

ISBN 5-9273-1003-6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

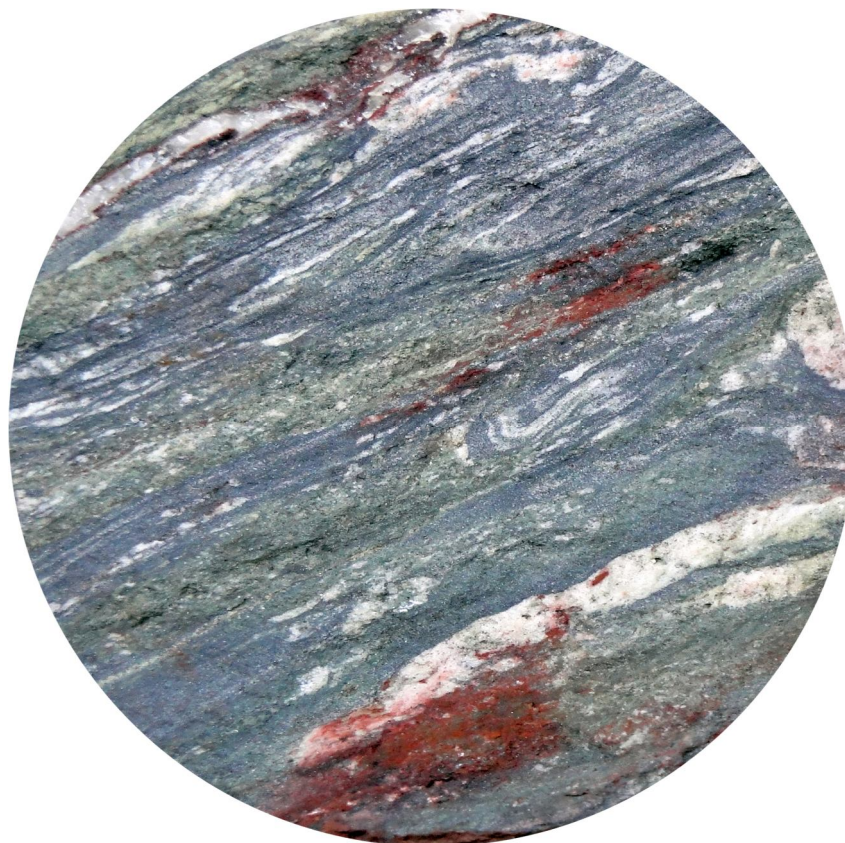
ТРУДЫ

Издаются с 2001 года

ВЫПУСК 85

И. И. НИКУЛИН, А. Д. САВКО

ЖЕЛЕЗОРУДНЫЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ



Воронеж 2015

ISBN 5-9273-1003-6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

ТРУДЫ

Издаются с 2001 года

ВЫПУСК № 85

И.И. Никулин, А.Д. Савко

ЖЕЛЕЗОРУДНЫЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ
БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА
КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Воронеж, 2015

УДК 553.068.36; 553.31 (470.324)

Никулин И.И. Железорудные коры выветривания Белгородского района Курской магнитной аномалии / И.И. Никулин, А.Д. Савко. - Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. Вып. 85. Воронеж: Воронежский государственный ун-т, 2015. – 102 с.: ил. 68, библиогр. назв. 76.

ISSN 1608-5833

Рассмотрены распространение и геологическое строение кор выветривания железистых кварцитов Белгородского района Курской магнитной аномалии с использованием многочисленных авторских карт и разрезов. На основании прецизионных анализов уточнен минеральный состав железных руд и геохимические особенности их формирования при гипергенезе. Выделены четыре этапа становления богатых железных руд с индикаторными минералами для каждого из них: 1 – ранний этап выветривания (R_3 - D_3), 2 – поздний латеритный (C_{1t-v}), 3 – диагенетический, 4 – эпигенетический. Стадиальный анализ рудообразования на основе смены минеральных ассоциаций во времени позволил оценить степень влияния процессов каждого этапа на состав и физические свойства богатых железных руд по площади распространения и разрезам основных месторождений района. Полученные результаты помимо теоретического имеют практическое значение, поскольку могут быть использованы при выборе участков добычи богатых железных руд гидроквлинным способом.

Книга предназначена для специалистов в областях литологии, разведки и поисков полезных ископаемых, также для аспирантов и студентов направления «Геология».

Nikulin I.I., Rich iron ores mantles of waste of the Belgorod district, the Kursk Magnetic Anomaly / I.I. Nikulin, A.D. Savko. - Proceedings of the Science-and Research Institute of Geology of the Voronezh state university. Issue 85. Voronezh: Voronezh state university, 2015. – 102 p.: 68 fig., 76 references.

ISSN 1608-5833

Location and geological setting of the mantles of wastes upon the ferruginous quartzites of the Kursk Magnetic Anomaly Belgorod district are envisaged with implication of the author's numerous maps and cross-sections. Mineral composition and geochemical peculiarities of the iron ores formation in supergene conditions are concretized on a basis of the precise analysis. Four stages of the rich iron ores and their indicator minerals forming are differed as follows: 1 – early stage of weathering (R_3 - D_3), 2 – late laterite one (C_{1t-v}), 3 – diagenetic one, 4 – epigenetic one. Stage analysis of ore forming is based on consideration of the mineral associations compositions changes that let evaluate contributions of each stage in the rich iron ores compositions and physician properties within the principal deposits areas of distribution and in their cross-sections. the results submitted are of theoretic and applied meaning as these can be used to encounter plots for hydraulic in drilled bores rich iron ores mining.

The book addressed to the specialists in lithology, prospection and search of the useful minerals deposits, as well as for post-graduates and students of direction "Geology".

Научный редактор –
д-р геол.-мин. наук проф. Л.Т. Шевырёв

ISSN 5-9273-1003-6

Воронежский государственный

университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. История исследований	7
Глава 2. Краткий очерк геологического строения Белгородского района КМА	10
2.1. Архейская и протерозойская акротемы	10
2.2. Фанерозойская эонотема	12
Глава 3. Эпохи корообразования в истории КМА	15
Глава 4. Морфология и типы кор выветривания железорудных месторождений	20
4.1. Яковлевское месторождение	20
4.2. Гостищевское месторождение	26
4.3. Беленихинский участок Ольховатского месторождения	30
4.4. Разуменское месторождение	31
4.5. Большетроицкое месторождение	33
Глава 5. Минеральные особенности кор выветривания	40
5.1. Исходный состав материнских пород	40
5.2. Минеральный состав богатых железных руд кор выветривания	42
Глава 6. Типы гипергенных богатых железных руд	60
6.1. Богатые железные руды остаточных кор выветривания	60
6.2. Осадочные богатые железные руды	71
6.3. Зависимость минерального состава кор выветривания от состава материнских пород	75
Глава 7. Геохимические особенности железорудных кор выветривания	76
7.1. Основные породообразующие элементы	76
7.2. Редкоземельные элементы	82
Глава 8. Особенности генезиса кор выветривания	86
Глава 9. Практическое значение изучения проявлений богатых железных руд в пределах КМА	89
Заключение	98
Литература	99

ВВЕДЕНИЕ

Большое количество залежей богатых железных руд Белгородского района Курской магнитной аномалии (КМА) остаётся не востребуемым из-за сложных геологических условий. Возрастающие темпы потребления железа, особенно в машиностроительной индустрии, а также сокращение запасов руд, разрабатываемых традиционными способами, определяют необходимость дальнейшего изучения имеющихся месторождений для их освоения нетрадиционными методами.

В связи с экономической конъюнктурой для металлургической промышленности возникла острая необходимость систематизации современными методами накопленных данных о богатых железных рудах. Балансовые запасы железных руд и, в частности, их богатых разновидностей, представляют низкие категории геологоразведочных работ 50-70-тилетней давности, что не внушает доверия потенциальным недропользователям. Российская Федерация обладает примерно 50 % мировых запасов богатых железных руд. Однако эти руды, сосредоточенные преимущественно в пределах Белгородского рудного района КМА, залегают на значительных глубинах (600-1000 м) в сложных горно-геологических условиях и поэтому нужны эффективные технологии их разработки. Вовлеченные в разработку запасы богатых железных руд КМА, исчисляемые десятками млрд. т, позволяют удовлетворить потребности в качественном железорудном сырье не только Россию, но и другие страны на длительную перспективу.

Белгородский рудный район является крупнейшим железорудным бассейном мира, вмещающим около 95 % всех запасов богатых железных руд КМА. На его территории площадью 5500 км² детально разведаны Яковлевское (Центральный участок) и Гостищевское (Крюковско-Гостищевский и частично Хохловский участки) месторождения, частично установлены (предварительно) запасы этих руд на Большетроицком, Шемраевском и Висловском месторождениях. Оценены также запасы руд по категории C₂ 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.

По данным Белгороднедра рыхлых и полурыхлых богатых железных руд в пределах Белгородского района следующие: на Ольховатском месторождении – Беленихинский участок с прогнозными ресурсами (P₁) 170 млн. т, на Яковлевском месторождении – Смородинский с прогнозными ресурсами (P₁) 410 млн. т, на Гостищевском месторождении – Гостищевский с запасами 151 млн. т (категория C₁), Юго-восточный с запасами 55 млн. т (категория C₂) и прогнозными ресурсами (P₁) 105 млн. т, Хохловский с прогнозными ресурсами (P₁) 1120 млн. т, Дальнеигуменский-I с прогнозными ресурсами (P₁) 1598 млн. т, Киселёвский с прогнозными ресурсами (P₁) 459 млн. т, Дальнеигуменский-II с прогнозными ресурсами (P₁) 323 млн. т, на Разуменском месторождении – Крутоголовской с прогнозными ресурсами (P₁) 524 млн. т, Масловопристанский с прогнозными ресурсами (P₁) 337 млн. т, Безымянный с прогнозными ресурсами (P₁) 174 млн. т, на Большетроицком месторождении – Западный участок с запасами 420 млн. т (категория C₂), Восточный с прогнозными ресурсами (P₁) 44 млн. т. Суммарные запасы (по категориям B+C₁+C₂) и прогнозные ресурсы богатых железных руд Белгородского района составляют около 6 млрд. т при среднем содержании железа 66 %. Доля запасов промышленных категорий (B+C₁) в общей массе руд составляет около 15 %, что свидетельствует о невысокой степени их изученности в целом по Белгородскому рудному району. Исключение составляет детально разведанный Центральный участок Яковлевского месторождения богатых железных руд, где шахтным способом осуществляется их добыча.

Появление инновационных технологий скважинной гидродобычи полезных ископаемых, в том числе и богатых железных руд, вновь возбудили к ним интерес со стороны недропользователей. По программе Мингео и Минчермета на этом участке с 1988 по 1993 гг. с перерывами выполнялись специальные опытно-методические работы по добыче с глубин 600-700 м богатых железных руд методом скважинной гидродобычи (СГД) с попутной доразведкой месторождения. Акционерное общество «НИИКМА-ГИДРОРУДА» это продолжила вплоть до 2006 г. Подобные работы велись ООО «БелГОК» на Гостищевском Крюковско-Гостищевском участке в период 1997-1999 гг. В 2006-2013 г. ООО «БГДК» выполняло масштабные работы по оценке, разведке и добыче богатых железных руд методом СГД на Большетроицком и Хохловском участке Гостищевского месторождений. На Большетроицком месторождении предварительно увеличены запасы БЖР на 20 %, уточнена геология междурудных

филлитовидно-сланцевых толщ, отработаны основные критерии для формирования проектов добычи методом СГД. На Хохловском участке частично уточнены запасы богатых железных руд, их морфология относительно всего месторождения и общие минеральные черты с другими подобными месторождениями Белгородского района.

Участие одного из авторов, И.И. Никулина, в геологоразведочных работах последних лет по изучению месторождений богатых железных руд Белгородского района КМА позволило получить важные геологические материалы, которые легли в основу настоящей работы. Главной её **целью** было изучение распространения, вещественного состава, генезиса железорудных кор выветривания для практического использования полученных данных в инновационных технологиях гидроскважинной гидродобычи. Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи:

1. С использованием новых данных уточнить распространение и морфологию кор выветривания на основных месторождениях богатых железных руд КМА;
2. С помощью традиционных и прецизионных методов исследований изучить минеральный состав кор выветривания на этих месторождениях;
3. Выявить геохимические особенности поведения основных породообразующих и второстепенных компонентов при формировании богатых железных с использованием имеющегося массива химических анализов, как собственных, так и имеющихся в фондовых источниках, а также полученных авторами результатов прецизионных анализов;
4. Выявить распределение типов богатых гипергенных железных руд на месторождениях Белгородского района КМА;
5. Провести стадийный анализ и установить особенности генезиса богатых железных руд рассматриваемого района с использованием полученных минералогических и геохимических данных;
6. Установить зависимости технологических свойств богатых железных руд КМА от их вещественного состава;

В связи с планированием промышленного освоения месторождений богатых железных руд КМА в ближайшее десятилетие нетрадиционными методами добычи весьма актуальной является задача технологического картирования, установления закономерностей распространения породообразующих и второстепенных минералов, влияющих на технологические схемы добычи, в зависимости от условий образования и современного захоронения.

Не менее актуальной является задача обобщения опыта прогноза и поисков погребённых месторождений богатых железных руд на территории восточно-Европейской платформы, в частности, связанных с визейским веком. Целью такого обобщения является установление возможности открытия новых месторождений рыхлых богатых железных руд.

В основу работы положен большой фактический материал, собранный в течение 14 лет, включающий керн Гостищевского, Большетроицкого, Коробковского и Разуменского месторождений (более 27 000 пог. м), каменный материал Яковлевского и Шемраевского месторождений (более ста образцов). Прецизионная аналитика проводилась в лабораториях Воронежского государственного университета, НИГП АПРОСА. Аналитика сплошного геохимического опробования керна выполнялась в лабораториях «Белгородгеология» и «Воронежгеология». Изготовлено и изучено более 100 шлифов, выполнены анализы пород, концентратов и монофракций минералов: более 1200 силикатных анализов, около 500 полных химических и 500 спектральных, более 200 рентгенографических и 200 электронно-микроскопических, более 2000 гранулометрических, 2000 определений объёмного и удельного веса, около 100 физико-механических. Проанализировано более сотни источников фондовых материалов по поисково-оценочным и разведочным работам с 1950-х по 1990-е гг.

Электронная микроскопия проводилась на растровом электронном микроскопе Jeol 6380 LV и SUPRA 50 VP. Для получения изображений использовался детектор вторичных электронов. Определение состава минералов в шлифах проводилось при помощи энергодисперсионного анализатора Inka-250. Рентгеновская дифрактометрия выполнялась на рентгеновских дифрактометрах Shimadzu и Siemens D-500 с использованием Co K -альфа излучения.

Химический состав определялся на X-Ray масс-спектрометре PW 2400 Philips и спектрометре последовательного действия Axios производства компании PANalytical (Нидерланды). При калибровке спектрометра использованы отраслевые и государственные стандартные образцы химического состава горных пород и рудных концентратов. Анализы выполнены по методикам НСАМ ВИМС, обеспечивающим получение результатов III категории точности количественного анализа по ОСТ РФ 41-08-

205-99. Данная категория точности применяется для массового анализа проб минеральных веществ, контрольных анализов и подсчете запасов МПИ. Вспомогательные виды работ по подготовке проб к анализу выглядят так: сушка 110 град, изготовление препаратов методом плавления с боратами лития и прессования с пластиковым наполнителем. Потери при прокаливании определены гравиметрически при температуре 950⁰.

Локальный рентгеноспектральный анализ элементного состава проводился с помощью системы OXFORD INS. Локальность определения состава составляла около микрона (2-5 μm). Измерения осуществлялись в разных точках каждого из образцов.

Современный уровень развития литологии предъявляет высокие требования не только к методике комплексного изучения месторождений железных руд с целью совершенствования разработки научных основ прогноза поисков, но и к общетеоретической базе, на которую они опираются.

Погребённые латеритные коры выветривания имеют различия в зависимости от фациальных субаэральных обстановок образования, и в последующие эпохи испытывали существенные изменения в зависимости от фациальных обстановок захоронения и состава перекрывающих пород.

Выполненные исследования позволили получить новые результаты по точному минеральному составу богатых железных руд, выделить индикаторные минералы различных этапов формирования полезного ископаемого, в том числе ранее мало известные бертьерин двух типов, селадонит, различить материнские и гипергенные магнетиты и гематиты. Выявлено, что основными силикатными примесями железных руд являются бертьерин-шамозиты. Проведенный на основе смены минеральных ассоциаций стадийный анализ рудообразования позволил установить этапы становления богатых железных руд и смену их типов во времени.

В практическом отношении наработки в рамках поисковых и геологоразведочных работах ООО «Белгородская ГДК» сформировали основные критерии разработки технико-экономической модели каждого месторождения с определением рациональности применения метода скважинной добычи железной руды. Приведенная авторами классификация литологических и технологических типов богатых железных руд позволила выявить зависимости их прочностных свойств от минерального состава пород. Распределение этих типов по разрезу и латерали для рассмотренных руд Белгородского района КМА должно лечь в основу технологических решений при разработке месторождений.

Авторы выражают свою благодарность за искреннюю поддержку и активное участие А.Г. Балашова в изучении богатых железных руд. При сборе фактического материала значительную помощь оказали студенты кафедры инженерной и прикладной геологии НИУ «БелГУ». При расшифровке микрозондовых анализов и определении минералов железных руд квалифицированные консультации оказал проф. К.А. Савко и за конструктивные замечания по ходу всей работы над данной тематикой проф. В.И. Сиротина. Постоянное содействие в работе авторов по исследованию месторождений богатых железных руд осуществляли коллеги из ООО «Белгородская ГДК» А.П. Атанов, М.М. Безуглый, С.В. Белов, А.Н. Бондаренко, В.В. Гищук, Ю.В. Дровников, А.С. Малий, а также из «Белгороднедра» И.А. Погорельцев. Всех перечисленных лиц авторы искренне благодарят.

ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

История геологических, гидрогеологических и геофизических исследований, открытий, разведки и освоения месторождений железных руд в кварцитах и богатых железных руд в корах выветривания, развитых по железистым кварцитам, освещена в большом количестве трудов и статей, опубликованных в разное время различными научно-исследовательскими и производственными организациями, а также отдельными специалистами-исследователями. Наиболее полно история исследований по этому вопросу приведена в работе «Железные руды КМА» [15] в главе 2, с.10-18.

Первые поисковые скважины, заданные вблизи сёл Коробково и Салтыково Старооскольского района (рис.1.1), почти одновременно в 1931 г., вскрыли богатые железные руды (БЖР) мощностью до 25 м с содержанием железа 50-60 %, залегающие под обводнёнными рыхлыми песчано-глинистыми отложениями осадочной толщи в виде горизонтальных залежей, приуроченных к головам крутопадающих пластов железистых кварцитов. Геологами Б.С. Дубровой (1933), Н.И. Наковником (1933), Н.Ф. Гончарик (1933), Н.И. Успенским (1933) и И.А. Русиновичем (1934) было дано первое минералого-петрографическое описание БЖР Старо-Оскольского района КМА. Свитальским Н.И. и Дубровой Б.С. высказаны первые соображения о гипергенном генезисе БЖР [50]. По их представлениям, они образовались в результате сидеритизации сильно трещиноватых голов крутопадающих пластов железистых кварцитов. Эта теория позднее была расширена и дополнена геологами И.А. Русиновичем и Ф.С. Золотовым [17].

Основные открытия месторождений богатых железных руд (БЖР) в пределах Белгородского рудного района были осуществлены в 1950-1960-х гг. (рис. 1.2). С 1948 по 1954 годы партиями и экспедициями треста Курскгеология при поисках и разведке БЖР и железистых кварцитов пробурено около 1100 скважин общим метражом 250 тыс. м. Результаты работ изложены в рукописных геологических отчётах и опубликованных статьях А.А. Прозоровского, Н.А. Плаксенко, И.П. Калинина, Б.Д. Клагин, И.А. Русиновича, В.Н. Клекля, Н.И. Голивкина, Д.И. Напрасникова, И.Д. Кармазина, В.И. Нарыжных, Л.М. Штерновой, В.Б. Рабиновича, Л.С. Богуновой и др.

На основании анализа имеющихся на то время материалов И.А. Русиновичем был пересмотрен прежний взгляд на генезис БЖР, рассматривавший их как продукт карбонатизации и хлоритизации железистых кварцитов близ их погребенного эрозионного среза. В 1951 г. Он пришёл к выводу, что основным фактором рудообразования было выщелачивание кремнезёма (из кварца и силикатов) в головах пластов железистых кварцитов, происходившее в условиях континентального выветривания, близкого к латеритному, существовавшего на территории КМА до отложения старооскольских слоёв среднего девона. А карбонатизации и хлоритизации он отводит второстепенную роль, как наложившимся на уже существовавшую рудную зону [32].

В процессе поисково-разведочных работ на БЖР в 1955-1962 гг. выявлены пространственно и генетически с ними связанные проявления бокситов, изучение которых проводилось под руководством И.И. Гинзбурга. В 1961 г. С.В. Вишняков получил первые данные по бокситоносности района, с 1963 г. выполнялись систематические научно-исследовательские (Б.Н. Одокий, С.В. Вишняков), поисково-оценочные и разведочные работы на бокситы и железо-алюминиевое сырьё сначала на Яковлевском, а с 1968 г. – на Висловском и других месторождениях.

Особенности размещения месторождений БЖР и бокситов КМА, обусловленные латеритным корообразованием, детально рассмотрены в работах С.И. Чайкина, Б.Н. Одокия, А.П. Никитиной В.Н. Клекля и В.И. Сиротина. Особенно следует отметить фундаментальное исследование В.И. Сиротина, изложенное в его докторской диссертации и других работах [52-56], в которой он впервые показал, что довизейская бокситоносная кора выветривания наложена на более древнюю нелатеритную.

Углублённое изучение коры выветривания железистых кварцитов дало возможность научно обосновать и развить ранее высказанную теорию о происхождении БЖР в результате латеритного выветривания с последующей их карбонатизацией и хлоритизацией. Это нашло отражение в работах: М.И. Калганова (1955), С.И. Чайкина (1958, 1963, 1964, 1965), И.А. Русиновича (1959), А.П. Никитиной (1957, 1958, 1961), И.П. Калинина (1960), И.И. Гинзбурга (1961) и В.П. Рахманова (1962). В работах С.И. Чайкина особенно развиваются положения о выявлении факторов, влияющих на локализацию БЖР в коре выветривания.

Калгановым М.И. (1955) определено образование БЖР в континентальных условиях. По его мнению, они представляют собой кору выветривания железистых кварцитов и отчасти кристаллических сланцев. Образование коры выветривания, по-видимому, началось ещё в конце верхнего протерозоя и продолжалось затем на протяжении всего докембрия, силура, нижнего и частично среднего девона. Карбонатизацию и хлоритизацию он связывал с попаданием рудных залежей, первоначально сложенных рыхлыми рудами, в зону цементации в девонскую, каменноугольную и юрскую эпохи. Придерживаясь концепции о БЖР, как о коре выветривания железистых кварцитов, И.П. Калинин (1960) на основании наблюдений соотношений БЖР с перекрывающими их породами осадочной толщи на Михайловском месторождении пришёл к выводу, что образование БЖР происходило в короткий континент-

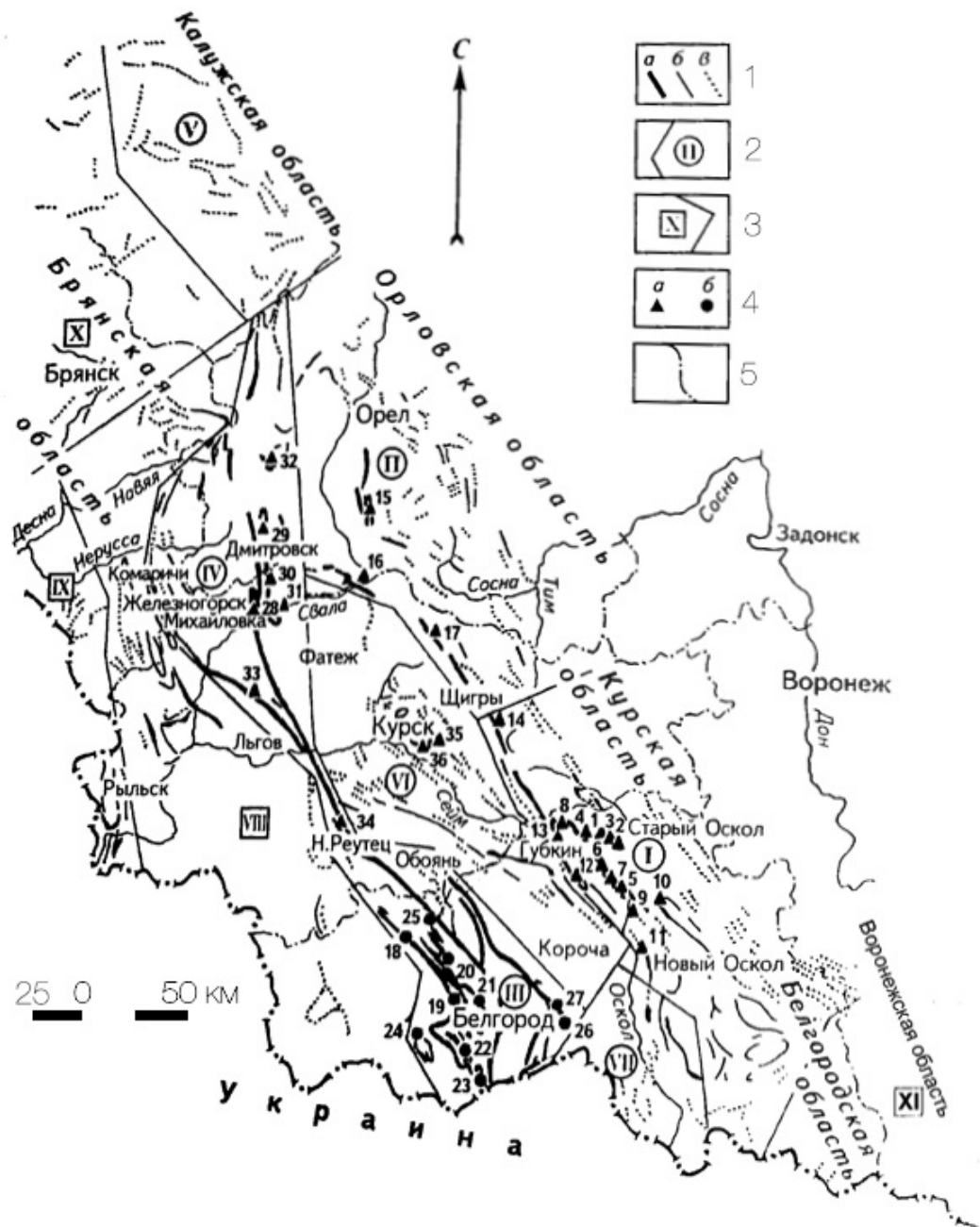


Рис. 1.1. Обзорная схема Курской магнитной аномалии. Составил И.А. Шевырев. 1 – вызывающие магнитные аномалии железорудные толщи мощностью от 200 до 1000 м более (а), от 30 до 200 м (б), до 30 м и неясных масштабов (в); 2 – железорудные районы: I – Оскольский, II – Орловский, III – Белгородский, IV – Михайловский, V – Барятинский, VI – Курский, VII – Валуйский; 3 – металлогенические зоны (VIII – Львовская, IX – Крупецкая) и области (X – Брянская, XI – Россошанская); 4 – железорудные месторождения, участки железистых кварцитов (а), богатых руд (б): Оскольский железорудный район: 1 – Лебединское, 2 – Стойленское, 3 – Стойло-Лебединское, 4 – Коробковское, 5 – Приоскольское, 6 – Салтыковское, 7 – Александровское, 8 – Панковское, 9 – Чернянское, 10 – Северо-Волотовское, 11 – Погромаево, 12 – Огибянское, 13 – Осколецкое, 14 – Щигровский; Орловский рудный район: 15 – Орловское, 16 – Воронецкое, 17 – Петровский; Белгородский рудный район: 18 – Яковлевское, 19 – Висловское, 20 – Гостищевское, 21 – Мелихово-Шебекинское, 22 – Разуменское, 23 – Таволжанский, 24 – Олимпийский, 25 – Ольховатское, 26 – Шемраевское, 27 – Большепетровское; Михайловский рудный район: 28 – Михайловское, 29 – Новоялтинское, 30 – Курбакинское, 31 – Лев-Толстовский, 32 – Нарышкинский, 33 – Яценское, 34 – Дичнянско-Реутецкое; Курский металлогенический район: 35 – Бесединский, 36 – Кувшиновский; 5 – границы административных областей.

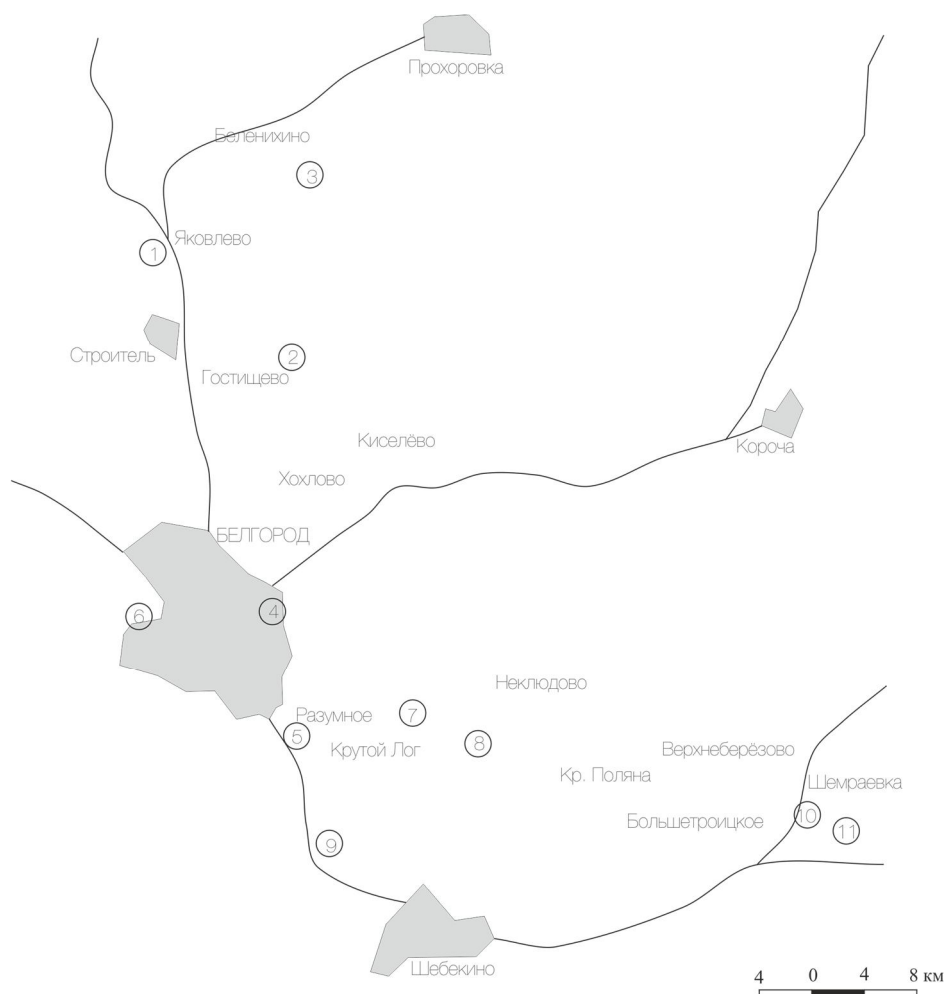


Рис. 1.2. Обзорная схематическая карта месторождений богатых железных руд Белгородского района КМА. Составил И.И. Никулин. 1 – Яковлевское, 2 – Гостищевское, 3 – Ольховатское, 4 – Висловское, 5 – Разуменское, 6 – Олимпийское, 7 – Соловьёвское, 8 – Мелихово-Шебекинское, 9 – Таволжанское, 10 – Большетроицкое, 11 – Шемраевское.

тальный промежуток времени, охватывающий конец среднего девона (мосоловские слои – живетский ярус) и начало верхнего девона (до щигровских слоёв). Являясь сторонником гипергенной гипотезы образования БЖР В.П. Рахманов (1962) рассматривал вопросы генезиса БЖР на основе анализа парагенетических ассоциаций. Эпигенетическую минерализацию он связывал с инфильтрацией растворов из толщи осадочных пород, перекрывающих кору выветривания железистых кварцитов.

В 1978-1988 гг. в результате поисков и поисково-оценочных работ на бокситы в Белгородском рудном районе попутно открыты и оценены Олимпийское и Разуменское месторождения БЖР. Выявлены крупные залежи глубоко залегающих (400-800 м) высоко качественных БЖР, значительная часть которых представляет собой рыхлые образования. Под руководством И.И. Романова произведены прогнозные ресурсы большинства проявлений БЖР. Затем исследования приостановились, так и не выяснив генетические особенности БЖР, железистых кварцитов и бокситов КМА.

В 1988-1995 гг. на Шемраевском месторождении проведены геологоразведочные опытно-методические работы по скважинной гидродобыче БЖР, сопровождавшиеся большим количеством научных опубликованных геологических трудов. В 1996-1998 гг. А.Г. Балашовым были начаты подобные работы, но уже на Гостищевском месторождении.

В 2007-2010 гг. под руководством А.Г. Балашова возобновились работы в Белгородском рудном районе. Их объектами послужили Большетроицкое месторождение и Хохловский участок Гостищевского месторождения. Геологоразведочные и поисковые работы координировал И.И. Никулин. В совместной работе с М.М. Безуглым оконтурена толща БЖР Большетроицкого месторождения и определен объём междурудных сланцев [26]. Впервые И.И. Никулиным дана характеристика силикатов в мощных остаточных корах выветривания железистых кварцитов КМА [16н]; утвердительно закреплена главенствующая роль бертьерина, как основного силиката в толщах БЖР.

Перспективы изучения литологии и рыхлых рахновидностей наиболее богатых железных руд для передовых технологий добычи в особо сложных условиях авторами неоднократно докладывались на отечественных съездах, совещаниях и конференциях.

ГЛАВА 2. КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА КМА

Белгородский район КМА расположен в пределах юго-западного склона Воронежской антеклизы, представляющей собой крупную положительную герцинскую структуру, расположенную в центре Восточно-Европейской платформы. Здесь кристаллический фундамент, сложенный метаморфизованными и дислоцированными докембрийскими породами архея и протерозоя, погребен под отложениями палеозойской, мезозойской и кайнозойской эратем.

2.1. Архейская и протерозойская акротемы

В изучение стратиграфии, магматизма, метаморфизма, металлогении докембрийского мегаблока КМА большой вклад внесли М.Н. Доброхотов, Н.И. Голивкин, Н.А. Плаксенко, В.П. Полищук, Е.Н. Крестин, Н.С. Афанасьев, И.Н. Щеголев, А.П. Тарков, К.А. Савко и многие другие. Материалы этих исследований и легли в основу написания докембрийского раздела настоящей главы.

Архейская акротема. Архейские образования развиты на обширной территории к западу от Лосевской шовной зоны и представлены обоянской (AR_1) и михайловской (AR_2) сериями (табл. 2.1).

Обоянская серия сложена биотитовыми, гранат-биотитовыми, биотит-амфиболовым и амфиболовыми серыми равномерно-зернистыми интенсивно мигматизированными плагиогнейсами с прослоями силикато-магнетитовых кварцитов. Мощность СВК обоянской серии составляет тысячи метров, а возраст 2940-3130 млн. лет.

Михайловская серия развита на меньших площадях по сравнению с обоянской и разделяется на александровскую и лебединскую свиты. Первая из них сложена ортоамфиболитами и ортосланцами основного состава, участками превращенными в мигматизированные кристаллические сланцы и гнейсы, вторая - часто мигматизированными метариолитами, метадацитами, метариодацитами, ортосланцами основного, реже среднего состава, кварц-биотитовыми, кварц-двуслюдяными, кварц-хлоритовыми сланцами, реже метапесчаниками и кварцитами. Мощности михайловской серии колеблются от 0 до 3000 м, возраст 3264±22 млн. лет.

Архей-протерозойские образования представлены игнатеевской свитой. Она сложена несогласно залегающими на архейских породах метагравелитами, полимиктовыми метапесчаниками, мраморизованными доломитами и известняками, кварцитами общей мощностью до 800 м.

Протерозойская акротема КМА представлена нижнепротерозойской эонотемой. Последняя состоит из курской и оскольской серий. **Курская серия** развита в синклинорных зонах, включает стойленскую и коробковскую свиты. Стойлинская свита внизу (нижнестойленская подсвита) сложена кварцитами, олигомиктовыми метапесчаниками, метагравелитами, метаконгломератами с маломощными прослоями сланцев, вверху (верхнестойленская) - кварц-биотитовыми, кварц-серицитовыми, кварц-слюдяными, часто углеродистыми сланцами, иногда с гранатом и ставролитом, содержащими прослои метаалевритов, метапесчаников и кварцитов. Мощность пород свиты достигает 1400 м.

Коробковская свита состоит из четырех подсвит. Первая и третья сложены магнетитовыми, магнетит-гематитовыми, силикатно-магнетитовыми, карбонатно-магнетитовыми, магнетит-куммингтонитовыми кварцитами с прослоями безрудных кварцитов, вторая и четвертая - филлитовидными кварц-биотитовыми, кварц-серицитовыми, кварц-амфиболитовыми сланцами. В третьей подсвите широко развиты железослюдково-магнетитовые кварциты. Мощности первой и третьей подсвит до 500 м, второй - до 240 м, третьей до 300 м.

Породы **оскольской серии** с размывом залегают на курских и имеют меньшее распространение. Серия делится на нижнюю и верхнюю подсерии. Нижняя мощностью от 0 до 1170 м включает яковлевскую и висловскую свиты. Эта подсерия сложена метапесчаниками, сланцами различного состава, слабрудными силикатно-карбонатно-магнетитовыми и железослюдково-магнетитовыми кварцитами, известняками и доломитами, одержащими прослои метаконгломератов с галькой курских пород. Верхняя подсерия в нижней своей части представлена белгородской свитой, в которой преобладают слабрудные и безрудные силикато-магнетитовые и железослюдково-магнетитовые кварциты, переслаивающиеся со сланцами, во второй - метаэффузивы основного и кислого состава, ортосланцы, в третьей - углеродистые сланцы, метаэффузивы и их туфы. Мощность пород подсерии до 1260 м.

Верхняя часть подсерии выделена в щелоковскую толщу мощностью почти до 2,5 км, сложенную в нижней части метапесчаниками, метаконгломератами и метагравелитами с галькой железистых кварцитов, сланцев и метапесчаников, а в верхней части - кварц-слюдистыми, кварц-хлорит-серицитовыми, карбонат-кварц-слюдистыми сланцами, кварцевыми метапесчаниками и доломитами.

Интрузивные образования. К позднеархейским относятся дуниты, серпентинизированные гарцбургиты, серпентиниты, габбро, габбро-амфиболиты, пироксениты и горблендиты сергеевского, плагиограниты, гранодиориты салтыковского (2760-2955 млн. лет), умереннощелочные плагиоклазмикроклиновые биотитовые и биотит-амфиболовые, часто порфиоровидные граниты атаманского комплексов (2322-2615 млн. лет). Породы курской серии интродированы микроклинизированными плагиогранитами, биотитовыми кварцсодержащими анортозитами, дайками и малыми интрузиями плагиогранитов, и пегматитов, гранит-порфиоров, субвулканическими телами метариолитов осколецкого ком

Таблица 2.1

Схема стратиграфии и магматизма раннего докембрия [33]

Общая геохронологическая шкала			Местные стратиграфические и интрузивно-метасоматические образования											
			Мегаблок КМА				Лосевская шовная зона		Хоперский мегаблок, Калачско-Эртильский макроблок					
Акрон	Эон	Эра	Суперкрупные образования				Супер-крупные образования		Интрузивные и ультраметаморфические комплексы		Супер-крупные образования		Интрузивные и ультраметаморфические комплексы	
П Р О Т Е Р О З О Й - P R	Н И Ж Н И Й П Р О Т Е Р О З О Й (К А Р Е Л И Й) - P R ₁	Верхний карелий - P R ₁ ²					Дубравинский P R ₁ ^d				Панинская толща P R ₁ ^{pn}		Артюшковский P R ₁ ^{ar}	
							Шебекинский P R ₁ ^š							
							Малиновский P R ₁ ^{ml}		Малиновский P R ₁ ^{ml}				Малиновский P R ₁ ^{ml}	
			Глазуновская свита P R ₁ ^{gl}				Сморodinский P R ₁ sm				Ольховский P R ₁ ^{ol} *		Новогольский P R ₁ ⁿ	
									Воронежская свита P R ₁ ^{vr}		Шукавский P R ₁ ^{sk}		Воронежская свита P R ₁ ^{vr}	
							Павловский P R ₁ ^p *				Лискинский P R ₁ ^l		Бобровский P R ₁ ^b *	
							Стойло-николаевский P R ₁ ^{sn} *				Павловский P R ₁ ^p *		Еланский P R ₁ ^e *	
							Золотухинский P R ₁ ^z *				Мамонский P R ₁ ^m		Мамонский P R ₁ ^m *	
							Остаповский P R ₁ ^{ot}		?					
П Р О Т Е Р О З О Й - P R ₁ ¹	Н И Ж Н И Й П Р О Т Е Р О З О Й (К А Р Е Л И Й) - P R ₁ ¹	Нижний карелий - P R ₁ ¹	Оскольская серия P R ₁ ^{os}											
			Верхняя подсерия P R ₁ ^{os₂}		Шелковская толща (2 пачки) P R ₁ ^{sc}									
			Четвертая (верхняя сланцевая) подсвита P R ₁ ^{bl₄}		Третья (верхняя железорудная) подсвита P R ₁ ^{bl₃}									
			Вторая (нижняя сланцевая) подсвита P R ₁ ^{bl₂}		Первая (нижняя железорудная) подсвита P R ₁ ^{bl₁}									
			5-белгородская свита P R ₁ ⁵		Курбакинская свита P R ₁ ^{kb}		Верхняя подсерия P R ₁ ^{os₁}		Висловская толща (2 пачки) P R ₁ ^{vs}					
			Яковлевская свита (3 пачки) P R ₁ ^{ja}		Роговская свита P R ₁ ^{rg}		Верхняя подсвита (2 пачки) P R ₁ ^{rg₂}				Воронцовская серия P R ₁ ^{vc}			
			Нижняя подсвита P R ₁ ^{rg₁}											
П Р О Т Е Р О З О Й - P R ₁ ¹	Н И Ж Н И Й П Р О Т Е Р О З О Й (К А Р Е Л И Й) - P R ₁ ¹	Нижний карелий - P R ₁ ¹	Курская серия P R ₁ ^{ks}				Осколецкий P R ₁ ^o *							
			Коробовская свита P R ₁ ^{kr}		Четвертая подсвита (верхняя сланцевая) P R ₁ ^{kr₄}									
			Третья подсвита (верхняя железорудная) P R ₁ ^{kr₃}											
			Вторая подсвита (нижняя сланцевая) P R ₁ ^{kr₂}											
			Первая подсвита (нижняя железорудная) P R ₁ ^{kr₁}											
			Верхняя подсвита P R ₁ ^{st₂}											
			Нижняя подсвита P R ₁ ^{st₁}											
П Р О Т Е Р О З О Й - P R ₁ ¹	Н И Ж Н И Й П Р О Т Е Р О З О Й (К А Р Е Л И Й) - P R ₁ ¹	Нижний карелий - P R ₁ ¹	Игнатьевская свита A R ₂ -P R ₁ ^{ig}				Атаманский A R ₂ ^a		Лосевская свита A R ₂ -P R ₁ ^{ls}		Усманский P R ₁ ^u		?	
							Салтыковский A R ₂ ^{sl}		Верхняя часть A R ₂ -P R ₁ ^{ls}					
									Нижняя часть A R ₂ -P R ₁ ^{ls}					
П Р О Т Е Р О З О Й - P R ₁ ¹	Н И Ж Н И Й П Р О Т Е Р О З О Й (К А Р Е Л И Й) - P R ₁ ¹	Нижний карелий - P R ₁ ¹	Михайловская серия A R ₂ ^{mh}				Сѣргиевский A R ₂ ^{sr} *		Михайловская серия A R ₂ ^{mh}		Белогорьевский A R ₂ ^{bg}		?	
			Лебединская свита A R ₂ ^{lb}											
			Александровская свита A R ₂ ^{al}											
П Р О Т Е Р О З О Й - P R ₁ ¹	Н И Ж Н И Й П Р О Т Е Р О З О Й (К А Р Е Л И Й) - P R ₁ ¹	Нижний карелий - P R ₁ ¹	Обоянский СВК (в т.ч. ассоциации пород - брянская и росошанская) A R ₁ ^{ob} ^b A R ₁ ^{ob} ^f				Бесединский A R ₁ ^{bs}		Обоянский СВК (донская ассоциация пород) A R ₁ ^{ob} ^d		Обоянский СВК A R ₁ ^{ob}			

плекса. Среди пород верхнеоскольской подсерии встречаются субвулканические тела существенно метариолитов ошастовского комплекса. Верхняя часть нижнего карелия (2100+10 млн. лет) представлена афировыми и плагиофировыми диабазовыми и андезитовыми порфиритами, их туфами, туфобрекчиями, кластолавами, с прослоями туфитов, туфоконгломератов, туфопесчаников общей мощностью до 1000 м и более.

Во второй половине нижнего карелия внедрились перидотиты, серпентиты, пироксениты, габбро-нориты, габбро и габбро-диориты золотухинского, гранодиориты, диориты, кварцевые диориты, дайки диоритовых порфиритов, гранодиорит-порфиров стойло-николаевского и золотухинского комплексов. Интрузивные породы верхнего карелия представлены существенно калиевыми субщелочными порфировидными пегматоидными гранитами, пегматитами и гранит-аплитами малиновского комплекса (2040-1874 млн. лет), кварцевыми сиенитами, граносиенитами, щелочными габбро-пироксенитами щебекинского (2060-2080 млн. лет) и щелочными пироксенитами, микроклинизированными карбонатитами по ним, апатит-содержащими щелочно-амфиболовыми метасоматитами дубровинского комплекса (1950±50 млн. лет).

