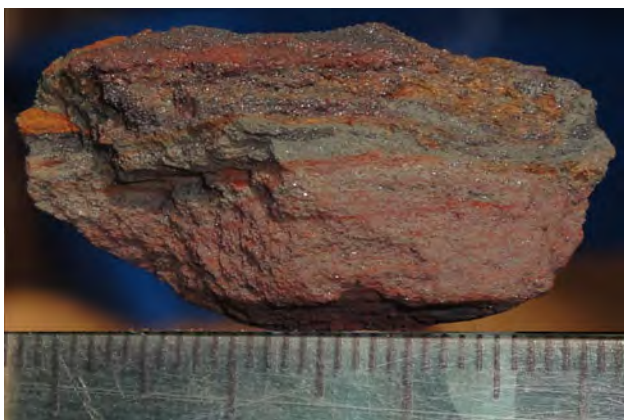


Рис. 3. Гидрогематитовый тип пород со слоистой текстурой: а) скв. 2р, гл. 651,4 м Большетроицкого месторождения; жёлтые прослойки – гётит, синие и серые – гематит



Рис. 4. Гётитовый тип пород со слоистой текстурой. Большетроицкое месторождение: скв. 15р, гл. 493,8 м.

Гётито-гидрогематитовые разновидности обычно образуют среди мартит-гидрогематитовых разновидностей прерывистые прослои и пачки. Окраска руд послойно-пятнистая с чередованием прослоев красновато-бурого, кирпично-красного, желтовато-бурого и охристо-желтого цвета, часто с характерной лиловой побегалостью (рис. 3). Основная масса сложена землистым дисперсным гематитом и порошковатыми гидроксидами железа, представленными гётитом и гидрогематитом, на долю которых приходится до 75–80 %. В заметных количествах встречаются мартит, бертьерин (реже шамозит), глинистые и боксито-

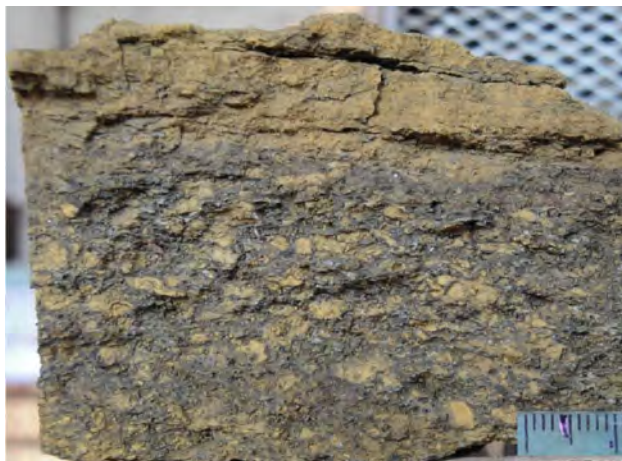


Рис. 5. Лимонитизация мартитовой породы Большетроицкого месторождения: скв. 26р, гл. 464,0 м.

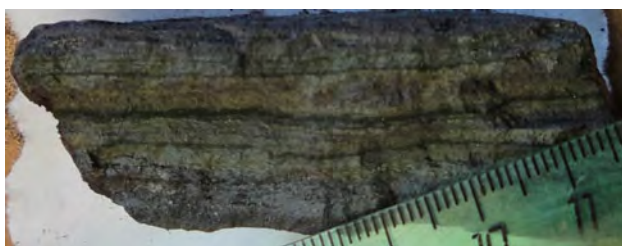


Рис. 6. Хлорит в остаточной коре выветривания на Большетроицком месторождении, скв. 27р, гл. 589,7 м: 1 – тёмно-зелёная генерация (тонкие прослойки) – хлорит; 2 – светло-зелёная – переходная зона из хлорита в шамозит.



Рис. 7. Эпигенетические изменения (бертьеринизация) остаточной коры выветривания на Хохловском участке, скв. 1гт, гл. 546,0 м: бертьерин – зеленоватая и сероватая масса; гидрогематит – буровато-фиолетовая.

вые минералы, кварц, лимонит. Доминируют руды, состоящие из окислов железа с повышенным содержанием глинозема.

Мартит-гидрогематитовая (гидрогематит-мартитовая) разновидность распространена преимущественно в краевых частях толщ КВ (в их лежащих и висячих боках). Породы имеют темно-красную, красновато-бурую, кирпично-красную и фиолетово-бурую окраску. Полосчатость неравномерная и вызвана чередованием прослоев мощностью от 1–2 мм до 1–2 см мартитового и гидрогематитового состава, а

также послойным изменением расцветки полос. Мартиновые прослои (20–60 % от общей массы) плотные с металлическим блеском, часто с красноватым оттенком, местами с включениями хлорита. Гидрогематитовые прослои обычно землистого сложения с разнообразными оттенками красного цвета, часто с вкрапленностью мартита, местами хлорита. Кроме основных рудообразующих минералов (мартита, гидрогематита, тонкодисперсного гематита), в виде примесей присутствуют гидрогётит, глинистый материал, карбонаты, хлорит, редко бокситовые минералы. Местами в составе пород резко преобладают гидроокислы железа (гидрогематит и гидрогётит), и они превращаются в гидрогётит-гидрогематитовые с мартитом образования красновато-бурой, охристо-желтой и буровато-коричневой окраски. Структура пород петельчатая-волокончатая, свилеватая, порфириобластовая.

Пёстроцветные гидрогематит-гётитовые, лимонитовые разновидности образуют перемежающиеся между собой неправильной формы участки и неодинаковой мощности прослои. Считается, что они образовались, главным образом, при разложении щелочных амфиболов, эгирина, железистых слюд и, в меньшей степени, при гидратации материнского сидерита, сульфидов и иногда метаморфогенного хлорита. Эти породы чаще всего имеют рыхлое сложение и образуют охряно-жёлтые или жёлтовато-бурые (кровяно-бардовые) сплошные землистые массы (рис. 4), реже хлопьевидные образования (плотные слои с сидеритом и шамозитом, разделенные пустотами и кавернами).