Окончательное становление ВКМ происходило в течение 2100-1990 млн. лет, когда в результате раннекарельский складчатости образовалось горное сооружение, которое в течение второй половины раннего протерозоя, в рифее и раннем палеозое интенсивно денудировалось.

2.2. Фанерозойская эратема

Палеозойская эратема представлена отложениями нижнего и среднего отделов каменноугольной системы (табл. 2.2, рис. 2.1). Мощность отложений увеличивается в юго-западном направлении от полного их отсутствия на северо-востоке района до 460 м на юге. Нижний отдел сложен породами визейского и серпуховского ярусов [33]. В составе первого выделяются бобриковский, тульский, алексинский, михайловский и веневский горизонты, сложенные известняками, глинами, песками мощностью до 140 м. Второй представлен тарусским, стешевским и протвинским горизонтами, которые сложены органогенными известняками с прослоями и линзами глин. Мощность отложений яруса достигает 130 м в южной части территории.

Средний отдел представлен башкирским и московским ярусами. Первый сложен известняками с тонкослоистыми зелеными глинами в основании общей мощностью до 30 м. Второй ярус представлен верейским и каширским горизонтами, которые слагают глины, алевроиты, песчаники, известняки мощностью до 160 м.

Мезозойская эратема представлена образованиями *юрской и меловой систем* (табл. 2.2) Первая включает средний и верхний отделы. Нарращивание мощности и разреза происходит в юго-западном направлении. Средний отдел представлен байосским (до 60 м), батским (до 90 м) и келловейским (до 70 м) ярусами, которые сложены глинами, алевроитами, песками, иногда отмечаются прослои известняков и углей. Верхний отдел представлен оксфордским, кимериджским и волжским ярусами, максимальная мощность каждого из которых составляет 50 м. Они сложены главным образом глинами и известковистыми глинами, иногда с галькой фосфоритов и прослоями известняков, а так же в строении разреза участвуют пески и песчаники. Образования меловой системы повсеместно развиты на исследуемой территории, залегая с размывом на разновозрастных юрских образованиях, и представлены толщами: нижней – терригенной и верхней – преимущественно карбонатной. Увеличение мощности также происходит с северо-востока на юго-запад. Максимальная мощность меловых отложений наблюдается на юге территории и превышает 400 м.

Нижний отдел представлен аптским ярусом. Он сложен кварцевыми песками, алевроитами, серыми глинами с органикой, залегающими в виде округло-вытянутых линз, песчаниками, общая мощность которых достигает 35 м. Отложения альбского яруса мощностью до 24 м с размывом залегают на породах апта и повсеместно перекрываются сеноманом. Они представлены толщей разнотекстурных песков, изменяющихся по гранулярному составу как в латеральном, так и в вертикальном направлениях, а также алевроитистых песков. Верхний отдел включает сеноманский, туронский, коньякский, сантонский, кампанский и маастрихтский ярусы. Отложения сеноманского яруса имеют мощность до 18 м и представлены мелко-среднетекстурными глауконит-кварцевыми песками зеленовато-серого цвета с фосфоритами. Туронский и коньякский ярусы мощностью до 100 м сложены толщей меловых пород, песчаных в основании и чистых мелов с обломками призматического слоя иноцератов – в верхней, основной части разреза. Сантонский ярус представлен мелями и мелоподобными мергелями, а их мощность достигает 120 м в районе г. Белгорода. Образования кампанского яруса (мощность 50 м) изучаемой территории сложены чистыми белыми тонкодисперсными мелями и мелоподобными мергелями. С ними сходны в южной части территории отложения маастрихта (мощность до 40 м).

Кайнозойская эратема включает отложения палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. Отложения палеогена трансгрессивно залегают на породах различных ярусов верхнего мела и полого наклонены в сторону Днепровско-Донецкой впадины и состоят из трёх отделов. Палеоцен представлен отложениями сумской свиты, которые заполняют впадины и неровности допалеогенового рельефа. Свита включает опоки, песчаники и алевролиты мощностью до 10 м. Эоцен сложен преимущественно песчаными, алевроитовыми и глинистыми образованиями каневской, бучакской, киевской и обуховской

Таблица 2.2

Стратиграфическая схема каменноугольных отложений Воронежской антеклизы

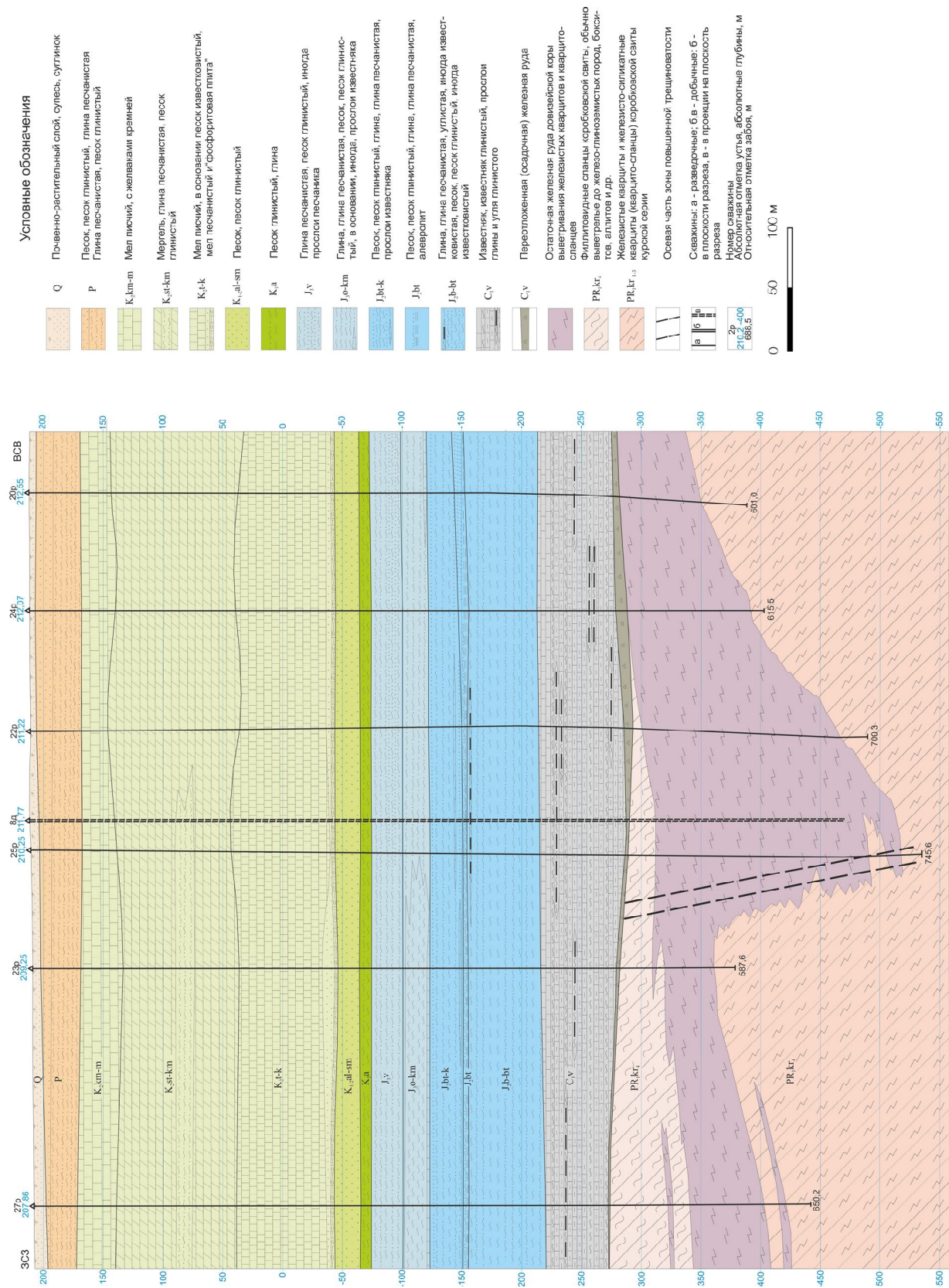
Общая стратиграфическая шкала				Региональные стратиграфические подразделения		Региональные и местные (литостратиграфические) подразделения						
				Структурно-фациальные зоны								
Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Надгоризонт	Горизонт	Южный склон Воронежской антеклизы		Северный склон Воронежской антеклизы				
КАМЕННОУГОЛЬНАЯ	СРЕДНИЙ	Московский	нижний		Каширский	C_2ks_2	Верхнекаширский подгоризонт					
						C_2ks_2	Нижнекаширский (цзинский) подгоризонт					
		Башкирский	верхний		Верейский	C_2vr	Верейская свита		C_2vr	Верейская свита		
					Мелекесский	C_2db	Дубовецкая свита		C_2az	Азовская свита		
					Черемшанский	C_2bv	Беловодская свита					
						C_2dn	Донцовская свита					
						Прикамский	C_2bn	Бондаревская свита				
					Северо-кельтменский	C_2vl	Великоцкая свита					
					Краснополянский	C_2str	Стрельцовская свита					
		Серпуховской	верхний	Старобешевский	Запалтубинский	C_1lz	Лознинская свита					
					Протвинский	C_1pr	Протвинская свита					
			нижний	Заборьевский	Стешевский	C_1st	Стешевская свита					
					Тарусский	C_1tr	Тарусская свита					
		Визейский	верхний	Окский	Веневский	C_1bl	Бегенихинская серия	C_1vn			Веневская свита	
					Михайловский			C_1mh			Михайловская свита	
					Алексинский			C_1al			Алексинская свита	
					Тульский			C_1tl	Тульская свита		C_1tl	Тульская свита
			нижний	Кожимский	Бобриковский	C_1bb	Бобриковская свита		C_1bb	Бобриковская свита		
					Радаевский	C_1dm	Дмитриевская свита		C_1gl	Глубоковская свита	C_1lp	Липкинская толща
		Турнейский	верхний	Шуриновский	Кизеловский	C_1il	Ильичевская свита					
					Черепетский	C_1crp	Черепетская свита		C_1crp	Черепетская свита		
			нижний	Ханинский	Упинский	C_1up	Упинская свита		C_1up	Упинская свита		
					Малевский	C_1ml	Малевская свита		C_1ml	Малевская свита		
					Гумеровский		C_1kp	Купавнинская свита		C_1kp	Купавнинская свита	

Автор: М.Х.Махлина

свит, мощность каждой из которых может достигать 10-20 м. Разрез киевской свиты также включает мергели и опоки. Оligocen-нижний миоцен объединены в полтавский надгоризонт, сложенный преимущественно кварцевыми песками с прослоями глин, мощностью до 40 м.

Отложения неогена, включающего миоцен и плиоцен, гипсометрически связаны как с водораздельными участками, так и с древними речными долинами. Миоцен представлен новопетровской свитой с песками глинистыми, часто с прослоями глин, мощностью до 18 м, и горелкинской свитой, сложенной глауконит-кварцевыми песками, серыми глинами мощностью до 30 м. Плиоцен сложен аллювиальными образованиями древних террас, которые представлены мелко-среднезернистыми кварцевыми косослоистыми песками с галькой и валунами кремня, серых песчаников и каменноугольных известняков в основании. Верхняя часть разреза плиоцена сложена пестроцветными песчано-глинистыми отложениями. Общая мощность данных образований до 30 м.

Четвертичные образования плейстоцена и голоцена на исследуемой территории представлены различными по генезису образованиями, среди которых аллювиальные пески, супеси, суглинки и глины общей мощностью до 60 м. Они слагают речные террасы и водораздельные пространства, где резко преобладают покровные суглинки. В голоцене выделяются аллювиальные (мощность до 18 м) - пески, супеси и торф; и болотные отложения (мощность до 6 м) - торф, суглинки, супеси.



ГЛАВА 3. ЭПОХИ КОРООБРАЗОВАНИЯ В ИСТОРИИ КМА

В Белгородском районе КМА коры выветривания, содержащие богатые железные руды и приуроченные к возвышающимся грядам джеспилитов, перекрываются отложениями различных горизонтов визейского яруса. Кроме того, в пониженных участках докембрийского рельефа элювий перекрыт турнейскими образованиями, а на севере района на выветрелых породах фундамента залегают образования средней юры. В.И. Сиротиным показано [53], что бокситоносная кора выветривания, перекрытая визейскими отложениями, формировалась на выветрелых в более древние эпохи сланцах. Можно предполагать, что это распространяется и на коры выветривания по железистым кварцитам. Поэтому большой интерес представляют данные по эпохам корообразования, проявленным в других районах Воронежской антеклизы, которые можно соотнести с таковыми Белгородского района КМА. Вместе с тем в перерывах осадконакопления, когда формировались коры выветривания, на более древние их аналоги могли накладываться эпигенетические процессы, приводящие к преобразованию вещества захороненных кор (карбонатизация, шамотизация, выщелачивание, цементация), что сказывалось на качестве полезного компонента, связанного с ними. Особенно это актуально для длительных перерывов и в тех случаях, когда мощности перекрывающих элювий толщ были невелики.

Исследованием кор выветривания на породах кристаллического фундамента и осадочного чехла Воронежской антеклизы занимались многие специалисты такие, как К.Г. Глинка, А.А. Дубянский, С.Г. Вишняков, А.П. Никитина, Н.П. Хожаинов, А.Д. Савко, В.И. Сиротин, С.И. Чайкин В.Н. Клекль, а также В.П. Семёнов, А.Б. Асоченский, Г.В. Войцеховский и другие. Труды этих исследователей в геологических разрезах фундамента антеклизы и в ее осадочном чехле были обнаружены многочисленные перерывы в осадконакоплении, фиксированные продуктами физического и химического разрушения пород различной мощности [35], состава и распространения.

Процессы выветривания, приводящие к масштабной гипергенной дифференциации вещества, происходили в течении всей геологической истории Земли. В пределах Воронежской антеклизы, представляющей палеозойскую структуру, только в раннем докембрии выделено 8 эпох корообразования, зафиксированных метаморфизованными породами элювия и коррелятными ему метаморфитами [7, 37, 40]. В неогее (рифей и фанерозой) на территории Воронежской антеклизы неоднократно доминировали процессы планации и корообразования [36]. В рифее они проявились в допозднерифейское и предвендское время [38]. Наиболее ранними экзогенными образованиями описываемого типа были доверхнерифейские коры. Они установлены на породах кристаллического фундамента на северо-западе и северо-востоке Воронежской антеклизы, где последняя граничит с Оршанским и Пачелмским прогибами. Блоки, в пределах которых установлена эта наиболее ранняя неметаморфизованная кора, ограничены глубинными разломами. Тектонический контроль отмечен и для всей площади распространения отложений рифея, в прошлом занимавших намного большие площади.

Для фанерозоя отмечены десять таких эпох (рис. 3.1) [41]. Раннепалеозойские коры выветривания (рис. 3.2) формировались в течение 120-150 млн. лет. Образование элювия в начале этапа происходило в гумидном климате, господствовавшем в регионе в кембрийское, ранне- и среднеордовикское время. Начиная с позднего ордовика до конца раннего девона и, частично, в эйфельское время, стал преобладать аридный климат, о чем свидетельствуют толщи эвапоритов – доломитов с включениями гипса, ангидрита, а также залежи галита. На территории антеклизы сформировался расчлененный рельеф, унаследованный от позднерифейской горной страны. За пределами региона морское осадконакопление в каледонский этап происходило на западе платформы и в центральной части Московской синеклизы, где образования кембрия, ордовика и силура представлены глинисто-песчаными, терригенно-карбонатными, сульфатными и фосфатными породами мощностью до 2 км. Морские трансгрессии, связанные с прогибанием в каледонском Северо-Атлантическом подвижном поясе, наступали с запада; максимум их пришелся на средний ордовик [34].

По данным Н.С. Иголкиной с соавторами [18], трансгрессивная стадия оставила две морские формации: кварцево-песчаниковую, сланцево-песчаную фосфатноносную, инундационная – морскую глинисто-карбонатную, регрессивная – две лагунно-морские терригенные, одна из которых содержит сульфаты, эмерсивная – континентальную красноцветную формацию.

Нижнепалеозойские коры имеют линейно-площадной характер и повсеместно перекрыты ряжско-морсовскими отложениями эйфельского яруса среднего девона. Мощность их составляет около 20 м, но по зонам трещиноватости она возрастает до ста метров. Наиболее сохранившаяся кора отмечена в районе Курско-Бесединских аномалий.

В пределах Курско-Бесединского участка наиболее выраженные разрезы кор наблюдаются в зонах разломов и на пологих сводах. В эрозионных ложбинах и на крутых склонах коры выветривания нет вовсе. Нижнепалеозойские коры были уничтожены на значительной части антеклизы. За 120-130 млн лет, в течение которых здесь преобладали условия выветривания, климат менялся от гумидного субтропического до аридного и семиаридного [41]. Это хорошо видно по облику коры выветривания, различного на разных изученных участках. Так, белые каолины скважины, пробуренной на железнодорожной станции Ржакса Тамбовской области (линия Тамбов-Уваров), возникли в гумидных

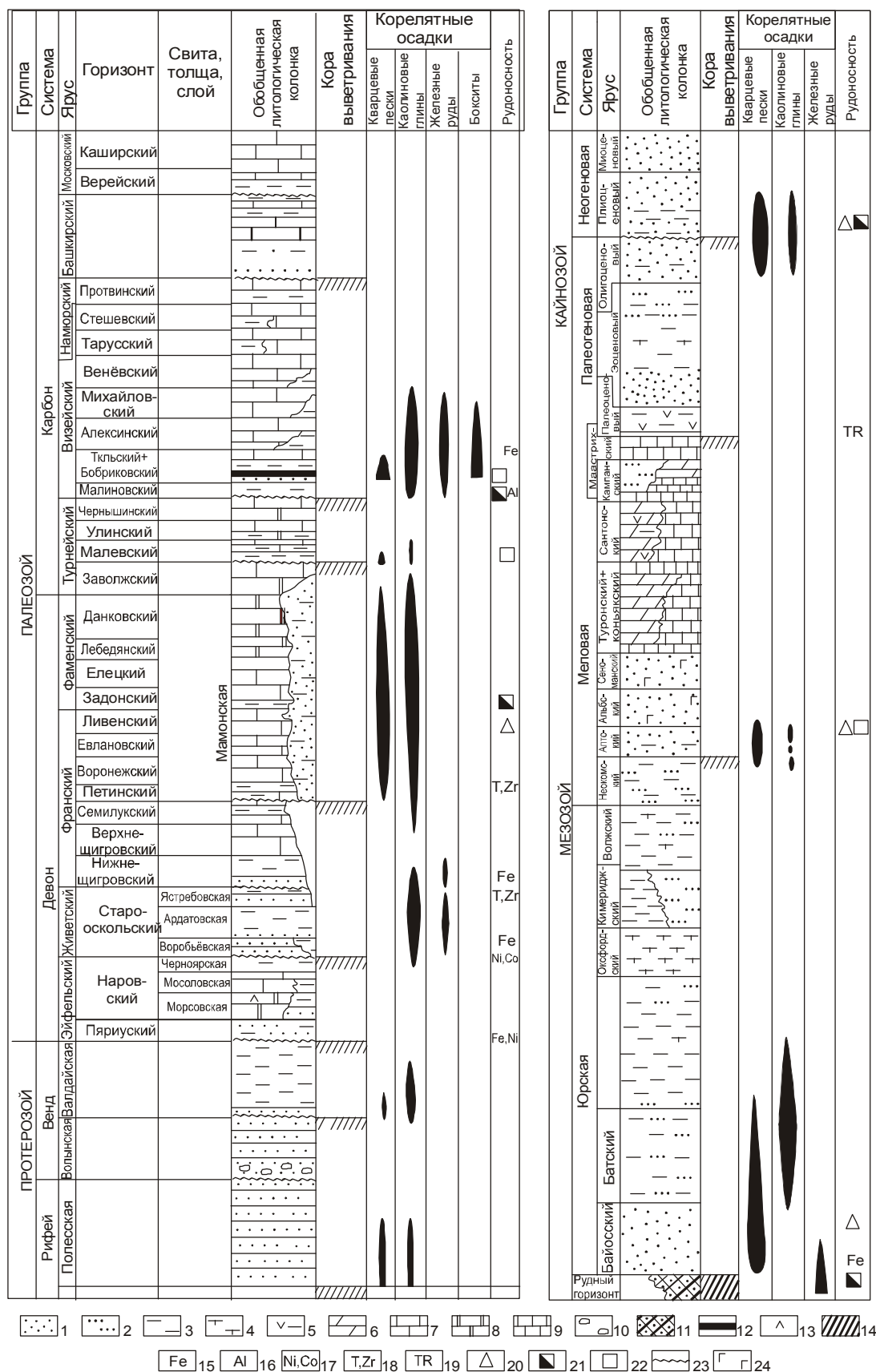


Рис. 3.1. Эпохи корообразования в фанерозое Воронежской антеклизы (по А.Д. Савко, А.Д. Додатко, 1991). 1 – пески; 2 – алевроиты; 3 – глины; 4 – карбонатные глины; 5 – опоковидные глины; 6 – мергели; 7 – известняки; 8 – доломиты; 9 – мел писчий; 10 – глауконит; 11 – железные руды; 12 – угли; 13 – гипс; 14 – эпохи корообразования. 15-24 – полезные ископаемые, в т.ч.: 15 – железные руды; 16 – бокситы; 17 – кобальт-никелевые руды; 18 – титан-циркониевые россыпи; 19 – редкие и рассеянные элементы; 20 – строительные пески; 21 – каолины; 22 – огнеупорные глины; 23 – перерывы; 24 – глауконит.

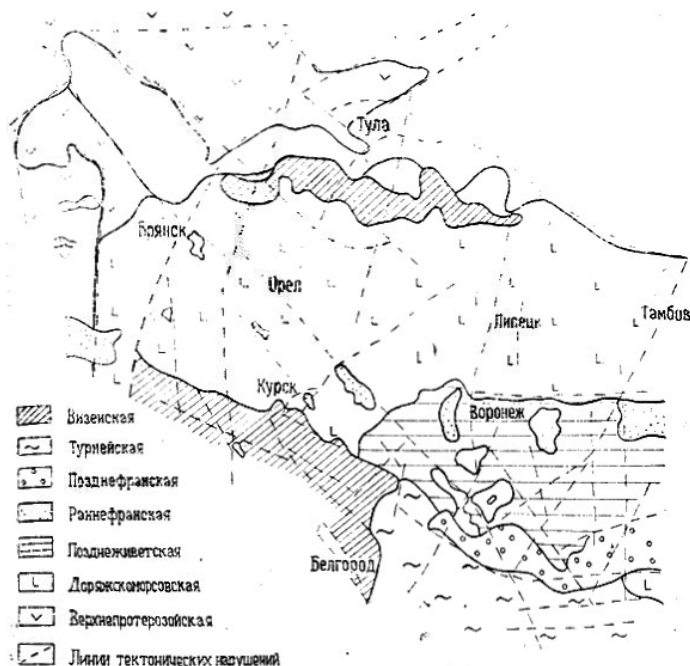


Рис 3.2. Схема распространения докембрийских кор выветривания Воронежской антеклизы (по А.Д. Савко, Н.П. Хожайнов, 1975).

условиях, существовавших в регионе с кембрия по силур включительно. Кору выветривания под эйфельскими образованиями на западе Липецкой области охристо-гидрослюдистые и образовались в условиях аридного климата.

Позднеэйфельская-раннеживетская кора выветривания наблюдалась на юго-востоке и востоке антеклизы под мосоловскими и старооскольскими отложениями. Она перекрывает гранитоиды, сланцы, базиты и гипербазиты. Особенностью этой коры, возникшей по кристаллическим породам, является её малая мощность и формирование полного хорошо выраженного профиля, но - без подзоны свободного глинозёма. Эта кора заметно отличается от ниже палео-

зойских, для которых свойственны повышенная мощность нижних зон.

Раннефранская кора выветривания наблюдается в присводовой северной части антеклизы, на ее северо-западе и, особенно, юго-востоке. Наиболее мощная кора (до 20-25 м) приурочена к перегибу между живетскими и франскими отложениями.

Позднефранская кора охристо-каолинитового состава четко стратифицирована, развита в пределах юго-восточной части Воронежской антеклизы на базальтах петинского возраста и перекрыта песчано-каолиновой толщей верхнего франа [40].

Раннетурнейская кора выветривания выявлена на юге антеклизы, в том числе и в Белгородском районе КМА, где распространена на гранитоидах. Она имеет хорошо проработанный профиль мощностью 5-20 м, с кварцево-каолиновой верхней зоной.

Позднетурнейско-ранневизейская кора выветривания описана многими исследователями на юго-западе антеклизы. Там она наблюдается в пределах крупного тектонического блока, где развита на породах докембрия и, в меньшей степени, девонских. Эта наиболее мощная и развитая кора Воронежской антеклизы перекрыта породами среднего визе и юры. Её подошва облекает сложный эрозионный рельеф [53]. Позднетурнейско-ранневизейская кора, развитая по железистым кварцитам, содержит богатые железные руды, а в «сланцевом» варианте концентрируется свободный глинозём [21, 62]. Мощность коры на джеспилитах – 150-400 м, на сланцах - 50-100 м. На гранитах, сланцах и гнейсах она сокращается до 30-40 м, а её состав гидрослюдистый, каолинит-гидрослюдистый, гидрослюдисто-каолинистый. Эта же кора описана А.Д. Савко и в Курском грабене, где она имеет мощность до 35 м и представлена каолинизированными глинами ястребовского, ардатовского, воробьевского горизонтов. Породы на 60-70 %, а в верхней части на 80-90 %, сложены каолинитом. Досредневизейская кора выветривания характеризуется наибольшей мощностью, в зонах распространения курской и оскольской серий она бокситоносна.

Среднекаменноугольная кора выветривания отмечена в пределах КМА на известняках серпуховского яруса нижнего карбона, перекрытых песками и глинами башкирского яруса среднего карбона. Она встречается эпизодически, маломощна и наблюдается только в карстовых полостях, имеет монтмориллонит-гидрослюдистый состав.

Раннемезозойская эпоха кора выветривания (позднетриасовая-раннеюрская) известна давно и распространена на северном склоне антеклизы в Тульской и Липецкой областях, где представлена горизонтом бурых железняков липецкого типа, развитых на девонских известняках. Это кора выветривания линейно-площадная с скарновыми полостями, в которых мощности элювия увеличены.

Раннемеловая кора развита в пределах юго-западного склона антеклизы на неокомских алевроитистых глинах и глинистых алевроитах, на которых с размывом залегают аллювиальные пески аптского возраста. Выветривание выражается в образовании осветленной каолиновой зоны с пятнами ожелезнения за счет разложения глауконита. Её мощность первые метры.

Позднемеловая-раннепалеогеновая кора выветривания описана Б.В. Аскоченским и В.П. Семёновым [1, 51]. Она развита на породах мергельно-меловой толщей в виде охристо-глинистого хоперского горизонта, залегающего под палеоценовыми образованиями на юге, юго-востоке и юго-западе антеклизы. Его мощности до 1-2 м, но в зонах трещиноватости увеличивается до 7-8 м. Породы этого

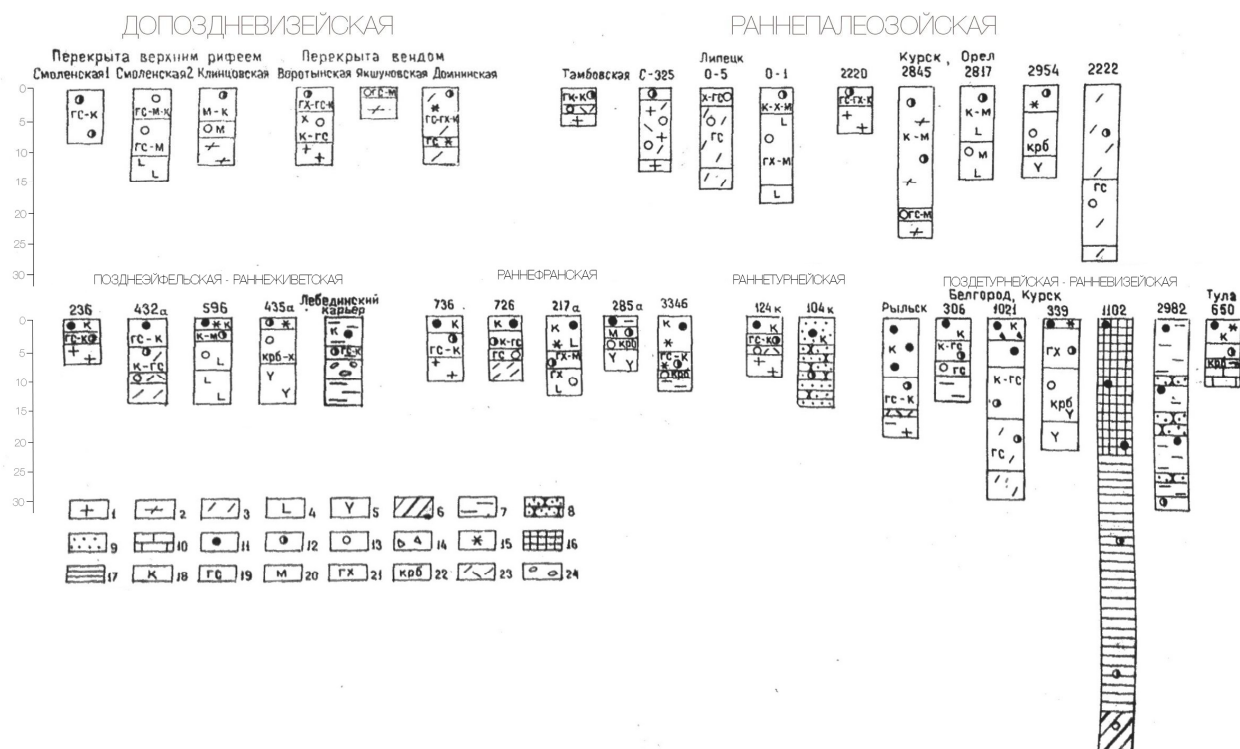


Рис. 3.3. Профили кор выветривания на различных по составу породах. Составил А.Д. Савко. Материнские породы: 1 – граниты; 2 – гнейсы; 3 – сланцы; 4 – габбро; 5 – гипербазиты; 6 – железистые кварциты; 7 – глины; 8 – песчаники; 9 – пески; 10 – известняки; коры выветриваний: 11 – зона конечного; 12 – промежуточного и 13 – начального разложения; 14 – подзона с минералами свободного глинозёма; 15 – минералы окислов и гидроокислов железа; 16 – мартит-гематитовые и БЖР; 17 – магнетит-мартитовые бедные железные руды; новообразования: 18 – каолиновые; 19 – гидрослюдистые; 20 – монтмориллонитовые; 21 – гидрохлоритовые; 22 – карбонатные; 23 – дезинтегрированные материнские; 24 – переотложенные руды.

«хоперского горизонта» содержат проявления фосфоритов, редких земель, железных руд, цеолитов.

Таким образом, коры выветривания в истории Воронежской антеклизы формировались многократно, но наиболее мощные и продуктивные из них в поднетурнейскую-средневизейскую эпоху (рис. 3.3) в Белгородском районе КМА на юго-западе структуры. Визейская кора выветривания распространена в пределах крупного тектонического блока, ограниченного глубинными разломами, по которым контактирует с турнейскими и девонскими корами выветривания (см. рис. 3.2). Она развита на различных по составу породах докембрийского фундамента, в меньшей степени, девонских отложениях осадочного чехла. Она перекрывается породами визейского и юрского возраста. Распространение различных типов кор выветривания тесно связано с древним рельефом. На положительных формах рельефа, сложенных железистыми кварцитами и переслаивающимися с ними сланцами, отмечается латеритный профиль, который характеризуется наличием подзоны свободного глинозема в коре выветривания сланцев [53]. На железистых кварцитах развиты богатые железные и железо-алюминиевые руды. Здесь по гипсометрическому положению выделяются коры двух уровней [54]: 1) низкого и 2) высокого уровня. Низкий гипсометрический уровень к началу визе – это рельеф эрозионной равнины с системой речных долин. Высокий гипсометрический уровень – рельеф денудационной равнины, где создавались благоприятные условия для формирования коры выветривания. В зонах повышенной тектонической раздробленности возрастает вероятность унаследования корней кор выветривания древних эпох. Коры выветривания высокого (останцового) уровня, распространённые исключительно в зонах развития пород курской и оскольской серий, характеризуются большой мощностью. Она для богатых железных руд резко изменяется от 0 до 300-400 м, а иногда и более. Для латеритной коры выветривания сланцев тоже сильно колеблется, хотя и в менее контрастной форме – от 45-50 до 150-200 м. Однако уже за пределами внешнего контура месторождений железных руд мощность коры выветривания падает до нескольких десятков метров, а на породах низкого гипсометрического уровня и того меньше – до 5-10 м. Ранневизейская кора выветривания низкого уровня уступает по мощности турнейской и дофранской, представляя собой сложный интегрированный как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях гипергенный покров с изменчивой мощностью (рис. 3.4).

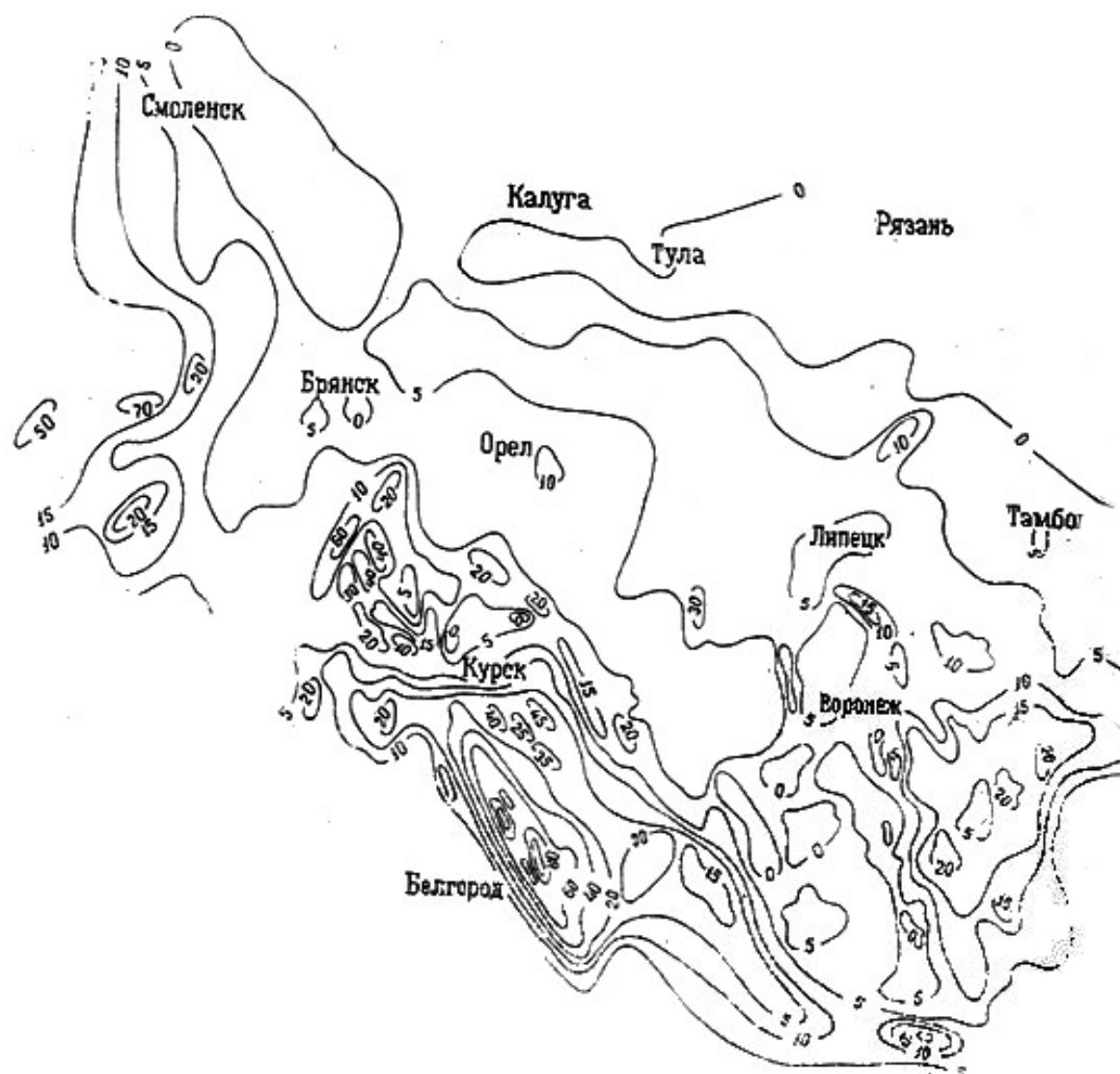


Рис. 3.4. Схема изопакит кор выветривания докембрийских пород Воронежской антеклизы.
Составил А.Д. Савко.

На гранитоидах, сланцах и гнейсах в межаномальных участках коры имеют значительно меньшую мощность (5–40 м) и гидрослюдистый, каолинит-гидрослюдистый, гидрослюдисто-каолинитовый состав. Различие в мощностях и составе объясняется тем, что железистые кварциты в силу их большой устойчивости всегда возвышались в рельефе докембрия и, следовательно, условия дренирования их были исключительно благоприятными, чему способствовало также наличие многочисленных плоскостей расщепления и тектонических нарушений.

Обломочные и глинистые породы нижних горизонтов визейского яруса тесно связаны с размытием кор выветривания. Они представлены на склонах поднятий и в мелких долинах обломочными железными рудами и бокситами, кварц-каолинитовыми породами, каолинитовыми, в том числе сухарными глинами и осадочными бокситами хемогенно-коллоидного происхождения [7]. С удалением от гряд распространены преимущественно кварцевые пески и алевроиты, каолинитовые и гидрослюдистые глины. В более высоких горизонтах визе в обломочных породах увеличивается количество полевых шпатов, а среди глин преобладают гидрослюдистые и монтмориллонитовые [8].

В визейское время, в связи с формированием на юге Днепровско-Донецкой впадины, произошло погружение юго-западного склона антеклизы, и кора выветривания была покрыта толщей известняков (С_{1v}), предохранившей её от дальнейших размылов. Хотя захороненная кора выветривания и обнаруживает признаки размыла в докарбонном рельефе [35], однако её условия захоронения в погруженном состоянии под плотными и впоследствии не размытыми известняками и доломитами карбона были благоприятными.

ГЛАВА 4. МОРФОЛОГИЯ И ТИПЫ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В пределах Курской магнитной аномалии кора выветривания формировалась на глубоко метаморфизованных, дислоцированных, нередко тектонически дробленных пород протерозоя – от литологически однородных несущественно железистых кварцитов, преимущественно гематитовых полосчатых кварцитов (джеспилитоподобных) до филлитовидных сланцев. Образования довизейских кор выветривания железистых кварцитов и сланцев КМА являются наиболее мощными в пределах Воронежской антеклизы [39]. По данным керна и имеющейся фондовой литературе автором проанализированы морфология и условия формирования железорудных образований Хохловского участка Гостищевского месторождения, Разуменского, Большетроицкого и Шемраевского месторождений. Железорудные образования этих месторождений представляют собой типичные гипергенные продукты коры выветривания железистых кварцитов и филлитовидных сланцев Воронежской антеклизы [33; 58].

Среди довизейских кор выветривания КМА выделяются следующие морфогенетические типы: линейно-площадной и линейный. Линейно-площадные коры развиты по субгоризонтальному контакту известняков и доломитов с железистыми кварцитами, где ограничено распространены сланцы, с образованием мощных кор таких, как на Большетроицком и Разуменском месторождениях [25]. Линейные коры выветривания развивались по контакту железистых кварцитов с крутозалегающими сланцами и имеют максимальные глубины залегания; в них обнаруживаются наиболее сохранившиеся реликты материнских текстур.

Наиболее полно изучены коры выветривания Белгородского района КМА на Яковлевском, Восточном и Хохловском участках Гостищевского месторождений, Беленихинском участке Ольховатского месторождения, Разуменском, Большетроицком и Шемраевском месторождениях БЖР. Они составляют более 65 % запасов железа Белгородского рудного района КМА (рис. 4.1).

4.1. Яковлевское месторождение

Яковлевское месторождение БЖР приурочено к древней коре выветривания докембрийских пород юго-западного склона Воронежского кристаллического массива, залегающей на глубине 470-550 м под толщей осадочных пород палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов средней мощностью на участке первоочередной отработки 545 м (по данным 2005 г.). В геологическом строении месторождения принимают участие два структурных этажа: докембрийский кристаллический фундамент и перекрывающий его осадочный чехол песчано-глинистых и карбонатных пород.

Здесь же выделяются два генетических типа БЖР: элювиальные (остаточные) и переотложенные (осадочные) руды. Элювиальные (остаточные) являются основными и представляют собой породы латеритного выветривания железистых кварцитов различных типов, а переотложенные – продукты размыва и переотложения коры выветривания железистых кварцитов. Переотложенные руды имеют подчиненное значение и составляют около 5 % от общего объема запасов БЖР.

К коре выветривания железистых кварцитов приурочены БЖР, залегающие плащеобразно на «головах» крутопадающей толщи железистых кварцитов. В соответствии с распространением железистых кварцитов останцы коры выветривания в плане имеют лентообразные или плащеобразные формы. Ширина участков развития коры выветривания колеблется от 200 до 600 м. Вертикальная мощность подвержена значительным колебаниям и изменяется от 20 до 50 м у лежачего бока и до 350-400 м у висячего бока. Абсолютная отметка кровли коры выветривания колеблется в пределах от -290 до -318 м. Непосредственной кровлей являются нижнекаменноугольные известняки, мощность которых изменяется от 10 до 50 м. Подошвой рудных залежей служат железистые кварциты.

На Центральном участке Яковлевского месторождения кора выветривания наблюдается в виде сплошной плачевидной залежи БЖР лентовидной полосы длиной 10 км и шириной 300-600 м (рис. 4.2), что предопределено контуром выходов железистых кварцитов на докембрийскую поверхность. С глубиной мощность залежи постепенно уменьшается и в разрезе она приобретает клиновидную, реже корытообразную форму (рис. 4.3). Так на горизонте -365 м мощность ее уменьшается до 210-340 м, а на горизонте -425 м до 100-280 м. В целом же она колеблется от 4,2 до 334 м, в среднем 102 м, а по разведочным профилям от 36,7 до 141,2 м. Помимо этого, вкрест простирания мощности возрастают от лежачего к висячему боку. У лежачего бока она 20-30 м, к висячему боку возрастает до 200-334 м.

Верхняя граница залежи имеет субгоризонтальный плавный эрозионный срез, местами осложненный депрессионными впадинами, выполненными переотложными железными рудами, либо

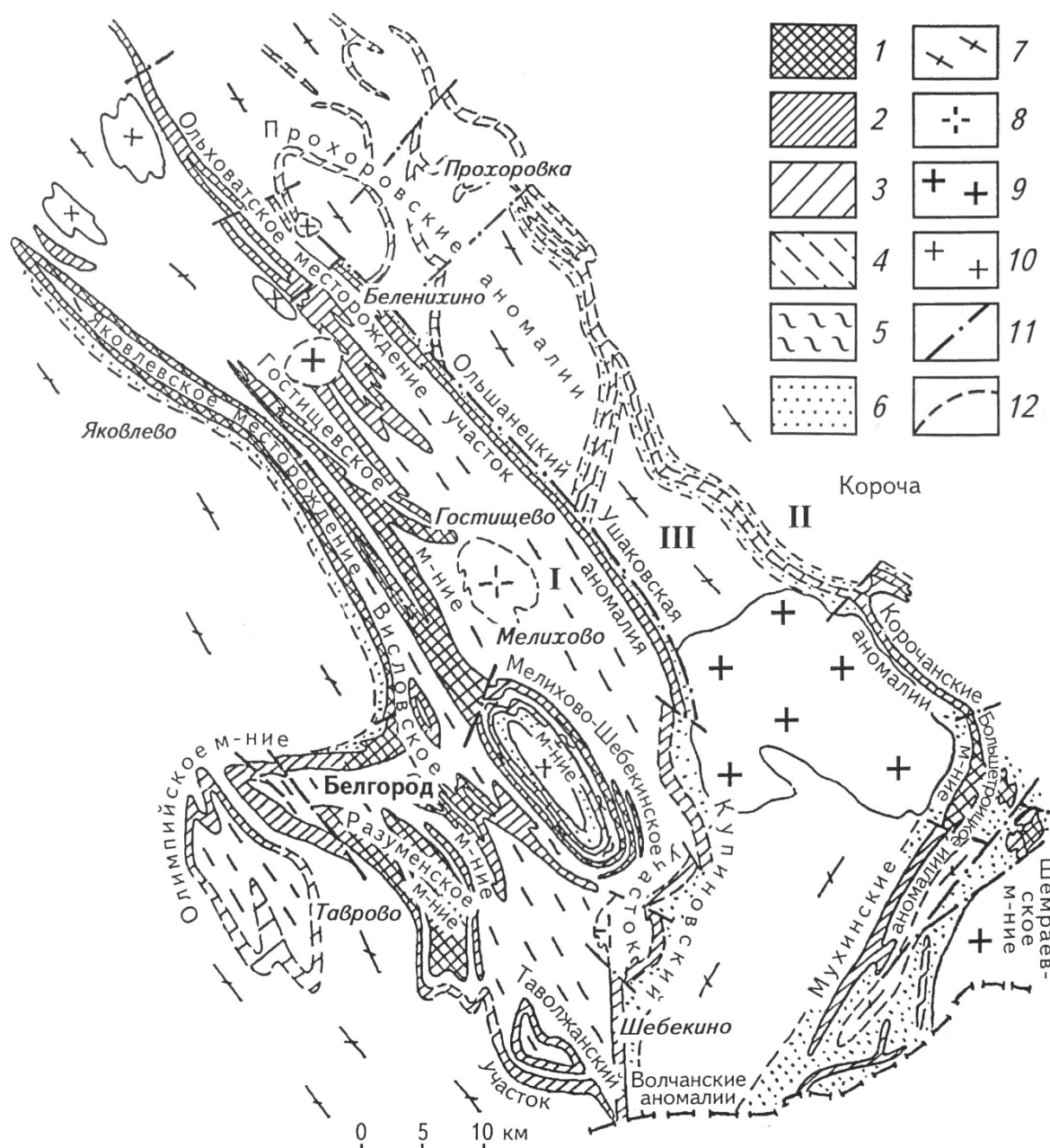


Рис. 4.1. Схематическая карта развития кор выветривания – месторождений богатых железных руд Белгородского района КМА. Составлена И.И. Романовым. 1 – коры выветривания железистых кварцитов (джеспилитов) и сланцев; 2 – проявления богатых железных руд ($Fe > 52\%$); выходы железистых кварцитов на поверхность 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 нижнего-верхнего архея; 8 – сиениты шебекинского комплекса; 9 – граниты субщелочного атаманского комплекса; 10 – плагиограниты салтыковского комплекса; 11 – тектонические нарушения; 12 – геологические границы.

бокситов. Нижняя граница в большинстве случаев весьма неровная. Богатые железные руды в виде языков и карманов проникают в железистые кварциты на глубину до 400 м от поверхности докембрия), а железистые кварциты в виде реликтов встречаются среди самой толщи БЖР (рис. 4.4).

Внутреннее строение залежи довольно сложное и обусловлено стратифицированным строением железорудной толщи (наличие горизонтов железистых кварцитов с различным минеральным составом 2-10 м и прослоев сланцев мощностью 1-5 м), а также вертикальной зональностью, вызванной эпигенетической минерализацией в рудах (карбонатизацией и хлоритизацией). Следствием проявления в рудной залежи процессов карбонатизации является развитие плотных, крепких руд, приуроченных к приповерхностной ее части. Мощность измененных пород колеблется от 0 до 60 м.

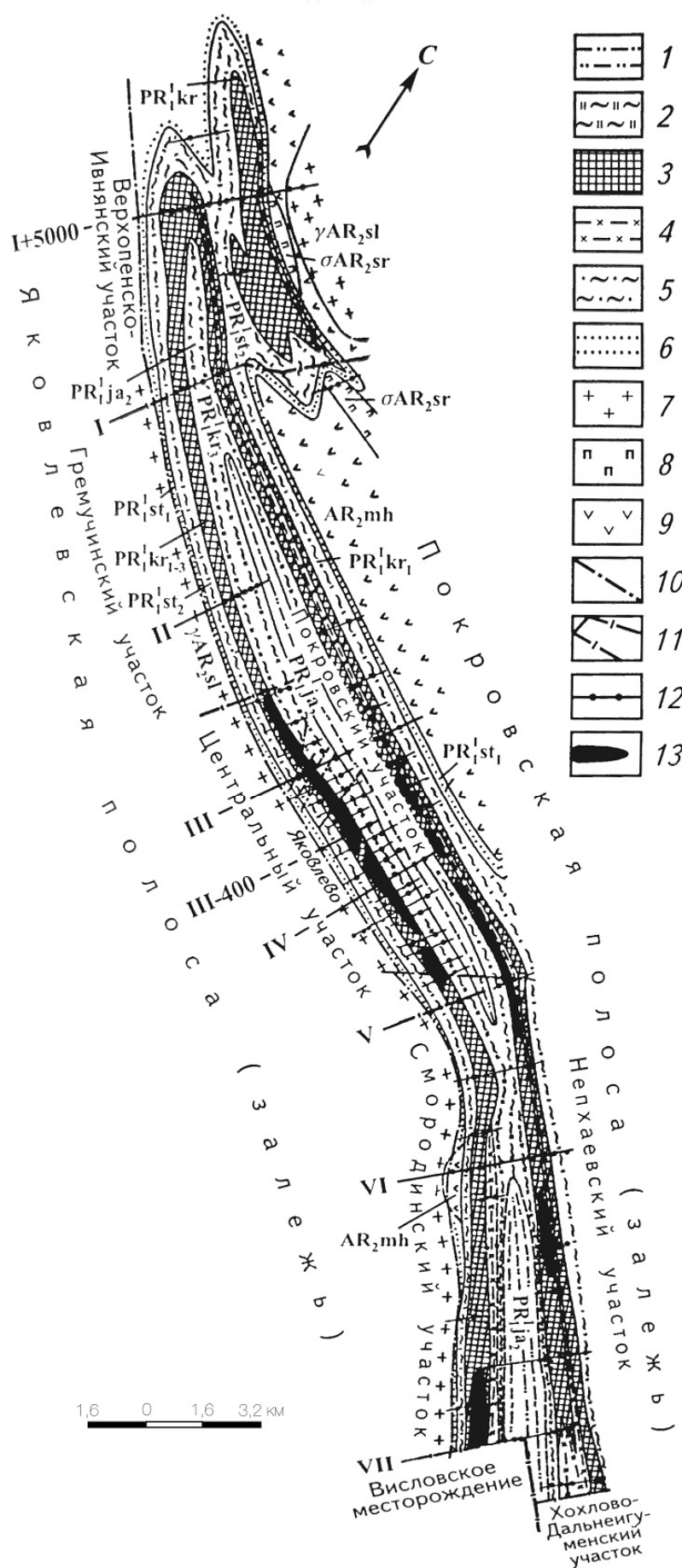


Рис. 4.2. Геологическая схема распространения коры выветривания, развитой на кристаллических породах докембрия Яковлевского месторождения (по И.И. Романову [68] с дополнениями). Нижний протерозой – оскольская серия: 1-2 – яковлевская свита: 1 – верхняя подсвита ($PR_1^1ja_2$), металавролиты и алавро-филлиты, часто с порфино-бластами мартита и железной слюдки; 2 – нижняя подсвита ($PR_1^1ja_1$), сланцы тонко-слоистые углито-кварц-слюдяные с конгломератами и рудной вкрапленностью в подошве; курская серия: 3-4 – коробковская свита: 3 – верхняя и нижняя железорудные подсвиты ($PR_1^1kr_{1,3}$), кварциты магнетитовые, железослюдково-магнетитовые, реже силикатно-магнетитовые, с развитыми на них БЖР; 4 – нижняя сланцевая подсвита ($PR_1^1kr_2$), сланцы различного состава; 5-6 – стойленская свита: верхняя подсвита ($PR_1^1st_2$), сланцы углито-кварц-слюдяные, часто ритмично слоистые; 6 – нижняя подсвита ($PR_1^1st_1$), метапесчаники кварцевые, мета-гравелиты, металавролиты, кварц-серпентитовые сланцы, редко кварцевые мета-конгломераты; верхний архей: 7 – позднеархейские интрузивные породы салтыковского комплекса (γAR_{2sl}), микро-клиновые плагиограниты; 8 – изменённые ультраосновные породы сергиевского комплекса (σAR_{2sr}); михайловская серия (AR_{2mh}): 9 – амфиболиты, зелёнокаменные ортосланцы, метапесчаники, туффосланцы, туффиты, кварцевые порфиры; 10 – тектонические нарушения; 11 – границы участков; 12 – скважины и разведочные профили; 13 – коры выветривания, сложенные БЖР (мощностью более 20 м).

Кора выветривания характеризуется сложным внутренним строением в связи с чередованием различных минеральных разновидностей железистых кварцитов, за счет которых образовалась рудная залежь, наличием пликативных нарушений различных порядков,

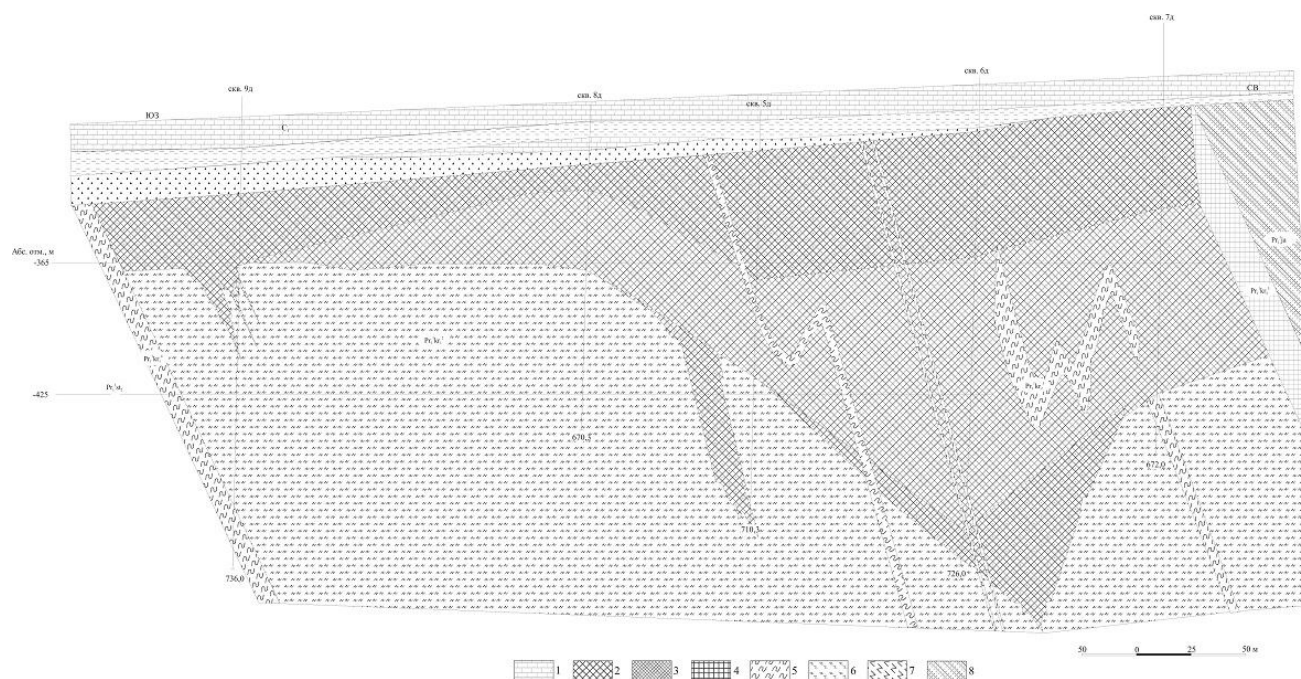


Рис. 4.3. Геологический разрез Яковлевского месторождения по профилю III-1800: 1 – нижне-каменноугольный известняк (C_1); 2 – остаточная кора выветривания, представленная сильно-сцементированными (карбонатизированными) БЖР; 3 – остаточная кора выветривания, представленная рыхлыми БЖР; 4 – породы зоны окисления, представленные переслаиванием БЖР с джеспилитами; 5 – межрудные сланцы; 6 – сланцы, вмещающие зону окисления железистых кварцитов; 7 – железистые кварциты; 8 – кварцевые метапесчаники. Составлен по данным И.И. Романова [31].

вызывающих многократное увеличение или уменьшение мощности отдельных горизонтов, а также по причине наличия горизонтальной зональности, вызванной процессами карбонатизации и хлоритизации рыхлых руд.

Зона рыхлых БЖР, лишенная вторичных новообразований, распространена, главным образом, в наиболее мощных частях тела коры выветривания. Прослои пород с незначительным содержанием железа мощностью от 0,5 до 5 м в коре выветривания кварцитов составляет 2-6 % от общего объема, а прослои свыше 5 м – до 3 %. Зона шамотизированных пород располагается ниже зоны карбонатизации. Мощность ее изменяется от 5 до 20-30 м. Здесь широко распространен вторичный хлорит (шамозит), выполняющий поры и трещины в руде.

На месторождении отмечаются определенные закономерности распределения в профиле коры выветривания концентраций основных компонентов богатых руд. Наиболее отчетливо они проявлены на детально изученном Центральном участке (см. рис. 4.1), где в пределах рудного тела выделяется сверху вниз три зоны. Для верхней карбонатизированной зоны характерно относительно невысокое (45-60 %) содержание железа при вариациях мощности карбонатных руд от первых метров до 20-40 м. В центральной зоне устанавливается повышенное (60-69 %) содержание железа. Эти весьма богатые руды с мощностью от 10 до 334, в среднем 83 м, оконтурены по результатам бурения 86 скважин. В пределах этого контура в 67 скважинах зафиксированы рыхлые руды мощностью от 4 до 330, в среднем около 50 м. Их максимальные параметры тяготеют к висячему боку рудной залежи, они прослеживаются на всем разведанном участке. Тела имеют ширину в отдельных профилях от 70 до 520 м. В пределах тел отмечаются участки слабосцементированных и достаточно прочных руд. В нижней зоне, переходной от богатых руд к окисленным кварцитам, содержание железа снижается до 45 %.

Гематитовые породы с реликтовым кварцем являются переходной зоной от железистых кварцитов к БЖР и встречаются в нижних частях залежи. Мощность их обычно не превышает 2-3 метров. С глубиной оруденение затухает.

Юго-восточнее выделяется Смородинский участок, который характеризуется несколько другими особенностями сформированной коры выветривания. Он является естественным юго-восточным продолжением Центрального участка Яковлевского месторождения и опоискован редкой сетью скважин (в основном 200x2000-4000 м). Длина участка 5,7 км (от профиля VII+4000), ширина не

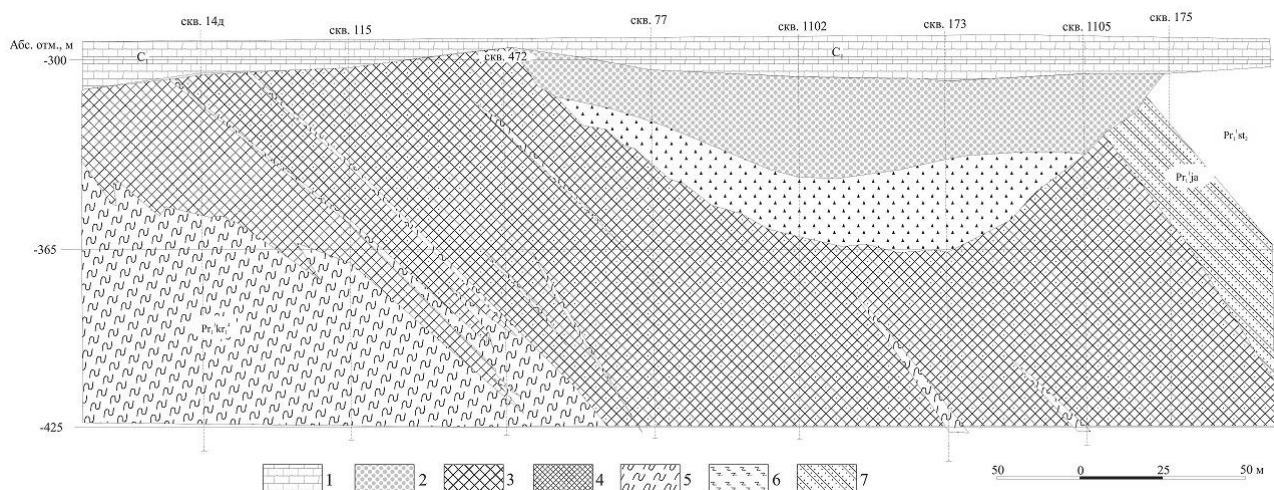


Рис. 4.4. Геологический разрез Яковлевского месторождения по линии 33: 1 – нижне-каменноугольный известняк (C1); 2 – бокситы и ферриаллиты; 3 – остаточная кора выветривания, представленная сильно сцементированными (карбонатизированными) БЖР; 4 – остаточная кора выветривания, представленная рыхлыми БЖР; 5 – межрудные сланцы; 6 – сланцы, вмещающие зону окисления железистых кварцитов; 7 – кварцевые метапесчанники. Составлен по шахтным данным геологического управления Яковлевского рудника (2006 г.).

превышает 600 м (рис. 4.5.). Кора выветривания образует сплошную плащевидную залежь в виде лентовидной полосы, распространяющуюся по всей длине данного участка, что предопределено контуром выходов железистых кварцитов на докембрийскую поверхность. Мощность коры выветривания на Смородинском участке колеблется от 16 до 160 м (максимально зафиксированная в скв. 1758, глуб. 217 м).

В структурном плане Смородинский участок приурочен к северо-западному крылу Яковлевской синклинали, где породы имеют северо-восточное падение под углами 20-50°. Оно осложнено мелкими пликативными дислокациями в висячем боку железорудной полосы. Встречаются зоны дробления, интенсивной трещиноватости, зеркала скольжения, микросбросы, особенно в породах коробковской свиты. Породы кристаллического фундамента повсеместно перекрыты известняками с прослоями глин нижнего карбона мощностью 70-125 м, местами с линзовидными телами переотложенных железистых пород, реже бокситов, ферриаллитов мощностью 1,5-23 м. Выше залегают выдержанные по составу юрские и меловые отложения (глины, пески, мергели, мела) мощностью 410-432 м (рис. 4.6).

Геологическая характеристика Смородинского участка сходна с таковой детально разведанного и изученного Центрального участка Яковлевского месторождения. Архейские образования распространяются вдоль западного борта участка и представлены биотит-плагиоклазовыми гранитами салтыковского интрузивного комплекса верхнего архея. Протерозойские образования широко представлены осадочно-метаморфическими породами курской и оскольской серии.

Курская серия залегает на метаморфизированной коре выветривания гранитов салтыковского комплекса, слагая бортовые части и крылья Яковлевской синклинали. В ее составе выделяются нижняя стойленская (песчаниково-сланцевая) и верхняя коробковская (железорудная) свиты. Стойленская свита по литологическому составу расчленяется на нижнюю песчаниковую и верхнюю сланцевую подсвиты. Нижняя подсвита мощностью около 150 м сложена плотными мелкозернистыми массивными аркозовыми песчаниками, состоящими из кварца (70-85 %) полевого шпата и серицита (5-20 %). Цемент порового и базального типов представлен лепидобластическими агрегатами серицита. Верхняя подсвита мощностью 160-200 м сложена карбонат-кварц-слюдяными алевролитами и алеврофиллитами полосчатой текстуры (нижняя пачка) и углисто-кварц-слюдяными тёмно-серыми (до черных) сланцами неясной полосчатой, местами ритмичной полосчатой текстуры. Содержание кварца в них не превышает 15-20 %, а в алевролитах и алеврофиллитах в пределах 40-50 %.

На Смородинском участке стратификация коробковской свиты на подсвиты не отмечается. Мощность свиты здесь колеблется от 300 м на севере до 160 м на границе с Висловским месторождением. В её разрезе отчетливо выделяются три горизонта. Нижний горизонт мощностью

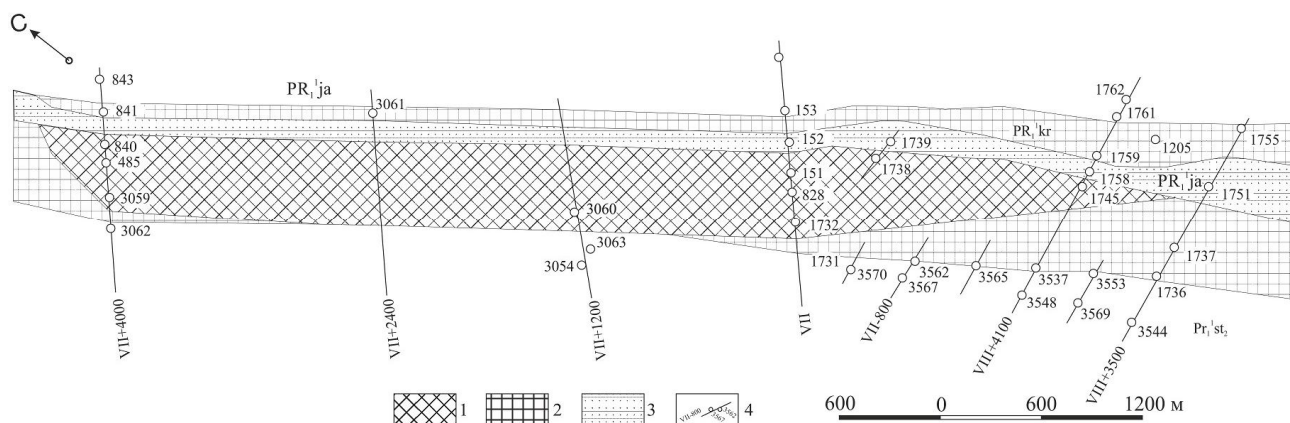


Рис. 4.5. Геологическая схема развития коры выветривания в пределах Смородинского участка Яковлевского месторождения: 1 - кора выветривания, представленная рыхлыми железослюдково-мартитовыми разновидностями БЖР; 2 - кора выветривания, представленная карбонатизированными разновидностями БЖР; 3 – метапесчаники; 4 – геологоразведочные профили и скважины. Составлен по данным Романова И.И [68].

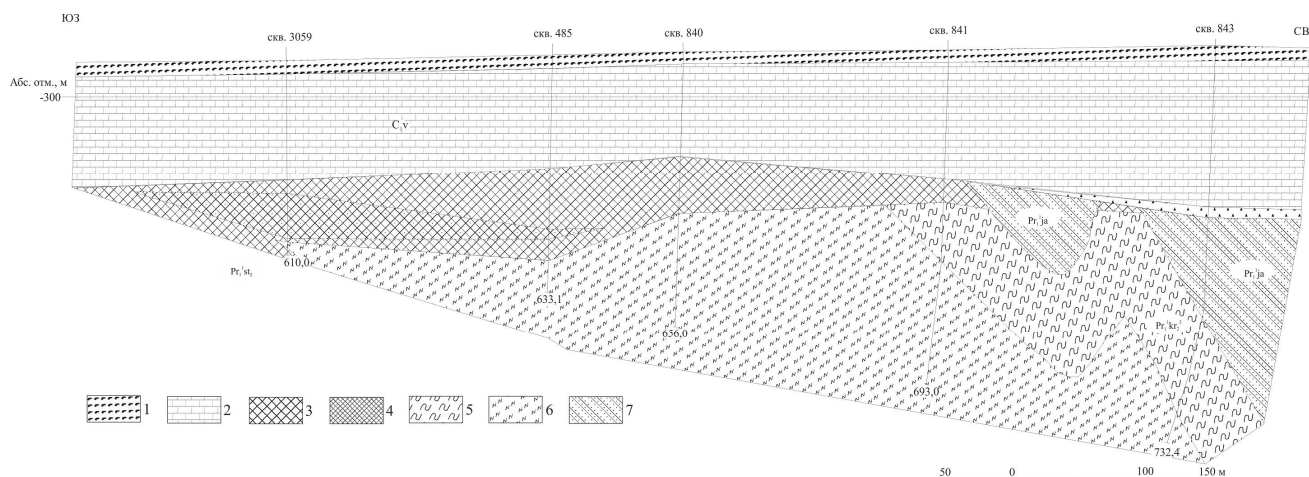


Рис. 4.6. Геологический разрез развития кор выветривания Смородинского участка Яковлевского месторождения: 1 – девонские глины; 2 - ниже-каменноугольный известняк; 3 – остаточная кора выветривания, представленная карбонатизированными БЖР; 4 – остаточная кора выветривания, представленная рыхлыми железослюдковыми БЖР; 5 – сланцы, вмещающие зону окисления железистых кварцитов; 6 – железистые кварциты; 7 - метапесчаники. Составлен по данным И.И. Романова (2006 г.).

10-40 м представлен силикат-магнетитовыми разнополосчатыми, внизу слабожелезистыми кварцитами, местами с прослоями сланцев мощностью до 2,5 м. Средний горизонт (~250 м) сложен железослюдково-магнетитовыми, реже магнетитовыми средне-тонкополосчатыми кварцитами. Завершает разрез коробковской свиты горизонт силикат-магнетитовых кварцитов мощностью 22-50 м, местами с маломощными (до 7 м) прослоями сланцев, широкой грубополосчатой текстуры, часто слабо железистых.

Оскольская серия представлена яковлевской свитой. В отличие от Центрального участка, где она начинается с невыдержанной пачки из конгломератов, песчаников и алевролитов, указывающей на стратиграфически несогласное ее залегание на коробковской свите, на Смородинском участке эта пачка не зафиксирована и свита представлена лишь углисто-кварц-слюдяными сланцами тонкополосчатой текстуры. Они выполняют ядро Яковлевской синклинали.

Кора выветривания, развитая на Смородинском участке, представляет собой сплошную плащевидную толщу в виде лентовидной полосы шириной 650 м, распространяющуюся по всей длине

участка, что предопределено контуром выходов железистых кварцитов на докембрийскую поверхность. Мощность руд колеблется от 16 до 160 м и только на границе с Висловским месторождением (скв. 1758) она достигает 217 м, что указывает на увеличение мощности по простиранию рудной залежи с севера на юг. Вкрест простирания толщи максимальная мощность коры выветривания приурочена к её центральной части, а минимальная мощность - к краевым частям.

Верхняя граница толщи ограничена эрозионным срезом, имеющим сравнительно плавные очертания. Местами кровля осложнена депрессионными впадинами, выполненными переотложенными железистыми породами, мощностью до 11 м. Кровля толщи коры выветривания определена на глубинах 500-610 м. Глубины залегания рыхлых и слабосцементированных разновидностей БЖР варьируют в пределах 525-723 м (абсолютные отметки от -360 до -494 м). Мощность их колеблется от 7 до 120 м. Они перекрываются непосредственно плотными сильно сцементированными породами мощностью 11-136 м. Выше по разрезу залегают известняки с прослоями глин мощностью 70-123 м. Минимальная мощность коры выветривания зафиксирована в профиле VII+4000, а максимальная мощность в профиле VII. Подошва гипергенных образований в большинстве случаев весьма неровная. Образования коры выветривания иногда проникают в железистые кварциты в виде языков и карманов, а железистые кварциты в виде останцев встречаются среди БЖР.

4.2. Гостищевское месторождение

Гостищевское месторождение расположено в центральной части Белгородского рудного района, протягиваясь в северо-западном направлении на 33 км в виде полосы шириной от 1 до 4,5 км (рис. 4.7). Наиболее крупными участками сохранившихся кор выветривания железистых кварцитов и сланцев являются: Лучкинский, Крюковско-Гостищевский, Тетеревинский и Хохлово-Дальнеикуменский. В структурном плане месторождение приурочено к центральной части Белгородской грабен-синклинали, являющейся структурой третьего порядка Белгородского синклинория. Белгородская грабен-синклиналь осложнена складками более высокого порядка, самую крупную из которых составляет Гостищевская синклиналь. Эта структура сложена преимущественно метаморфическими породами курской серии, перекрытыми в юго-восточном обрамлении отложениями оскольской серии [16]. Выделяющиеся в ее составе Яковлевская и Ольховатская синклинали ограничивают месторождение с запада и востока и разделяются Гостищевской антиклиналью.

Гостищевская антиклиналь в районе месторождения имеет сравнительно небольшую ширину (до 3 км), обусловленную погружением в юго-восточном направлении. Ядро антиклинали сложено породами михайловской серии. К одной из составляющих её синклинальных складок приурочено Гостищевское месторождение. Она осложнена складками более высокого порядка. Шарнир складки имеет несколько ундуляционных перегибов, о чем свидетельствуют резкие изменения ширины железистых кварцитов в профилях VII+5800 и VII+4500. Крылья характеризуются крутым падением под углом 60-80°.

В геологическом строении Гостищевского месторождения кристаллический фундамент сложен только нижнепротерозойскими образованиями. Архейские породы обоянской и михайловской серии встречены за пределами Гостищевского месторождения. Нижний протерозой представлен осадочно-метаморфическими породами курской и оскольской серий. Породы курской серии весьма широко развиты на площади месторождения и представлены нижней стойленской и верхней коробковской свитами. Стойленская свита залегает на породах михайловской серии и подразделяется на две подсвиты: нижнюю (песчаники) и верхнюю (сланцы).

Кора выветривания в центральной части месторождения образует сильно вытянутую по простиранию плащеобразную залежь, повторяя контур выходов железистых кварцитов. Ширина её колеблется от 500 до 2500 м, на Восточном участке она составляет – 700 м. Протяженность залежи в пределах детально разведанной части месторождения (Крюковский, Промежуточный и Гостищевский участки) составляет 7,4 км (между профилями VII+6600 и VII-800). Мощность изменяется в весьма широких пределах, достигая максимума 369 м (средняя 99 м). На Восточном участке она изменяется от 43,5 м в краевой части тела до 256 м в её центральной части. В отдельных местах с повышенными отметками поверхности кристаллического фундамента (профили VII+6600, VII+5000, VII+2400, VII+1600, VII+800, VII-2300) кора выветривания размыта, и железистые кварциты выходят непосредственно на поверхность докембрия. Поверхность железорудной коры выветривания представляет собой эрозионный срез. Ее абсолютные отметки имеют значительные колебания и находятся в пределах 210-380 м, в том числе на Восточном участке – 343-357 м. Глубина залегания БЖР, слагающих кору выветривания кварцитов, составляет 380-600 м, на Восточном участке - 532-557 м.

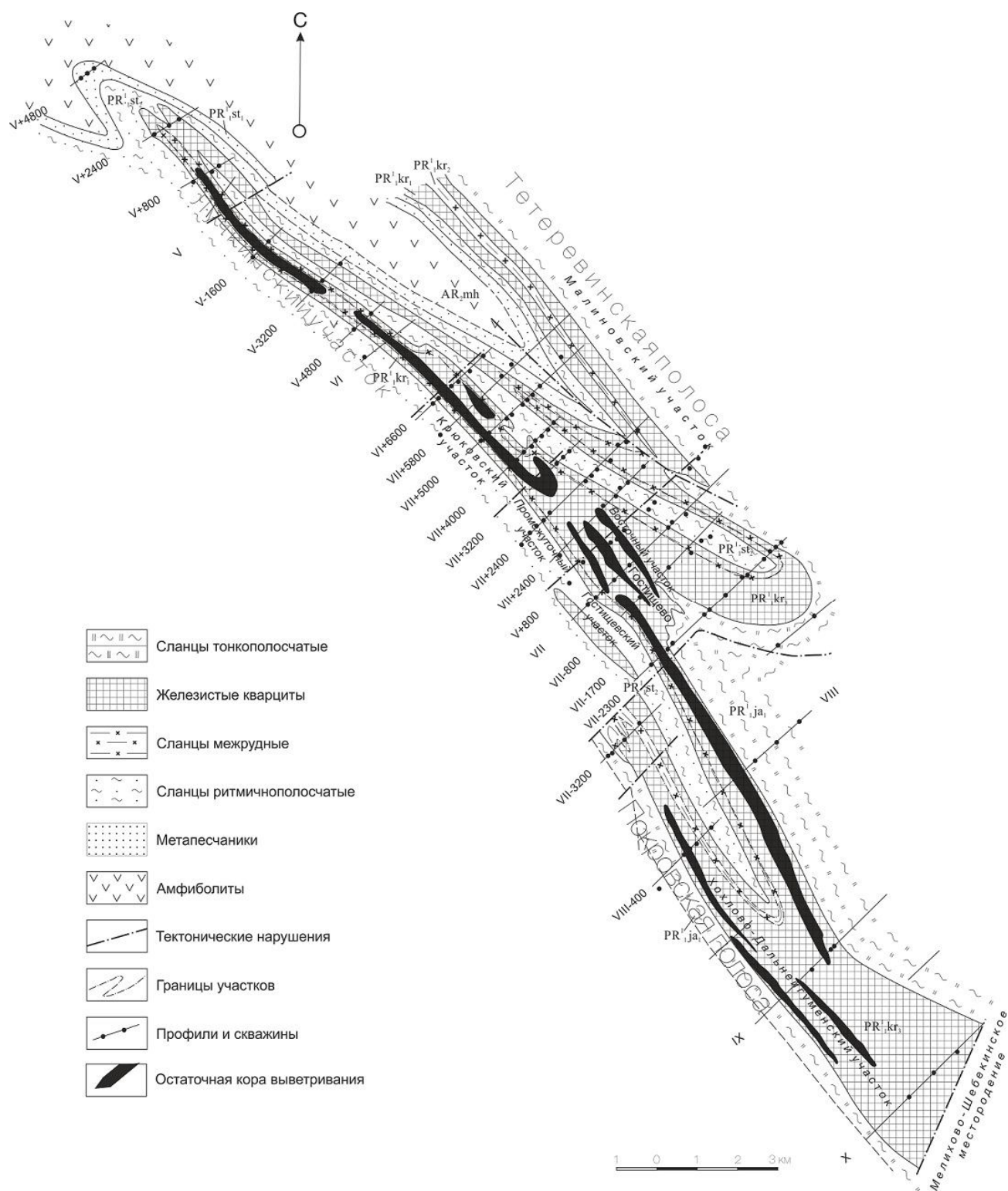


Рис. 4.7. Схематический геологический план распространения коры выветривания, развитой на кристаллических породах докембрия Гоститшевского месторождения (по И.И. Романову [72] с дополнениями).

На значительной части Гоститшевского месторождения перекрыты известняками карбона мощностью до 139 м, на Восточном участке – 97,6-108 м. Она зависит в основном от гипсометрического положения поверхности докембрия. При абсолютных отметках около – 240 м и выше карбон отсутствуют, и рудная залежь здесь перекрывается юрскими глинами. Обычно в этих местах она имеет небольшую мощность, либо полностью размыта. Подошва КВ весьма неровная из-за

избирательного выветривания джеспилитов, поэтому местами руды в виде узких языков на 100 м и более погружаются в железистые кварциты, либо последние в виде останцов остаются в рудном теле.

Внутреннее строение тела коры выветривания довольно сложное и обусловлено наличием значительного количества прослоев межрудных сланцев мощностью от 1–20 см до 10–20 и более метров, достигающих местами до 12 % объема тела, на Восточном участке – 3,8 %. Интенсивно развиты продукты эпигенетических процессов (карбонатизации, хлоритизации) с образованием зональности. Наиболее отчетливо она проявилась в мартитовых и железослюдково-мартитовых рудах. В других минеральных типах руд она проявляется неравномерно и менее отчетливо, что связано с их физическими свойствами (слабой проницаемостью).

Иная геологическая ситуация наблюдается в пределах Хохлово-Дальнеигуменского участка, являющегося самым крупным объектом Гостищевского месторождения. Хохлово-Дальнеигуменский участок простирается в юго-восточном направлении на 13 км от границы с Крюковско-Гостищевским участком до границы с Мелихово-Шебекинским месторождением и шириной в пределах 2,5–3,5 км. Здесь реликты коры выветривания представлены линейными телами залежей БЖР. Наиболее подробно изучен тонкими аналитическими методами кора выветривания Хохловского участка (рис. 4.8). Площадь коры выветривания на Хохловском участке в плане 750х3200 м (учтено при содержании железа более 52 %), а соотношение ширины к мощности менее 1:2 (рис. 4.8). Поверхность коры представляет собой эрозионный срез с абсолютными отметками от -256 до -398 м, что обусловило некоторые особенности распространения грубообломочных железорудных отложений. Выветрелые железорудные породы перекрываются чехлом осадочных пород мощностью от 419 до 605 м. Из них каменноугольные отложения, представленные известняками с прослоями глин, имеют мощность от нескольких метров до 109 м. Суммарная мощность остальных пород осадочной толщи (юрских, меловых, палеогеновых и четвертичных) колеблется от 402 до 500 м. В основании осадочной толщи местами залегают линзовидные тела переотложенных руд (мощностью от 1 до 18 м), реже ферриаллитов и бокситов.

Кристаллический фундамент участка сложен преимущественно породами коробковской свиты. Стойленская свита представлена лишь своей верхней сланцевой подвитой, сложенной углисто-кварц-слюдяными сланцами неяснополосчатой текстуры. Она развита на ограниченной площади в северо-западной части участка, где выполняет ядро антиклинали.

Коробковская свита, представлена тремя подсвитами. Мощность ее точно не установлена и, вероятно, составляет не менее 600 м. Нижняя железорудная подсвита подразделяется на два горизонта. Нижний мощностью 20 м сложен силикат-магнетитовыми малорудными разнополосчатыми до грубополосчатыми кварцитами, иногда с маломощными прослоями сланцев. Верхний горизонт этой подсвиты (110 м) сложен магнетитовыми средне-тонкополосчатыми кварцитами. Сланцевая подсвита (16–30 м) состоит из кварц-биотит-серицитовых сланцев. Она, как и нижняя железорудная подсвита, имеют ограниченное распространение и развиты лишь в северо-западной части участка. Верхняя железорудная подсвита широко развита. Максимальная ширина ее выхода на докембрийскую поверхность достигает 3,5 км.

Материнские породы представлены магнетитовыми и железослюдково-магнетитовыми средне-тонкополосчатыми кварцитами с редкими прослоями сланцев мощностью от нескольких сантиметров до 16 м. Местами встречаются прослои мощностью до 30 м частого переслаивания тонких прослоев сланцев с железистыми кварцитами. Силикат-магнетитовые малорудные кварциты имеют ограниченное распространение преимущественно в краевых частях подсвиты на контакте с яковлевской свитой. Мощность этих кварцитов колеблется от 4 до 40 м. Оскольская серия, представленная яковлевской свитой, образует широкие поля за пределами участка, обрамляя его с востока и запада. Она залегает непосредственно на железистых кварцитах коробковской свиты и сложена углисто-кварц-слюдяными сланцами темно-серого цвета тонкополосчатой текстуры.

Довольно сложное внутреннее строение залежи коры выветривания обусловлено наличием прослоев сланцев и интенсивным развитием эпигенетических процессов (карбонатизации, бертьеринизации-шамозитизации) в ее верхней части с образованием определенной зональности. От интенсивности проявления эпигенетических процессов, особенно карбонатизации, зависит крепость руд. Карбонатизация приводит к образованиям плотных сильно сцементированных интервалов коры выветривания. Инфильтрационный шамозит (и в меньшей степени бертьерит) даже при содержании до 10 % не является цементом. Три скважинами выделен горизонт, представленный опоквидной

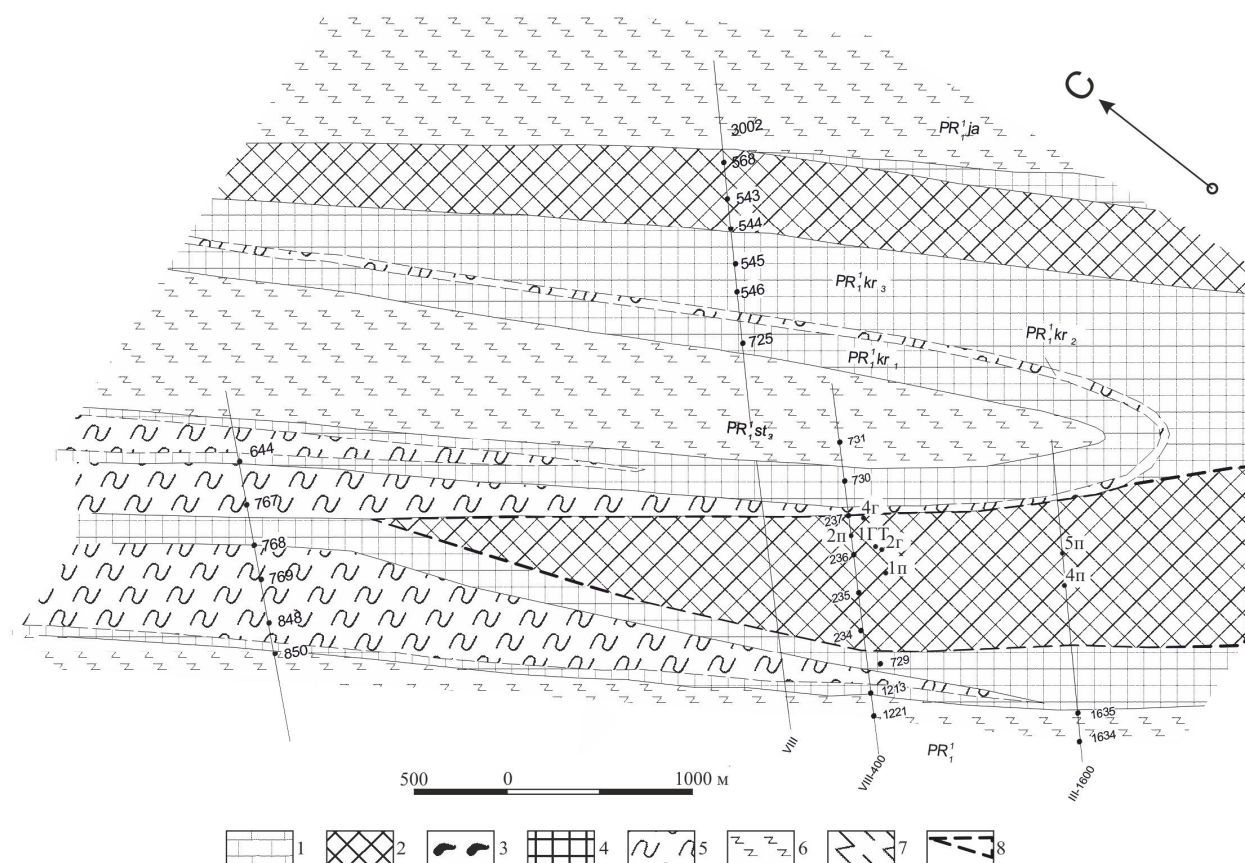


Рис. 4.8. Схематическая геологическая карта распространения коры выветривания по джеспелитоподобным кварцитам в пределах Хохлово-Дальнеигуменского участка Гостищевского месторождения: 1 – нижне-каменноугольный известняк (C₁); 2 – остаточная кора выветривания, представленная БЖР; 3 – маркирующий горизонт (опоковидная глина); 4 – породы зоны окисления, представленные переслаиванием БЖР с джеспелитами; 5 – межрудные сланцы; 6 – сланцы, вмещающие зону окисления железистых кварцитов; 7 – железистые кварциты; 8 – Хохловский участок.

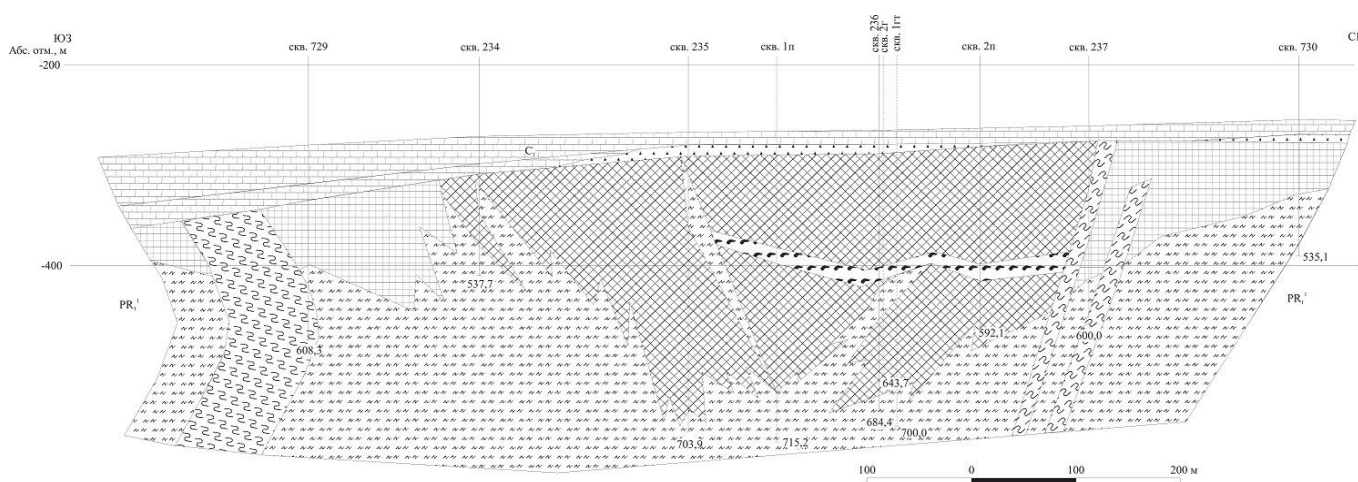


Рис. 4.9. Геологический разрез коры выветривания по джеспелитоподобным кварцитам в пределах Хохловского участка Гостищевского месторождения. Условные обозначения на см. на рис. 4.8. Составил И.И. Никулин.

глиной светло-зелёной окраски с зеркалами скольжения. В южной части участка (между скважинами 4п-5п) слой глин отсутствует. Подошва тела коры выветривания имеет весьма неровный характер из-за избирательного выветривания железистых кварцитов, осложнённого наличием или отсутствием прослоев сланцев.

4.3. Беленихинский участок Ольховатского месторождения

Беленихинский участок расположен в северо-восточной части Белгородского рудного района КМА. Он занимает центральную часть Ольховатского месторождения и простирается в юго-восточном направлении на 11 км при ширине 2-3 км. Железорудная кора выветривания здесь сохранилась в виде 9 залежей БЖР, вытянутых в юго-восточном направлении и отделенных друг от друга пачками сланцев шириной 100-350 м. Они характеризуются значительной изменчивостью параметров, сложностью морфологии, обусловленной сложноскладчатым строением железорудных полос, наличием многочисленных сланцевых прослоев, различными гипсометрическими уровнями среза докембрийской поверхности из-за ундуляции шарниров складок и блоковыми поднятиями отдельных частей участка. Отметки поверхности коры выветривания на Беленихинском участке меняются от 390 до 598 м. Она перекрыта известняками карбона (мощность 60-130 м), содержащими прослои глин, а в районе профилей V и V+4200 - глинистыми отложениями юры. Рыхлые и слабосцементированные руды залегают на глубинах 495-680 м под плотными крепкими элювиальными и переотложенными рудами мощностью 27-150 м.

Самым крупным телом остаточной коры выветривания является залежи БЖР Центральная III (рис. 4.10). Она характеризуется наиболее рыхлыми и слабосцементированными разновидностями гематитовых и мартитовых пород. Она в плане напоминает прямоугольник размером 1000x1000 м и отличается от других залежей сравнительно ограниченным развитием сланцев и максимальной мощностью коры выветривания, достигающей 197 м (рис. 4.11) при мощностях остальных залежей от 15 до 155 м. Наиболее рыхлые и слабосцементированные породы, сосредоточены в двух телах: небольшом Восточном шириной, не превышающей 100 м, и крупном Западном шириной около 300 м. Тела разделяются пачкой плотных скальных и полускальных руд с прослоями сланцев шириной около 100 м.