В мартиновых прослоях (3–7 м) рассматриваемые разновидности выполняют интерстиции в сростковых агрегатах мартита (рис. 5). По трещинам и порам, а также в виде неопределённой формы выделений и сгустков среди тонкодисперсных гидроокислов железа, наблюдаются плотные массы гематита, являющегося продуктом (обратным лимонитизации) дегидратации гидроокислов железа. Редко отмечаются прослои, обладающие пизолитовым сложением. В них матово-жёлтые пизолиты размером от 2–3 мм до 5 мм скреплены гётито-бертьериновым цементом. Пизолитовые стяжения обнаруживают ритмически концентрическое строение. На Яковлевском месторождении в охристо-гидрогематитовых породах очень часто наблюдаются псевдоморфозы лимонита по волокнистому железистому силикату типа куммингтонита. В отдельных пачках они отмечаются в больших количествах, где слагают участки и прослойки в рудах. По мере приближения к контакту тела коры выветривания со сланцами всяческого блока количество их увеличивается.

Инфильтрационные минералы почти во всех случаях являются цементирующими; исключениями являются разновидности пород с заметным присутствием клинохлора. Количество инфильтрационных минералов не всегда закономерно убывает от кровли к подошве рудной зоны. Условия для образования второстепенных (инфильтрационных) минералов возникли тогда, когда руды вместе с налегающими на них

осадками при отступлении моря попадали в зону слабодвижных или застойных грунтовых вод, т.е. в зону цементации. Наиболее широким распространением из них пользуются карбонаты и бертьерин (реже шамозит) [4–6]. Выделяются в различной степени карбонатизированные и бертьеринизированные разновидности. От количественного соотношения эпигенетических и цементируемых минералов в основном зависят агрегатное соотношение и цементированность пород.

В зависимости от степени цементации (главным образом карбонатизации) в каждом из перечисленных выше главных минеральных типов руд выделяются: 1) цементированные интенсивно карбонатизированные; 2) слабо цементированные и рыхлые, обычно хлоритизированные руды, с очень малым содержанием карбонатов (или без них).

Эпигенетическая минерализация руд (карбонатизации и шамозитизации) Смородинского участка обусловила вертикальную зональность толщи с выделением сверху вниз по разрезу зон: 1 – карбонатизированных железистых пород мощностью от нескольких метров до 35 м, 2 – шамозитизированных железистых пород, 3 – железистых пород, лишенных вторичных новообразований или с ограниченным их проявлением, 4 – кремнеземистых железистых пород, местами карбонатизированных и шамозитизированных.

Карбонатизированные разности выделены преимущественно в верхних частях залежей кор выветривания. Их мощность колеблется от 1 до 35 м. Ниже карбонатизированные руды встречаются в виде гнезд и пачек небольшой мощности. Гораздо реже они фиксируются вблизи подошвы КВ. Карбонатизации подвергаются в большей степени мартиновые и железнослудковые разновидности руд, в меньшей – гидрогематит-гётитовые, что обусловлено невысокой степенью проницаемости последних. Карбонаты представлены преимущественно сидеритом, который заполняет прослойки и интерстиции между сростками мартита и железной слюдки в пределах рудных прослоев. Карбонатизированные породы существенно отличаются от рыхлых разновидностей. По физическому состоянию они плотные, крепкие, светлых оттенков синей окраски, иногда буровато-серые. Нередко в сидерито-гидрогематито-гётитовых породах наблюдаются кавернозные текстуры.

Силикатно-мартиновые разновидности. Карбонатизированные породы сверху вниз сменяются зонами шамозитизации (в корях выветривания на севере Белгородского района) или бертьеринизации (в южной части Гостищевского месторождения и повсеместно на Большетроицком). Наблюдается два вида зон развития силикатов. В первом наблюдается постепенный переход карбонатизированных пород с неравномерной примесью силикатов в силикатно-мартиновые. Иначе выглядит второй вид, когда сильно цементированные БЖР резко граничат с рыхлыми мартиновыми породами, в которых имеется большое количество мелких слоек бертьерина.

Зона шамозитизации особенно отчетливо проявля-

на в мартит-железнослюдковых рудах, где её мощность иногда достигает 120 м. Шамозитизированные образования представляют собой слабосцементированную порошковато-комковатую массу, иногда приобретающую каменистый облик. Бертьериновые зоны сложены тонко чередующимися слоями бертьеринового и мартитового либо железнослюдкового состава, нередко в них шамозит выполняет интерстиции между зёрнами рудных минералов, а в тектонических зонах цементирует, наряду с карбонатом, рудные обломки. Кроме упомянутых минералов, в этих зонах присутствуют реликты кварца, каолинит, в ассоциации с которым встречаются бёмит, иногда пирит.

Процесс хлоритизации пород наиболее широко распространён на Гостищевском месторождении. Хлорит представлен двумя генерациями. Хлорит первой генерации – остаточный минерал, образовавшийся в результате гипергенных изменений силикатных минералов материнских пород (амфиболов, биотита). Он наследуется от них в виде прослоек шириной от долей миллиметра до 1–2 мм, реже 3–4 мм (рис. 6), местами до 1 см или обволакивает зёрна мартита. Представлен хлорит в виде чешуйчато-пластинчатых и спутанно-волокнистых рыхлых агрегатов серовато-зеленого цвета, иногда в прослойках более плотных. Сцементированные таким хлоритом руды представляют собой легко разрыхляющуюся порошковато-комковатую массу. Эти слабосцементированные мартитовые и железо-слюдково-мартитовые руды имеют широкое распространение на месторождении. Хлорит второй генерации (шамозит) образует пятнистые скопления афанитовой структуры тёмно-зеленого до черного цвета в верхней части залежи. Он является достаточно прочным цементом руд, которые приобретают каменистый, скальный и полускальный облик. Довольно часто шамозит ассоциирует с сидеритом, образуя смешанную сидерито-шамозитовую цементирующую матрицу. Местами наблюдается метасоматическое замещение шамозита сидеритом. Шамозит в приповерхностной части залежи местами гидратируется с переходом в светло-зеленый бертьерин. В шамозитизированных рудах в виде белесых точечных включений отмечается каолинит, с которым иногда ассоциируют гиббсит и бёмит. В южной части Гостищевского месторождения шамозитизация переходит в бертьеринизацию (рис. 7).