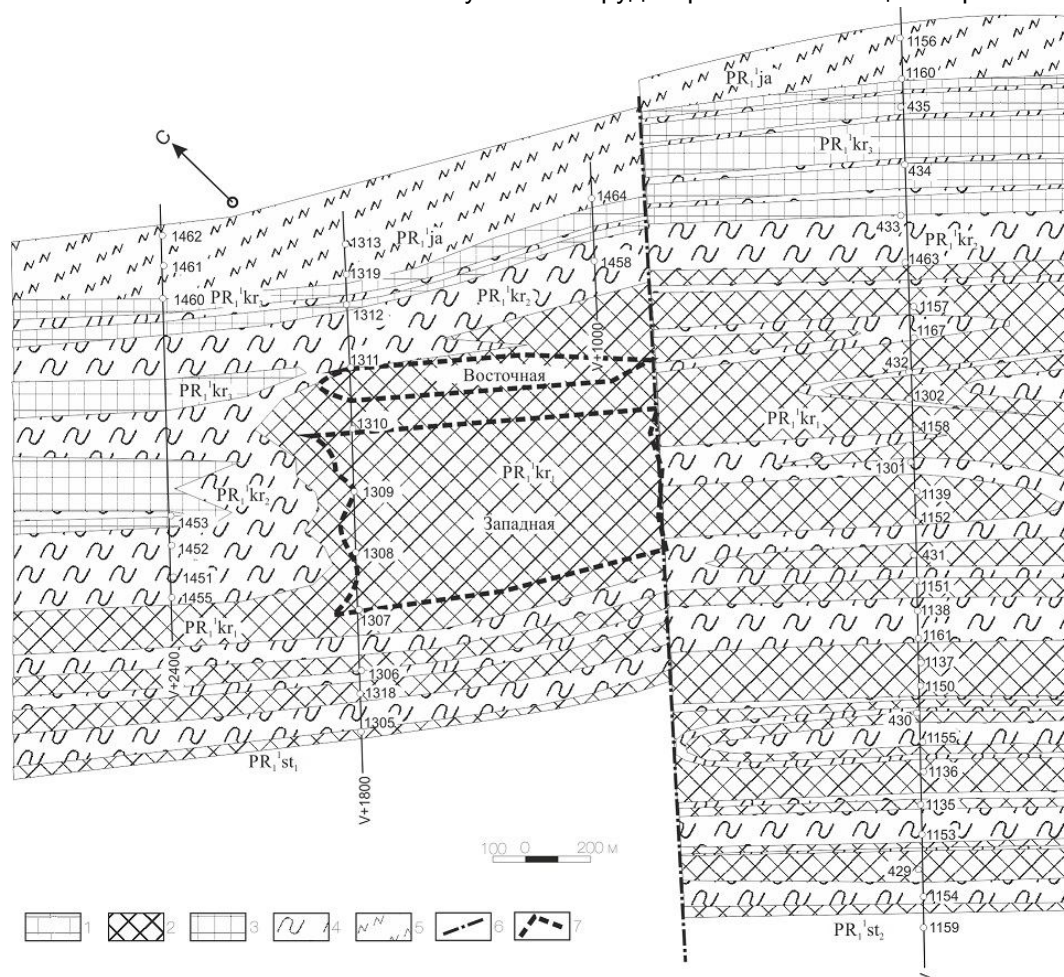


Рис. 4.10. Геологическая схема распространения железорудной коры выветривания Беленихинского участка Ольховатского месторождения (по данным И.И. Романова [73]). 1 – нижнекаменноугольный известняк (C1); 2 – остаточная кора выветривания, представленная БЖР; 3 – породы зоны окисления, представленные переслаиванием БЖР с джеспилитами; 4 – междурудные сланцы; 5 – сланцы, вмещающие зону окисления железистых кварцитов.); 6 - тектоническое нарушение (по геофизическим данным); 7 - залежь Центральная, представленная наиболее значительным развитием рыхлых разновидностей БЖР.

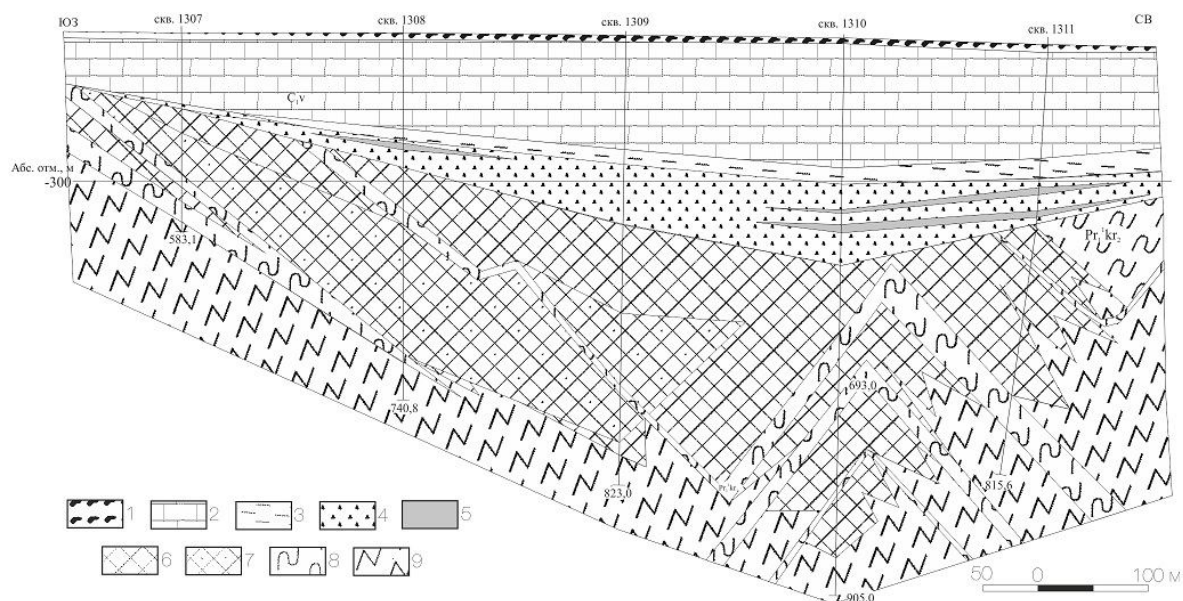


Рис. 4.11. Геологический разрез развития кор выветривания Беленихинского участка Ольховатского месторождения. Составлен И.И. Никулиным по данным И.И. Романова [71]. 1 – девонские глины; 2 - нижнекаменноугольные известняки; 3 – нижнекаменноугольные аргиллиты; 4 – брекчия (карбонатная и железорудная); 5 - аллиты; 6 - остаточная кора выветривания, представленная гётитовыми и гематит-гётитовыми БЖР (реже карбонатизированными); 7 - остаточная кора выветривания, представленная рыхлыми мармитовыми и железнослюковыми БЖР; 8 – междурудные сланцы; 9 – железистые кварциты.

Западное и Восточное тела участка Центральная III сложены рыхлыми и слабосцементированными разновидностями гематитовых руд. Их мощность в разрезе коры выветривания обоих тел колеблется от 39 до 98 м. Западное тело включает в себя прослой плотных тонкодисперсногематит-мармитовых руд со сланцами мощностью 14-19 м шириной, не превышающей 100 м.

По минеральному составу и структурно-текстурным признакам породы слагающие кору выветривания Беленихинского участка не отличаются от таковых других месторождений Белгородского рудного района. Мармитовые и железнослюково-мармитовые руды имеют преимущественное развитие в центральной части Беленихинского участка. В остальных частях доминируют тонкодисперсногематит-мармитовые, гидрогетит-гидрогематитовые руды. Богатые железные руды Центральной III залежи, где наиболее широко развиты рыхлые и слабосцементированные мармитовые разности, вскрыты 5 скважинами в одном профиле (V+1800) через 200 м. Пройденные скважины в профиле V+2400, заложенном в 600 м севернее профиля V+1800, прошли сланцы и богатые железные руды более высоких стратиграфических горизонтов (сланцевой и верхней железорудной подсвит коробковской свиты). Это свидетельствует о выклинивании коры выветривания, приуроченной к железистым кварцитам нижней сланцево-железорудной подсвиты коробковской свиты, между профилями V+1800 и V+ 2400.

4.4. Разуменское месторождение

Разуменское месторождение в юго-западной части Белгородского рудного района КМА, где выделяются три участка с корой выветривания, сложенной рыхлыми и слабо-сцементированными мармитовыми рудами: Крутологовской, Масловопристанский и Безымянный. Морфология коры выветривания имеет прерывисто площадную форму и соотношении ширины к мощности как 1:4.

Самый северный Крутологовской, протяженностью 3,5 и шириной 1 км разведан редкой сетью скважин (400-700x1500 м) (рис.4.12). Он характеризуется наиболее широким распространением БЖР. Мощность коры выветривания колеблется от 10 до 92 м (рис. 4.13), а глубина залегания её поверхности изменяется от 666 до 833 м. Рыхлые коровые образования перекрываются плотными рудами мощностью 24-35 м и залегающими выше известняками мощностью 80-156 м. По простиранию на юг непосредственно сменяется двумя соседними участками.

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 коры выветривания залегают на глубинах 760-810 м под плотными крепкими рудами (10-14 м) и залегающими выше известняками карбона (150-174 м). Мощность рыхлых разностей не превышает 64 м при минимальной мощности 10 м. Морфологически и по петрографической характеристике является

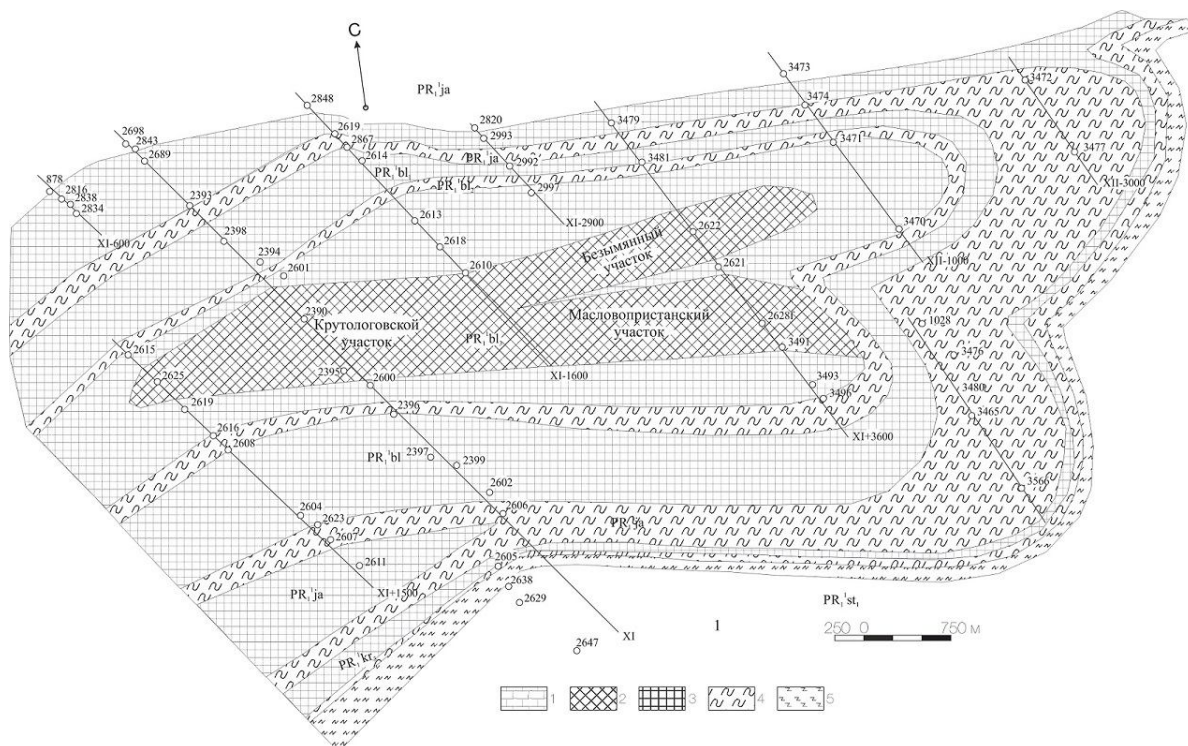


Рис. 4.12. Распространение железорудной коры выветривания в пределах Разуменского месторождения. 1 – нижнекаменноугольные известняки (C₁); 2 – остаточная кора выветривания, представленная БЖР; 3 – породы зоны окисления, переслаивающиеся с джеспилитами; 4 – междрудные сланцы; 5 – сланцы, вмещающие зону окисления железистых кварцитов). Составил И.И. Романов [66].

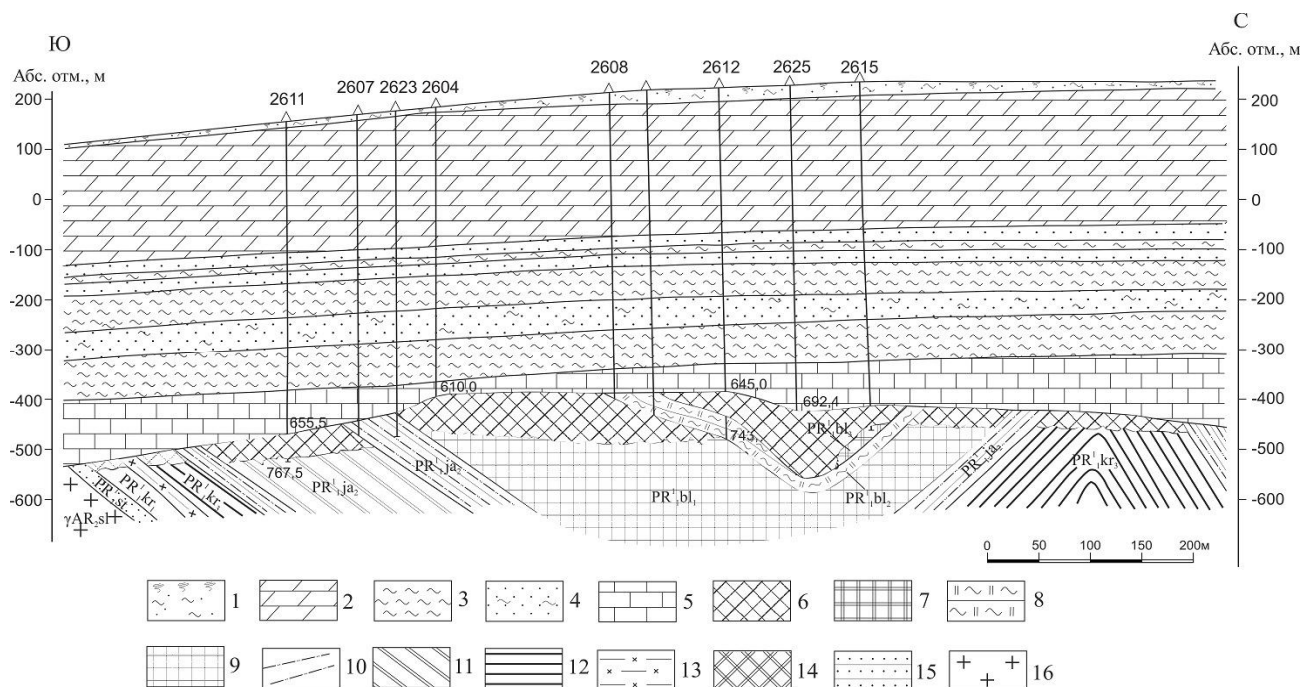


Рис. 4.13. Геологический разрез коры выветривания по профию XI+1500 Разуменского месторождения. По И.И. Романову [73] дополнениями: 1 – почвенный слой, суглинки (Q); 2 – мелоподобные мергеля (K); 3 – глины (J); 4 – глинистые пески (J); 5 – известняки с прослоями глин (C); 6 – мартитовые породы коры выветривания джеспелитоподобных кварцитов; оскольская серия: 7 – верхняя железорудная подсвита (PR₁'bl₃); 8 – слюдяные сланцы сланцевой подсвиты (PR₁'bl₂); 9 – нижняя железорудная подсвита (PR₁'bl₁); 10 – слюдяные сланцы, алевролиты (PR₁'ja₂); 11 – железистые кварциты (PR₁'ja₂); курская серия: 12 – верхняя железорудная подсвита (PR₁'kr₃); 13 – слюдяные и углисто-сланцевые сланцы нижней сланцевой подсвиты (PR₁'kr₂); 14 – нижняя железорудная подсвита (PR₁'kr₁); стойленская свита: 15 – кварцитовидные песчаники, сланцы (PR₁'st); верхний архей, салтыковский комплекс: 16 – плагиограниты (γAR₂sl).

продолжением коры выветривания Крутологовского участка.

Безымянный участок, расположенный восточнее Масловопристанского, отделяется от него мало-мощным (10 м) перегибом коры выветривания шириной около 100 м. Участок характеризуется меньшими размерами (3500х500 м), слабой изученностью (толща вскрыта лишь одной скважиной в южной его части). Кора выветривания залегает на глубине 802 м и 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 плагиоклазовых 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 кварц-серицитовыми алевролитами и алеврофиллитами.

Оскольская серия представлена яковлевской и белгородской свитами. Яковлевская свита наиболее широко развита в западной части месторождения, где сложена алеврофиллитами, алевролитами, реже песчаниками с порфиробластами мартита, с выклинивающейся пачкой магнетитовых кварцитов, аналогичных таковым коробковской свиты. Общая мощность свиты от 150 до 1000 м, и залегает она на железистых кварцитах коробковской свиты без видимого перерыва. 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 Безымянный 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.

Кора выветривания по железистым кварцитам, представленная БЖР, включает в себя 6 параллельных разновеликих залежей юго-восточного до южного простирания, разделенных пачками сланцев и алеврофиллитов шириной от 20 до 500 м. Сосновская-I и Разуменская-IV залежи приурочены к коре выветривания (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.

Наибольшая мощность руд (90-138 м, в одной из скважин 195 м) отмечается в центральной части месторождения. К его периферийным частям она постепенно уменьшается до 35-10 м. Выдержанная мощность КВ предопределила довольно плавную подошву. Поверхность залежей представляет собой эрозионный срез на абсолютных отметках от -450 до -550 м в северной части и от -540 до -670 м в южной части месторождения. В целом рыхлые и слабосцементированные гематитовые породы разуменской 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.

4.5. Большетроицкое месторождение

Большетроицкое месторождение богатых железных руд, его стратиграфическое и литология, типы руд [3, 10, 61, 62], а так же минеральный состав материнских метаморфогенных пород [20] считаются наиболее изученными. Минеральный состав пород остаточной коры выветривания изучен

прецезионными методами [23, 28]. Кора выветривания месторождения на докембрийских породах залегает под палеоген-каменноугольным осадочным чехлом общей мощностью 425-510 м. Её довольно плавная поверхность местами осложнена депрессионными впадинами, где в основании карбона прослеживаются переотложенные железные руды мощностью до 20 м, реже бокситы (1-9 м). Абсолютные отметки кровли меняются от -200 до -350 м (рис. 4.14). Мощность КВ варьирует от 80 м до 300 м на железистых кварцитах и до 50-70 м – на сланцах, по которым местами развиты бокситы. Под переотложенными рудами часто залегают выветрелые надрудные сланцы коробковской свиты, преобразованные в бокситы, железо-глиноземистые руды, каолины мощностью до 60-70 м.

В целом, КВ характеризуется плащеобразной формой при соотношении ширины к мощности около 1:6 (рис. 4.15). Вдоль двух зон повышенной трещиноватости КВ приобретает черты «фальшкиля» с увеличением мощности в 1,5-3 раза: от 100-150 до 200-300 м по профилям V и V+400 и от 50-60 до 150 м по профилю V-400 (рис. 4.16). БЖР на юго-западе и северо-востоке полностью или почти полностью выклиниваются. В подошве залежи, как правило, фиксируются железистые кварциты и кварцитосланцы. Форма коры выветривания весьма сложна и изменчива, что обусловлено блоковым строением железорудной полосы и неровной её нижней границей (рис. 4.17). Абсолютные отметки подошвы колеблются от -380 до -600 м.

В связи с тектоникой после формирования коры выветривания и до образования вышележащих отложений железистые кварциты с одной стороны в виде выступов и блоков различных размеров заходят в руды, с другой стороны богатые железные руды в виде «языков» и «карманов» уходят в толщу железистых кварцитов на значительную глубину.

Строение КВ довольно сложное и обусловлено наличием прослоев сланцев и железистых кварцитов различного минерального состава, а так же проявлением вертикальной зональности. Последняя связана с процессами карбонатизации и бертьеринизации пород. Зона карбонатизации развита в приповерхностной части тела коры выветривания. Она не имеет повсеместного распространения, и мощность её обычно не превышает 23 м, лишь в профиле IV она охватывает залежь на всю мощность. В средней и нижней частях залежи карбонатизация проявляется спорадически в виде прослоев от 0,5 до 5-7 м. Зона бертьеринизации развита более широко, но не интенсивно. Нередко процесс бертьеринизации затушевывается остаточным хлоритом (шамозитом), образовавшимся за счёт разрушения и преобразования силикатов железистых кварцитов. Скальные разновидности пород сформированы карбонатным цементом (кальцитовым и сидеритовым).

Возникновение бертьерина в образованиях кор выветривания КМА до сих пор остаётся дискуссионным [28]. Наиболее вероятно, что изменение гумидного климата на аридный, начавшееся с веневского времени [4], привело к доломитизации известняков, залегающих в кровле. Возможно, доломитизация явилась причиной привноса циркулировавшими подземными растворами в кровлю железных руд магния, что стало следствием формирования бертьерина. Бертьеринизация железных руд зависела от степени заболачивания нижнекаменноугольных ландшафтов и от гипсометрического положения БЖР в рельефе древней поверхности выравнивания.

4.6. Шемраевское месторождение

Шемраевская железорудная кора выветривания до 1988 года морфологически считалась составной частью Большетроицкого месторождения. При поисково-оценочных работах на нем в 1963-64 годах Шемраевская аномалия была разбурена в наиболее широкой своей части семью скважинами через 200-400 м в профиле VI. Шесть скважин прошли по богатым железным рудам с мощностями от 22,6 до 387 м. В 1988-93 годах пробурено ещё 14 геологоразведочных скважин и три структурных. В пределах скв. 747 установлена максимальная мощность БЖР с широким развитием рыхлых и слабосцементированных разновидностей.

КВ представляет собой обособленный тектонический блок шириной 3,6 км с рудной зоной в виде синклинали с размахом крыльев до 2500 м (рис. 4.18), характеризуюсь линейно-площадной формой при соотношении ширины к мощности до 1:5. Сложена синклиналь: 1) нижней и верхней железорудными подсвитами курской серии, мощностью 125-200 и до 300 м и 2) промежуточной сланцевой подсвитой мощностью около 150 м. В плане железорудные образования представляют собой четыре пологопадающие залежи железистых кварцитов и развитой по ним коры выветривания субмеридионального простирания шириной от 250 до 800 м, разделенные двумя сланцевыми зонами шириной 200-300 м.

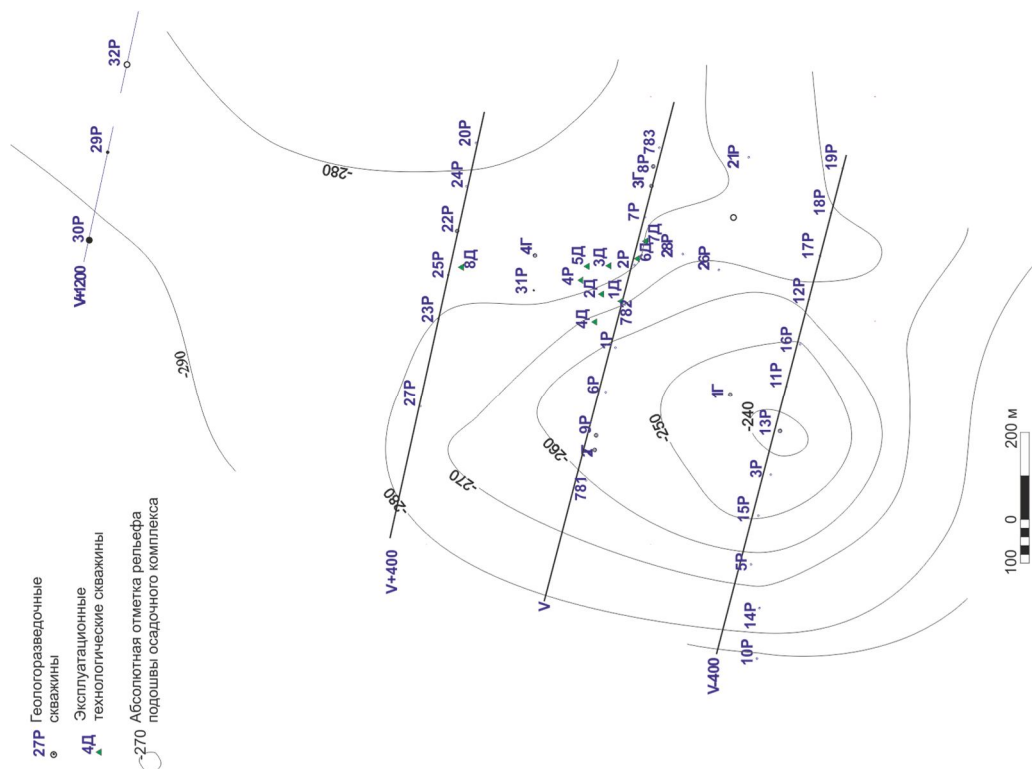


Рис. 4.14. Рельеф подошвы осадочной толщи, перекрывающей железорудную кору выветривания Большетроицкого месторождения. Составил И.И. Никулин.

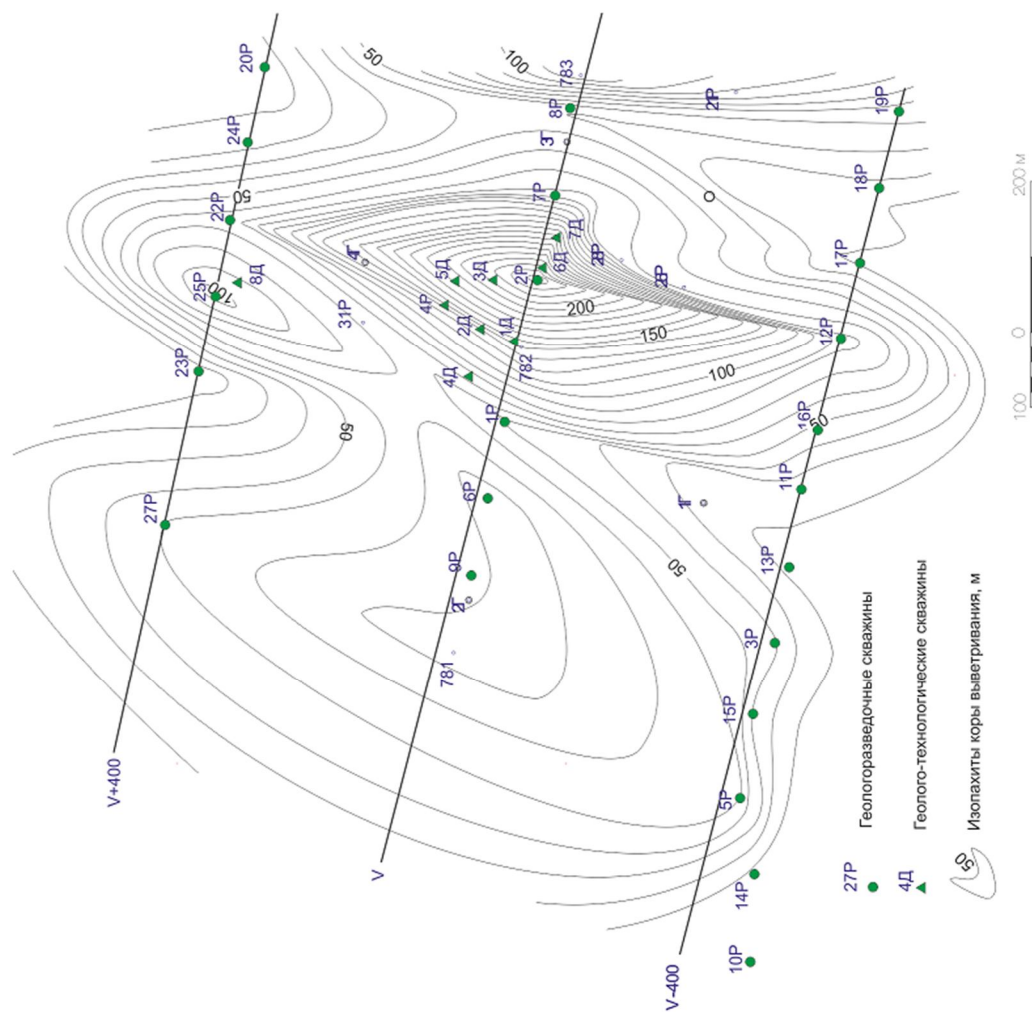


Рис. 4.15. Изопахиты в центральной части коры выветривания, распространённой по железистым кварцитам Большетроицкого месторождения. Составил И.И. Никулин.

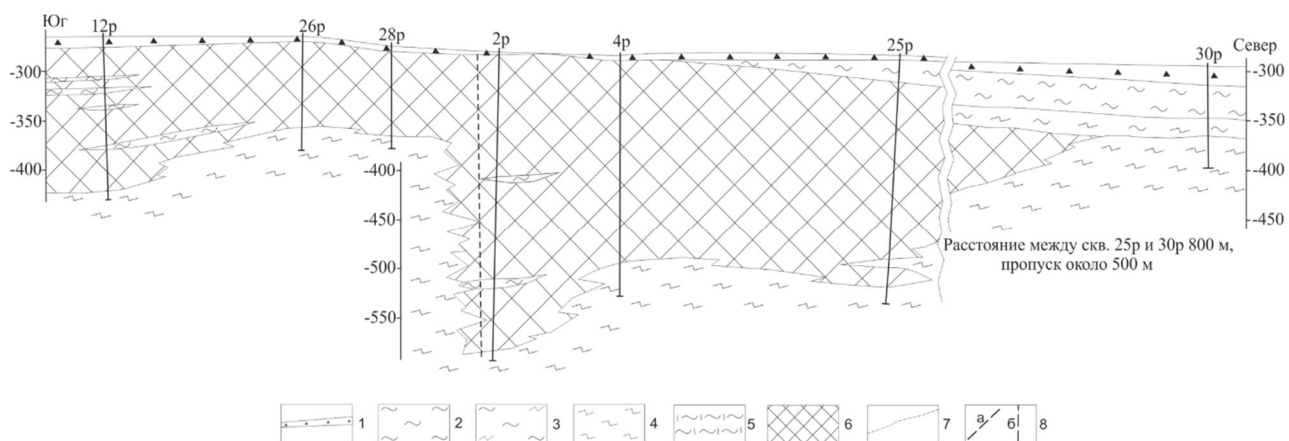


Рис. 4.16. Схематический геологический разрез вдоль рудной залежи Большетроицкого месторождения: 1 - базальный горизонт C_1 -отложений, рудные конгло-брекчии; 2 - выветрелые филлитовидные сланцы, бокситы, Fe-Al-породы PR_1kr_4 , прослои сланцев среди Fe-кварцитов kr_{2-3} ; 3 - переходная зона от сланцев к Fe-кварцитам; 4 - Fe-кварциты, kr_{2-3} ; 5 - филлитовидные сланцы, PR_1st ; 6 - богатые Fe-руды в kr_{2-3} ; 7 - предполагаемые (условные) границы; 8 - предполагаемые разломы (а); ось зоны дробления (б). Составил М.М. Безуглый.

Кристаллический фундамент представлен архейскими к раннепротерозойскими толщами (рис. 4.29). К архею отнесены сильно метаморфизованные породы обоянской (биотит-плагиоклазовые, гранат-биотит-плагиоклазовые, амфибол-плагиоклазовые гнейсы, в различной степени гранитизированные) и михайловской (амфиболиты, амфиболовые сланцы, кварц-биотитовые, биотит-хлоритовые, серицит-биотитовые, гранат-кварц-биотитовые сланцы) серий. Архейские породы образуют «раму» Шемраевской синклинали. Породы раннего протерозоя сложены курской серией (PR_1 , которая представлена стойленской (PR_1st) и коробковской (PR_1kr) свитами.

Стойленская свита состоит из двух пачек пород, рассматриваемых в качестве подсвит. Мощность ее составляет 250-350 м. Нижняя подсвита (PR_1st_1) сложена серицит-кварцевыми и полевошпат-кварцевыми метапесчаниками, с прослоями мусковит-кварцевых и серицит-кварцевых сланцев. Породы верхней подсвиты (PR_1st_2) залегают на метапесчаниках нижней подсвиты и разделяется на два горизонта. Нижний горизонт сложен кварц-серицит-биотитовыми и кварц-серицитовыми сланцами с маломощными прослоями метаалевролитов. Верхний горизонт сложен углисто-кварц-биотитовыми и филлитовидными сланцами, залегающими под железистыми кварцитами коробковской свиты. Прослои сланцев характеризуются прерывистым строением, как по простиранию, так и по падению. Их количество резко убывает в ядерной части синклинали.

Коробковская свита (PR_1kr) слагает ядра синклинальных структур. В её составе резко преобладают железистые кварциты. Прослои сланцев имеют подчиненное значение. В соответствии с принятой стратиграфической схемой докембрия КМА коробковскую свиту подразделяют на три подсвиты: две железорудных и, разделяющую их, сланцевую. Среди железистых кварцитов выделяют два основных типа: тонко-среднеполосчатый магнетитовый, часто с железной слюдой и грубополосчатый, магнетитовый и алюмосиликат-магнетитовый. Сланцевая подсвита представлена амфибол-биотит-хлоритовыми и биотит-хлоритовыми сланцами с резко подчиненным количеством кварц-серицитовых сланцев.

Шемраевская толща БЖР сформировалась в результате довеневского (верхний визе) латеритного выветривания преимущественно магнетитовых, силикатно-магнетитовых и железнослюдково-магнетитовых кварцитов.

Главными минералами верхневизейской коры выветривания являются: мартит, гётит, гидрогематит; второстепенными – магнетит, сидерит, кальцит, кварц (маршалит), каолинит, шамозит, бёмит, гиббсит, гидрослюда; отмечены в единичных пробах флюмофосфаты (сульфат-фосфаты и фосфаты алюминия) [64]. Тело коры выветривания сложено шестью разновидностями БЖР [29]: 1) мартитовой; 2) мартитовой с повышенным содержанием маршалита; 3) мартитовой с карбонатами; 4) мартитовой с небольшим содержанием железной слюдки и с гидроксидами железа; 5) железнослюдково-мартитовой с гидроокислами железа; 6) железнослюдково-мартитовой с гиббситом.

На полуокисленных железистых кварцитах (снизу вверх) выделяются следующие зоны: 1- мартитовых руд с маршалитом; 2- чередование собственно мартитовых руд с рудами, содержащими в

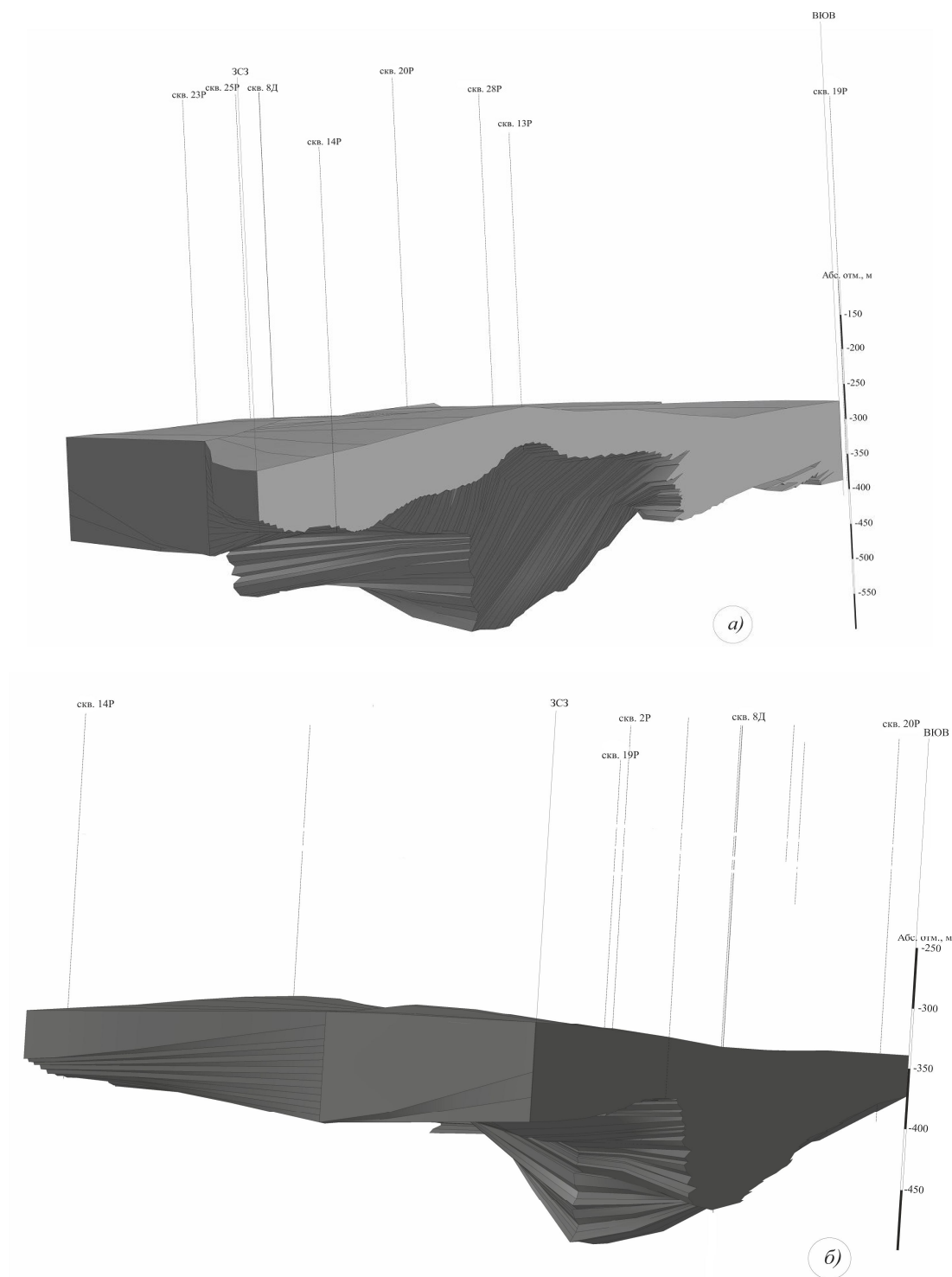


Рис. 4.17. Трёхмерная модель тела коры выветривания между профилями V-400, V и V+400 Большетроицкого месторождения, представленного БЖР (составил И.И. Никулин): а) на переднем плане профиль V+400 – с северной стороны на юг; б) на переднем плане профиль V-400 – с южной на север; 1 – крайевые геологоразведочные скважины.

небольшом количестве железную слюдку и гидроксиды железа; 3- железнослюдково-мартитовой руды с гидроксидам железа; 4- железнослюдково-мартитовых руд с гиббситом; 5- мартитовые руды с карбонатами. Тектурные особенности железорудных пород КВ неоднородны на различных глубинах месторождения. Снизу вверх наблюдается смена минеральных и текстурных разновидностей руд.

В нижней зоне, где тело коры выветривания подстилают окисленные железистые кварциты, а на них мартитовые руды с маршаллитом, отмечена реликтовая, унаследованная пльчатополосчатая текстура (скв. 1М, интервал 733-821 м) [19]. Выше залегают породы, представляющие чередование прослоев собственно мартитовых с прослойками, из смеси мартита, небольшого количества

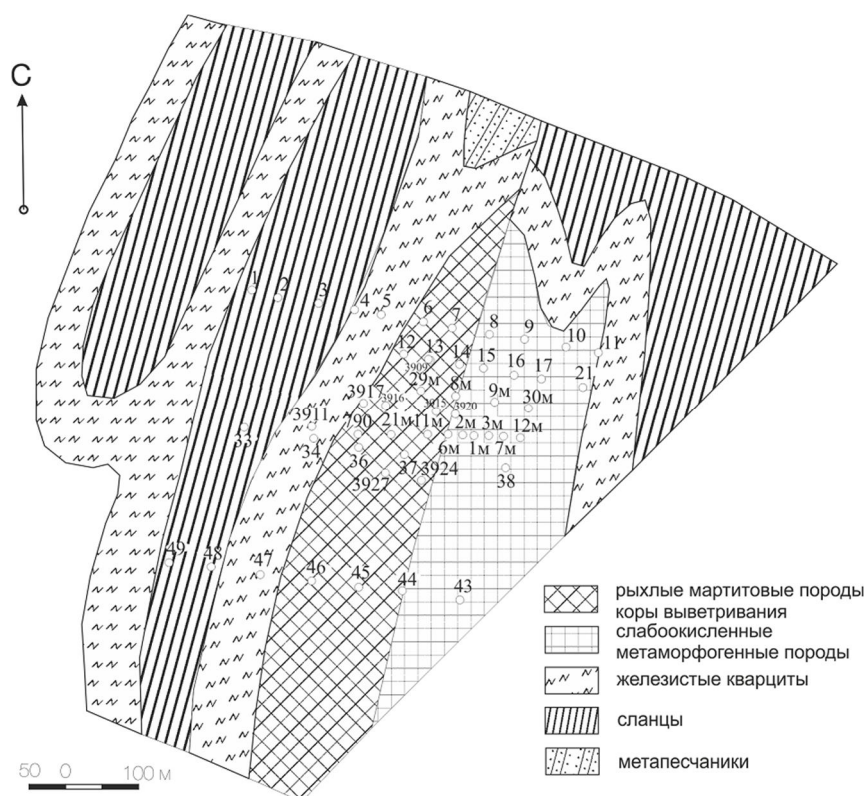


Рис. 4.18. Геологическая схема распространения железорудной коры выветривания Шемраевского месторождения. Составлена по данным И.Н. Письменной [29].

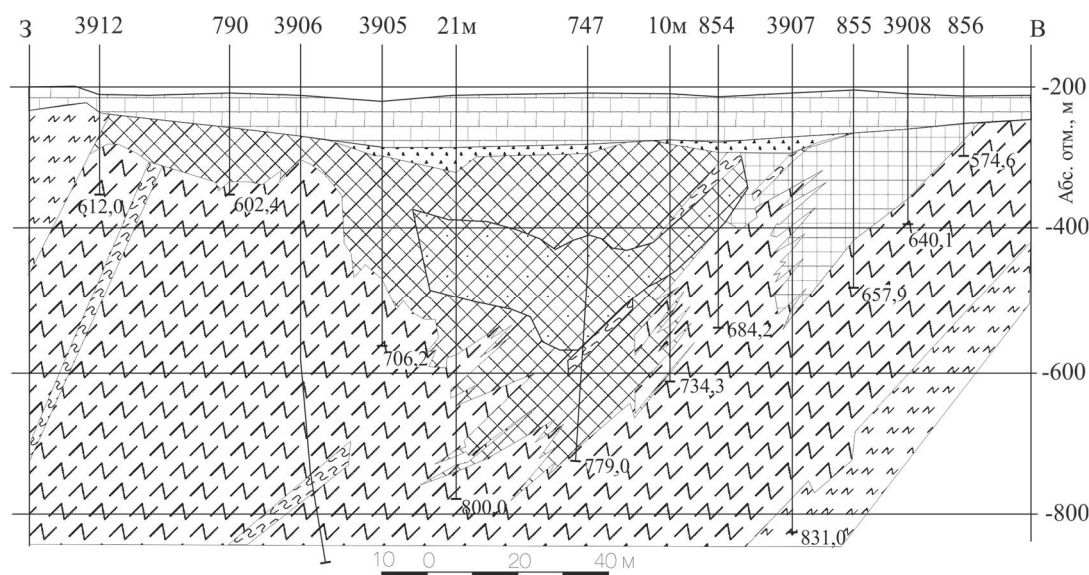


Рис. 4.19. Геологический разрез коры выветривания Шемраевского месторождения. Составил И.И. Никулин. Условные обозначения см. на рис. 4.6.

железной слюдки и гидроксидов железа. В этой зоне преобладают хорошо выраженные слоистые текстуры. Присутствует слоистая мартиновая руда с послойным скоплением шамозита и бертьерина, а также чередование силикатных, алюмосиликатных и карбонатных слоев со слоями мартинового и железослюдково-мартинового состава. Для этой зоны (интервал глубин 550-733 м) характерно чередование рудных и силикатных или рудных и алюмосиликатных прослоек.

Далее вверх по разрезу выделяются железослюдково-мартиновые породы с гидроксидами железа. На глубинах 450-550 м установлено присутствие в различных участках коры выветривания алюмофосфатов группы флоренсита-гойяцита и группы крандаллита. Для этих минералов типичны гнездовые скопления в желваковой железослюдково-мартиновой разновидности с гнездовой и прожилковидной текстурами. В виде прожилков и гнезд присутствует также кальцит, возможно, самый

поздний из минеральных образований. Установленное желваковое строение в этой зоне обусловлено присутствием обломков пород, содержащих хорошо сохранившиеся крупные кристаллы гематита в цементирующей массе и подвергшиеся последующим изменениям. Далее вверх по разрезу залегают железослюдково-мартитовые породы с гиббситом. Для них характерны тонкие (от нескольких сантиметров до долей миллиметров) слойки нерудных минералов в мощных прослоях силикатных пород. На глубине 449-450 м часто встречаются зеленоватые слойки бертьерина, присутствуют карбонатные, преимущественно сидеритовые прослойки с включениями мартита. В верхней зоне КВ (интервал 437,5-449 м), где присутствуют мартитовые руды с карбонатами, отмечена оолитовая текстура.

Структурные особенности сильно выветрелых пород также неоднородны на различных глубинах месторождения. В нижней зоне, там, где проявлены мартитовые руды, преобладают мелкозернистые, тонкозернистые структуры, при этом в отдельных обломках хорошо видны реликты мартитизированных кристаллов магнетита разнообразной формы. Мартитизация в этих случаях проявлена неравномерно, она образует каемки, тончайшие прожилки гематита и иногда его сплошные выделения с редкими реликтами магнетита. В этих породах в подчиненном количестве присутствуют реликтовые, унаследованные от железистых кварцитов, порфиروبласты гематита (железная слюдка). Также в небольшом количестве проявлены гидроксиды железа с коллоидной и метаколлоидной структурами.

Выше по разрезу, в зоне чередования слойков мартитового, карбонатного и алюмосиликатного состава, наблюдаются несколько иные мелкообломочные структуры с присутствием зернистых для карбонатных прослоек и листовато-чешуйчатых структур для алюмосиликатных пород. На различных глубинах присутствуют своеобразные крупные, кристаллические образования гематита (до 1,5 мм по длинной оси), заключенные в желваковых скоплениях руды. Для железослюдково-мартитовых разновидностей, содержащих включения бёмита и гиббсита, характерно очень тонкое, почти порошковатое строение (сотые доли миллиметра).

Углисто-кварц-биотитовые и филлитовидные сланцы (верхний горизонт верхней подсвиты стойленской свиты) в коре выветривания переходят в «обеленную» породу, представленную кварц-бертьерин-гидрослюдистым минеральным комплексом. Кварц-бертьерин-гидрослюдистая порода в различной степени обогащена гидроксидами железа с достаточно однородным составом: шамозит-бертьерин – 21-32 %, гидрогематит – 25-29 %, гидрослюда – 27-32 %, кварц до 7 %, карбонаты до 5 %, летучие компоненты – 6,7-10 % (преобладает кристаллическая вода, связанная с силикатами).

Таким образом, среди наиболее изученных довизейских кор выветривания КМА выделены линейно-площадной и линейный морфогенетические типы. Они формировались по сложнейшему, неоднородному комплексу метаморфических пород, различаются по мощности, зональности, составу, строению и находятся в зависимости от петрографического состава, тектонической дробленности материнских пород, а также их положения относительно элементов палеорельефа.

Линейно-площадная кора имеет очень неровную нижнюю границу, мощность её значительная (до 300 м). КВ зональна, наблюдается тенденция к развитию в верхних её частях наиболее разложенных продуктов, однако, зоны могут располагаться как вертикально, так и горизонтально или наклонно (Большетроицкое и Шемраевское месторождения). Для линейно-площадной КВ характерно развитие инфильтрационных минералов – бертьерина и кальцита, в меньшей степени шамозита. Продукты выветривания представлены рыхлыми, нередко ярко окрашенными породами.

Коры линейного типа являются элементом линейно-площадной зоны окисления кварцитов и джеспилитов. Образованы обычно по зонам тектонически дробленных пород или на контактах сланцев с тонкослоистыми гематитовыми джеспилитами, где формировался приконтактный карст и шло глубокое выветривание разрыхлённого материала. Наиболее проработанная приконтактная зона прослежена на Хохловском участке Гостищевского месторождения. КВ этого типа имеют максимальные мощности. В них наблюдается субгоризонтальная стадийность изменения исходных минералов (от краёв к центральной оси). Кроме того, для линейных кор выветривания КМА характерно развитие инфильтрационных минералов – шамозита и кальцита, в меньшей степени бертьерина.

Различие в морфологии коры и интенсивности процесса выветривания по исследованным участкам развития БЖР КМА обусловлено особенностями строения контактов железистых кварцитов и сланцев. По субгоризонтальному контакту известняков и доломитов с железистыми кварцитами, где сланцев мало, создавались более благоприятные условия для выветривания с образованием мощных кор полного профиля «большетроицкого» типа.

ГЛАВА 5. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

На территории железорудного бассейна КМА распространены две группы железных руд, имеющие промышленное значение: железистые кварциты и конечные продукты их выветривания — богатые железные руды (БЖР). Кроме того, установлены их мелкие залежи осадочного типа (обломочные делювиально-пролювиальные отложения). Из-за малых размеров они не имеют промышленного значения.

Подоймой рудных залежей, относимых к образованиям коры выветривания, служат железистые кварциты и лишь по окраинам их распространения иногда сланцы курской серии. Богатая руда с железистыми кварцитами в подавляющем большинстве имеет довольно резкую границу с переходной зоной порядка 0,5-1,0 м. Исключением являются случаи, когда после богатой руды встречаются рыхлые, сильно выщелоченные (маршаллитизированные) железистые кварциты. Здесь мощность переходной зоны сильно увеличивается до 10 м и более. Для выявления истории становления минералов богатых железных в процессе выветривания и их стадийного анализа необходимо знать минеральный состав материнских пород, по которым они образовались в процессах гипергенеза.

5.1. Исходный состав материнских пород

В Белгородском районе КМА материнские породы наиболее хорошо изучены на Шемраевском месторождении, где они слагают стойленскую и коробковскую свиты. Первую внизу слагают серые и светло-серые тонкозернистые кварцевые метапесчаники, а сверху — углеродистые сланцы с прослоями метапесчаников и металевролитов. Вторая на 95 % сложена железистыми кварцитами; остальной объём приходится на внутрирудные сланцы, представленные выклинивающимися прослоями выдержанной мощностью от 0,2 до 30 м при общей мощности свиты не менее 600 м. Месторождение представляет собой изолированную, опрокинутую на восток синклинальную складку, ядро которой сложено джеспилитами коробковской свиты, а крылья — породами стойленской свиты.

Коробковская свита включает две железорудные подсвиты и разделяющую их сланцевую подсвиту. В нижней подсвите выделяется два горизонта: нижний сложен переслаивающимися силикатно-магнетитовыми и магнетитовыми кварцитами с редкими прослоями кварцито-сланцев и сланцев, а верхний — магнетитовыми кварцитами с варьирующим содержанием гематита, рибекита, эгирина, карбонатов, селадонита, тетраферрибиотита [42-44] и характеризуется тонкополосчатой, линзовидно-полосчатой и неяснополосчатой текстурами, включает редкие прослои сланцев мощностью 0,4-8,3 м. Сланцевая подсвита весьма невыдержана по мощности и литологическому составу. Кроме кварц-хлорит-хлоритоидных и биотит-мусковитовых сланцев в её составе присутствуют кварцевые метапесчаники и кварциты. Верхняя железорудная подсвита сложена магнетитовыми кварцитами с редкими, прослоями сланцев мощностью от 0,2 до 4,6 м в нижней её части. Мощность подсвиты достигает 350 м.

Как показали вышеупомянутые авторы, железистые кварциты коробковской свиты в пределах наиболее изученного Шемраевского месторождения представляют собой тонко- и мелкозернистые породы серого и темно-серого цвета с тонкополосчатыми, иногда пльчатными текстурами, которые обусловлены чередованием рудных (магнетитовых и гематитовых) и безрудных (кварцевых, карбонатных и силикатных) прослоев. Структура пород микрогранобластовая, микролепидогранобластовая. Среди прослоев встречаются: а) кварцевые с магнетитом (иногда мартитом), гематитом, карбонатом, б) силикатные с эгирином, селадонитом, тетраферрибиотитом, реже рибекитом. Мощность слоёв непостоянна — от долей миллиметра до 2-3 см. Кварцевые прослои играют существенную роль и на 70-100 % сложены кварцем, кроме которого присутствуют карбонат, селадонит, тетраферрибиотит, эгирина или рибекита. Слюдистые прослои мощностью первые миллиметры имеют изумрудно-зеленую окраску и сложены преимущественно селадонитом и тетраферрибиотитом [45]. Эгириновые прослои травяно-зеленого цвета могут достигать мощность до 5-10 см в раздувах. В них также могут присутствовать кварц, селадонит, тетраферрибиотит, карбонаты, но не рибекит. Рибекитовые прослои в пределах Шемраевского месторождения встречаются редко, мощность их не превышает 2 мм, обычно — это почти мономинеральные тёмно-синие нитевидные прослои. В пределах Шемраевского месторождения преобладают магнетит-гематитовые и гематит-магнетитовые кварциты, в которых обычно присутствуют карбонаты анкерит-ферродоломитовой серии, селадонит, тетраферрибиотит и эгирин. Ферришамозит, рибекит и калиевый полевой шпат в железистых кварцитах встречаются значительно реже. Ниже приводится описание минерального состава невыветрелых железистых кварцитов и междурудных сланцев на примере Шемраевского месторождения, изученных современными прецизионными методами К.А. Савко с коллегами [42].

Магнетит является главным рудным и породообразующим минералом. Магнетит в джеспилитах слагает самостоятельные прослои мощностью до нескольких миллиметров, а также отмечается в прослоях вместе с кварцем, гематитом, эгирином и слюдами. Магнетит присутствует во всех минеральных парагенезисах железистых пород. Нередко в магнетите незначительные примеси TiO_2 , SiO_2 , MnO .

Гематит встречается во всех образцах в виде пластинок и чешуек различных размеров. Обычно мелкие чешуйки гематита группируются в прослои мощностью первые миллиметры; чешуйки группируются параллельно слоистости. По количеству гематит уступает магнетиту, но в отдельных образцах он преобладает над магнетитом. Иногда гематит образует тонкие каймы вокруг магнетита (обр. 3907/708,5). Помимо кварца и магнетита гематит находится в тесной ассоциации с эгирином и селадонитом [45].

Карбонаты являются распространёнными минералами в железистых кварцитах Шемраевского месторождения и установлены почти во всех образцах. Они относятся к анкерит-ферродоломитовой серии, имеют полигональную форму зерен, иногда это удлиненные или неправильной формы кристаллы размером 0,2-1,0 мм в тесной ассоциации с окислами железа, кварцем, селадонитом и эгирином [45]. По составу карбонаты отвечают железистому доломиту (ферродоломиту) с железистостью $[Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)] = 0,20-0,31$. Отдельные кристаллы ферродоломита имеют зональное строение. Зёрна в центральной части более железистые ($X_{Fe} = 0,29-0,31$), чем на периферии ($X_{Fe} = 0,20-0,22$).

Тетраферрибиотит в отличие от других железорудных месторождений КМА является наиболее широко распространенной слюдой и по количеству преобладает над селадонитом. В пределах Шемраевского месторождения он присутствует в большинстве образцов, образуя лейсты буровато-коричневого цвета размером до 1 мм по длинной оси, часто в виде сростков с селадонитом. Тетраферрибиотиты характеризуются очень низкой глиноземистостью (содержания Al_2O_3 не превышают 0,34 мас. %) по сравнению с тетраферрибиотитами Михайловского месторождения ($Al_2O_3 = 0,53-2,60$ мас. %). Железистость минерала находится в интервале 0,52-0,62 ат. %. Содержания фтора и хлора в сумме не превышают 0,1 мас. %.

Селадонит встречается в виде небольших изумрудно-зеленых лейст размером от десятых долей до 1,0 мм преимущественно в магнетитовых прослоях в тесной ассоциации с магнетитом, тетраферрибиотитом и ферродоломитом [статья савко]. По составу селадонит характеризуется низкой глиноземистостью (содержания Al_2O_3 не превышают 0,35 мас. %) и железистостью ($X_{Fe} = 0,10-0,30$). Нередко отмечаются сростания тетраферрибиотита и селадонита, где кристаллы селадонита имеют более правильные кристаллографические формы и секут лейсты тетраферрибиотита.

Ферришамозит установлен в двух образцах и представлен чешуйками неправильной формы размером до 0,5 мм зеленовато-бурого цвета, которые тяготеют к магнетитовым прослоям. Данный минерал имеет очень низкоглиноземистый состав ($Al_2O_3 = 2,96-3,84$ мас. %) и, относительно, умеренную железистость ($X_{Fe}=0,46-0,53$). Ферришамозиты были также установлены в образцах из Михайловского и Новоялтинского месторождений Михайловского железорудного района [42]. Они характеризуются большей железистостью ($X_{Fe}=0,54-0,89$) и меньшей глиноземистостью ($Al_2O_3 < 1,62$ мас. %) [46, 47].

Рибекит в пределах Шемраевского месторождения встречается намного реже, чем эгирин. Это мелкие призматические кристаллы и сноповидные агрегаты голубого цвета с заметным плеохроизмом от бесцветного до темно-синего размером до 0,5 мм. Как правило, рибекит образует прослои мощностью первые миллиметры среди железистых кварцитов и крайне редко находится в ассоциации с эгирином. По составу рибекиты из железистых кварцитов Михайловского месторождения достаточно магнезиальные – $X_{Fe} = 0,27-0,51$ и отвечают магнезиорибекитам [42]. Содержания MgO находятся в интервале 7,2-11,1 мас. %, что выше, чем в рибекитах из других железорудных месторождений КМА.

Эгирин в породах метаморфической железистой формации Шемраевского месторождения встречается в виде призматических кристаллов размером до 2 мм по длинной оси, слагающих прослои травяно-зеленого цвета мощностью до 1-2 см (в раздувах до 7 см) среди железистых кварцитов. Эгирин тяготеет к магнетит-гематитовым прослоям, иногда содержит включения ферродоломита. Вместе с эгирином в рудных прослоях почти всегда присутствует гематит. Эгирин в своем составе содержит незначительные примеси TiO_2 до 0,12 %, CaO 0,27-0,63 %, MgO 0,39 %), MnO до 0,17 %) и отвечает конечному члену ряда эгирин-авгит.

Среди внутрирудных сланцев Шемраевского месторождения выделяются насыщенные калием метапелиты мусковит-биотитовые и недосыщенные кварц-хлорит-хлоритоидные сланцы.

Мусковит представлен очень мелкими чешуйками (от 20 до 50 мкм). Его количество достигает 20-30 модальных %. Мелкие лейсты мусковита вместе с биотитом образуют прослои в кварц-альбитовом матриксе мощностью до 0,5 мм.

Биотит встречается во внутрирудных сланцах в виде очень мелких чешуек и лейст, которые часто развиваются по мусковиту, иногда образуя очень тонкие каймы. По количеству он значительно уступает мусковиту. По составу биотит характеризуется умеренной железистостью и достаточно высокой титанистостью. Содержание истонит-сидерофиллитового минала в биотитах составляет около 50 %, что характерно для очень низкотемпературных условий.

Хлорит преобладает минералом в недосыщенных калием породах, его количество достигает 50 модальных %. Он встречается в виде пластинчатых кристаллов размером до 2 мм и

характеризуется довольно постоянным составом с довольно высокой железистостью 74-76 ат. % и обычной для хлоритов глиноземистостью.

Хлоритоид встречается в виде крупных порфировласт размером до 2-3 мм в мелкозернистом кварц-хлоритовом матриксе. Это пластинчатые кристаллы с ясным плеохроизмом в голубых тонах и совершенной спайностью с закономерно расположенными включениями углеродистого вещества. Его количество в отдельных образцах не превышает 10 модальных процентов. Хлоритоид характеризуется железистостью 92-95 ат. % и содержаниями $MnO = 0,26-0,38$ мас. %.

Помимо перечисленных минералов в насыщенных калием сланцах Шемраевского месторождения встречаются мелкие (до 0,1 мм) кристаллы почти чистого альбита и микроклина.

5.2. Минеральный состав богатых железных руд кор выветривания

Большинство месторождений богатых железных руд (БЖР) Белгородского района представляют собой сохранившиеся реликты кор выветривания. Богатые железные руды являются продуктами континентального выветривания железистых кварцитов и залегающих среди них прослоев железистых силикатных сланцев. БЖР нередко наследуют характерные черты текстуры и минерального состава исходных материнских пород. Внешне эти руды представляют собой массивные, однородные, реже тонкополосчатые, еще реже сланцеватые, слабомагнитные, мелко- и тонкозернистые породы тёмно-синей, красновато-бурой или зеленоватой окраски. Наиболее крупный сохранившийся профиль коры выветривания представлен на Большетроицком месторождении.

В корах выветривания Белгородского района все минералы богатых железных руд по генетическому признаку делятся на три группы:

1 - *гипогенные*, унаследованные от материнских пород — метаморфогенные: магнетит, железная слюдка, кварц и гидротермальный гематит;

2 – *гипергенные*, образовавшиеся в коре выветривания в результате гипергенных изменений минералов материнских пород — мартит, тонкочешуйчатый гематит (железная сметана), гидроокислы железа (гидрогематит, гётит, гидрогётит), шамозит, каолинит, бёмит и гиббсит.

3 – *постгипергенные*, образовавшиеся в результате наложенных процессов после погружения коры выветривания под осадочный чехол.

Постгипергенные минералы делятся на две подгруппы:

1 - *инфильтрационные*, связанные с инфильтрацией растворов сверху в уже образованную рудную зону — карбонаты (сидерит кальцит и главным образом), шамозит, бертьерин, магнетит, сульфиды (пирит, марказит);

2 – *метасоматические*, образованные при повышенных температуре и давлений с участием глубинных растворов - шамозит, мушкетовит (вторичный магнетит) по железной слюдке и мартиту.

Главными рудообразующими минералами на КМА являются: мартит, железная слюдка, карбонаты (сидерит и кальцит), гётит, магнетит (редко) и гидрогематит. Помимо них, в подчинённом количестве присутствуют кварц (или маршаллит) и бертьерин, которые могут принимать в некоторых типах руд существенное участие. Иногда в небольшом количестве или в виде примеси присутствуют метаморфогенный кварц, каолинит, бёмит, гиббсит, пирит, марказит, в виде единичных зёрен галенит и халькопирит.

Гематит является самым распространённым минералом в железорудных корах выветривания КМА (включая мартит и железную слюдку). В БЖР встречается в виде зонально-колломорфных образований (вплоть до скрытокристаллических агрегатов - мартитовых) и мелких зерен неправильной, и псевдоchешуйчатой формы (рис. 5.1а). Отдельные его чешуйки или сложные петельчатые образования составляют прослои с неровными, часто зазубренными границами. Цвет кристаллов и плотных масс от серо-стального до тусклого серо-чёрного, у рыхлых и порошковатых разновидностей - красно-бурый. Блеск полуметаллический. Непрозрачен. Гематит диагностирован рентгенографическим методом по ряду рефлексов (табл. 5.1, рис. 5.2а, б). Химический анализ (по данным микрозонда в шлифе) проводился в различных типах БЖР (рис. 5.3б). Максимально зафиксированное количество железа – 93,8 мас. %.

Мартит является одним из главнейших рудообразующих минералов богатых руд Большетроицкого месторождения. Он представляет собой псевдоморфозы гематита по магнетиту в виде ромбододекаэдрических или октаэдрических кристаллов (сросшихся зёрен и редко выделяется в виде отдельных кристаллов). Минерал обладает серым или серовато-синим окрасом. В проходящем свете чёрный, в отражённом – белый. Крепкий, не царапается стальной иглой, хорошо полируется. Немагнитный. В зёрнах и сростках мартита часто встречаются светло-розовые в отражённом свете реликты магнетита. В растровом электронном микроскопе реликты магнетита в нём представлены плоскостями кристаллов и двойников кристаллов; наблюдается характерная картина замещения мартитом, распространяющимся по кристаллографическим направлениям, магнетита. Нередко мартит в свою очередь замещается гидроокислами железа с неясным колломорфным строением. Эта рыхлая, тонкодисперсная минеральная масса часто обрамляет зёрна мартита, а также заполняет промежутки между зёрнами.

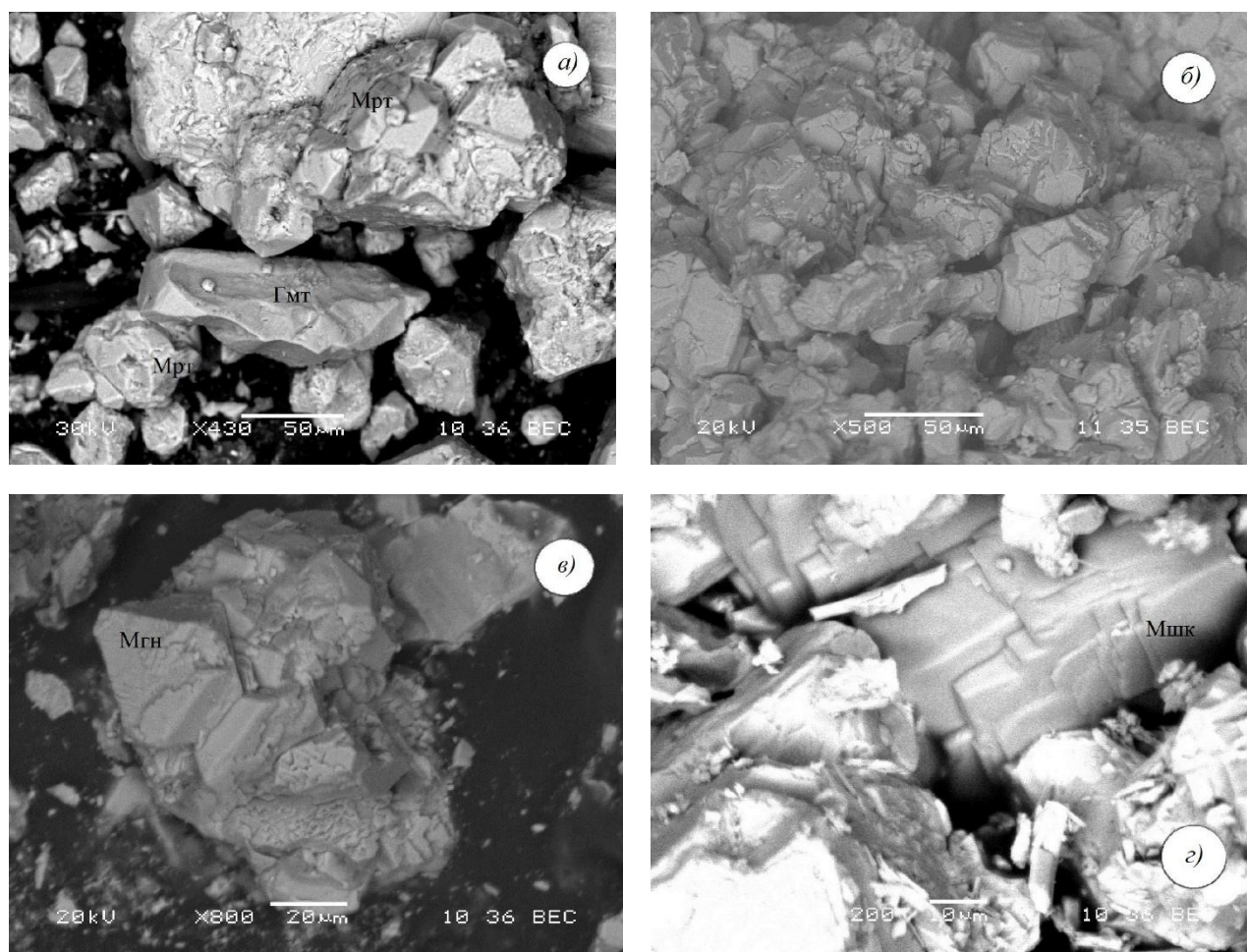


Рис. 5.1. Растровые электронные снимки (РЭМ) минеральных образований железных окислов: а) гематит (Гмт) мартит (Мрт), скв. 1р глуб. 552,0 м; б) магнетит полностью замещён псевдоморфозой гематита (мартитом), скв. 25р глуб. 550,7 м; в) магнетит (Мгн), скв. 27р глуб. 596,0 м; г) мушкетовит (Мшк), скв. 1р глуб. 579,1 м

Таблица 5.1

**Характерные рентгенографические рефлексы минералов в богатых железных рудах
Большетроицкого месторождения**

Гематит		Магнетит		Гётит	
d (Å)	Интенсивность, %	d (Å)	Интенсивность, %	d (Å)	Интенсивность, %
3,68	30	4,85	5	4,98	12
2,70	100	2,97	30	4,183	100
2,52	70	2,53	100	2,693	35
2,21	20	2,42	10	2,45	50
1,84	40	2,10	30	2,253	14
1,69	50	1,712	20	2,19	18
1,49	30	1,614	70	1,7912	20
1,45	30	1,483	80		
		1,326	10		

Магнетит в богатых рудах Большетроицкого месторождения образует единичные зёрна (см рис. 5.1б) и зачастую имеет реликтовый характер внутри кристаллов мартита. Он обычно сильно подвержен мартитизации, особенно в верхних горизонтах рудной толщи. Кроме того, ничем не отличается по своим минеральным характеристикам от других, описанных в геологической литературе магнетитов. В редких случаях этот минерал образует псевдоморфозы по гематиту (мушкетовит – эпигенетический магнетит) (см рис. 5.1г). Он развивается по широким плоскостям пластинок и чешуек гематита, а также замещает зерна мартита, образуя характерные формы замещения. В отличие от месторождений Старо-Оскольского и Курско-Орловского рудных районов (по В.П. Рахманову и И.Е. Куренкиной) мушкетовитизация слабо проявлена. Вероятно, существует сингенетичность мушкетовита

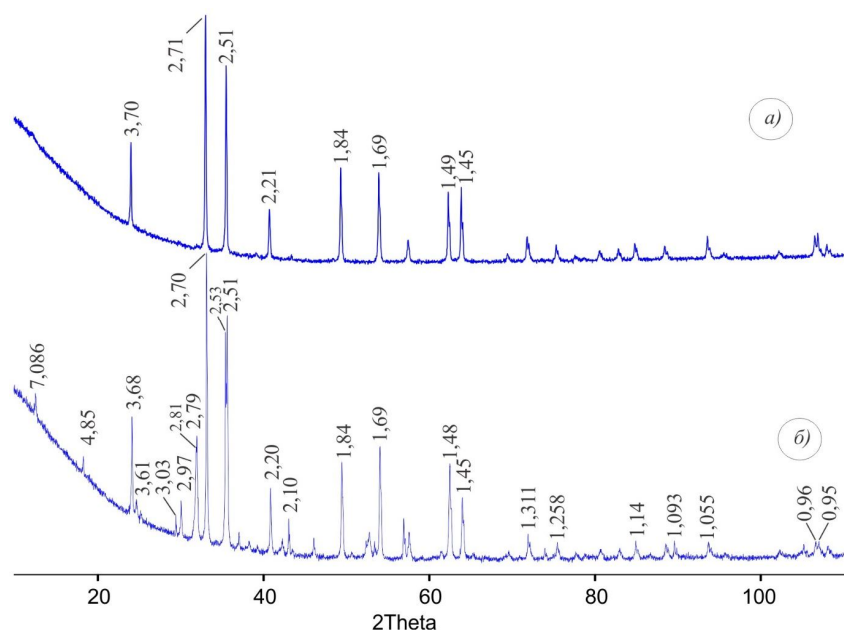


Рис. 5.2. Рентгенографические рефлексы гематита в богатых железных рудах Большетроицкого месторождения: а) мономинеральный гематит, скв. 19р гл. 514,2 м; б) гематит в смеси с магнетитом и карбонатами и бертьерином, скв. 1р гл. 481,3 м.

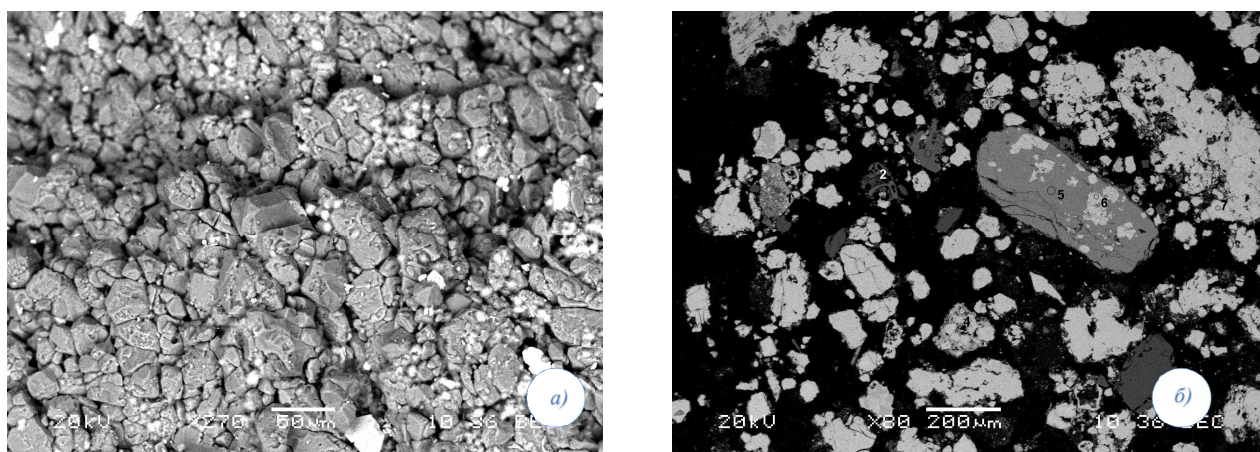


Рис. 5.3. Гематит в железорудной коре выветривания Большетроицкого месторождения: а) РЭМ-снимок гематитовой породы с реликтами магнетита (на снимке белые зёрна), скв. 1Р гл. 635,4 м; б) точки в шлифе по данным микрозонда: 4. Гематит, 6. Гематит, 7. Гематит, 8. Гематит, 9. Гематит, скв. 25Р, гл. 714,3 м.

с сидеритом: резко восстановительная обстановка, существовавшая на поверхности рудных залежей во время процессов карбонатизации, явилась причиной восстановления чешуйчатого гематита и мартита в магнетит. Магнетит диагностирован рентгенографическим методом по ряду рефлексов (см. табл. 5.1, рис. 5.2б). Гипергенный магнетит в коре выветривания Яковлевского месторождения преимущественно развит в виде регенерационных каёмки вокруг зёрен мартита. При этом регенерация мартита в магнетит обычно наблюдается там, где зёрна мартита заключены в хлоритовой массе. На гипергенность магнетитовых каёмок, возможно, указывает парагенетическая связь с сидеритом и хлоритом.

Гётит в чистом виде почти не встречается. Скопления его имеют поперечно-волокнистое сложение. Иногда переходит в плотную или зернистую почти неделимую массу темно-бурого цвета. В некоторых шлифах имеет концентрические образования (рис. 5.4а). Этот минерал часто имеет постепенные переходы в гидрогётит и другие гидроокислы железа, что отражается в удвоенных диагностических признаках. Гётит диагностирован рентгенографическим методом по ряду рефлексов

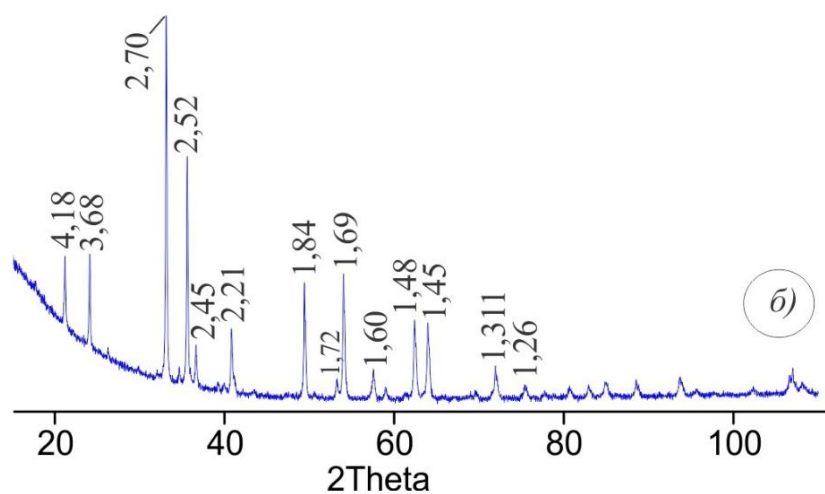
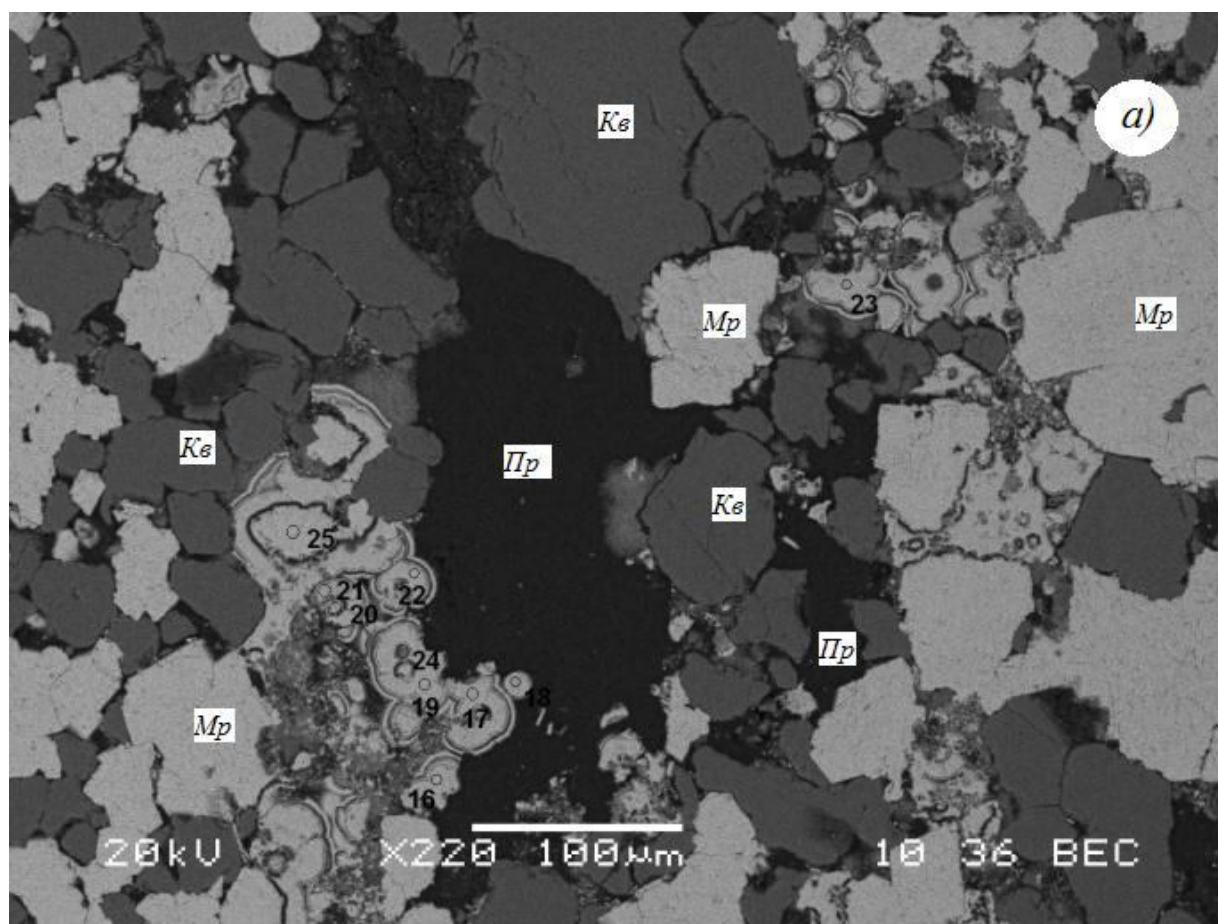


Рис. 5.4. Гётит в коре выветривания Большетроицкого месторождения: а) РЭМ-снимок концентрических образований гётита (зерна обозначены точками рентгеноспектрального анализа), скв. 21р гл. 605,8 м; б) дифрактограмма гётита в смеси с гематитом, скв. 28р гл. 564,8 м. Кв – кварц, Мр – магнетит, Пр – пустоты (поровое пространство).

Таблица 5.2

Химический состав гётита в шлифах

Содержание компонента, %	Т. № 10з	Т. № 16	Т. № 17	Т. № 21	Т. № 22	Т. № 23	Т. № 25	Т. № 1 (Мр)	Т. № 5 (Кв)
Fe _{общ}	83,89	86,55	86,19	2,40	85,14	85,93	88,83	98,65	-
SiO ₂	2,72	2,47	2,53	83,88	2,49	2,63	-	-	100,0
CaO	-	-	-	0,43	-	-	-	-	-
SO ₃	-	-	-	-	-	0,76	-	-	-
Сумма	86,61	89,01	88,71	86,70	87,63	89,31	88,83	98,65	100,0

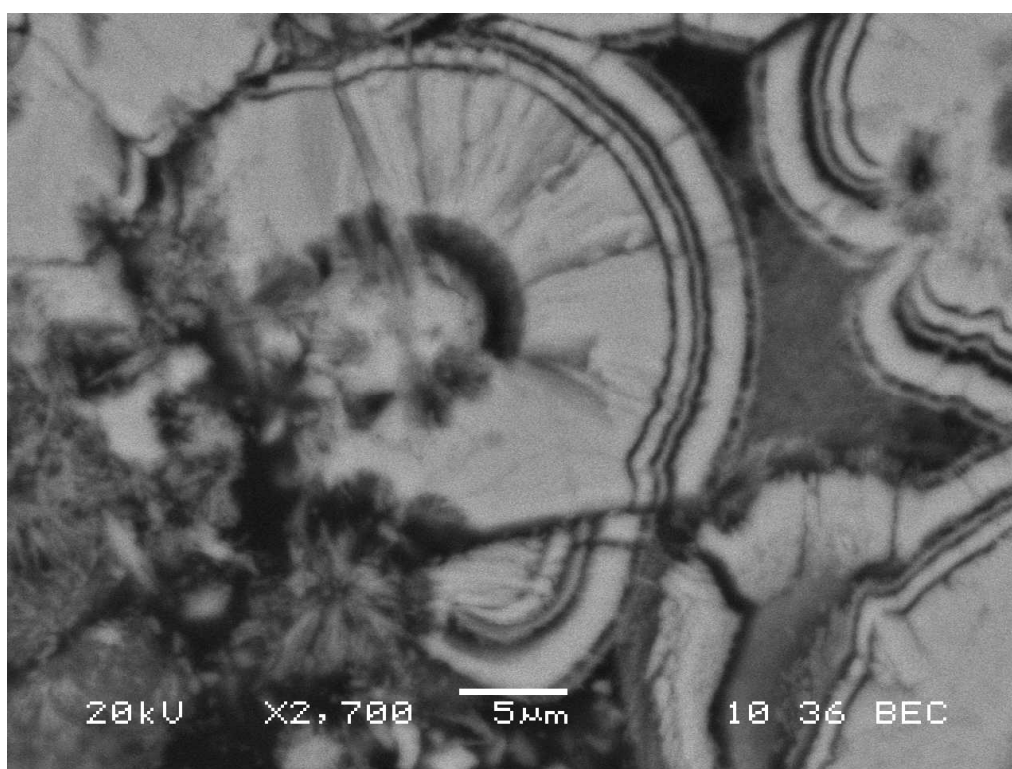
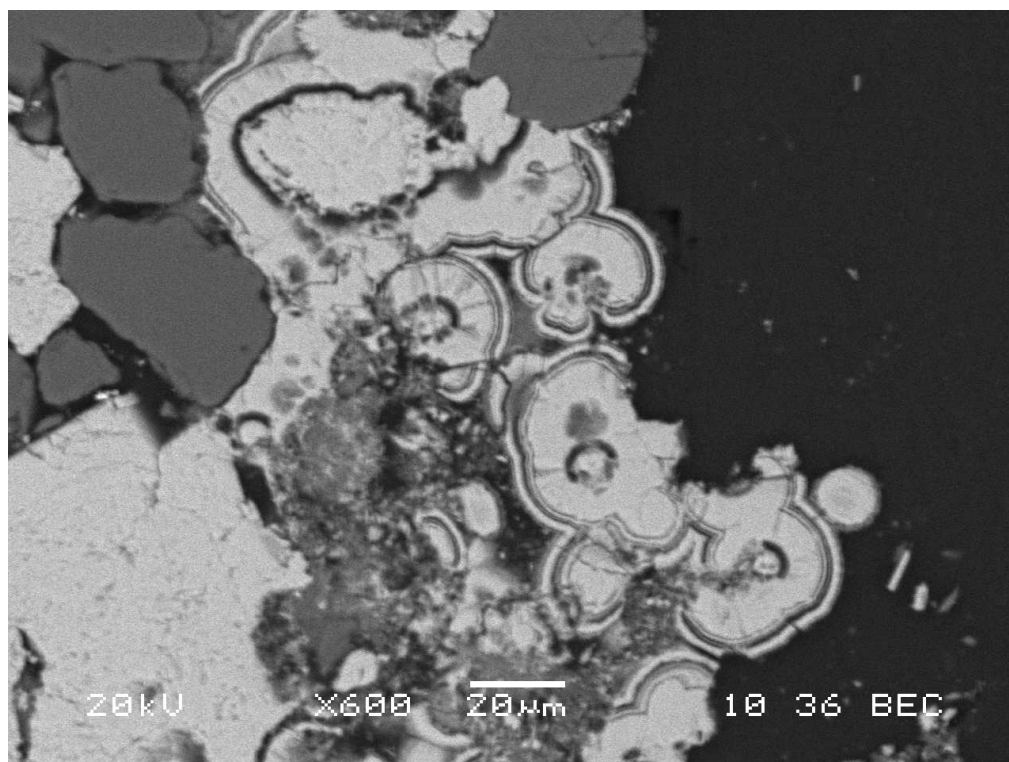


Рис. 5.5. РЭМ-снимки сфероидных образований гётита, скв. 21Р, гл. 605,8 м. (см. табл. 5.1, рис. 5.4б). Концентрические образования на микроснимках представляют собой набор широких и тонких колец с псевдокруглой сердцевинкой и на периферии двойной каёмкой (рис. 5.5). Закономерность распространения не выяснена (встречаются и в массивных рудах, и в полосчатых). Химический состав по данным микрозонда сведен в табл. 5.2.

Гидрогематит является скорее второстепенным минералом в рудообразовании, но встречаются несколько маломощных пластов, где он доминирует над гематитом и гётитом. От мартита и гематита он отличается отсутствием видимых кристаллов при небольших увеличениях и землистым строением, а от гидрогётита – красным цветом.

Выделены несколько разновидностей гидрогематита:

- гидрогематит, образованный в результате выполнения пустот выщелачивания кварца с образованием яркокрасных гематитовых пород;

- гидрогематит, образовавшийся за счет силикатов, возможно, в присутствии достаточного количества свободного кислорода. Его образования могут быть приурочены к хлоритовым сланцам;

гидрогематит секущих жил (по трещинам) развит повсеместно, но образует мелкие мощности (до 1 см) в виде швов залечивания. Часто наблюдаются выделения гидрогематита на плоскостях напластования сланцев и особенно гематитовых прослоев с реликтовой сланцеватой текстурой в виде бесформенных пятнистых или жилоподобных образований.

Гидрогематит слагает красные (бардовые), красно-коричневые (бурые) и буровато-красные породы. Породы, сложенные гидрогематитом преимущественно колломорфного строения волокнистой или землистой массы агрегатов.

Минеральный состав пород кор выветривания указывает на широкое развитие окислов и гидроокислов железа, а данные химического анализа (ISP-AES) по отдельным образцам (более 100) о значительном привносе кислорода и выносе окиси кремния. Этот факт в некоторой степени подтверждает теорию о том, что в образовании толщи богатых железных руд участвовал в основном кислород [11]. Вероятнее всего кислород привносился поверхностными растворами, которые, попадая в массив железистых кварцитов, растворяли кварц, окисляли магнетит, сульфиды и силикаты, выщелачивая из последних Na_2O и K_2O , растворяли карбонаты (доломит, сидеропленезит) и постепенно приобретали щелочной характер за счет CO_2 , MgO , CaO , Na_2O K_2O .

Изучение особенностей железорудных кор выветривания месторождений Белгородского района КМА тонкими аналитическими методами позволило выяснить особенности их формирования при выветривании, характеристики основных (рудообразующих) минералов, и что не мало важно, второстепенных. Второстепенная минерализация в некоторых профилях КВ достигает больших значений, образуя новые типы руд, например сидеритовые (рис. 5.6) или шамозитовые.

Карбонаты распространены преимущественно в эпигенетических образованиях, которые приурочены главным образом к кровлям кор выветривания, сложенных БЖР, и реже переслаиваются с рыхлыми БЖР (например, на Большетроицком месторождении). Возникновение их связано с инфильтрационными процессами. Карбонаты диагностированы рентгенографическим методом по ряду рефлексов (рис. 5.7, табл. 5.3). Карбонаты представлены (по данным рентгенографического анализа) в основном сидеритом, кальцитом, сидеропленезитом ($\text{Mg}_{0.92}\text{Ca}_{0.08}\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) и в меньшей степени доломитом. На термограммах их основные эффекты смещены железистыми минералами (рис. 5.8). Сидерит наблюдается в виде цемента гематитовых руд и реже друз и конкреций (чаще кальцит и сидеропленезит).

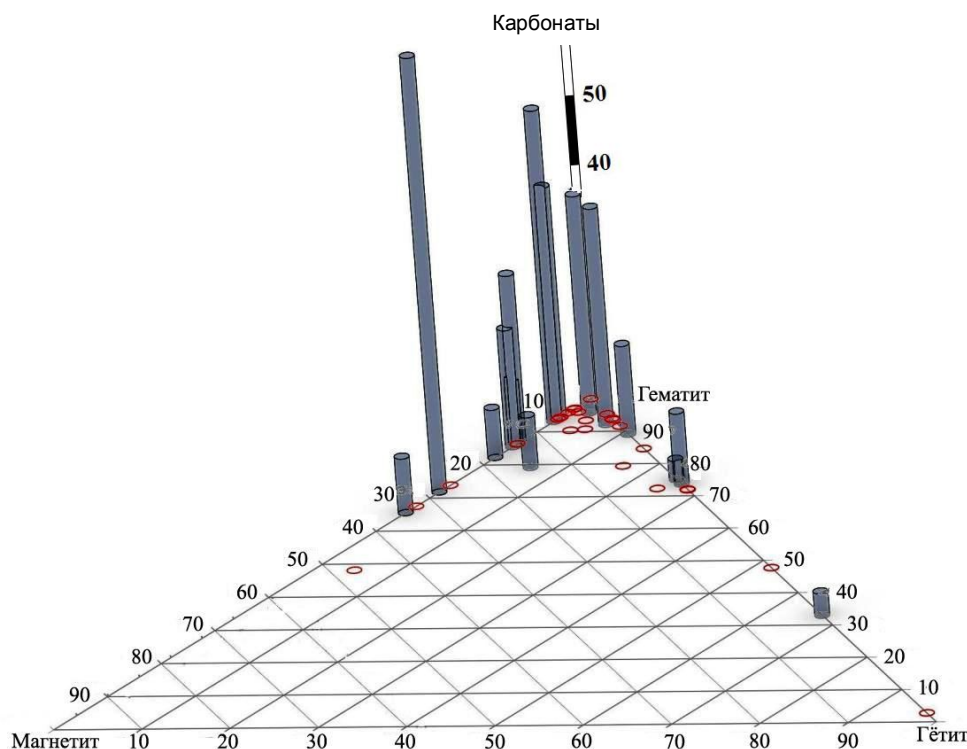


Рис. 5.6. Содержание карбонатов в Большетроицкой коре выветривания (50 образцов). Вертикальные столбики – содержание карбонатов в масштабе шкалы треугольной диаграммы (мас. %).