Зона пород КВ, насыщенных кварцем, приурочена к приподошвенной части залежей БЖР, вблизи контакта её с железистыми кварцитами. Она не имеет повсеместного распространения, а её мощность не превышает 10 м. В ней высокое (до 25 %) содержание остаточного кварца, иногда маршаллитизированного. Руды этой зоны преимущественно полускальные. Маршаллит образовался за счет дробления зёрен кварца при гипергенезе. При этом текстуры материнских силикатных тонкополосчатых сланцев и джеспилитов сохраняются.

Вариаций сочетаний минералов, формирующих КВ Белгородского района, может быть много. На Большетроицком месторождении основные рудные

минералы представлены гематитом (включая железную слюдку и мартит), гидроокислами железа (гётит и гидрогематит), карбонатами (сидерит и кальцит) и магнетитом (остаточным и новообразованным, мушкетовитом). Эти минералы в смеси с силикатами (шамозит и бертьерин) образуют шесть минералогепетрографических типов (рис. 8), наибольшее среди месторождений Белгородского рудного района КМА (см. табл.). Чёткой зональности в распределении типов не отмечается.

Рыхлые разновидности пород Большетроицкого месторождения залегают в тех же условиях, что и сильно сцементированные. Интенсивность развития рыхлых гематитовых разновидностей повышается в тех местах, где отмечены палеосклоны по кварцитам. Такими можно считать в блоке между скважинами 26р и 28р и 7р и 24р, вероятно между скважинами 16р и 2р (рис. 9).

При рассмотрении пород в связи с их технологическими особенностями выделяются следующие подтипы: 1) рыхлые-полурыхлые существенно мартитовые серовато-синие до тёмно-синих; 2) слоистые из полурыхлых, полускальных и скальных мартитовые серовато-синие; 3) полускальные и скальные мартитовые с магнетитом и гидрогематитом; 4) рыхлые-полурыхлые существенно гидрогематитовые с гидрогётитом, красноватые и буровато-желтые; 5) слоистые полурыхлые, полускальные и скальные гидрогематитовые с гидрогётитом на карбонатном цементе, серые, красноватые и буровато-желтые; 6) полускальные и скальные мартитовые с магнетитом и гидрогематитом на частично карбонатном цементе, серые и буровато-красноватые; 7) рыхлые-полурыхлые существенно гидрогётитовые с гематитом и мартитом от бурых до ярко-жёлтых; 8) слоистые из полурыхлых, полускальных и скальных существенно гидрогётитовые с шамозитом на карбонатном цементе; 9) полускальные и скальные мартитовые существенно гидрогётитовые, сидеритизированные с магнетитом и гидрогематитом, бурые и светло-красные (рис. 10).

В основании перекрывающих кору выветривания нижнекаменноугольных отложений почти повсеместно, особенно в понижениях древнего рельефа, прослеживаются осадочные обломочные породы – перетолженные продукты коры выветривания мощностью от 0 до 20 м делювиально-пролювиального, озерно-болотного и прибрежно-морского генезиса [7, 8]. Наиболее мощные железорудные делювиально-пролювиальные отложения установлены вдоль восточного склона Яковлевской полосы (см. рис.1), где ширина перетолженных руд иногда превышает 300 м при мощности от 10 до 54 м (в среднем 30 м). В основной своей массе они представлены брекчиевыми и конгломератовыми текстурными разновидностями с размером обломков и гальки до 13 см в диаметре (рис. 11). Делювиально-пролювиальные отложения являются достаточно прочными образованиями пестрой (преимущественно красновато-бурой и кирпично-красной) окраски. Обломочная часть имеет главным образом мартитовый и мартит-железно-слюдковый



Рис. 8. Основные минеральные компоненты БЖР Большетроицкой коры выветривания.

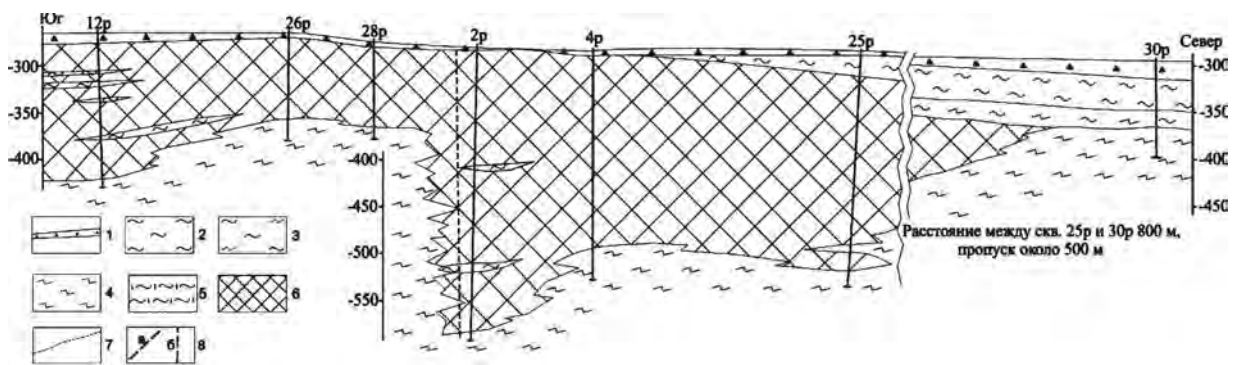


Рис. 9. Схематический геологический разрез вдоль рудной залежи Большетроицкого месторождения: 1 – базальный горизонт нижнекаменноугольных отложений, рудные конглобрекции; 2 – выветрелые филлитовидные сланцы, бокситы, железо-алюминиевые породы PR_1K_4 , прослои сланцев среди джеспилитов PR_1K_{2-3} ; 3 – переходная зона от сланцев к джеспилитам; 4 – джеспилиты, PR_1K_{2-3} ; 5 – филлитовидные сланцы, PR_1st ; 6 – богатые железные руды, в PR_1K_{2-3} ; 7 – предполагаемые (условные) границы; 8 – предполагаемые разломы (а); ось зоны дробления (б). Составил М. М. Безуглый.

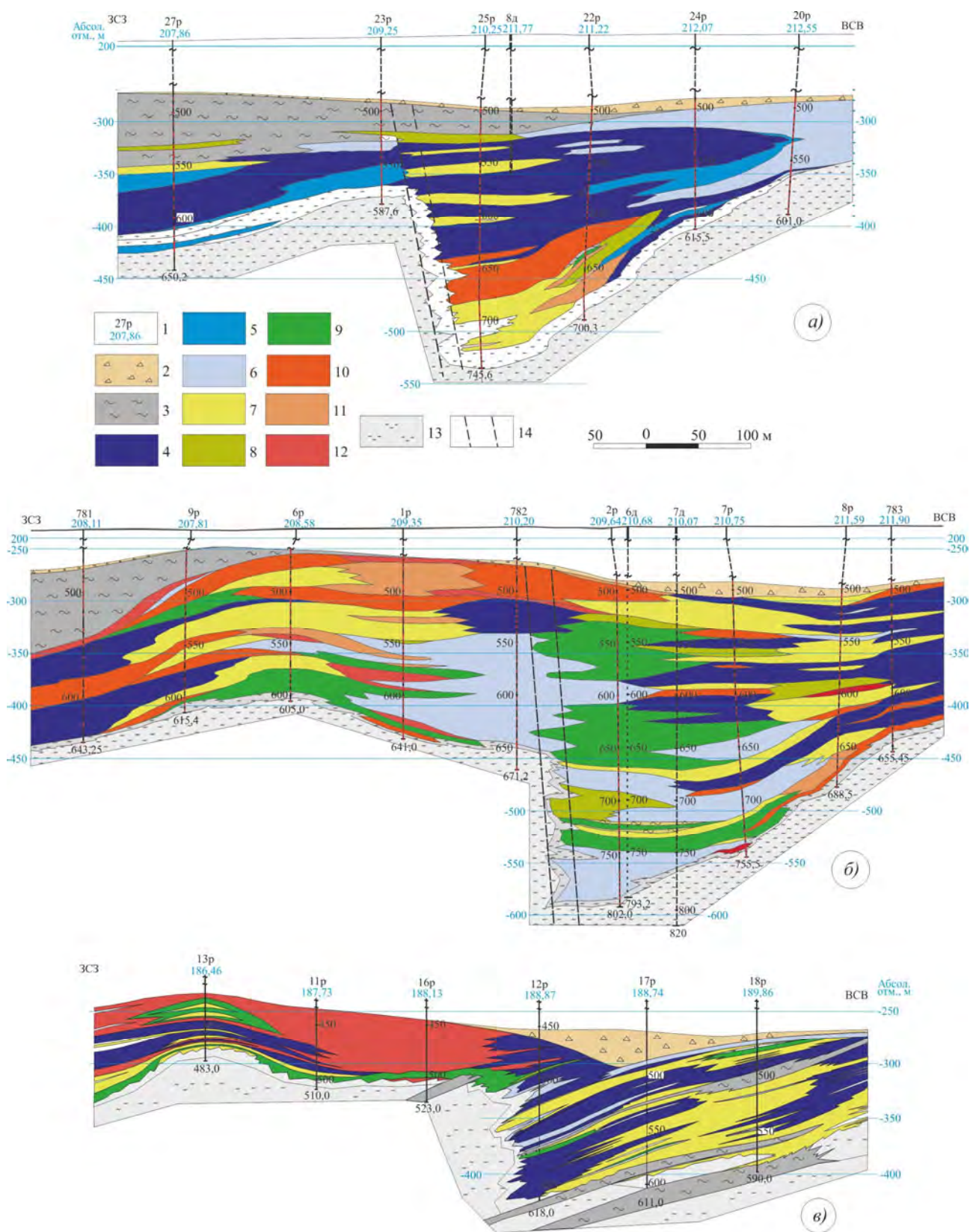


Рис. 10. Схематические разрезы коры выветривания, развитой по джеспилитам Большетроицкого месторождения КМА: а) разрез по профилю V+400; б) разрез по профилю V; в) разрез по профилю V-400; 1 – номер скв./абс. отм., м; 2 – осадочные обломочные отложения; 3 – сильно выветрелые филлитовидные сланцы; 4 – первый тип пород (см. в тексте); 5 – второй тип пород; 6 – третий тип пород; 7 – четвертый тип пород; 8 – пятый тип пород; 9 – шестой тип пород; 10 – седьмой тип пород; 11 – восьмой тип пород; 12 – девятый тип пород; 13 – окисленные кварциты; 14 – тектоническое нарушение. Составил И. И. Никулин