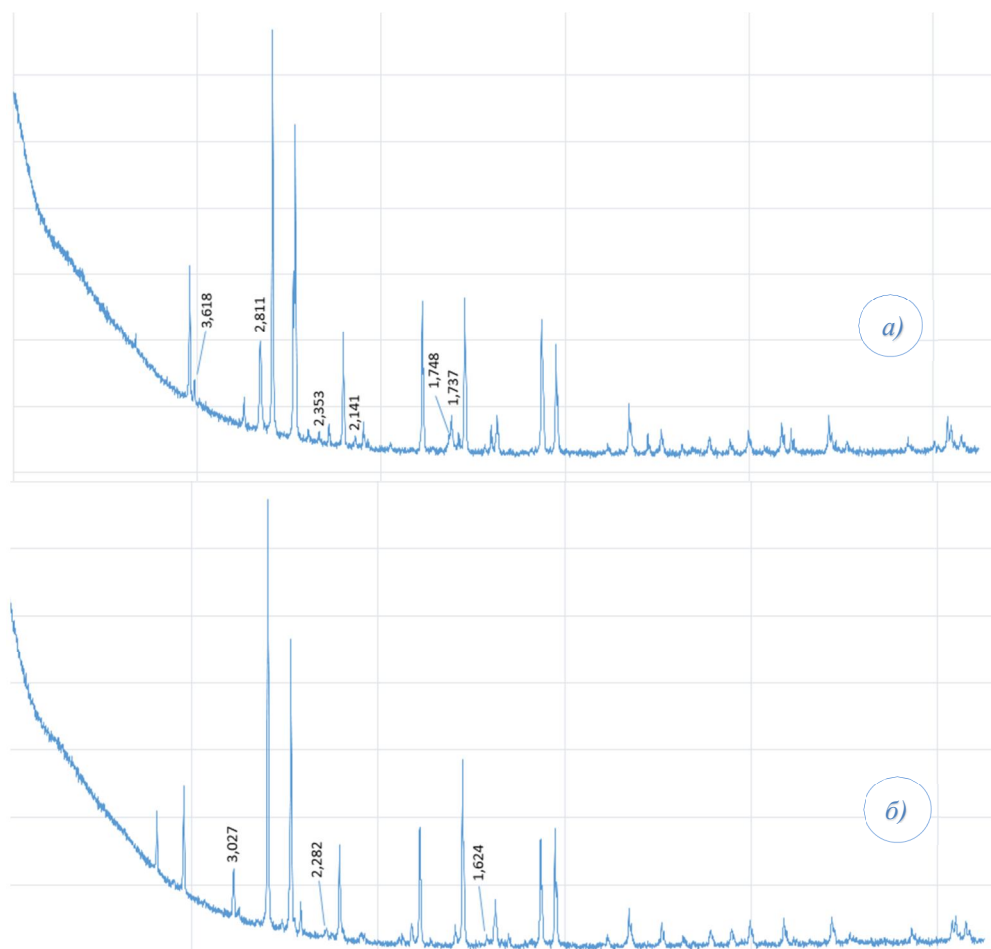


Рис. 5.7. Рентгенографические рефлексy карбонатов в коре выветривания Большетроицкого месторождения: а) сидерит в мартит-гематитовой породе, скв. 8р гл. 508,6 м; б) кальцит в гётит-гематитовой породе, скв. 6р гл. 559,4 м.

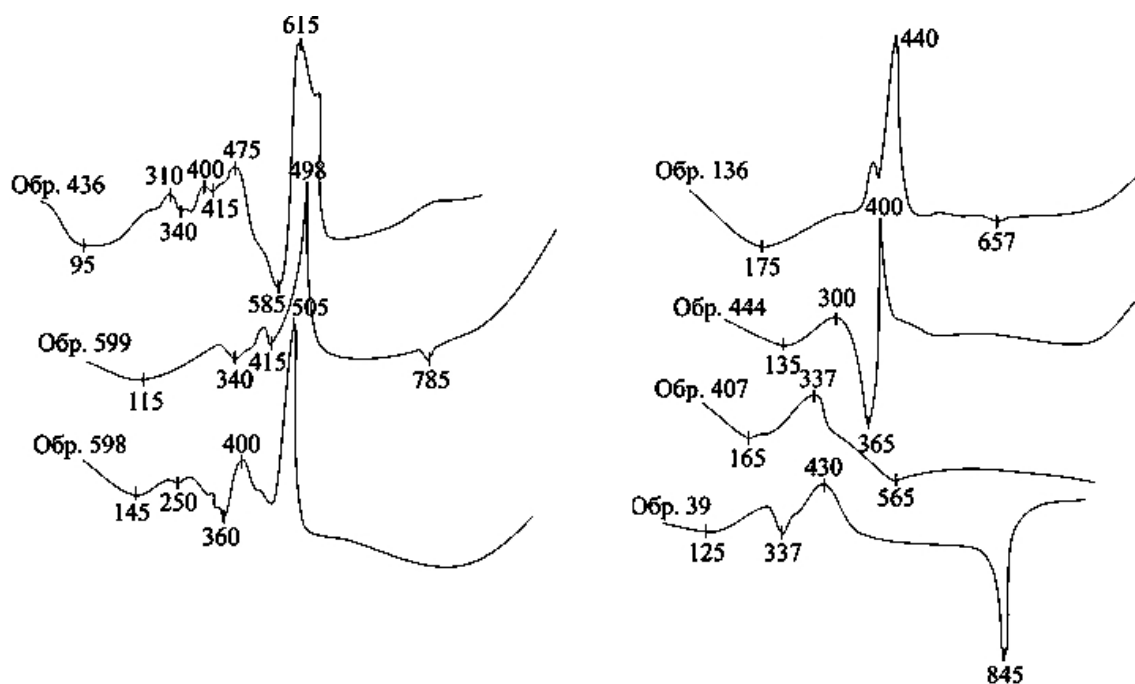


Рис. 5.8. Кривые нагревания пород кор выветривания КМА Белгородского района, содержащих вторичные минералы: обр. 436 – ожелезнённый песчаник, сцементированный сидеритом; обр. 599 и 598 – гитрогётит-сидеритовая порода; обр. 136 – гидрогематит-мартит-сидеритовая порода; обр. 444 – сидерит-гитрогётитовая порода; обр. 407 – гематитовая порода с бертьерином; обр. 39 – мартит-гитрогётитовая порода на карбонатном цементе.

Рентгенографические рефлексы сидерита в коре выветривания Большетроицкого месторождения, скв. 7р, гл. 525,0 м

No.	2-theta(град.)	d(Å)	Интенсивность (отн. ед.)	Фаза
1	24.136(5)	3.6842(8)	13.29	Hematite, syn(0,1,2)
2	24.655(5)	3.6079(7)	12.08	Siderite, magnesian, calcian, syn(0,1,2)
3	30.046(5)	2.9716(5)	10.85	Magnetite(2,2,0)
4	31.9089(12)	2.80231(10)	100.00	Siderite, magnesian, calcian, syn(1,0,4)
5	33.1369(18)	2.70122(14)	47.54	Hematite, syn(1,0,4)
6	35.409(2)	2.53290(16)	39.14	Magnetite(3,1,1)
7	35.6146(12)	2.51877(8)	64.82	Hematite, syn(1,1,0)
8	38.246(7)	2.3513(4)	7.20	Siderite, magnesian, calcian, syn(1,1,0)
9	40.840(4)	2.2077(2)	13.41	Hematite, syn(1,1,3)
10	42.216(9)	2.1389(4)	5.65	Siderite, magnesian, calcian, syn(1,1,3)
11	43.038(6)	2.1000(3)	7.46	Magnetite(4,0,0)
12	46.247(18)	1.9614(7)	2.16	Siderite, magnesian, calcian, syn(2,0,2)
13	49.432(3)	1.84225(9)	18.99	Hematite, syn(0,2,4)
14	50.613(19)	1.8020(6)	2.13	Siderite, magnesian, calcian, syn(0,2,4)
15	52.380(4)	1.74530(14)	11.95	Siderite, magnesian, calcian, syn(0,1,8)
16	52.663(5)	1.73658(14)	8.12	Siderite, magnesian, calcian, syn(1,1,6)
17	53.409(5)	1.71405(15)	5.62	Magnetite(4,2,2)
18	54.044(3)	1.69541(8)	25.31	Hematite, syn(1,1,6)
19	56.9156(19)	1.61650(5)	21.46	Magnetite(5,1,1)
20	61.361(13)	1.5096(3)	3.03	Siderite, magnesian, calcian, syn(1,2,2)
21	62.489(3)	1.48506(5)	23.89	Hematite, syn(2,1,4), Magnetite(4,4,0)
22	63.999(4)	1.45360(9)	11.48	Hematite, syn(3,0,0)



Рис. 5.9. Развитие кальцита (белое) в коре выветривания железистых кварцитов Большетроицкого месторождения, скв. 12р, гл. 687,5 м.

Кальцит распространён повсеместно. Цементирующая масса пород, состоящая из кальцита, на свету блестит по спаянности и реагирует на HCl. Этот минерал встречается и в самых нижних горизонтах кор выветривания в виде волнистых прослоев среди рыхлой неслойистой гематитовой породы (рис. 5.9). На большинстве железорудных месторождений кальцит по количеству сильно подчинен сидериту, лишь на Михай-

ловском и Ново-Оскольском имеют место обратные соотношения. В Старо-Оскольском и Белгородском районах в верхних горизонтах рудных залежей кальцит встречается значительно реже, чем вблизи подошвы, где он играет существенную роль в минеральном составе руды.

Сидерита представлена обычно мелкозернистыми агрегатами, характеризующаяся большим сходством с гипидиоморфнозернистой структурой. Нередко сидерит образует крупнозернистые агрегаты с хорошо выраженными идиоморфными кристаллами. В агрегатах сидерита Яковлевского месторождения часто наблюдаются пойкилитовые включения гидроокислов железа, придающих сидериту тот или иной окрас. В горизонтах сильно карбонатизированных пород КВ наблюдается более позднее окисление сидерита, сопровождающееся замещением его по спаянности и граням зёрен гидрооксидами железа (рис. 5.10а), за счёт чего сидерит приобретает желтовато-бурую окраску. Нередко лимонитизация сопровождается процессами выщелачивания, в результате которых в породах

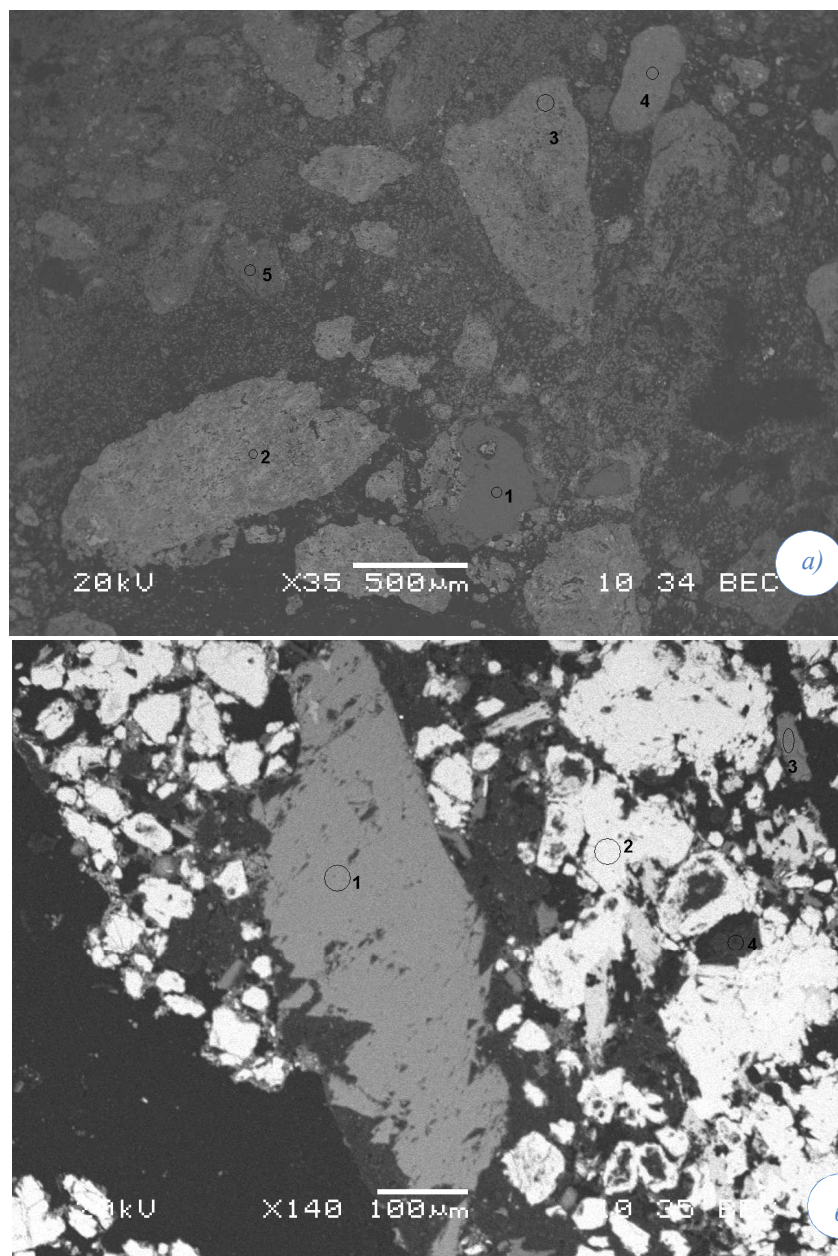


Рис. 5.10. Карбонатные минералы в массе гидроокислов железа КВ Большетроицкого месторождения. Растровый микроскоп: а) линза гётита (основная масса), точки в шлифе: 1, 5 – кварц, 2, 3, 4 – сидерит, скв. 2р, гл. 865 м; б) кавернозная желтовато-буроватая рыхлая гётит-гематитовая порода, точки в шлифе: 1 – кальцит, 2 – гематит, 3 – кварц, скв. 25р, гл. 641 м.

развивается кавернозность, и на стенках пустот часто развиты щётки более поздних сидерита и кальцита (рис. 5.10б). Мелкие пустоты обычно заполнены рыхлыми массами землистого шамозита. В отдельных шлифах присутствует сидерит и шамозит более поздних генераций. Карбонат таких генераций образует более крупнозернистые агрегаты. Очень часто в прослойках карбонатов встречаются реликты кварца (рис. 5.11а). В смешанном сидерито-кальцитовом цементе сидерит обычно располагается между кальцитом и мартитом, образуя рубашки вокруг зерен последнего. По химическому составу сидерит очень сильно разнится даже в пределах одного слоя. Так, например, в скважине 11р, гл. 471,1 м, мас. %: MgO 6,24, Al₂O₃ 4,49, P₂O₅ 2,27, CaO 5,09, MnO 0,69, FeO 41,85,

SrO 2,37 (сумма 62,99 мас. %) (рис. 5.10б).

Кварц распространён в весьма ограниченном количестве. Под влиянием растворов агрегаты кварца материнских пород испытывали замещение или растворение, что наблюдается в коррозионных внутрирудных прослоях. Иного генезиса представляют собой рыхлые прослои минеральных агрегатов из тонких мельчайших зёрен кварца – маршаллита. Выделены следующие разновидности кварца:

- тонко- мелкозернистый (0,025-0,01 мм), находящийся в гематитовых рудах в незначительном количестве, обычно загрязнённый тонкой рудной пылью (рис. 5.11);
- среднезернистый (до 0,1 мм) перекристаллизованный (часто маршаллитизированный), чистый, выполняющий пустоты и поры в гематитовых и бертьерин-гематитовых рудах;
- жильный.

Шамозиты, распространённые в БЖР до исследований, проведенных А.П. Никитиной с коллегами [21, 22], в большинстве случаев рассматривались как обычные хлориты. Нашими исследованиями подтверждено, что так называемые «хлориты» в железорудных корах выветривания Белгородского района КМА – это скрытокристаллические лептохлориты. На РЭМ-снимках крупные хлопьевидные скопления с отдалёнными чертами граней выполняют поры и реже цемент. Идентифицируются по основным базальным рентгеновским рефлексам $d_{001} < 7,026$, $d_{002} \approx 3,510$ -3,56 и $d_{001} \approx 1,54$ -1,56 Å. Вариации по рефлексам в кристаллической решётке, по всей видимости, зависят от количественного соотношения между гексагональной и моноклинной модификациями. На основании рентгенографических и электронографических исследований выветрелых филлитовидных сланцев А.П. Никитиной выяснено, что некоторые шамозиты КМА – не относятся к группе хлоритов, а являются железо-алюминиевыми слоистыми силикатами со структурой серпентинового типа 1:1, дающие серию

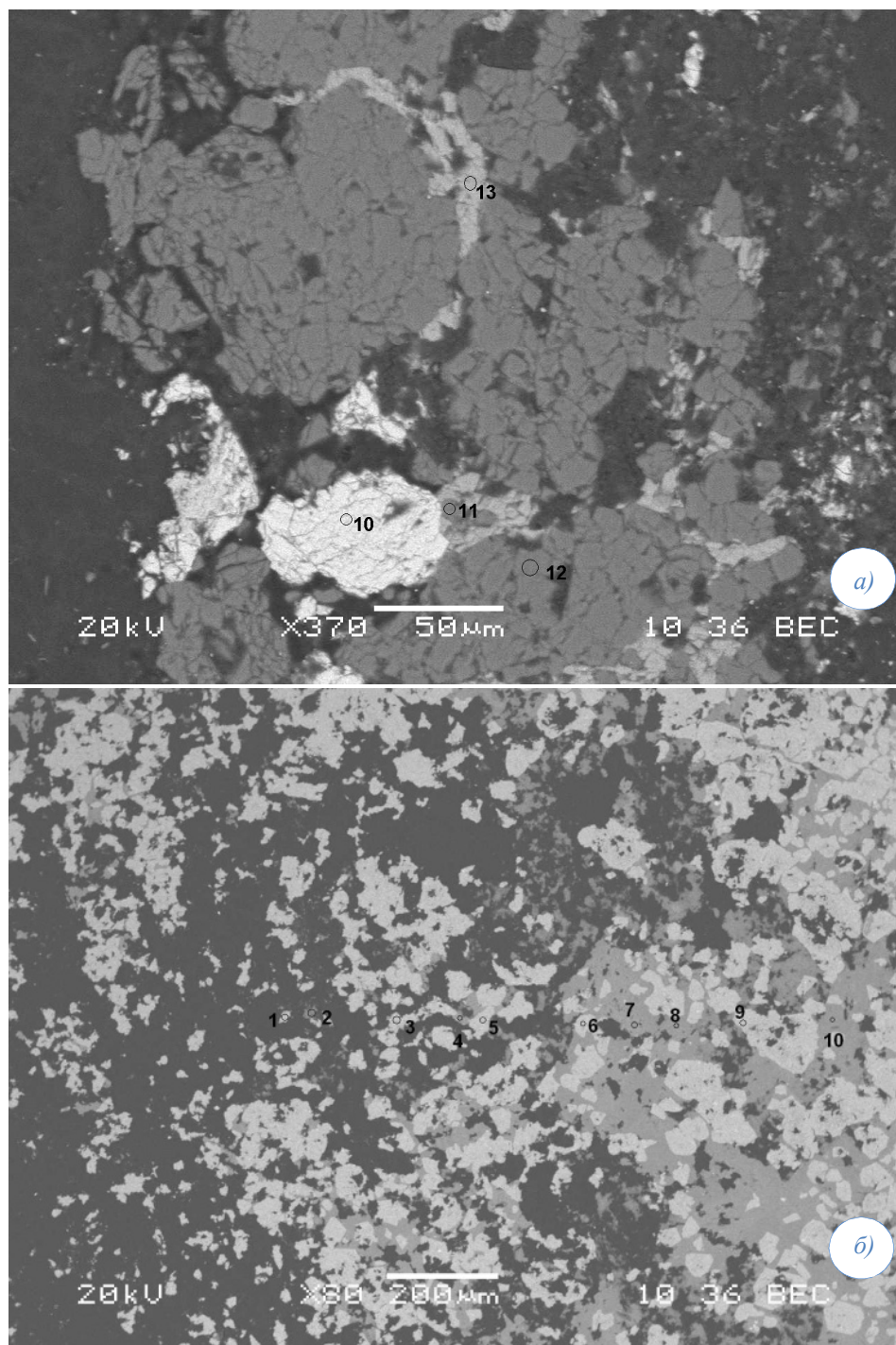


Рис. 5.11. РЭМ-снимки рыхлых пород коры выветривания Большетроицкого месторождения: а) прослоек сидерита в ассоциации с кварцем, точки в шлифе: 10, 11 – кварц, 12 – сидерит, скв. 28р, гл. 564,8 м; б) точки в шлифе: 3, 5, 6 – гидро-гематит, 8, 10 – сидерит, скв. 11р, гл. 471,1 м.

базальных отражений, кратных $d_{001} \approx 7,1 \text{ \AA}$. В 1980 г. согласно решению Международной номенклатурной комиссии при AIPEA [63] за $7 \text{ \AA}$ шамозитом (с составом в пределах, %: Al_2O_3 12-28; SiO_2 19-27; FeO 32-37 и в очень маленьких пропорциях Fe_2O_3 и MgO) утверждено название «бертьерин» $((\text{Fe}^{+2}, \text{Fe}^{+3}, \text{Al})_3(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$ в отличие от $14 \text{ \AA}$ шамозита, который отнесён к хлоритам. В настоящее время по международной классификации [74] номенклатурному названию минерала бертьерин является синоним K-type Chamosite. В большинстве предыдущих работ (1950-1980 гг.) по КМА в обиходе использовались термины – шамозит, диагенетический хлорит, железистый хлорит, и указывались физико-химические характеристики, присущие бертьерину.

Бертьерин в исследованиях авторов впервые обнаружен в зонах КВ железистых кварцитов Большетроицкого месторождения, а затем и на Хохловском участке Гостищевского месторождения. Особенности развития бертьериновой минерализации в породе фиксировались непосредственно в керне (рис. 5.13), а затем наблюдались при помощи растровой электронной микроскопии. Последующее сравнение вторичных минерализаций схожих месторождений позволило определить бертьерин - Fe-Al минерал серпентиновой группы алюмосиликатов, как главный силикат железорудных КВ КМА [23]. Этот минерал встречается совместно с мартитом, карбонатами, шамозитом и кварцем. Физический признак идентификации бертьерина - это основной базальный рентгеновский рефлекс $7,04-7,1 \text{ \AA}$, который несколько выше рефлексов шамозита и хлорита и ниже каолинита (табл. 5.4).

В зонах кор выветривания Большетроицкого и Гостищевского месторождений бертьерин распространен повсеместно [23]. По результатам исследования рентгенографическим анализом 50 образцов бертьерин представлен двумя своими разновидностями 1Н и 1М. Закономерность распространения не выявлена. Бертьерин уверенно идентифицируются на рентгеновских дифрактограммах по рефлексам $d_{001} \approx 7,105-7,04 \text{ \AA}$ и $d_{002} \approx 3,547-3,53 \text{ \AA}$ (см. рис. 5.2). Пониженные значения всех d_{00L} обычно указывает на значительную примесь бертьерина-1М. Помимо бертьерина

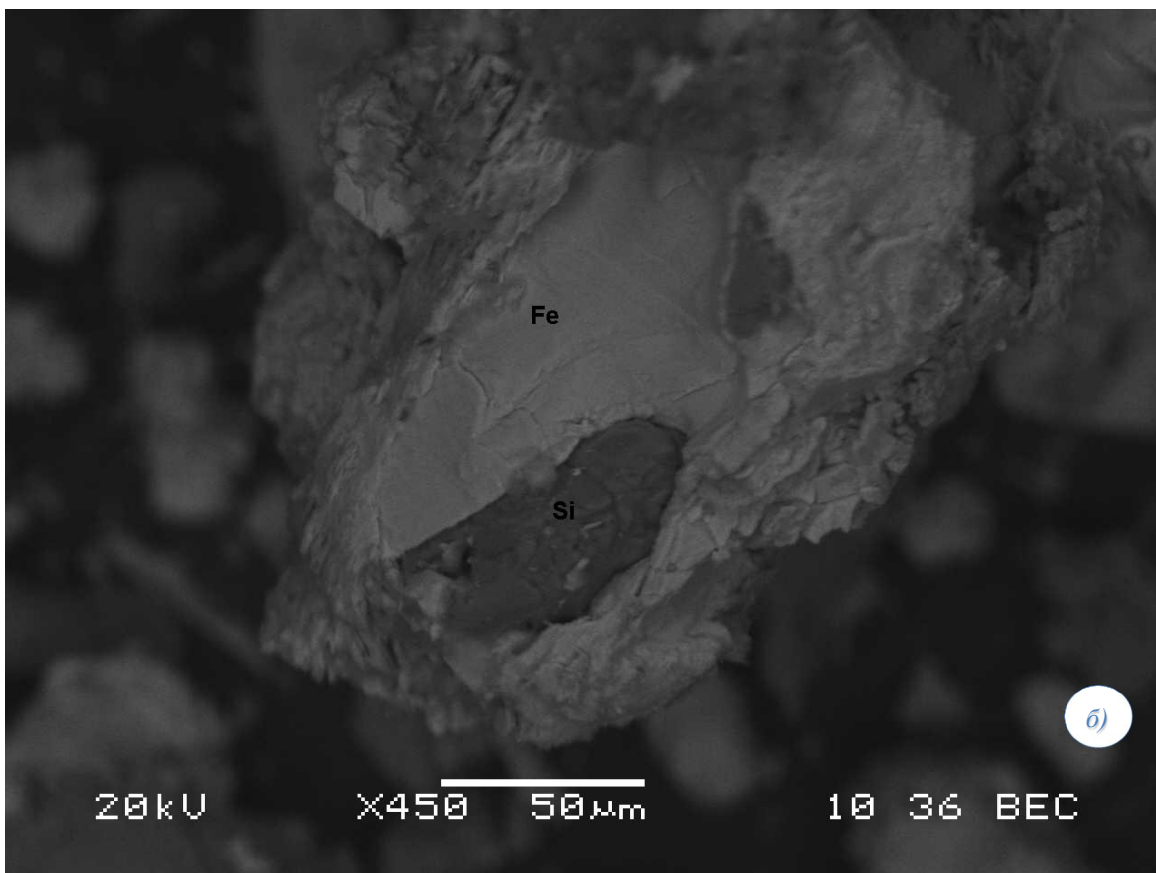
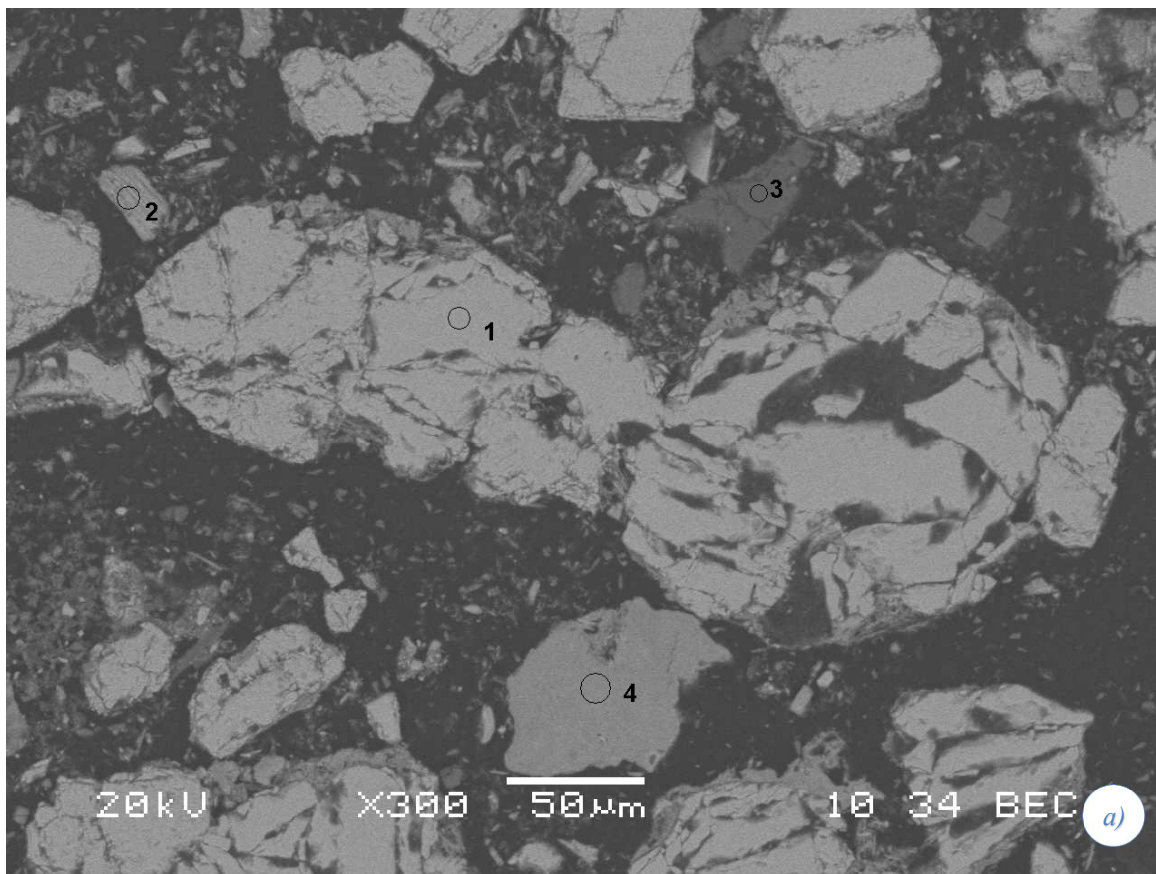


Рис. 5.12. Реликтовые зёрна кварца Большетроицкого месторождения.

Примечание: а) кварц в красной гидрогематитовой породе, точка 1 – гематит, точка 3 – кварц, точка 4 – сидерит, скв. 1р гл. 556,0 м; б) зерно кварца в мартитовом агрегате, скв. 2р, гл. 765,0 м.

Таблица 5.4

Характеристика X-Ray рефлексов из нескольких образцов

Образец	Тип пород	No рефл екса,	2- theta(deg)	d(ang.)	Rel, height(a.u.)	Phase name
Скв. 1р, глуб. 526,0 м	Прослой скальный (6,5 м) на карбонатном цементе с бурыми слоями	1	12,527(18)	7,060(10)	3,78	Berthierine-1H(0,0,1)
		6	24,75(18)	3,59(2)	1,08	Berthierine-1H(1,0,1),silicon dioxide(1,0,1)
		7	25,17(3)	3,535(4)	1,53	Berthierine-1H(0,0,2)
		12	33,1362(16)	2,70127(12)	67,53	Hematite(1,0,4),Berthierine-1H(1,1,0)
		14	35,6144(17)	2,51878(12)	55,37	Hematite(1,1,0),Berthierine-1H(1,1,1)
		39	60,871(16)	1,5206(4)	3,11	Calcite, magnesium, syn(2,1,4),Berthierine-1H(3,0,1)
		44	62,73(3)	1,4799(7)	0,46	Berthierine-1H(1,1,4)
		45	63,7(10)	1,461(19)	0,56	Calcite, magnesium, syn(1,2,5),Berthierine-1H(3,0,2),silicon dioxide(2,2,2)
		53	70,92(3)	1,3278(5)	0,88	Magnetite, syn(6,2,0),Berthierine-1H(2,2,1)
Скв. 2р, глуб. 529,5, 0 м	Мартитовая с карбонатами жёлтая слабощеменированная	1	12,39(3)	7,136(19)	4,48	Berthierine-1H(0,0,1)
		5	24,99(5)	3,560(7)	1,85	Berthierine-1H(0,0,2)
		8	33,1241(14)	2,70223(11)	100	Hematite, syn(1,0,4),Goethite(1,3,0),Berthierine-1H(1,1,0)
		11	35,579(2)	2,52118(15)	65,84	Hematite, syn(1,1,0),Goethite(1,0,1),Berthierine-1H(1,1,1)
		19	41,85(8)	2,157(4)	1,48	Berthierine-1H(1,1,2)
		26	51,48(2)	1,7738(7)	2,8	Goethite(1,4,1),Berthierine-1H(0,0,4)
		34	62,467(6)	1,48552(13)	25,98	Hematite, syn(2,1,4),Magnetite, syn(4,4,0),Berthierine-1H(1,1,4)
		37	65,67(6)	1,4207(12)	2	Goethite(1,1,2),Magnetite, syn(5,3,1),Berthierine-1H(3,0,2)
Скв. 5р, глуб. 568,8 м	Бурая с синими мартитовыми прослоями	1	12,40(9)	7,13(5)	1,53	Berthierine-1H(0,0,1)
		6	33,112(2)	2,70319(16)	70,13	Hematite, syn(1,0,4),Berthierine-1H(1,1,0)
		7	35,398(4)	2,5337(3)	8,01	Magnetite, syn(3,1,1),Berthierine-1H(1,1,1)
		24	60,730(18)	1,5238(4)	1,83	Calcite(2,1,4),Berthierine-1H(3,0,1)
		26	62,400(3)	1,48695(7)	30,19	Hematite, syn(2,1,4),Magnetite, syn(4,4,0),Berthierine-1H(1,1,4)
		28	65,725(11)	1,4195(2)	4,01	Calcite(0,0,12),Magnetite, syn(5,3,1),Berthierine-1H(2,0,4)
7р-681,2	Рахлая мартитовая с бертьерином и железной слюдой	1	12,447(10)	7,106(6)	13,63	Berthierine-1H(0,0,1)
		4	25,09(2)	3,547(3)	5,81	Berthierine-1H(0,0,2)
		7	33,0899(16)	2,70495(13)	100	Hematite, syn(1,0,4),Berthierine-1H(1,1,0),Goethite(1,3,0)
		8	35,5637(17)	2,52225(11)	70,87	Hematite, syn(1,1,0),Berthierine-1H(1,1,1),Goethite(1,0,1)
		12	41,91(6)	2,154(3)	1,81	Berthierine-1H(1,1,2)
		19	58,97(5)	1,5649(13)	1,88	Berthierine-1H(3,0,0),Goethite(1,6,0)
		20	60,62(7)	1,5262(15)	1,06	Quartz, syn(2,1,1),Berthierine-1H(3,0,1),Goethite(3,1,0),Calcite, syn(2,1,4)
		21	62,390(3)	1,48716(7)	30,35	Hematite, syn(2,1,4),Berthierine-1H(1,1,4)
		26	70,69(5)	1,3315(7)	0,83	Berthierine-1H(2,2,1)

встречаются бертьерин-шамозитовые смешанослойные разновидности [64], у которых значения рефлексов на дифрактограммах несколько выше - $d_{001} \approx 7,17-7,11 \text{ \AA}$ и d_{002} с вариациями межплоскостных расстояний в пределах 3,577-3,551 $\text{\AA}$ (табл. 5.4). Соотношение слоёв весьма устойчиво и очень редко меняется в узких пределах.

В состав бертьеринов и бертьерин-шамозитовых смешанослойных образований не входят K_2O , Na_2O и CaO . Содержание MgO редко превышает 2,5 мас. %, но чаще всего практически отсутствует. У одних бертьерин-шамозитов с количеством слоёв бертьерина в решетке 22-35 % самый высокий коэффициент отношения $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}) = 0,808-0,864$, тогда как у единичных образцов с <8 % бертьериновых слоёв коэффициент отношения ниже - $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}) = 0,70-0,75$. В зависимости от мономинеральности бертьерина химический состав меняется в широких диапазонах (табл. 5.5).

Таблица 5.5

**Сводные данные по химическому составу (данные микрозонда)
разновидностей бертьерина***

Минералогические типы	Кол-во проб	Компоненты, средн. % (данные микрозонда)			
		SiO_2	Al_2O_3	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	MgO
Бертьерин	50	36,84	25,93	26,65	1,71
Бертьерин-шамозит (бертьерина в решетке 22-35 %)	16	23,27	27,59	37,33	4,19
Бертьерин-шамозит (бертьерина в решетке <8 %)	3	30,56	19,43	33,60	5,71

*Составил И.И. Никулин.

В породах коры выветривания бертьериновая минерализация проявлена в двух формах: 1) прослойки гематита (до 10 мм), интенсивно насыщенные бертьерином (рис. 5.13а) и 2) в составе цементирующего карбонатного материала в скальных, сильно сцементированных разновидностях железных руд (рис. 5.13б).

Макроскопически бертьериновая минерализация чаще всего характеризуется сплошной стеклообразной массой оливково-зеленого и травяно-зеленого цвета. Руды с наличием бертьерина представляют собой легко разрыхляющуюся порошковато-комковатую массу. Текстура тонкополосчатая. Сложены они чередованием рудных (железнослюдковых или мартитовых) и серовато-зелёных прослоев бертьеринового состава. Мощность собственно рудных и хлоритовых прослоев колеблется от долей миллиметра до 1-2 мм, реже достигая 3-4 мм. Местами бертьерин образует прослои до 2-3 см, при этом в прослоях начинает просматриваться невооружённым взглядом вкрапленность. Кроме самостоятельных прослоев, бертьерин развит и в собственно рудных прослоях, где он выполняет интерстиции между гематитовыми зёрнами.

В большинстве проб Крюковско-Гостищевского участка Гостищевского месторождения бертьерин представляет собой рыхлый порошковатый минерал с бледно-зелёной окраской. Под микроскопом это сплошная стеклообразная слабо анизотропная, иногда изотропная масса зелёного цвета. При большом увеличении заметны изометрические чешуйки без следов спайности. Показатель преломления варьирует в пределах 1,658-1,621. В одной из скважин наблюдалось замещение карбонатов бертьерином (рис. 5.14).

Бертьерин, определённый как продукт разложения силикатов, слагает на Хохловском участке Гостищевского месторождения слабый цемент, способствующий образованию слабосцементированных разновидностей гематитовых пород. Довольно часто встречаются светло-серые прослои с зеленоватым оттенком мощностью по 2-10 мм. Развитие обособленных прослоев бертьерина ассоциируется на контакте с гидрогематитовыми и гётитовыми прослоями (рис. 5.15).

В отдельных рудных прослоях, сцементированных бертьерином, мартитовые зёрна нередко окружаются каймой мелкозернистого сидерита (рис. 5.16). В брекчиевидных текстурных разновидностях рудные обломки цементируются бертьерином, очень часто в тесном парагенезисе с карбонатным материалом.

Шамозитизация с частичной бертьеринизацией на Смородинском участке Яковлевского месторождения интенсивно проявилась в мартито-железнослюдковых рудах. В преимущественно гётито-гидрогематитовых рудах этот процесс выражен слабее. Бертьерин прослежен ниже зоны карбонатизированных руд. Мощность зоны распространения руд с бертьерином подвержена большим колебаниям, изменяясь от нескольких метров до 100-120 м.



Рис. 5.13. Формы развития бертьерина в коре выветривания железистых кварцитов Больше-троицкого месторождения: а) прослойки невыдержанной мощности в слабосцементированной мартитовой породе, скв. 6Р гл. 541,7 м и б) в цементирующей массе скальных железорудных пород, скв. 28Р гл. 485,1 м.

Рис. 5.14. Замещение сидерита (S) бертьерином (B). Ув. 240х, без анализатора. Фото И.Е. Куренкиной [60].

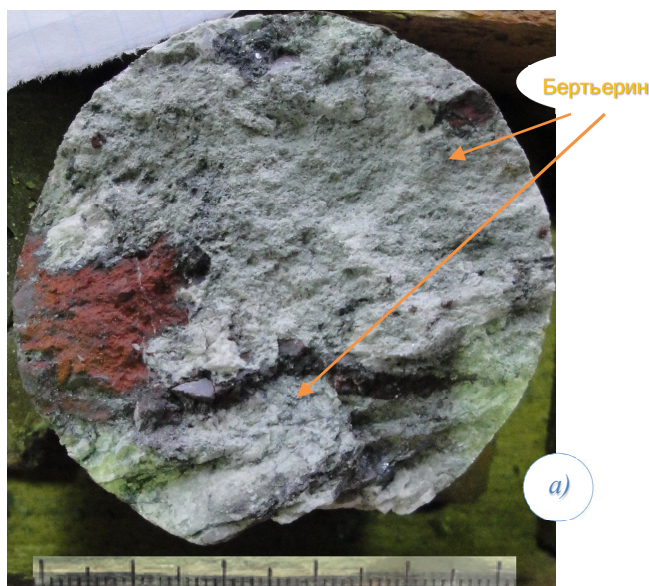


Рис. 5.15. Формы развития бертьерина (в породе белёвые и светло-серые прожилки): а) гидротермическая порода в бертьериновом цементе, скв. 5п гл. 459,1 м Хохловского участка; б) а) гидротермическая порода с вкраплениями бертьерина, скв. 8р, гл. 505,7 м Большетроицкого месторождения.

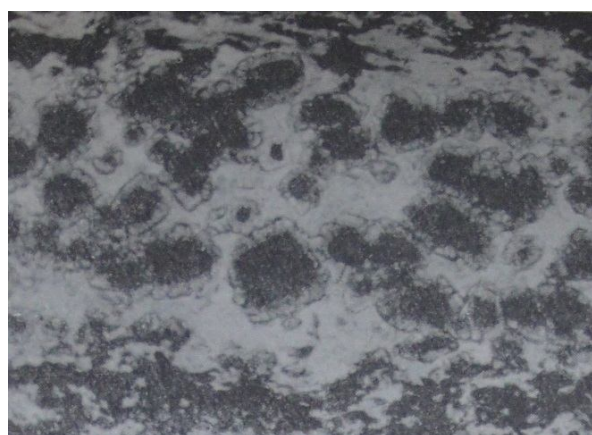
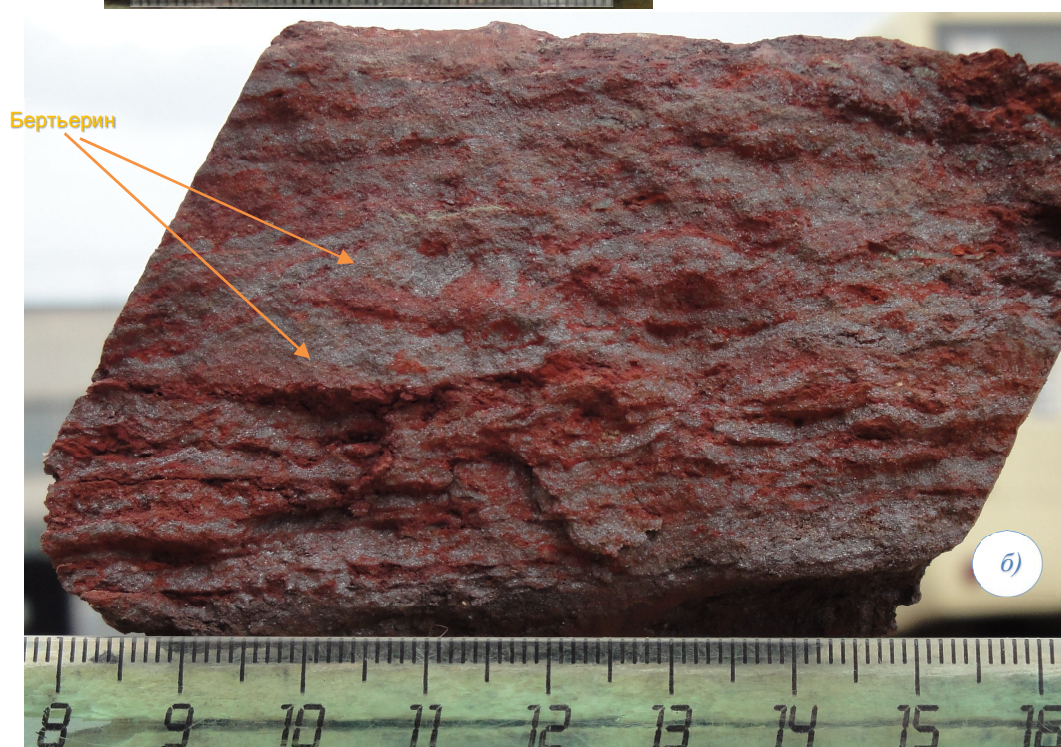


Рис. 5.16. Шлиф мартитовых зёрен (чёрное), обрастающих сидеритом (серое) в бертьериновом цементе (светлое). Проходящий свет, увел. $\times 200$, без анализатора.

Наиболее развита бертьеринизация пород кор выветривания КМА в зоне слабо сидеритизированных и в неси-деритизированных (рыхлых) рудах. Ниже зоны рыхлых руд бертьеринизацией частично затронуты и окисленные железистые кварциты, в которые непосредственно по падению рудно-кристаллической толщи переходят остаточные железные руды. Общее затухание процесса бертьеринизации (и шамозитизации в целом) с глубиной должно было подразумевать наиболее существенное развитие этого процесса в верхних частях рудных тел. Однако в действительности это не наблюдается ни одним исследователем. Бертьерин авторами встречен и в подошве Большетроицкой

коры выветривания под 280-метровым слоем БЖР. В целом, распространение бертьерина в КВ КМА представляется следующим (табл. 5.6). Образование моноклинного бертьерина (бертьерин-1М) приурочено к верхним частям остаточного профиля выветривания и к самым бокситоносным сильно выветрелым сланцам. Значения Si/Al не превышают 1,7 [12]. Содержание Mg^{2+} в октаэдрических позициях достигает почти 2 %. Ортогональный бертьерин (бертьерин-1Н) приурочен преимущественно к более нижним горизонтам профиля выветривания. Образование связано с коллоидами железа и при главенствующей роли водных растворов [13]. Содержание Mg^{2+} в октаэдрических позициях почти отсутствует и редко достигает 0,35 %.

Таблица 5.6

**Распространение бертьерина в различных породах железорудных кор выветривания
Белгородского района**

Тип минерализации	Магнетитовые		Мартитовые		Железослюдково-мартитовые		Шамозит-мартитовые		Гидрогематит-о-мартитовые		Глинистые гидрогетит-гидрогематитовые	
	Рыхлые	Плотные	Рыхлые	Плотные	Рыхлые	Плотные	Рыхлые	Плотные	Рыхлые	Плотные	Рыхлые	Плотные
Минералы, образовавшиеся в результате гипергенных изменений первичных руд												
Бертьерин	-	п	п	п	п	п	+	+	о	о	о	о
Инфильтрационные минералы												
Бертьерин	п	п	о	о	о	о	о	о	о	о	о	о

* Минералы: + - главные, о – присутствуют в подчинённом количестве (первые десятки процентов), п – присутствуют в небольшом количестве (в качестве примеси – первые проценты).