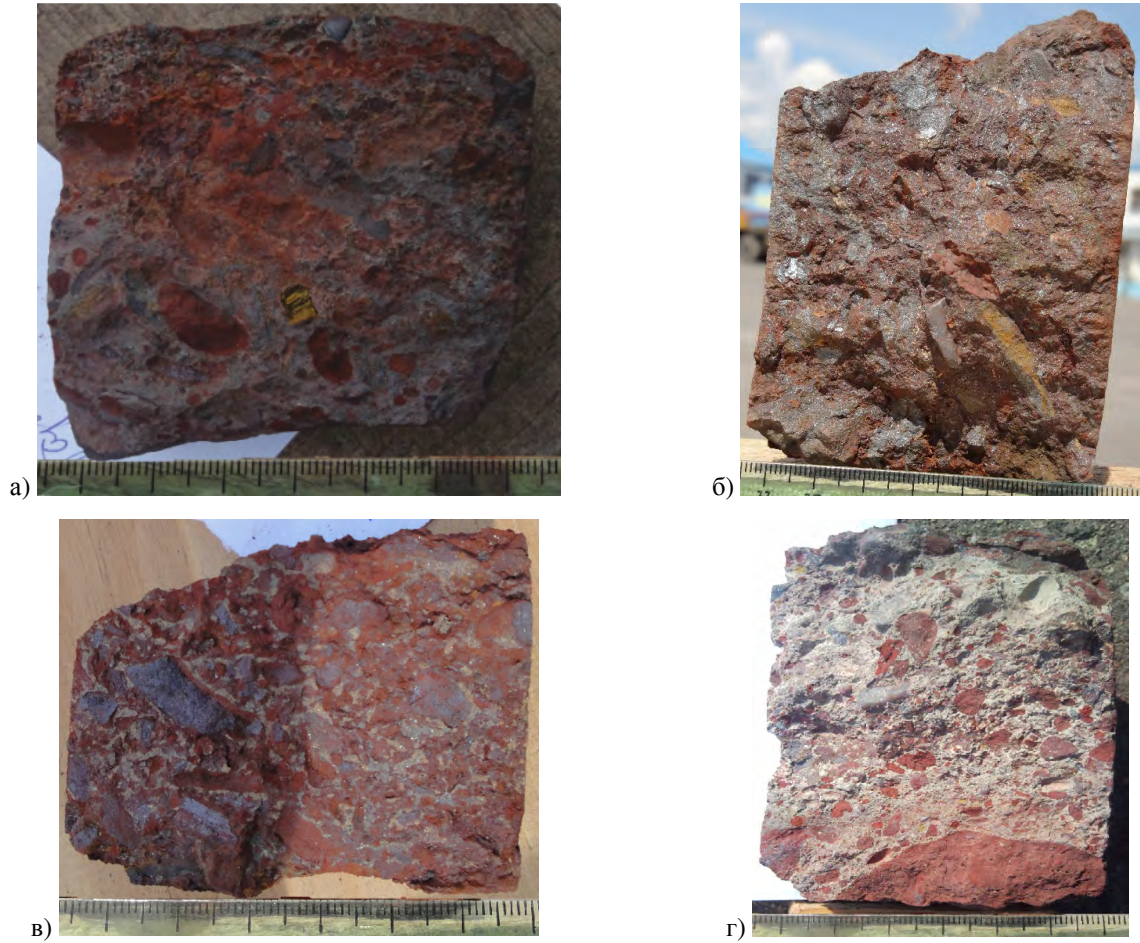


Рис. 11. Переотложенные богатые железные руды Большетроицкого месторождения: а) скв. 2р, гл. 491,6 м; б) скв. 10р, гл. 493,0 м; в) скв. 12р, гл. 480,5 м; г) скв. 19р, гл. 459,3 м.

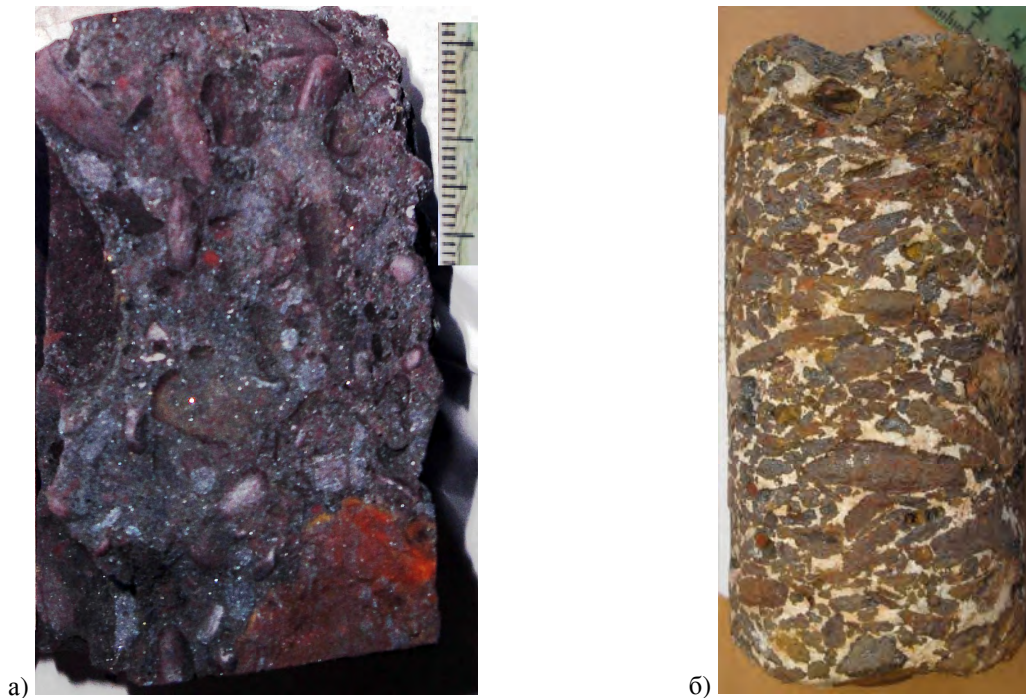


Рис. 12. Грубообломочные отложенные Белгородского района КМА: а) гематитовый галечник в гидрогематит-гематитовой массе, скв. 5п, гл. 418,8 м, Хохловский участок Гостищевского месторождения; б) мартитовый конгломерат на карбонатном (кальцитовом) цементе, скв. 30р, гл. 510,0 м, Большетроицкое месторождение.

(гематитовый) состав, реже встречаются гальки кварца, филлитовидных сланцев. Цемент базальный, местами контактовый и поровый, глинисто-железистый, песчано-глинистый, в разной степени подвергшийся карбонатизации или хлоритизации.

Юго-восточнее, в пределах Гостищевского месторождения, осадочные железорудные породы менее развиты. Они залегают в основании толщи перекрывающих кору выветривания железистых кварцитов и непосредственно в её кровле; в редких случаях на сланцах верхней и нижней свит; ещё реже среди прослоев известняков или слаборудных конгломератобрекчий. Мощность переотложенных руд невелика и чаще всего не превышает 4–5 м. Они образуют ряд линзовидно пережимающихся горизонтальных тел с неровным, иногда извилистым контуром. По агрегатному состоянию породы представлены почти исключительно плотными, интенсивно сидеритизированными разностями; слабо сцементированные разности составляют около 12 % [1].

На Хохловском участке, замыкающем с юго-востока Гостищевское месторождение БЖР, переотложенные продукты выветривания железистых пород почти не развиты. Местами они представлены галечниками жёлтой окраски, сильно сидеритизированными мощностью до 1,0 м, в которые в основании переходят в мармитовые конгломераты с линзами 1 x 3 м хлорита (скв. 2п, гл. 426,7). В 200 м восточнее галечник плавно переходит в зеленовато-синюю брекчию мощностью меньше 1,0 м, залегающую среди перемятых сильно бертьеринизированных гематитовых пород (скв. 1п, гл. 444,0 м). В скв. 5п среди скальных гематитовых пород встречен прослой плохо сцементированной гематитовой брекчи мощностью 2,1 м (рис. 12 а).

Железорудные делювиально-пролювиальные отложения развиты на большей части Большетроицкого месторождения. Распространение их неравномерное. Они представляют собой очень плотные, крепкие образования конгломератового облика, с пёстрой окраской. Нередко цемент брекчий на сидеритовом цементе (рис. 12 б). Мощность этих отложений от 2 до 23 м. В связи с отсутствием практической значимости осадочных железных руд их типизации не проводилось.

Обсуждение результатов

Почти вековое изучение геологии железных руд Курской магнитной аномалии показало, что их образование имеет длительную историю и обусловлено рядом факторов, важнейшими из которых являются тектонический, климатический и биотический. Первый, действуя через рельеф, определял эпохи образования элювия на джеспилитах, а также развитие складчато-трещиноватых зон с формированием площадных и линейных кор выветривания. Контрастность рельефа, в котором железистые кварциты возвышались над участками развития гранитогнейсов, способствовала выносу растворимых компонентов из пород профиля выветривания. Второй фактор связан с благоприятными условиями для развития поверхно-

стных гипергенных процессов (высокие температуры, обильные осадки). Третий обусловлен обширным выходом биоса на сушу в раннем карбоне и в связи с этим интенсификацией процессов гипергенного рудообразования. Поэтому КВ под девонскими отложениями имеют гораздо меньшие мощности и проработанность экзогенными процессами по сравнению с КВ, перекрытыми нижнекаменноугольными образованиями. Кроме выветривания, на минеральный состав богатых железных руд повлияли диагенетические и эпигенетические процессы. Нами выделяется 4 этапа формирования минерального состава богатых железных руд КМА (рис. 13).

1. Докаменноугольный этап выветривания (каолинитовый), когда на джеспилитах сформировались преимущественно мармитовые богатые железные руды небольшой мощности, а на межрудных сланцах – гидрослюдисто-каолинитовый профиль выветривания. Кора этого типа сохранилась в восточной части Белгородской (Старооскольский район) и на севере Курской и Орловской областях (Михайловский и Новоялтинский районы) [9].

2. Позднетурнейский-ранневизейский этап латеритного выветривания (окисления магнетита и выщелачивания кварца). Данные палеоландшафтного анализа визейского века [7, 8] позволяют судить о елховско-бобриковском времени, как основной стадии латеризации, наложенной на более древние коры выветривания, что доказано В.И. Сиротиным [9]. По своему составу и строению кора выветривания Белгородского рудного района имеет отчётливый латеритный характер с выносом кремнезёма, щелочных щелочноземельных элементов, а также накоплением железа и алюминия с развитием окислов и гидроокислов железа, и минералов глинозёма. Изначально, материнские джеспилиты состояли из магнетита, гематита, кварца и силикатов [10, 11]. В процессе окисления магнетит перешёл через фазу мармита в гематит, зерна кварца в маршаллит и кремниевую кислоту, вынесенную из профиля выветривания, силикаты – в гидроокислы железа и глинистые минералы. Поэтому в породах кор выветривания начал преобладать гематит, как остаточный, так и вновь образованный, а в линейных – мармит, преимущественно на глубоких горизонтах.

Минералы на этом этапе по генезису делятся на две группы: 1 – остаточные или реликтовые и 2 – новообразованные – гипергенные. Гипергенная минерализация в свою очередь могла быть метасоматической с сохранением форм первичных минералов (мармит), синтезированной *in situ*, т.е. вновь образованной из элементов и соединений разложенных материнских минералов, и секреторной из перемещённых по профилю элементов. Метасоматические минералы сформировались в результате замещения материнских минералов при их окислении, гидратации и частичном растворении. Среди них обособляются псевдоморфные (преобладают псевдоморфозы замещения) структуры. Новообразованные минералы, как правило, сохраняют реликтовые текстуры материнских пород.