Хлорит встречается в корах выветривания редко, образуя псевдозёрна шамозита размером 3х3 мм с хлоритовым ядром (рис. 5.17а) и плотные скопления тёмно-зелёного (рис. 5.17б), реже голубовато-зелёного цвета. Крупные скопления хлорита отмечены в северной части Яковлевского месторождения (профили III+400, III+800). Скопления хлорита в своём развитии приурочиваются к верхним горизонтам остаточной коры выветривания часто в ассоциации с сидеритом и кальцитом (рис. 5.17б и 5.18).

По данным рентгенографии хлорит Большетроицкого месторождения с серией рефлексов, кратных $\sim 13,6 \text{ \AA}$ тяготеет к своей тюрингитовой разновидности (рис. 5.19а), а с серией рефлексов, кратных $\sim 7,06 \text{ \AA}$ к клинохлору (железистый клинохлор-1MIIb, $(Mg,Fe)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$) (рис. 5.19б). Реликтовый хлорит имеет те же самые характеристики и в переотложенных породах (рис. 5.20).

Глинистые минералы иных групп встречаются преимущественно в породах красного и бурого окрасов. В общем химическом составе таких пород заметно повышенное содержание кремния. Тонкодисперсные слоистые силикаты повсюду пропитаны гидроокислами железа, с которыми образуют тонкую дисперсную сильно сцементированную смесь, заметно разбухающую при добавлении воды. Он поэтому трудно определимы и чаще выделяются как «глинистое вещество», представляющее собой на РЭМ-снимках мутную, облакоподобную, скрытокристаллическую, редко раскристаллизованную массу.

Сульфиды железа — пирит и марказит на месторождениях КМА имеют инфильтрационное происхождение и распространены как в рудной зоне, так и в кроющих породах осадочной толщи, среди отложений юры, карбона и девона. В рудных залежах кор выветривания они наибольшим распространением пользуются вблизи кровли, где образуют зерна, их сростки и сплошные массы, цементирующие зерна мартита и железной слюдки. Книзу зараженность сульфидами быстро уменьшается. По общему количеству они обычно не выходят за пределы примеси. Степень их раскристаллизации различная — от криптокристаллических потеков и дендритовидных скоплений до хорошо образованных кристаллов и их щеток, покрывающих стенки пустот. Марказит иногда образует довольно крупные стяжения сферической формы.

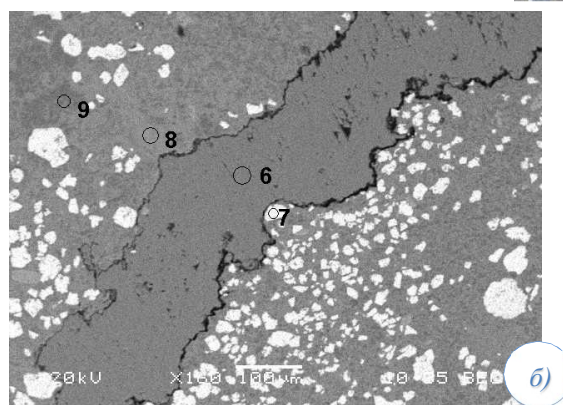
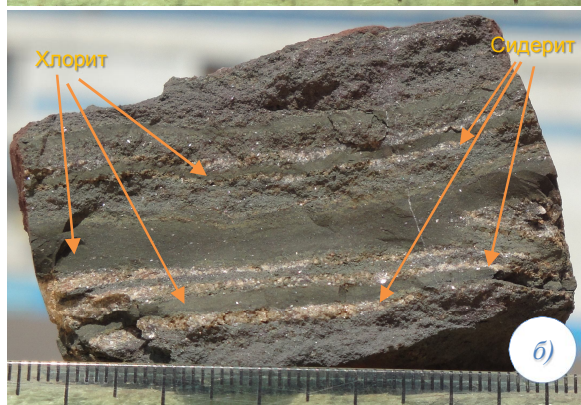
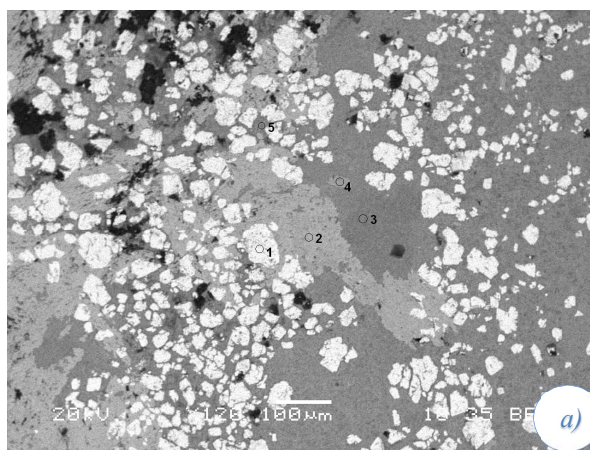
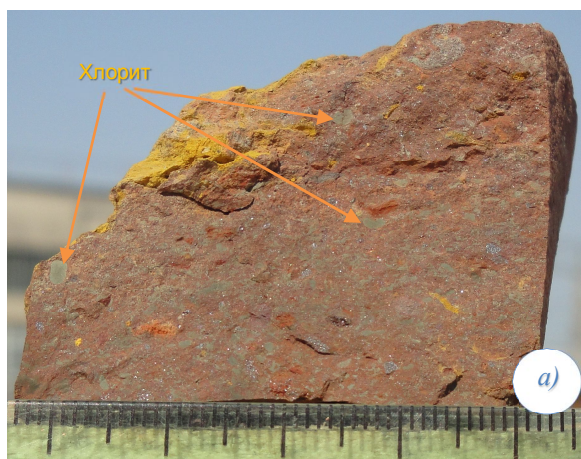


Рис. 5.17. Формы развития хлорита в коре выветривания железистых кварцитов Большетроицкого месторождения: а) скопление зёрен хлорита в гидрогематитовой породе, скв. 2р гл. 490,9 м и б) прослои хлорита в цементирующей массе скальных железорудных пород, скв. 28р гл. 485,1 м.

Рис. 5.18. РЭМ-снимок шлифа ассоциации собственно хлорита с карбонатами в богатых железных рудах Большетроицкого месторождения, скв. 12р, 519,3 м: гематитовая порода, точки 2, 10, 14 – сидерит; 3, 5, 8, 9 – хлорит; 4 – апатит; 6, 11, 16 – кальцит.

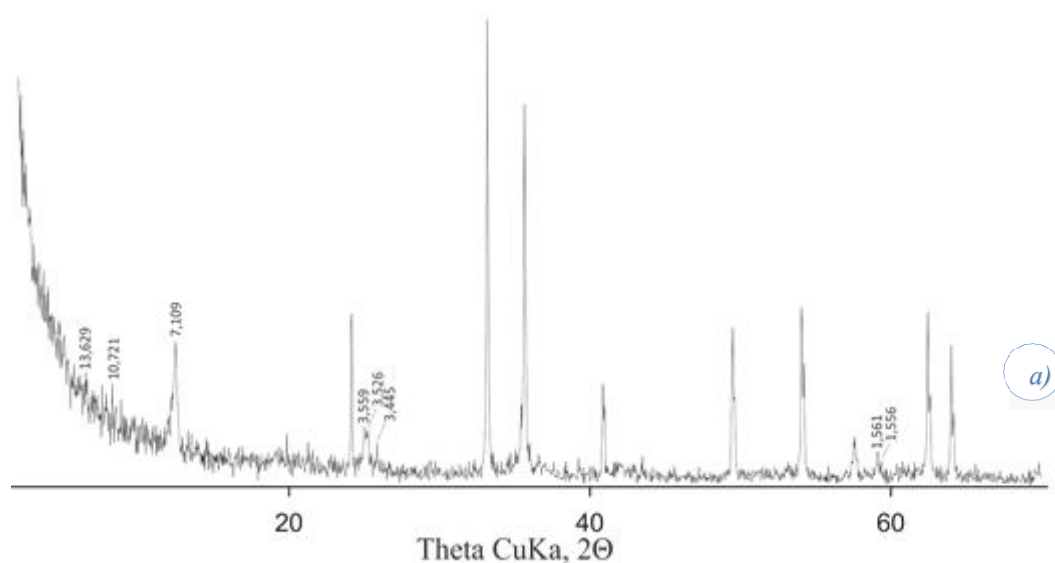
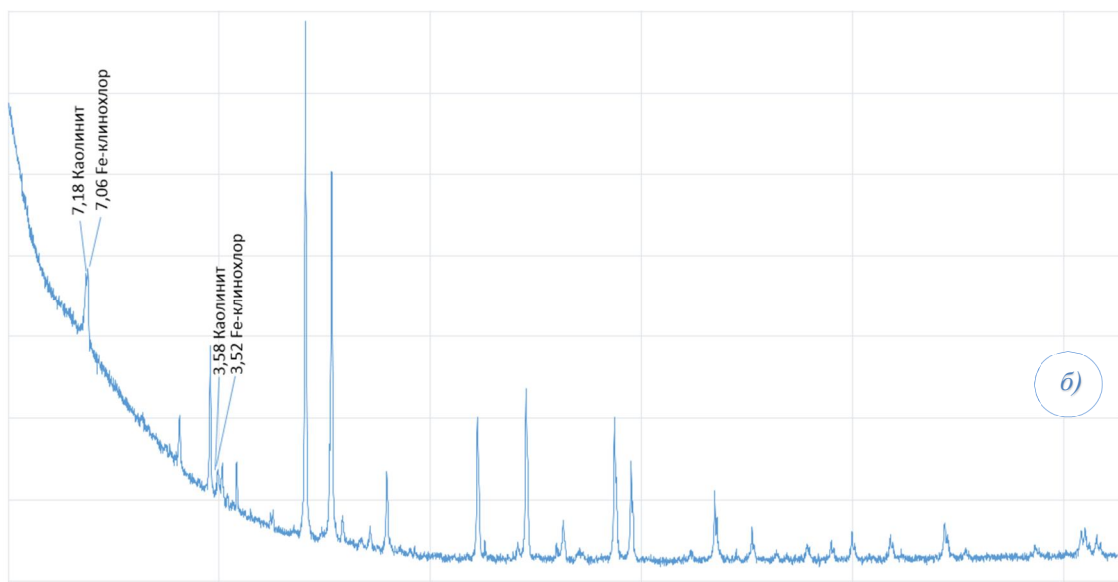
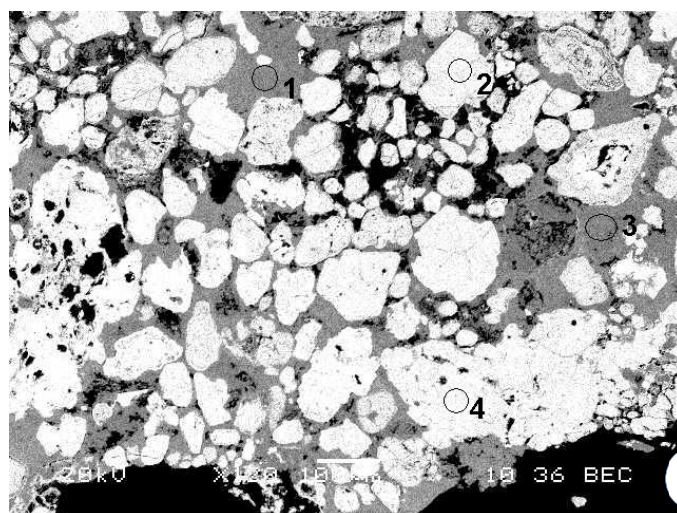
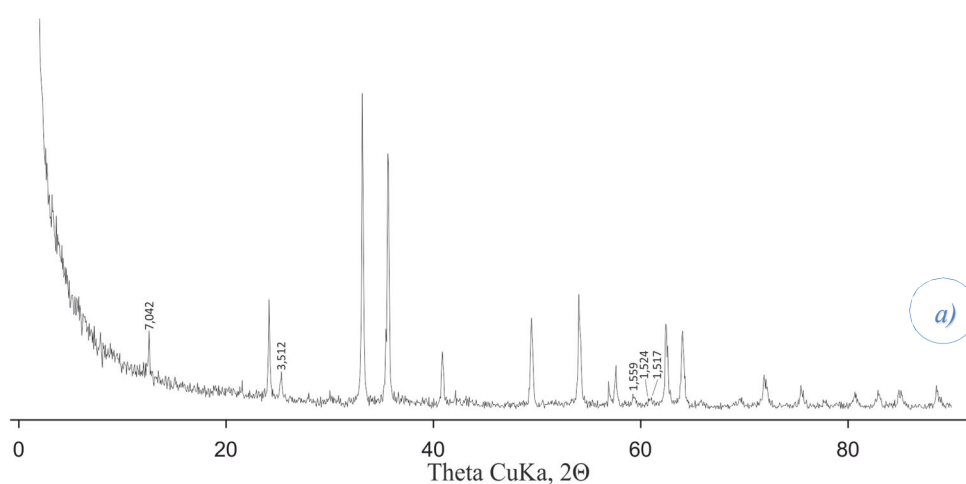


Рис. 5.19. Дифрактограммы разновидностей хлорита с различных горизонтов коры выветривания Большетроицкого месторождения: а) в БЖР в ассоциации с карбонатами, скв. 2р, гл. 674,6 м. б) рыхлая разновидность БЖР бардовой окраски с конкрециями гётита, скв. 18р, гл. 531,6 м.



Продолжение рис. 5.19.



1	
MgO	1,98
Al ₂ O ₃	25,34
SiO ₂	20,41
FeO	49,44
Сумма	97,18

2	
FeO	97,03
Сумма	97,03

3	
MgO	2,01
Al ₂ O ₃	25,66
SiO ₂	19,89
FeO	50,08
Сумма	97,64

4	
FeO	98,92
Сумма	98,92

Рис. 5.19. Хлорит в переотложенных породах: а) рентгенограмма хлорита в переотложенной сильно сцементированной гидрогематитизированной породе, скв. 7р, гл. 503,2 м; б) микрозондовый анализ (точки 1 и 3 – хлорит, точки 2 и 4 – гематит), скв. 7р, гл. 503,2 м.

ГЛАВА 6. ТИПЫ ГИПЕРГЕННЫХ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

Гипергенные железные руды в Белгородском районе КМА представлены двумя типами пород: остаточными кор выветривания и обломочными осадочными. Последние являются продуктами разрушения пород КВ, развитых по железистым кварцитам и сланцам, а также метаморфических пород. Эти обломочные делювиально-пролювиальные отложения, в редких случаях прибрежно-морские, из-за малых размеров не имеющие промышленного значения. Железородные КВ представлены преимущественно нижними профилями выветривания.

6.1. Богатые железные руды кор выветривания

Кор выветривания, сложенные богатыми железными рудами (БЖР), являются продуктами континентального выветривания железистых кварцитов и залегающих среди них прослоев железистых силикатных сланцев. БЖР, как правило, наследуют характерные черты текстуры и минерального состава исходных материнских пород [57]. Тесная зависимость между минеральным составом материнских пород и развитых по ним КВ обычно отмечается только в их линейных типах. Последние по объёму преобладают над площадными. В Белгородском районе КМА выделены 7 групп БЖР, слагающих КВ, от гематитовых с магнетитом до рыхлых железнослюdkово-мартитовых и глинисто-гётитовых (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Минеральные типы железных руд Белгородского района КМА

№ №	Яковлевское месторождение	Гостищевское месторождение	Ольховатское месторождение	Разуменское месторождение	Большетроицкое месторождение	Шемраевское месторождение
1	железнослюdkовые, железнослюdkово-мартитовые и мартитовые	мартитовые, железнослюdkово-мартитовые	железнослюdkово-мартитовые	мартитовые, железнослюdkово-мартитовые	мартит-гематитовые	железнослюdkовые с гиббситом, мартитовые с маршаллитом
2	мартит-гидрогематитовые	гидрогематит-мартитовые	гидрогематит-мартитовые	гидрогематит-мартитовые	гётит-гематитовые	мартит-железновослюdkово-гидрогематитовые
3	гидрогематито-гётитовые	гётит-гидрогематитовые	-	-	гематит-гётитовые, гидрогематит-гётитовые	-
4	карбонатизированные (сидерито-железнослюdkовые, сидерито-железнослюdkово-мартитовые, сидерито-гидрогематито-гётитовые)	сидерито-железнослюdkовые, сидерито-железнослюdkово-мартитовые, сидерито-гидрогематито-гётитовые	сидерито-железнослюdkовые, сидерито-железнослюdkово-мартитовые, сидерито-гидрогематито-гётитовые	карбонатно-гематитовые	карбонат-гематитовые, магнетит-карбонатно-гематитовые; бертьерин-карбонатно-гематитовые	сидерито-мартитовые
5	железнослюdkовые, железнослюdkово-мартитовые и другие с силикатами	силикатно-мартитовые	-	-	бертьерин-гематитовые	-
6	-	магнетитовые	-	-	магнетит-гематитовые	-
7	-	глинистые гётито-гидрогематитовые	-	-	-	-

Минеральные разновидности пород определяются 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 наследуются от коренных пород, их силикаты разлагаются с образованием гидрогематита, гётита, каолинита, гиббсита и других минералов, эпигенетические процессы приводят к шамозитизации и карбонатизации с последующей бертьеринизацией. В пролювиально-делювиальных обстановках наследуются минералы КВ, в озерно-болотных и прибрежно-морских значительную роль играют новообразования.

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

Мартитовые и железослюдково-мартитовые разновидности. Наиболее богатые часто развиты совместно, обладают близкими текстурными признаками, поэтому обе разновидности 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 прослоек мощностью от 1 до 6 мм (рис. 6.1). Свежие хорошо сцементированные породы, извлеченные из 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 составе маршаллита, образующего тонкие пылеватые налеты.

Среди БЖР Смородинского участка железослюдково-мартитовые и мартитовые разновидности характеризуются наиболее высоким содержанием железа, обладают близким текстурным обликом, 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 сростковые структуры, где идиоморфные зерна мартита размером 0,01-0,05 мм образуют полиэдрические агрегатные сростки, слагающие прослойки до 3 мм. В небольших количествах (до 7 %) в рудах присутствует реликтовый и гипергенный магнетит. В верхней части толщ БЖР отмечается гидратация мартита, реже железной слюдки с образованием гидрогематита. В незначительном количестве в рудах присутствуют реликты кварца, слагающие маршалит, особенно в нижней части коры выветривания. Данная разновидность в кернах в материале в преобладающей массе рыхлая, порошковатая, пористая или уплотненная со слабой структурной связью, легко рассыпается.

Мартито-гематитовые разновидности обычно развиты на "головах" горизонтов силикатно-магнетитовых кварцитов. В корах выветривания Яковлевского месторождения они составляют свыше 20 % запасов руд и приурочены чаще 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.

Гётито-гидрогематитовые разновидности образуют обычно среди мартит-гидрогематитовых разностей 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 побежалостью (рис. 6.2). 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 бокситовые минералы, кварц, лимонит. Доминируют руды, состоящие из окислов железа с повышенным содержанием глинозема.

Мартит-гидрогематитовая (гидрогематит-мартитовая) разновидности 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. Мартитовые прослои (20-60 % от общей массы) плотные с металлическим блеском, часто с красноватым оттенком, местами с включениями хлорита. Гидрогематитовые прослои обычно землистого сложения обладают разнообразными оттенками красного цвета, часто с вкрапленностью мартита, местами хлорита. Кроме основных рудообразующих минералов (мартита, гидрогематита, тонкодисперсного гематита), в породах данной разновидности 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 красновато-бурой, охристо-желтой и буровато-коричневой окраски. Структура пород петельчато-волокнистая, свилеватая, порфиробластовая.

Пёстроцветные гидрогематит-гётитовые, а также лимониты образуют перемежающиеся между собой неправильной формы участки и различной мощности прослои. Считается, что они образовались главным образом при разложении щелочных амфиболов, эгирина, железистых слюд и в меньшей степени при бактериологическом окислении и гидратации внутрипромысловыми режимами сидерита, сульфидов и иногда метаморфогенного хлорита. Эти породы чаще всего имеют рыхлое сложение и образуют охряно-жёлтые или жёлтовато-бурые (или кроваво-бардовые) сплошные землистые массы (рис. 6.6а), реже хлопьевидные сростания (плотные слои с одной стороны в тесном проростании с сидеритом и шамозитом, а с другой стороны пустотами и кавернами) (рис. 6.3б).



Рис. 6.1. Мартитовая разновидность со слоистой текстурой Большетроицкого месторождения:
 а) скв. 15р, гл. 522,1 м; б) скв. 6р, гл. 559,4 м его же; красные прослойки – тонкодисперсный гематит, который под биноклем с естественным освещением ярко-синий.

В мартитовых прослоях (3-7 м) они выполняют интерстиции в сростковых агрегатах мартита (рис. 6.4). По трещинам и порам, а также в виде неопределённой формы выделений и сгустков среди тонкодисперсных гидроокислов железа наблюдается развитие и плотных масс гематита, по всей видимости, являющегося продуктом (обратным лимонитизации) дегидратации дисперсных масс 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. В 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 висячего 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 возникали тогда, когда руды вместе с налегающими на них осадками освобождались от моря и попадали в зону слабоподвижных или

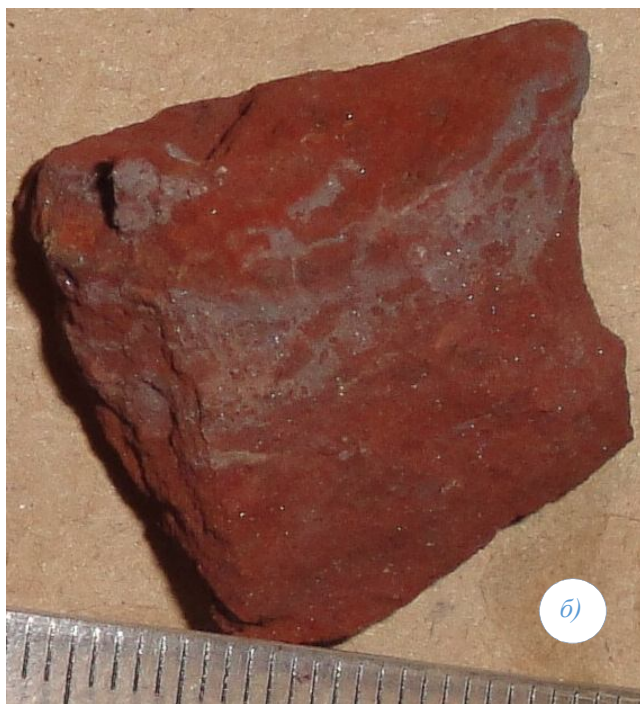
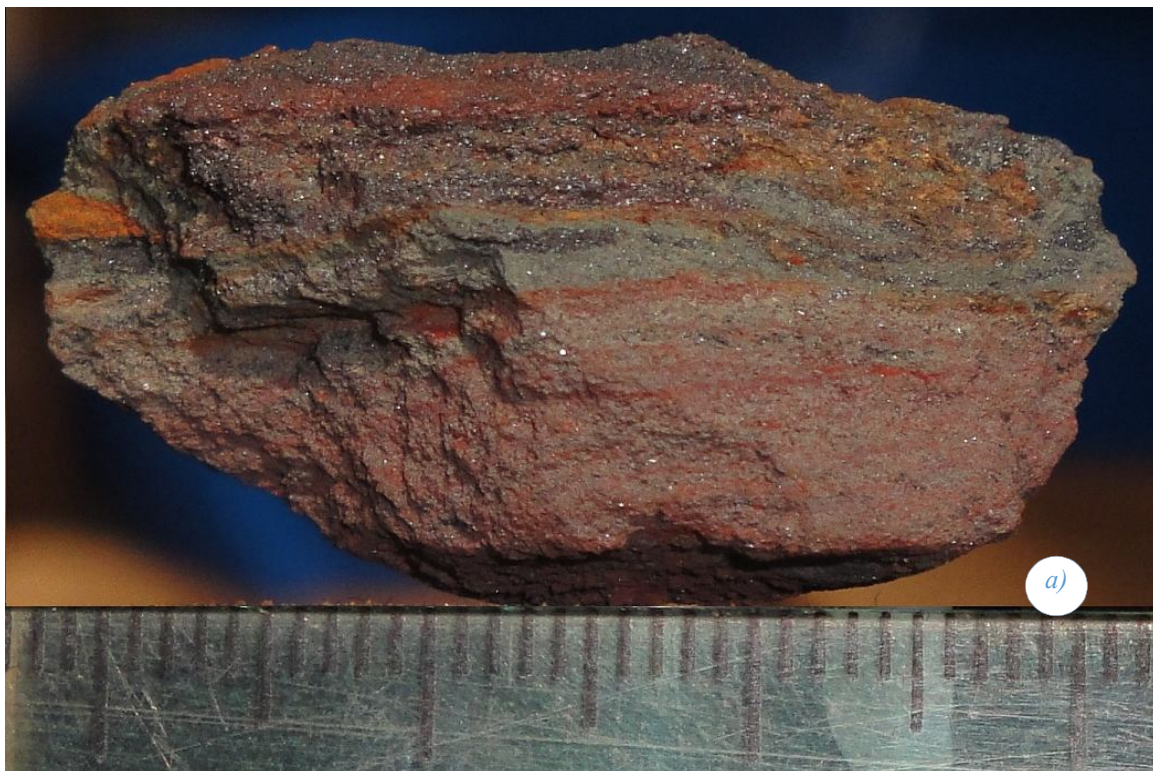


Рис. 6.2. Гидрогематитовый тип пород со слоистой текстурой: а) скв. 2р, гл. 651,4 м Большетроицкого месторождения; б) скв. 2р, гл. 492,6 м Большетроицкого месторождения; жёлтые прослойки – гётит, синие и серые – гематит, зеленоватые – шамозит, белесые – бертьерин.

застойных грунтовых вод, т.е. в зону цементации [30]. Наиболее широким распространением из них пользуются карбонаты и бертьерин (реже шамозит) [23, 58]. Выделяются в различной степени карбонатизированные и бертьеринизированные разновидности. От количественного соотношения эпигенетических и цементируемых минералов в основном зависят агрегатное соотношение и сцементированность пород. В зависимости от степени цементации (главным образом карбонатизации) в каждом из перечисленных выше главных минеральных типов руд выделяются: 1) сцементированные интенсив-

но карбонатизированные; 2) слабо сцементированные и рыхлые, обычно хлоритизированные руды, с очень малым содержанием карбонатов (или без них).

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

Карбонатизированные выделены преимущественно в верхних частях залежей кор выветривания. Их мощность колеблется от 1 до 35 м. Ниже, в центральной части залежи Смородинского участка карбонатизированные руды встречаются в виде гнезд и пачек небольшой мощности. Гораздо реже они фиксируются вблизи подошвы КВ. Карбонатизации подвергаются в большей степени мармитовые и железнослюдковые разновидности руд, в меньшей – гидрогематит-гётитовые, что обусловлено степе-

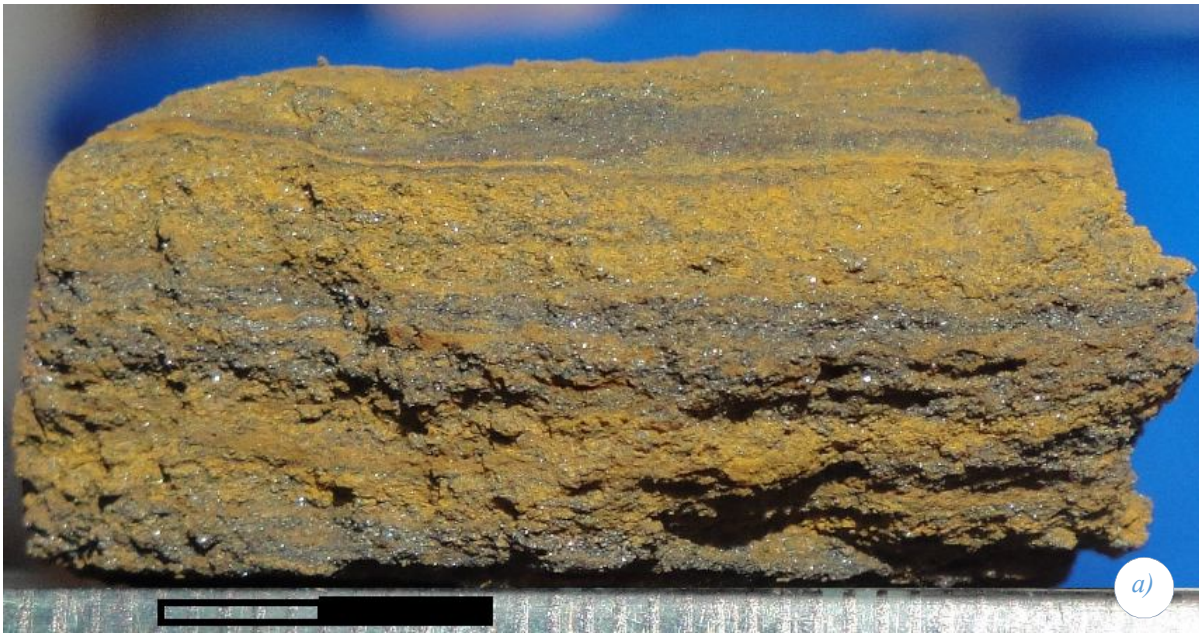


Рис. 6.3. Гётитовый тип пород со слоистой текстурой. Большегроицкое месторождение:
а) скв. 11р, гл. 495,0 м; б) скв. 15р, гл. 493,8 м.

нюю их проницаемости. Карбонаты представлены преимущественно сидеритом, который выполняет прослойки или 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 синего окраса, иногда буровато-серого. Нередко в сидерито-гидрогематито-гётитовых породах наблюдаются кавернозные текстуры.

Силикатно-мартитовые разновидности. Карбонатизированные породы сменяются зонами шамозитизации (в северных корах выветривания Белгородского района) или бертьеринизации (в южной части Гостищевского месторождения и повсеместно Большегроицкого). В наших исследованиях наблюдались два вида зон развития силикатов. Первая выглядит, как смена карбонатизированных с неравномерной примесью силикатов с постепенным исчезновением карбонатного материала и перехода в силикатно-мартитовую. Иначе второй вид, когда сильно сцементированные БЖР резко граничат с рыхлыми мартитовыми породами, в которых большое количество мелких слоиков бертьерина.

Зона шамозитизации особенно отчетливо проявлена в мартит-железнослюдковых рудах, где её мощность иногда достигает 120 м. Шамозитизированные образования представляют собой слабосцемен-



Рис. 6.4. Лимонитизация мартитовой породы: а) вид по оси керна, скв. 26р, гл. 464,0 м Большетроицкого месторождения; б) вид сверху перпендикулярно оси керна, скв. 26р, гл. 464,0 м Большетроицкого месторождения.

тированную порошковато-комковатую массу, иногда (при развитии клинохлора) приобретает каменистый облик. Бертьериновые зоны сложены тонко чередующимися слоями бертьеринового и мартитового либо железослюдкового состава, нередко в них хлорит выполняет интерстиции между зернами рудных минералов, а в тектонических зонах цементирует, наряду с карбонатом, рудные обломки. Кроме упомянутых минералов, в карбонатизированных зонах присутствуют реликты кварца, каолинит, в ассоциации с которым встречаются бёмит, иногда пирит.

Процесс хлоритизации пород более широко распространен на Гостищевском месторождении. Хлорит представлен двумя генерациями. Хлорит первой генерации – остаточный минерал, образовавшийся в результате гипергенных изменений силикатных минералов материнских пород (амфиболов, биотита). Выше описан, как клинохлор. Он наследует от них послойную концентрацию в виде прослоечков шириной от долей миллиметра до 1-2 мм, реже 3-4 мм (рис. 6.5), местами до 1 см или обвалакивает зерна мартита подобно цементу. Хлорит находится в виде чешуйчато-пластинчатых и спутанно-волоконистых агрегатов серовато-зеленого цвета, рыхлого, порошковатого сложения, в прослойках более плотный. Цементированные таким хлоритом руды представляют собой легко разрыхляющуюся порошковато-комковатую массу. Такие слабосцементированные мартитовые и железно-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 смешанный 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 ассоциирует гиббсит и бемит. В южной части Гостищевского месторождения шамозитизация переходит в бертьеринизацию (рис. 6.6).

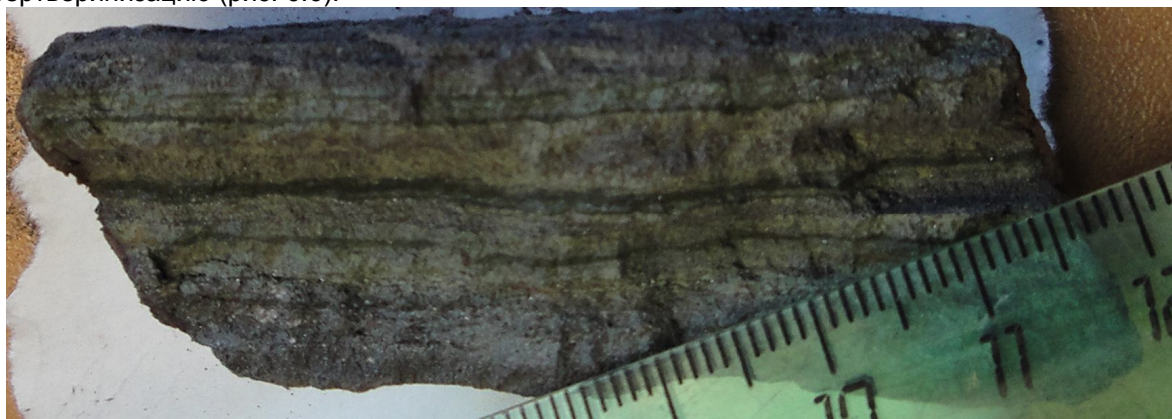


Рис. 6.5. Развитие хлорита в остаточной коре выветривания на Большетроицком месторождении, скв. 27р, гл. 589,7 м: тёмно-зелёная генерация (тонкие прослойки) – хлорит; светло-зелёная – переходная зона из хлорита в шамозит.

Зона пород КВ, насыщенных кварцем, приурочена к приподошвенной части залежей БЖР, вблизи контакта её с железистыми кварцитами. Она не имеет повсеместного распространения, мощность не превышает 10 м. Для неё характерно высокое (до 25 %) содержание остаточного кварца, иногда маршаллитизированного. Руды этой зоны преимущественно полускальные. Прослои с маршаллитом имеют исключительно гипергенный генезис, повторяя текстуры их материнских пород - силикатных тонкополосчатых сланцев.

Вариаций сочетаний минералов, формирующих КВ Белгородского района может быть большое количество. В коре выветривания Большетроицкого месторождения основные рудные минералы представлены гематитом (включая железная слюдка, мартит), гидроокислами железа (гётит и гидрогематит), карбонатами (сидерит и кальцит) и магнетитом (остаточным и новообразованным) (рис. 6.10). Эти минералы в смеси силикатами (шамозит и бертьерин) образуют 6 минералогопетрографических типа. Чёткой зональности в распределении тех или иных минералогопетрографических разновидностей не отмечается.

Рыхлые разновидности пород Большетроицкого КВ залегают в тех же условиях, что и сильно сцементированные. Интенсивность развития рыхлых гематитовых разновидностей повышается в тех местах, где отмечены палео-склоны по кварцитам. Таковыми можно считать в блоке между скважинами 26р и 28р и 7р и 24р, вероятно между скважинами 16р и 2р (см. **рОшибка! Источник ссылки не найден.**).

Более детальное разделение имеет смысл при рассмотрении пород в связи с технологическими



Рис. 6.6. Эпигенетические изменения (бертьеринизация) остаточной коры выветривания на Хохловском участке, скв. 1гт, гл. 546,0 м: бертьерин – зеленоватая и сероватая масса; гидрогематит – буровато-фиолетовая.

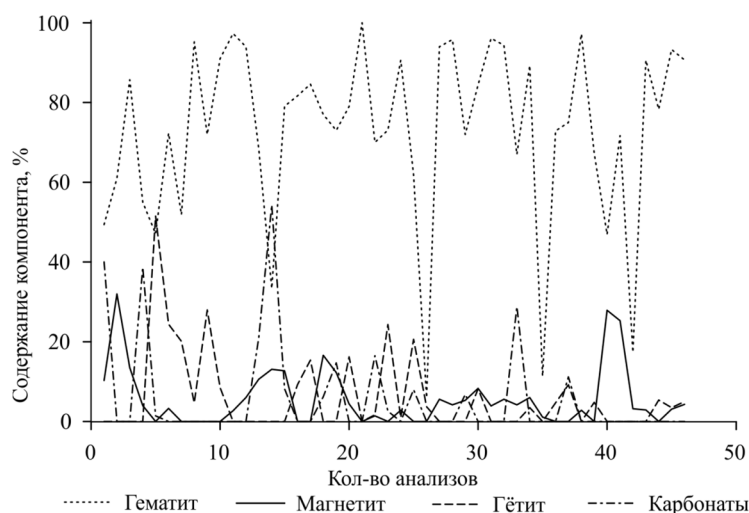


Рис. 6.7. Основные минеральные компоненты БЖР Большетроицкой коры выветривания.

особенностями (рис. 6.8, 6.9): 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 из полурыхлых, полускальных и скальных 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 частичном карбонатном цементе; 9) полускальные и скальные мартитовые существенно гидрогётитовые, сидеритизированные с магнетитом и гидрогематитом бурые и светло-красные.

В коре выветривания Шемираевского месторождении мартитовые породы с маршиллитом представляет собой типичные продукты самого нижнего профиля коры выветривания, залегающие на большой глубине на полуокисленых железистых кварцитах (рис. 6.10), а железослюдковые с гиббситом, мартит-железновослюдково-гидрогематитовые и сидерито-мартитовые - осадочные

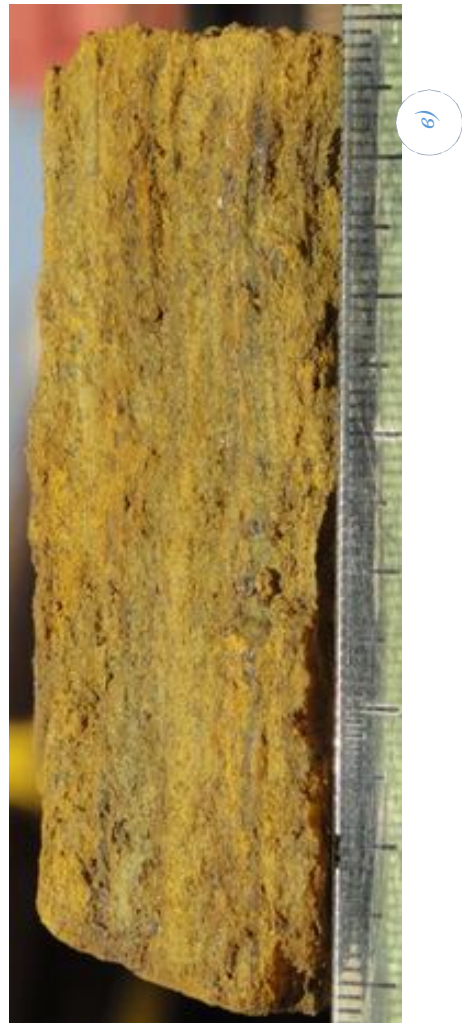




Рис. 6.8. Разновидности БЖР Бкгородского района КМА: а) магнетит-гематитовая рыхлая, скв. 7р гл. 538,3 м; б) гётит-гематитовая слабо сцементированная, скв. 28р гл. 564,8 м; в) гематит-гётитовая слабо сцементированная, скв. 11р гл. 501,0 м; г) магнетит-карбонат-гематитовая скальная, скв. 9р гл. 571,8 м; д) магнетит-гематитовая сильно цементированная бескварцевая, скв. 12р гл. 557,6 м; е) сильно гидрогематизированная рыхлая, скв. 30р гл. 498,2 м.

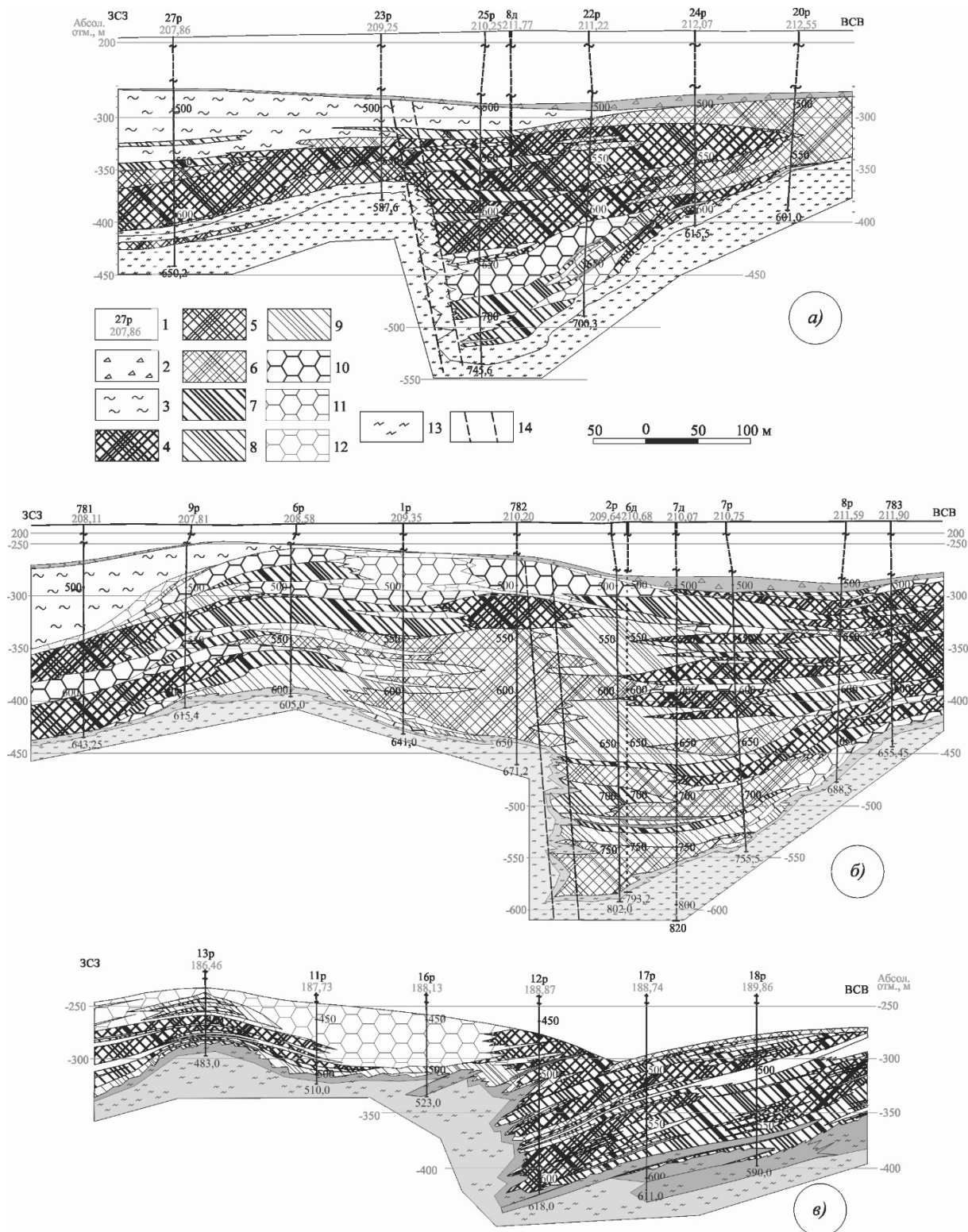


Рис. 6.9. Схематические разрезы коры выветривания, развитой по джеспилитам Большетроицкого месторождения КМА: а) разрез по профилю V+400; б) разрез по профилю V; в) разрез по профилю V-400; 1 - номер скв./абс. отм., м; 2 – осадочные обломочные отложения; 3 - сильно выветрелые филлитовидные сланцы; 4 - первый тип пород (см. в тексте); 5 - второй тип пород; 6 - третий тип пород; 7 - четвёртый 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.

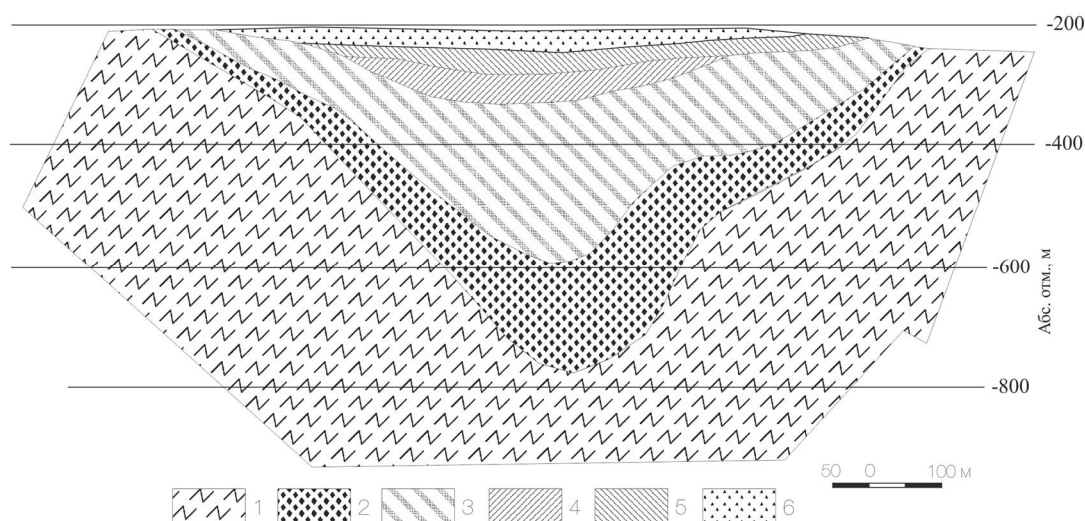


Рис. 6.10. Схема строения остаточного профиля Шемраевской коры выветривания.
Составлена И.Н. Письменной с дополнениями авторов.

образования, возникшие за счет перебива и переотложения продуктов выветривания [64, 65]. Мощность мартит-железновослюдково-гидрогематитовые и сидерито-мартитовые составляет примерно две трети мощности профиля КВ. Сформировавшиеся БЖР оказались погребенными под осадочными образованиями более молодого возраста. О том, что руды Шемраевского месторождения являются полигенными, свидетельствует ряд фактов, обнаруженных в процессе их изучения [29].