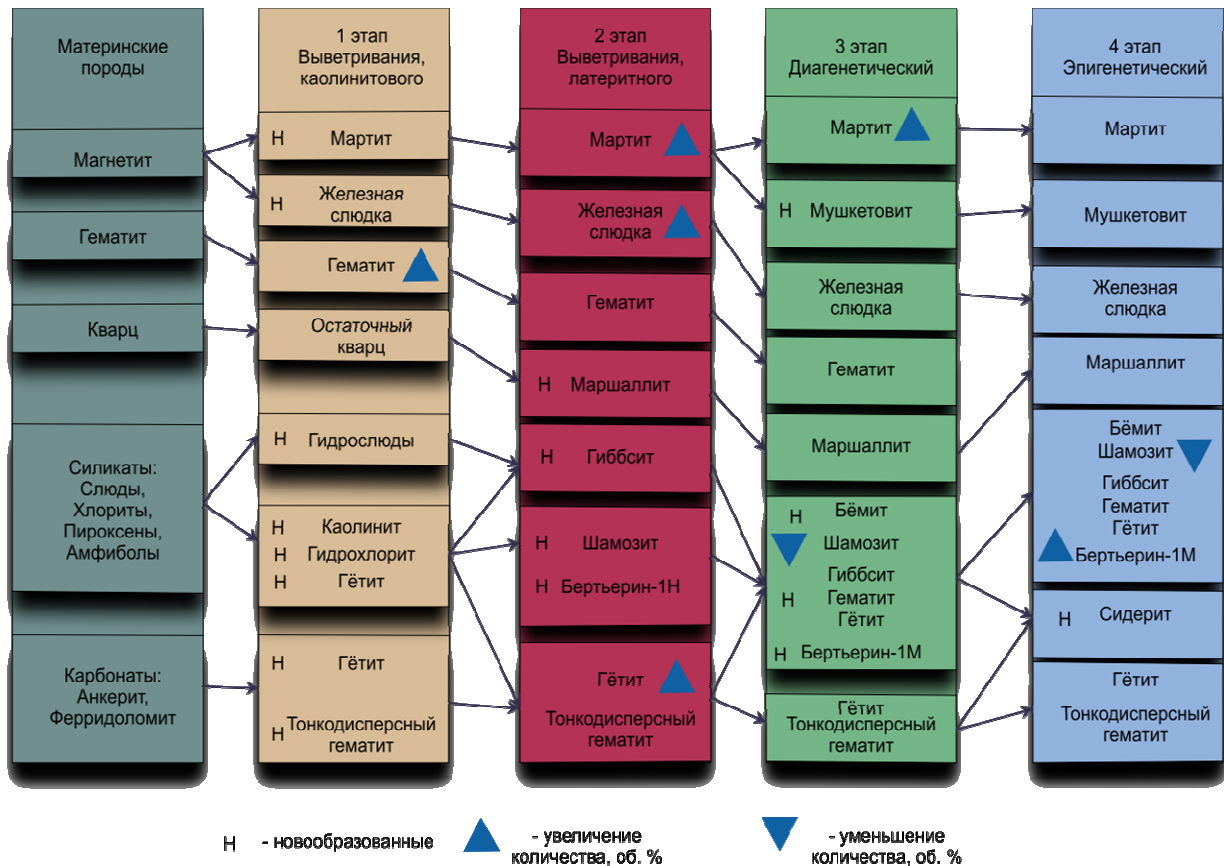


Рис. 13. Схема преобразования минерального вещества в корях выветривания Белгородского района КМА. Составил И. И. Никулин.

Секреционные минералы формировались в порах и трещинках рыхлых пород в результате дополнительного привноса вещества и образуют несогласные пятнистые, гнездовые, линзовые и ложнополосчатые формы БЖР. При этом на стенках пор, трещин и в щелевидных пустотах формируются плёнки, корки, друзы, жеоды, секреции, почковидные радиальнолучистые и колломорфные агрегаты. Все новообразования слагают различные типы железных руд.

Индикаторными минералами этого этапа являются унаследованный из материнских пород гематит, новообразованный по магнетиту мартит, сформированные за счет разложения силикатов, частично магнетита, гетит (гидрогетит) и гидрогематит, а также бертьерин 1Н, тяготеющий к нижним частям профилей выветривания. Его появление связано с коллоидами железа и при главенствующей роли водных растворов [12]. Mg^{2+} в октаэдрических позициях почти отсутствует, изредка его содержания достигают 0,35 %. Для коры выветривания межрудных сланцев характерны гиббсит и бемит, а также встречается каолинит, отсутствующий в породах КВ по джеспилитам.

3. Третий этап (диагенетический) характеризуется сменой тектонического режима, заключающейся в погружении сильно выветрелых джеспилитов, создании гидроморфных условий для метасоматического преобразования латеритного покрова [9, 13–16], выраженного в бертьеринизации, шамозитизации и сидеритизации железных руд в зоне цементации перед

перекрытием её осадками. Кора выветривания в этот период претерпела значительные изменения в облике, а тектонические и карстовые процессы, проявленные во второй этап, позволили сохранить большой объём рудного материала. На этом этапе морские глинисто-карбонатные осадки перекрывали кору выветривания не одновременно. На границе тульского и алексинского времени происходит замедление опускания территории в пределах Белгородского района, а на отдельных участках водоразделов с латеритным покровом – кратковременные малоамплитудные поднятия [8], что привело к осушению уже частично преобразованной коры выветривания и её переотложенных продуктов (подтверждается появлением бемита вместо гиббсита, наличием второй генерации сидерита).

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 счёт преобразования сильно выветрелых филлитовидных сланцев с дальнейшим погружением толщи пород при инфильтрации сидеритовых растворов из выше залегающих пород. Такой бертьерин приурочен к верхним частям остаточного профиля выветривания и к самим бокситоносным сильно выветрелым сланцам. Значения Si/Al не превышают 1, 7 [17]. Содержание Mg^{2+} в октаэдрических позициях достигает почти 2 %.

4. Этап эпигенеза и формирования современного облика богатых железных руд. В поствизейское время вся территория была погружена в связи с формированием юго-западного склона палеозойской Воронежской антеклизы. 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 [18]. Со средней юры до неогена было опускание с трансгрессией сюда морских бассейнов из Днепровско-Донецкой впадины, с неогена эта территория вновь стала сушей. Всё это приводило к трансформации минерального и химического состава руд, слагающих кору выветривания, и их структурно-текстурного облика.

После погружения территории, когда она оказалась юго-западным склоном Воронежской антеклизы, богатые железные руды подверглись изменениям в условиях раннего катагенеза. Выветрелые породы приобрели новые текстуры (за счёт сидеритизации), бертьеринизация повлекла за собой полосчатые и «паутинообразные» текстуры. По трещинам и сколам происходила сульфидизация и кальцитизация. Бертьерин занял главенствующее место среди силикатов. Руды в зависимости от слагающих их минералов приобрели различную плотность в результате неравномерной цементации в верхних частях профилей.

Таким образом, вещественный состав богатых железных руд определяется исходным составом материнских пород, степенью их выветривания, особенностями диагенетических и инфильтрационных процессов, размыва и переотложения вещества КВ в делювиально-пролювиальных и озерно-болотных обстановках. Так в КВ магнетит и гематит унаследованы от коренных пород, по их силикатам образованы гидрогематит, гётит, каолинит, гиббсит и других минералы. Эпигенетические процессы приводят к шамотизации и карбонатизации, бертьеринизации. В пролювиально-делювиальных обстановках наследуются минералы КВ, в озерно-болотных и прибрежно-морских значительную роль играют новообразования.

Содержания железа напрямую зависит от минерального состава пород КВ. Наиболее высокое количество металла (> 60 %) отмечается в железнослудковых и мартито-железнослудковых породах, а в мартито-гидрогематитовых и мартито-гётитовых разновидностях оно всегда ниже.

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 / Под ред. В. П. Орлова, И. А. Шевырева, Н. А. Соколова. – М.: Геоинформмарк, 2001. – 616 с.

ООО «Белгородская ГДК»

Никулин И. И., главный геолог

E-MAIL: IINIKULIN@GMAIL.COM; 8(922)383-2455

Воронежский государственный университет

Савко А. Д., заведующий кафедрой исторической геологии и палеонтологии ВГУ, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Заслуженный геолог России

E-MAIL: SAVKO@GEOL.VSU.RU; 8 (473)220-86-34

Меркушова М. Ю., бакалавр геологического факультета

3. Чайкин, С. И. Формирование остаточных железных руд белгородского типа Курской магнитной аномалии / С. И. Чайкин // Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Генезис железных руд. – Киев: Наукова думка, 1991. – С. 187–192.

4. Никулин, И. И. Характеристика минерального состава богатых железных руд Большетроицкого месторождения КМА) / И. И. Никулин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2012. – № 1. – С. 144–154.

5. Никулин, И. И. Бертьерин – главный силикат месторождений богатых железных руд КМА) / И. И. Никулин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2013. – № 1. – С. 89–97.

6. Сиротин, В. И. О шамотизации в латеритной коре выветривания и бокситах Белгородского района КМА / В. И. Сиротин, А. П. Никитина // Кора выветривания. – М. – 1967. – Вып. 8. – С. 29–39.

7. Бунеев, В. Н. Палеоландшафты визейского века юго-западного склона Воронежской антеклизы: тез. докл. Всесоюз. совещ. «Коры выветривания и бокситы» / В. Н. Бунеев, В. И. Сиротин. – Кустанай, 1981. – С. 145–146.

8. 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.

9. 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.

10. Савко, К. А. Метаморфизм палеопротерозойской железокремнистой формации Курской магнитной аномалии / К. А. Савко. // Тр. НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 45. – Воронеж, 2007. – 183 с.

11. Савко, А. Д. Коры выветривания и связанные с ними полезные ископаемые / А. Д. Савко, Ю. Ю. Бугельский, В. М. Новиков, А. Д. Слукин, Л. Т. Шевырев. – Воронеж : Истоки, 2007. – 355 с.

12. Дриц, В. А. Слоистые силикаты в земной коре. Сообщение 2 / В. А. Дриц, А. Г. Коссовская // Литология и полезные ископаемые, 1985. – № 1. – С. 3–16.

13. Никитина, А. П. Древняя кора выветривания кристаллического фундамента Воронежской антеклизы и ее бокситоносность. – М.: Наука, 1968. – 160 с.

14. Никитина, А. П. Факторы сохранности месторождений латеритных бокситов Европейской части СССР / А. П. Никитина // Кора выветривания. – Вып. 18. – М.: Изд-во «Наука», 1983. – С. 126–137.

15. Сиротин, В. И. Доверхневизейский бокситоносный перерыв Воронежской антеклизы. Сообщение 2. Структура, мощность, зрелость и возраст гипергенного покрова, фациальные типы кор выветривания / В. И. Сиротин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1997. – № 4. – С. 5–21.

16. Сиротин, В. И. История минералов свободного глинозёма и эволюция литолого-минералогических типов бокситов КМА / В. И. Сиротин // Литология и полезные ископаемые, 1973. – № 6. – С. 68–83.

17. Дриц, В. А. Слоистые силикаты в земной коре. Сообщение 1 / В. А. Дриц, А. Г. Коссовская // Литология и полезные ископаемые, 1984. – № 6. – С. 3–23.

18. Савко, А. Д. Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко // Тр. НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 12. – 2002. – 165 с.

«BELGOROD MINING COMPANY LTD.»

NIKULIN I. I., THE CHIEF-GEOLOGIST

E-MAIL: IINIKULIN@GMAIL.COM; 8(922)383-2455

VORONEZH STATE UNIVERSITY

SAVKO A. D., HEAD OF THE VSU HISTORICAL GEOLOGY AND PALEONTOLOGY CHAIR, DOCTOR OF THE MINERALOGICAL AND GEOLOGICAL SCIENCES, PROFESSOR, CELEBRATED GEOLOGIST OF RUSSIA

E-MAIL: SAVKO@GEOL.VSU.RU; TEL.: 8 (473)220-86-34

MERKUSHOVA M. Y., BACHELOR THE GEOLOGICAL DEPARTMENT (FACULTY)