О правомерности разделения рудной толщи на два различных типа минеральных образований - остаточные продукты древней КВ и переотложенные осадочные образования свидетельствуют текстурно-структурные особенности и зональность толщи БЖР. Породы КВ характеризуются унаследованной плейчатой-полосчатой и вторичной пористой текстурами; в центральной зоне профиля КВ преобладают разновидности слоистых текстур. О переотложено-осадочном генезисе БЖР Шемраевского месторождения говорит присутствие в породах железистых хлоритов, послойно чередующихся в них с мартитовым, мартит-гидрооксидным материалом, частое переслаивание железистого материала с карбонатным. В верхней зоне присутствуют слои с хорошо выраженным оолитовым строением.

6.2. Осадочные богатые железные руды

Железорудные коры выветривания КМА в Белгородском районе захоронены под палеоген-каменноугольным осадочным чехлом мощностью 380–510 м. В основании нижнекаменноугольных отложений почти повсеместно, особенно в понижениях древнего рельефа, прослеживаются осадочные обломочные породы - переотложенные продукты выветривания мощностью от 0 до 20 м (рис. 6.11).

Переотложенные продукты выветривания ближнего сноса (осадочные железные руды) северо-западной части Белгородского района залегают на пониженных участках поверхности остаточных кор выветривания или в обрамляющих их депрессиях. Литологические характеристики этих отложений наиболее хорошо согласуются с делювиально-пролювиальными. Наиболее крупные железорудные делювиально-пролювиальные отложения установлены вдоль восточного склона Яковлевской полосы, где их ширина переотложных руд иногда превышает 300 м при мощности от 10 до 54 м (в среднем 30 м). Рассматриваемые руды в основной своей массе представлены брекчиевыми и конгломератовыми текстурными разновидностями с размером обломов и гальки до 13 см. Делювиально-пролювиальные отложения, развитые по корам выветривания железистых формаций Белгородского района, являются достаточно прочными образованиями пестрой (преимущественно красновато-бурой и кирпично-красной) окраски. Обломочная часть имеет главным образом мартитовый и мартит-железновослюдковый (гематитовый) состав, реже встречаются гальки кварца, филлитовидных сланцев. Обломочный материал с уцелевшей текстурой размытых пород в пределах каждого участка имеет закономерный гипсометрический уровень. Цемент базальный, местами контактовый и поровый, по составу глинисто-железистый, песчаноглинистый, в разной степени подвергшийся карбонатизации или хлоритизации.



Рис. 6.11. 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.

Юго-восточнее, в пределах Гостищевского месторождения, осадочные железорудные породы менее развиты. Они залегают в основании толщ 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 слабрудных конгломерато-брекчий. В пределах Гостищевского месторождения мощность осадочных отложений невелика и чаще всего не превышает 4-5 м, образуя ряд линзовидно пережимающихся горизонтальных тел с неровным, иногда извилистым контуром. По агрегатному состоянию эти породы представлены почти исключительно плотными, интенсивно сидеритизированными разностями; слабо сцементированные рыхлые разности составляют около 12 % [20].

На Хохловском участке, замыкающем с юго-востока Гостищевское месторождение БЖР, переотложенные продукты выветривания железистых пород почти не развиты (либо уничтожены во время эпох пенепленизаций). Местами они представлены галечниками жёлтой окраски, сильно сидеритизированными мощностью до 1,0 м, в которые основании переходят в мартитовые конгломерат с линзами 1х3 мм 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 (см. рис.5.14) среди скальных гематитовых пород встречен прослой плохо сцементированной гематитовой брекчии мощностью 2,1 м (рис. 6.12а).

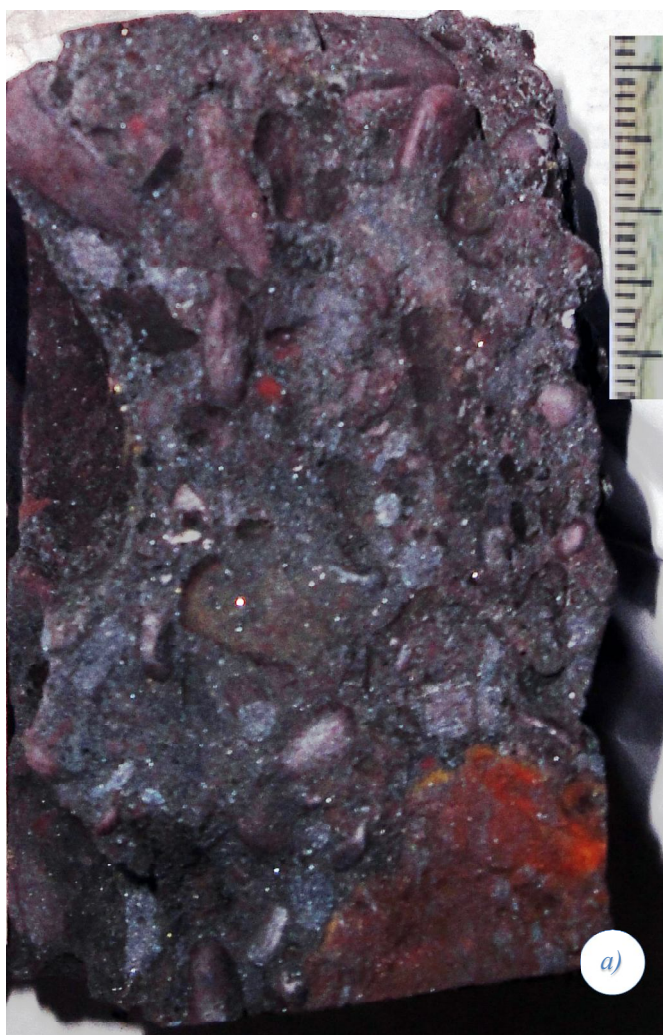


Рис. 6.12. Грубообломочные отложенные Белгородского района КМА: а) гематитовый галечник в гидрогематит-гематитовой массе, скв. 5п, гл. 418,8 м, Хохловский участок Гостищевского месторождения; б) мартитовый конгломерат на карбонатном (кальцитовом) цементе, скв. 30р, гл. 510,0 м, Большеотроицкое месторождение.

Железорудные делювиально-пролювиальные отложения развиты на большей части Большеотроицкого месторождения. Распространение их неравномерное. Они представляют собой очень плотные, крепкие образования конгломератового облика, с пёстрой окраской. Нередко цемент брекчий на сидеритовом цементе (рис. 6.26); с HCl не реагирует. Мощность этих отложений от 2 до 23 м, которая зависит только от колебания поверхности захороненной коры выветривания, развитой по метаморфическим породам; от стороны света выполаживание не имеет закономерности.

Облик переотложенных продуктов выветривания на всех участках Белгородского рудного района очень схож; несколько варьирует химический состав. Он вероятнее всего зависит от исходных пород, подвергшихся размыву (табл. 6.1). Часто эти отложения несут в себе целые обломки филлитовидных сланцев и железистых кварцитов. В этих обломках встречаются скопления хлорита, сильно изменённого до шамозита (рис. 6.3). Этот факт требует основательного изучения, так как учитывая это можно предположить, что хлорит является догипергенным, а в коре выветривания – это его реликты.

Таблица 6.1

Химический состав продуктов разрушения гипергенных образований

Месторождение	Fe _{общ.}	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	ппп	CaO	MgO	MnO	So _{общ.}	TiO ₂
Большеотроицкое, мин., %	45,46	40,42	4,25	1,58	0,86	0,05	2,29	0,25	0,22	0,01	0,01	0,03
Большеотроицкое, макс., %	62,00	75,28	29,13	7,82	16,36	0,84	15,11	13,48	1,72	0,37	7,20	0,58
Большеотроицкое, средн., %	54,45	60,46	15,65	4,22	5,35	0,14	7,99	2,87	0,79	0,08	0,39	0,16
Хохловский Гостищевского, средн., %	52,36	47,0	25,08	4,03	1,87	0,16	17,56	1,75	1,26	0,27	3,15	0,12
Гостищевское, средн., %	56,2	41,7	14,5	5,9	3,2	0,066	-	0,52	0,82	0,13	0,11	0,14

6.3. Зависимость минерального состава кор выветривания от материнских пород

В северной части Белгородского рудного района КМА породы, слагающие коры выветривания, по различным минералого-петрографическим признакам приурочены к определённым типам материнских пород. Сообразно приуроченности БЖР к определённому по составу типу исходных пород, в которые они переходят по падению, на Яковлевском месторождении они обнаруживают ещё одну особенность, подчёркивающую эту связь, а именно – унаследование текстур материнских пород. Например, железнослюдковые и мартито-железнослюдковые продукты выветривания обычно характеризуются тем же тонкополосчатым сложением, и соответствующие разности кварцитов с мощностью составляющих прослоев, колеблющихся от долей миллиметра до 1-2 мм.

Меторождения ужной части Белгородского района характеризуются наиболее мощными 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.

Анализ всех имеющихся геологических данных в известной степени позволил установить следующее:

1) магнетит переходит в мартит, мартит в железную слюдку, а при наложенных на кору выветривания процессов - гематита в мушкетовит.

2) количество остаточного магнетита с глубиной увеличивается, и ассоциируется с уменьшением пористости пород. В боковых зонах кор выветривания его количество возрастает интенсивнее.

3) гематит наследуется из материнских пород, происходит дробление (шелушение) его зёрен.

4) железистые силикаты, разлагаясь в зоне окисления, превращаются в гидроокислы железа и глинистые минералы. Железо силикатов из двухвалентного переходит в трёхвалентное, гидратируется, сорбируется глинистым веществом и входит в комплексные пёстроцветные породы, состоящие из гётита и тонкодисперсного гематита.

5) интенсивность развития гидрогематитовых и гётитовых прослоев с глубиной уменьшается, а в дислоцированных зонах они выклиниваются.

6) 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. Под микроскопом наблюдается сплошная, реже неориентированная петельчатая структура. Отмеченные в корях выветривания зоны подобного развития гидроокислов повторяют размеры роговиковых проявлений в железистых кварцитах.

7) гидроокислы железа, 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. Блеск жирный или шелковистый, излом неровный, землистый, обычно мягкий и жирный на ощупь. Под биноклем наблюдается петельчатая структура с вытянутыми петлями вдоль слоистости. В слабо выветрелых породах видны реликты силикатов – хлорита, биотита и амфибола, вокруг которых каёмки гидроокислов железа.

8) наибольшая пористость проявлена в мартитовых породах, наименьшая в пёстроцветных породах с преобладанием гидроокислов железа.

9) сидерита в толщах кор выветривания тяготеет к кровле и является наложенным минералом.

Таким образом, формирование основных типов богатых железных руд Белгородского района КМА обусловлено выветриванием с сохранением унаследованных от материнских пород магнетита, гематита, селадонита, хлорита, появлением новообразованных мартита, гидрогематита, гётита, лимонита, маршаллита и гиббсита. При наложенных процессах образуются бертьерин, шамозит, сидерит. Различные сочетания этих минералов и образуют описанные выше типы железных руд.

ГЛАВА 7. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Изучение поведения химических элементов проводилось различными методами от сплошного кернового опробования до микрозондирования в шлифах. При этом использовались химические анализы для подсчёта запасов БЖР при проведении геологоразведочных работ в разное время различными организациями. Отдельные образцы анализировались для уточнения химического состава мелких интервалов кор выветривания, развитых по метаморфическим породам. Определялись: $\text{Fe}_{\text{общ.}}$, SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , MnO , K_2O , N_2O , P_2O_5 , SO_3 , CO_2 , H_2O , П.п.п. Данные по микроэлементам использовались для исследования геохимических особенностей кор выветривания, представленных БЖР и оценки содержаний в них возможных попутных компонентов. В пробах и микрозондах определялись: Rb, Sr, Zr, Ba, Y, As, U, Th, Nb, Pb.

7.1. Основные породообразующие элементы

По данным химических анализов в корах выветривания Белгородского района, развитым по метаморфическим породам, кроме железа, содержатся: глинозем, кремнезем, летучие компоненты, сера, фосфор, кальций, магний, магний и щелочные металлы. Их поведение изучено во всех морфологических типах основных месторождениях Белгородского района. Выявлена очень важная особенность кор выветривания – глубокая степень окисления рудных минералов. Аномальные концентрации FeO , MgO , CaO и CO_2 связаны с эпигенетической цементацией пород силикатами и карбонатами.

Яковлевское месторождение характеризуется весьма высоким содержанием $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ (средн. 67,5 %) за счет преимущественно железнослюдковых пород (табл. 7.1). Количество SiO_2 в рудных пробах варьирует от 0,84 до 13,5 %, в среднем 4,95 %. Наиболее высокие его содержания отмечаются в осадочных рудах, а также в верхней и нижней зонах остаточных руд. Наименьшее количество SiO_2 в рыхлых рудах, тяготеющих к средней части разреза. На всех участках Яковлевского месторождения присутствует TiO_2 в сотых долях процента, местами достигает 0,2-0,3 %, в единичных пробах – 1,0 %. Оксид марганца устанавливается в малых количествах – обычно сотые доли процента, очень редко 0,2-0,6 %. Глинозем (Al_2O_3) в повышенных количествах присутствует в гидрогематитовых (в среднем 5,6 %) рудах, приуроченных главным образом к висячему боку Яковлевской залежи. В большинстве проб (80 %) содержание Al_2O_3 варьирует от 1,5 до 4,0 %, иногда достигает 10 %, составляя, например, в среднем по Центральному участку 2,13 %. Фосфор имеется в рудах в ничтожных количествах, в среднем 0,02 %, изредка до 0,07-0,08% в единичных пробах, отобранных в пределах сцементированных карбонатами гематитовых породах и сланцевых прослоев. Прослои пород с наличием слоистых силикатов характеризуются повышенным содержанием Al_2O_3 (1,4-3,5 %) и FeO (4,0-8,0 %). В коре выветривания установлены германий, бор, иттрий и галлий в количествах, несколько превышающих их кларки. Содержание германия в пробах нередко достигает 10 г/т, иногда 20-30 г/т, в среднем 9 г/т.

Таблица 7.1

Геохимический состав литологических разновидностей пород, слагающих кору выветривания Яковлевского месторождения*

Компоненты	Среднее содержание, %				
	Мартит-железно-слюдковая	Мартит-гидрогематитовая	Гётит-гидрогематитовая	Железнослюдковая со слоистыми силикатами	Сцементированная
$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	67,57	59,89	57,48	64,06	-
SiO_2	0,92	6,20	8,01	4,88	0,94
TiO_2	0,08	0,15	0,30	0,15	0,05
Al_2O_3	0,55	4,37	7,79	2,06	0,77
Fe_2O_3	95,17	79,01	68,53	84,64	58,67
FeO	1,22	5,83	9,30	6,18	22,24
CaO	0,45	0,61	0,97	0,53	1,66
MgO	0,10	0,54	0,84	Не уст.	1,83
P	0,02	0,05	0,02	0,03	0,02
S	0,03	0,05	0,05	0,01	0,03
CO_2	0,16	следы	-	-	-
H_2O	0,11	0,40	0,22	0,26	-
П.п.п.	0,40	2,47	4,27	0,91	14,78

*По данным ГРР [68].

Содержание $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ в БЖР Смородинского участка 48,0-69,0 % (среднее 60,6 %). Для верхней части остаточной коры выветривания (мощность 30-40 м) характерно невысокое содержание $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ (48,0-60,0 %). Центральная часть профиля (мощность 40-160 м) характеризуется высокой концент-

рацией $Fe_{\text{общ.}}$ (61,0-69,0 %). Нижняя часть профиля (мощность 10-20 м) представляет собой переходную зону от БЖР к слабоокисленным железистым кварцитам, где содержание $Fe_{\text{общ.}}$ снижается до 50,0 %. Содержание SiO_2 0,48-20,0 % (среднее 4,68 %), Al_2O_3 0,1-7,3 % (среднее 2,14 %), S средн. 0,14 %, P_2O_5 средн. 0,03 %. Летучие компоненты (H_2O и CO_2) содержатся от долей процента до 21,3 % (среднее 5,61 %).

В БЖР коры выветривания Беленихинского участка в среднем содержатся: $Fe_{\text{общ.}}$ 59,4 %, SiO_2 4,65 %, Al_2O_3 3,45 %, S 0,14 %, P_2O_5 0,07 %, п.п.п. средн. 5,4 %.

Количество железа в коре выветривания Восточного участка Гостищевского месторождения составляет в среднем 63,7 % и представлено трехвалентной (50,9-58,9 мас. %) и двухвалентной (10,7- 6,1 мас. %) формами. Почти все оно связано с рудными минералами и лишь около 1 % (среднее 0,34 %) входит в состав присутствующих в породах силикатов. Наиболее высокое содержание железа (64-68,6 % в среднем 65,8 %) имеют рыхлые и слабосцементированные мартитовые и железнослюdkово-мартитовые разновидности пород (табл. 7.2). В сцементированных породах оно снижается до 63-60 %, иногда и еще ниже (в среднем до 62,1 %). Этот тип пород имеет более низкое содержание Fe^{2+} и более высокого содержания оксидного железа. Для всех остальных разновидностей пород коры выветривания характерно более низкое содержание $Fe_{\text{общ.}}$ (52-59 %), а также увеличение доли Fe^{2+} и уменьшение Fe^{3+} .

Таблица 7.2

Геохимический состав литологических разновидностей пород, слагающих кору выветривания Гостищевского месторождения

Компоненты	Среднее содержание, %					Сцементированная		
	Железно-слюdkово-мартитовая	Мартитовая	Гидрогематито-мартитовая	Силикатно-мартитовая	Гётитовая			
						Мин.	Макс.	Средн.
$Fe_{\text{общ.}}$	65,8	65,1	61,5	58,6	56,1	52,4	64,7	58,270
SiO_2	2,6	2,8	4,8	7,4	6,7	2,3	10,9	5,390
TiO_2	0,07	0,05	0,12	-	-	0,04	0,05	0,043
Al_2O_3	1,5	1,7	5,3	3,3	5,2	1,8	6,7	4,200
Fe_2O_3	59,3	57,3	50,4	46,5	43,1	30	57,4	43,230
FeO	6,5	7,8	11,1	12,1	13,0	7,3	22,4	15,040
CaO	0,21	0,32	0,59	-	-	0,4	2,6	1,607
MgO	0,48	0,36	0,35	-	-	0,6	1,44	0,963
MnO	0,04	0,08	0,12	-	-	0,08	0,12	0,097
P	0,03	0,031	0,098	-	-	0,031	0,096	0,049
S	0,05	0,07	0,03	-	-	0,04	0,21	0,108
K_2O+Na_2O	0,18	0,11	0,08	-	-	0,1	0,24	0,153
Летучие	1,7	2,0	5,2	3,6	10,6	2,3	10,1	6,470

*Составлено с использованием данных ГРП [67, 69].

Между $Fe_{\text{общ.}}$ и нерудными компонентами (кремнеземом, глиноземом, летучими) а также закисным железом существует обратная зависимость. В частности, для кор выветривания, изменённых наложенными процессами, для $Fe_{\text{общ.}}$ и Fe^{2+} она обусловлена тем, что закисное находится преимущественно в составе бедных железом сидерита и слоистых силикатов. Отмечается постепенное увеличение содержания $Fe_{\text{общ.}}$ и Fe^{3+} сверху вниз по разрезу залежи при таком же постепенном уменьшении закисного железа (в сидерите и шамозите), особенно на первых 20 м. Здесь процессы сидеритизации и шамозитизации проявились наиболее интенсивно. Уменьшение $Fe_{\text{общ.}}$ имеет место также и на последних 25-10 м от подошвы залежи в связи с наличием кварца.

Кремнезем и глинозем имеется в породах в разных количествах. Их содержание зависит преимущественно от присутствия тонкодисперсных силикатных минералов, кварцевых и сланцевых прослоев. Среднее содержание SiO_2 по Гостищевскому месторождению составляет 3,79 % (в пределах Восточного участка - 3,97 %; Хохловского - 5,49 %). Наиболее низкое его содержание (в среднем 2,7 %) отмечено в мартитовых и железнослюdkово-мартитовых разновидностях. Однако у подошвы рудной залежи, где много кварца, содержание SiO_2 увеличивается до 20 %. В гидрогематито-мартитовых и силикатно-мартитовых разновидностях содержание SiO_2 в среднем увеличивается до 5,4-6,8 %.

Глинозёма в коре выветривания Гостищевского месторождения в среднем 2,85 % (Восточного участка - 2,29 %; Хохловского - 5,27 %). Наименьшее его количество (в среднем 1,9 %) в мартитовых и железнослюdkово-мартитовых разновидностях, а наибольшее (в среднем 6,2 %) - в гидрогематит-мартитовых. Максимальное количество Al_2O_3 (до 12 %) отмечается местами в приповерхностной части залежи, где концентрируются минералы свободного глинозема (гиббсит, бемит) и БЖР.

Летучие компоненты в рыхлых породах составляют в среднем 3,97 мас. % (в пределах Восточного участка 1,76 %). Они представлены оксидом углерода, входящим в состав карбонатов, и кристаллизационной водой гидроокислов железа, силикатных и бокситовых минералов. Среднее соотношение $CO_2:H_2O$ для различных типов пород изменяется от 0,75 до 5,0. Для пород на карбонатном цементе в присутствии слоистых силикатов характерно более высокое содержание летучих (в среднем 8,7-9,5 %), чем для рыхлых разновидностей (в среднем 0,9-3,5 %). У гидрогематито-

мартитовых, силикатно-мартитовых и гётитовых разновидностей содержание летучих выше, чем у мартитовых и железнослюдково-мартитовых, что обусловлено присутствием в первых значительного количества гидрооксидов железа и алюминия. Отмечается постепенное уменьшение летучих сверху вниз, особенно отчетливо на протяжении первых 20 метров.

Сера и фосфор присутствуют в незначительных количествах и в среднем по месторождению составляют соответственно 0,078 % и 0,037 % (на Восточном участке 0,06% и 0,05%). Сера входит в состав, в основном, пирита, марказита, в незначительном количестве в состав других сульфидов. В связи с этим содержание серы в сильносцементированных породах значительно выше (0,12-0,75 %), чем в рыхлых (0,01-0,04 %), содержание её постепенно уменьшается сверху вниз. Наличие в коре выветривания фосфора обусловлено, очевидно, присутствием апатита, оставшегося неразрушенным от материнских пород. Содержание его изменяется в среднем от 0,031 % в мартитовых и железнослюдково-мартитовых разновидностях до 0,098 % в гидрогематит-мартитовых.

Содержания TiO_2 (0,03-0,12 %), CaO (0,21-2,6 %), MgO (0,24-1,44 %), MnO (0,04-0,12%), щелочей (0,08-0,24 %) невелико и не выходит за пределы статистики по Белгородскому району КМА. По скважине № 2Р выборочно количественно определено содержание пятиоксида ванадия, которое составило в верхней части залежи (на протяжении 40 м от кровли) 0,012-0,018 %, ниже по разрезу оно составляет менее 0,01 % и редко 0,02 %.

По данным химических анализов проб из керна скважин содержание основных компонентов в БЖР коры выветривания Разуменского месторождения следующее: $Fe_{общ.}$ 48,0-67,5 % (средн. 61,0 %), FeO 6,0-25,6 % (средн. 10,9 %), SiO_2 1,3-14,3 % (средн. 4,7 %), Al_2O_3 0,35-8,5 % (средн. 2,0 %), S 0,08-0,48 % (средн. 0,18 %), P_2O_5 0,04-0,3 % (средн. 0,13 %), TiO_2 0,01-0,75 % (средн. 0,1 %), п.п.п. средн. 4,98 %.

Комплексные геохимические исследования проводились по 8 разновидностям пород КВ Большетроицкого месторождения (табл. 7.3). Общая характеристика по КВ следующая, средн. мас. %: $Fe_{общ.}$ 62,4, SiO_2 3,1, Al_2O_3 1,3, CaO 1,4, MgO 0,5, S 0,21, P 0,03, п.п.п. 4,4. Наиболее высоким содержанием железа характеризуются мартитовые разновидности. Разновидности с содержанием железа менее 60 % составляют около 17 % от всей КВ.

Таблица 7.3

Геохимический состав литологических разновидностей пород, слагающих кору выветривания Большетроицкого месторождения

Разновидность		Элементный состав, %										
		Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	$Fe_{общ.}$	P_2O_5	SO_3
Гидрогематитовая	Содержание	0,05-0,32	0,05-0,93	1,15-32,47	2,66-29,72	0,03-0,8	0,11-2,8	0,02-1,07	0,01-0,03	58,84-94,62	0,05-0,25	0,01-0,14
	Среднее	0,13	0,24	5,69	8,1	0,23	0,75	0,19	0,02	83,93	0,13	0,07
Переходная гидрогематит-гётитовая	Содержание	-	0,05-0,23	3,39-17,7	1,16-3,18	0,03	0,37	0,02-0,38	0,01	75,28-92,52	0,11-0,28	0,05-0,07
	Среднее	-	0,14	10,55	2,17	0,03	0,37	0,2	0,01	83,90	0,2	0,06
Гётитовая	Содержание	0,05-0,06	0,03-0,1	0,9-1,84	1,34-3,96	0,01-0,09	0,15-0,29	0,01-0,03	0,02	93,64-96,69	0,09-0,2	0,02-0,09
	Среднее	0,05	0,06	1,45	2,46	0,06	0,23	0,02	0,02	94,62	0,14	0,06
Карбонатно—мартит-гематитовая	Содержание	0,05	0,05-1,4	0,53-11,64	0,76-8,27	0,02-0,06	0,04-0,51	0,02-0,03	0,01-0,02	71,88-97,24	0,04-0,13	0,02-0,06
	Среднее	0,05	0,39	3,12	3,08	0,05	0,22	0,02	0,01	91,45	0,09	0,05
Гематит-мартитовая	Содержание	0,05	0,01-0,05	0,43-1,28	0,36-3,01	0,05-0,09	0,09-0,26	0,02	0,01-0,02	94,73-98,43	0,05-0,19	0,04-0,08
	Среднее	0,05	0,03	0,76	1,26	0,07	0,18	0,02	0,01	97,03	0,12	0,06
Магнетит-гематит-мартитовая сильноокисленных межрудных сланцев	Содержание	0,04-0,08	0,24-0,97	10,98-39,97	9,11-39,45	0,05-0,52	0,06-7,82	0,24-1,49	до 0,24	14,11-67,12	0,06-0,13	0,02-0,03
	Среднее	0,054	0,56	30,4	25,01	0,358	1,664	1,068	0,062	31,56	0,088	0,022
Выветрелых филлитовидных сланцев	Содержание	0,05	0,06-0,57	0,4-49,51	2,06-41,69	0,05-0,18	0,08-3,37	0,02-2,01	0,01-0,08	38,51-93,83	0,04-0,17	0,03-0,18
	Среднее	0,05	0,24	11,18	14,87	0,08	1,51	0,45	0,03	70,69	0,11	0,08
Силикатных бокситоносных выветрелых надрудных филлитовидных сланцев	Содержание	0,14-0,71	0,29-1,21	29,81-33,59	37,52-46,51	5,29-11,04	0,04-1,14	0,76-2,56	до 0,05	5,14-15,51	0,02-0,08	0,01-0,02
	Среднее	0,35	0,89	31,47	42,78	7,8	0,33	1,49	0,02	10	0,05	0,02

*Составлена И.И. Никулиным.

Особенности поведения основных породообразующих компонентов в профилях кор выветривания Белгородского района КМА рассмотрены на примере Большетроицкого и Гостищевского месторождений. На всех участках Гостищевского месторождения по набору $\text{Fe}_{\text{общ.}}$, Fe_2O_3 , FeO , Al_2O_3 , SiO_2 , и летучих коррелируются железнослюдково-мартитовые, мартитовые, силикатно-мартитовые, гидрогематито-мартитовые, гётито-гидрогематитовые, обломочные ближнего сноса (делювиально-пролювиальные и прибрежно-морские), слабоокисленные кварциты и филлитовидные сланцы (рис. 7.1). В частных случаях рассмотрены Восточный, Хохловский участки Гостищевского (рис. 7.2) и Западный участок Большетроицкого месторождения (рис. 7.3) с использованием результатов 122 химических анализов по четырем разрезам КВ. Анализ графиков распределения основных породообразующих оксидов в профилях кор выветривания на железистых кварцитах показывает весьма сложный характер поведения железа, алюминия и кремнезема. При формировании латеритной КВ главные петрогенные окислы ведут себя следующим образом:

Fe_2O_3 – содержание окисного железа в коре выветривания изменяется от 36 % в гематитово-магнетитовых кварцитах до 95 % в мартитовых разновидностях, несколько оно ниже в гидрогематито-мартитовых, силикатно-мартитовых и гематито-мартитовых разновидностях (80-85%).

FeO – количество закиси железа в гематитово-магнетитовых кварцитах в среднем составляет 11,5 % в силикатно-магнетитовых кварцитах 20 %. В гематито-магнетитовых кварцитах закисное железо почти все связано в магнетите. Попадая в зону окисления, магнетит начинает замещаться мартитом. Чем ближе к поверхности коры, тем интенсивнее протекают процессы окисления. Содержание FeO в зоне интенсивного выщелачивания окисления приближается к 1,5%. Весь магнетит здесь по существу замещен мартитом. В рыхлых гидрогематито-мартитовых гидрогематитовых породах, образовавшихся в результате выветривания силикатно-магнетитовых кварцитов, содержание несколько выше (4,0-6,0 %), что является следствием содержания в них продуктов выветривания хлорита. В рудах, подвергавшихся цементации, количество FeO возрастает до 15-20 %. Оно здесь в основном входит в состав цементирующих минералов, главным образом сидерита.

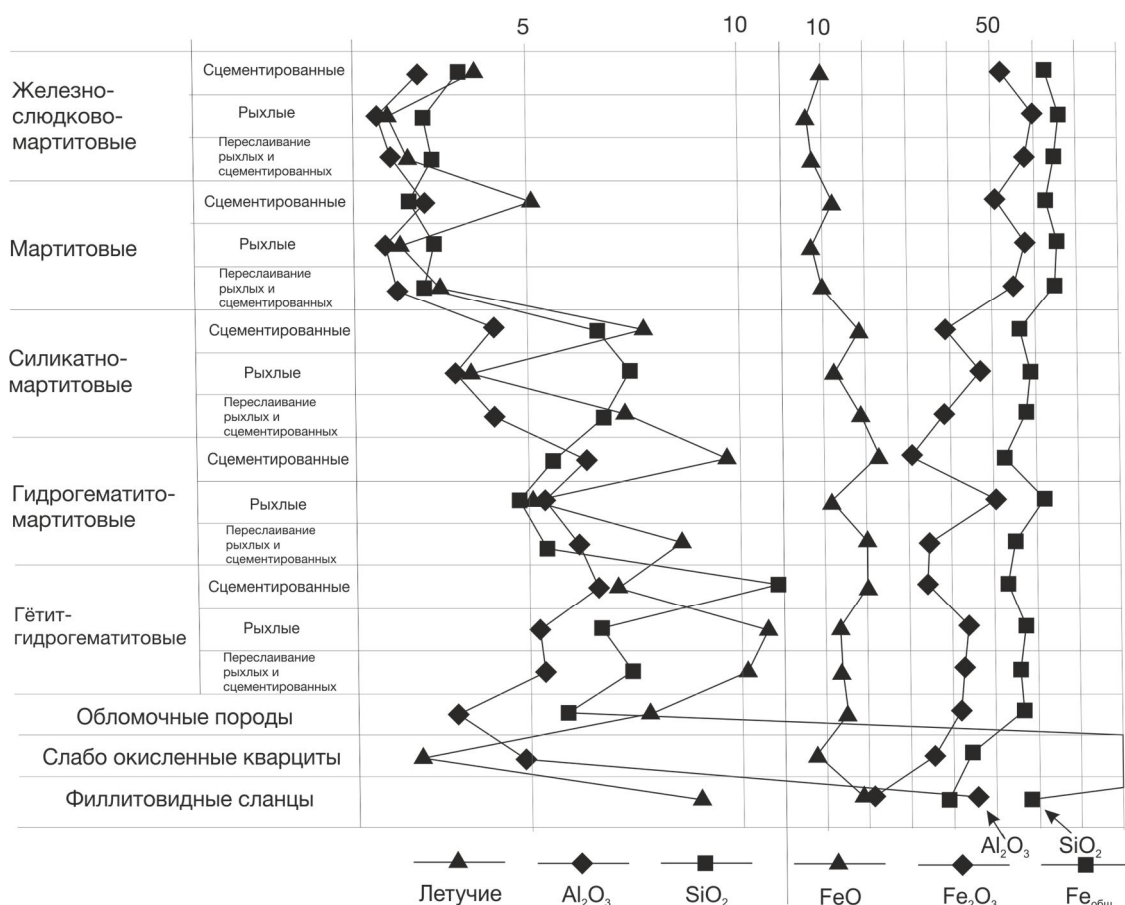


Рис. 7.1. Сводный геохимический профиль КВ по содержанию железа, кремнезёма и летучих компонентов в породах Гостищевского месторождения. Составлен по данным И.А. Русиновича [32].

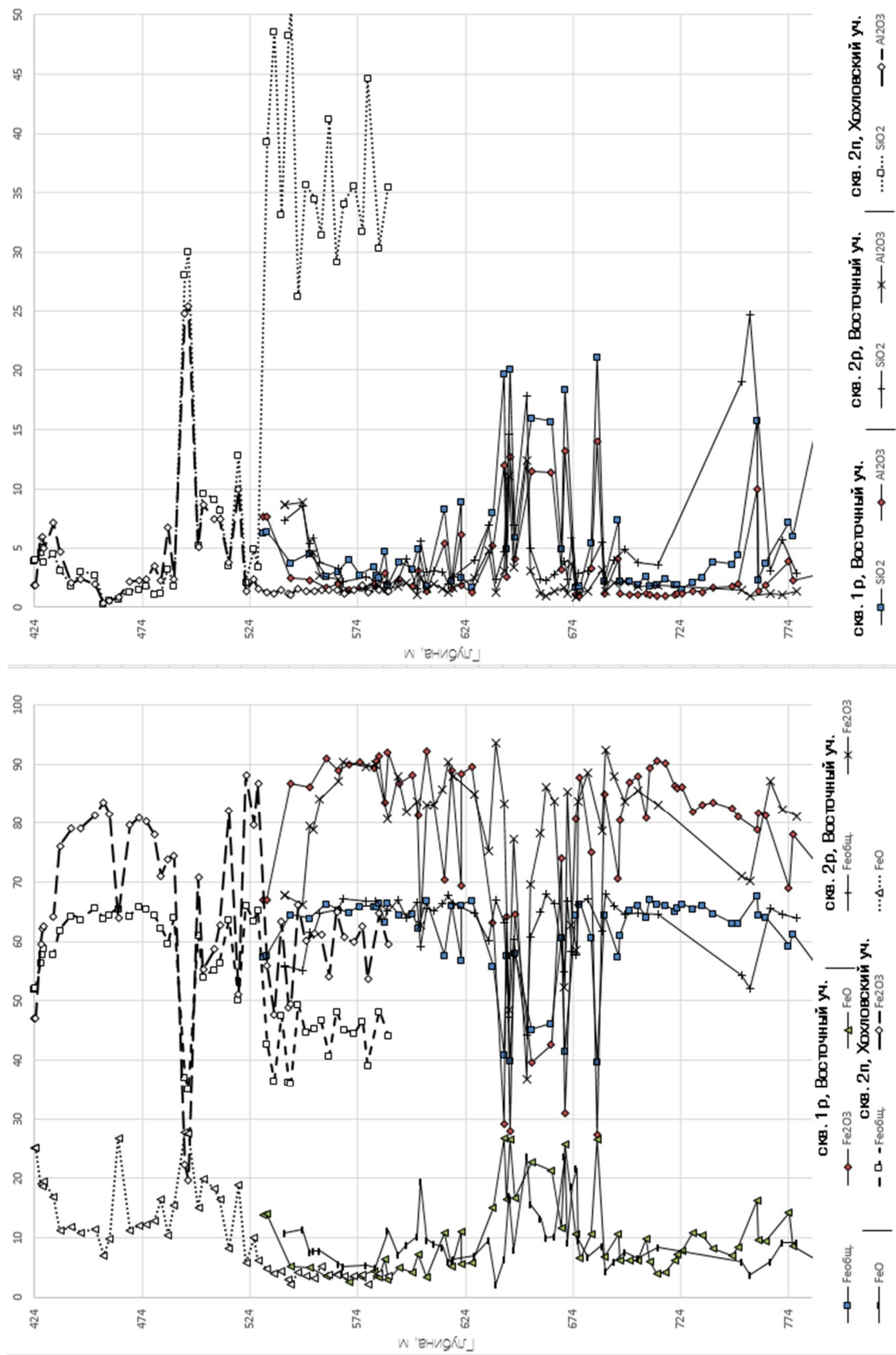


Рис. 7.2. Диаграммы геохимического состава профилей выветривания Западного (Хохловского) и Восточного участков Гостиевского месторождения. Составил И.И. Никулин.

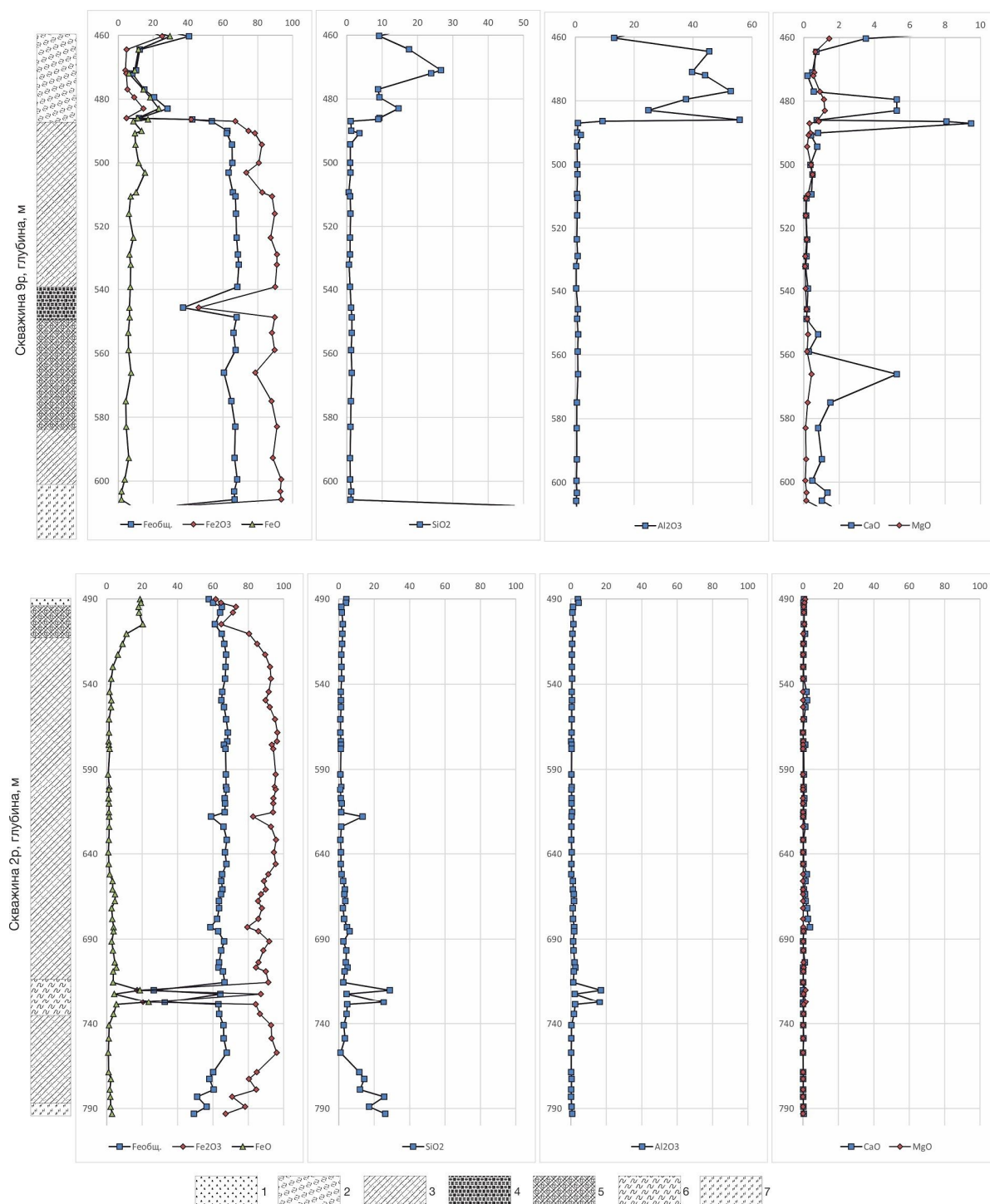


Рис. 7.3. Геохимические диаграммы профилей коры выветривания Большетроицкого месторождения. Составил И.И. Никулин. 1 - железорудная осадочная брекчия; 2 - бокситоносный сильно выветрелый филлитовидный сланец, гидрогематитизированный; 3 - гематит-мартитовая железорудная порода; 4 - гётит-гидрогематитовая железорудная порода; 5 - шамотизированная мартитовая порода; 6 - межрудный слабо окисленный сланец; 7 - слабо окисленный кварцит.

Содержание $Fe_{общ.}$ на всех графиках в профилях выветривания растет от неизменных и слабоокисленных кварцитов к сильно выветрелым, увеличиваясь примерно вдвое. В самой верхней части оно уменьшается за счет процессов бертьеринизации. На падение содержания $Fe_{общ.}$ сказывается наличие прослоя выветрелого сланца. Определенные флуктуации в количествах железа по профилю на фоне его увеличения снизу вверх накладывают колебания в содержаниях этого элемента в материнских породах.

SiO_2 – общая закономерность наблюдается в постепенном уменьшении его содержания от 40 % в гематито-магнетитовых железистых кварцитах до 0,5 % в остаточных корах выветривания. На всех профилях чётко отображено падение количества кремнезема снизу вверх, т. е. тенденция противоположная железу. Вверху профиля отмечается некоторое увеличение содержания SiO_2 за счет силикатов, но не всегда. Возрастание количества кремнезема в профиле выветривания, как например в скв. 2Р можно объяснить наличием прослоя безрудного кварцита.

Al_2O_3 - Количество глинозема в неизменных процессах выветривания гематито-магнетитовых кварцитах составляет в среднем около 0,5 %. Количество Al_2O_3 в мартитизированных кварцитах уменьшается до 0,35-0,4 %. В рыхлых мартитовых разновидностях БЖР содержание Al_2O_3 увеличивается до 1,5 %. Возрастает до 4,0 % и более в самой верхней зоне остаточного профиля коры выветривания. Это связано с вторичными процессами, которые привели к частичной цементации верхних горизонтов коры выветривания эпигенетическими минералами – слоистыми силикатами, бемитом, гиббситом.

Среднее содержание двуокиси углерода для различных пород колеблется от 0,29 % до 4,0 %. Для сцементированных пород, обогащенных сидеритом и бертьерином, содержание CO_2 на 2,0-4,0 % выше, чем для рыхлых, где эти минералы присутствуют в значительно меньших количествах. При этом содержание CO_2 в гидрогематито-мартитовых, силикатно-мартитовых и гидрогематитовых разновидностях всегда несколько выше, чем в мартитовых и железнослюдково-мартитовых. По данным химических анализов в профилях большинства скважин происходит постепенное уменьшение этого компонента сверху вниз. Наиболее отчетливо это выражается на первых метрах от поверхности коры выветривания Большетроицкого месторождения, т.е. в зоне наиболее интенсивной циркуляции инфильтрационных растворов.

На основе результатов химических анализов рассчитаны значения ряда петрохимических модулей, позволяющих оценить направленность гипергенных преобразований в профилях выветривания осадочно-метаморфических пород КМА. Наиболее отчетливо элементы гипергенной зональности проявляют себя в изменении значений коэффициентов R_2O_3 и $\text{RO}+\text{R}_2\text{O}$ по отношению к SiO_2 (рис. 7.4а). Породы, слагающие железорудные коры выветривания Белгородского района, характеризуются своими общими для группы закономерностями.

7.2. Редкоземельные элементы

Авторами проведен анализ поведения редких и редкоземельных элементов в породах довизейской коры выветривания, развитой по железистым кварцитам и филлитовидным сланцам Большетроицкого месторождения. Она представлена богатыми железными и железо-алюминиевыми рудами, а её мощность достигает 300 м. Основными редкими и редкоземельными элементами КВ являются [26]: Sr, Zr и Ba с примесями As в БЖР, и U-Th – в выветрелых бокситоносных филлитовидных сланцах.

В железорудных разновидностях пород содержание Sr до $0,078 \cdot 10^3$ ppm, Zr до $0,326 \cdot 10^3$ ppm и Ba до $0,33 \cdot 10^3$ ppm. В бокситах Sr до $0,46 \cdot 10^3$ ppm, Zr до $6,25 \cdot 10^3$ ppm и Ba до $1,82 \cdot 10^3$ ppm. Генезис аномальных примесей As (до $0,28 \cdot 10^3$ ppm), U (до $0,055 \cdot 10^3$ ppm) и Th (до $0,043 \cdot 10^3$ ppm) не выяснен и требует дальнейших исследований.

Содержание редких и редкоземельных элементов в гидрогематитовых бордовых, рыхлых и слабосцементированных разновидностях БЖР довольно постоянное (табл. 7.4). Выделяется As-Pb-Sr-Zr-Ba ассоциация (рис. 7.5а). В образцах с заметным количеством бертьерина количество циркония увеличивается до $0,23 \cdot 10^3$ ppm. Переходный гидрогематит-гётитовый тип пород представляет собой рыхлые либо слабосцементированные БЖР, от светло-коричневого до темно-коричневого цветов, с незначительными примесями мартита и бертьерина. Количество редкоземельных элементов относительно выдержано по профилю выветривания (табл. 7.4). Выделяется Nb-Sr-Zr-Ba ассоциация (рис. 7.5б). В образцах с заметной примесью бертьерина содержание бария незначительно уменьшается и возрастает количество Zr до $0,28 \cdot 10^3$ ppm.

Лимонит-гётитовый тип пород – это ярко-жёлтые рыхлые разновидности БЖР, сложенные преимущественно гётитом и гидрогётитом. Редкие и редкоземельные элементы входят в постоянную Nb-Y-Sr-Zr-Ba ассоциацию (рис. 7.5в).

Карбонатно-мартит-гематитовый тип пород представляет собой светло-серые до светло-голубых хорошо сцементированные разновидности железных руд, сложенные преимущественно гематитом на карбонатном цементе с примесью мартита. Выделяется постоянная Nb-Sr-Zr-Ba ассоциация с некоторыми вариациями содержания бария (рис. 7.5г).

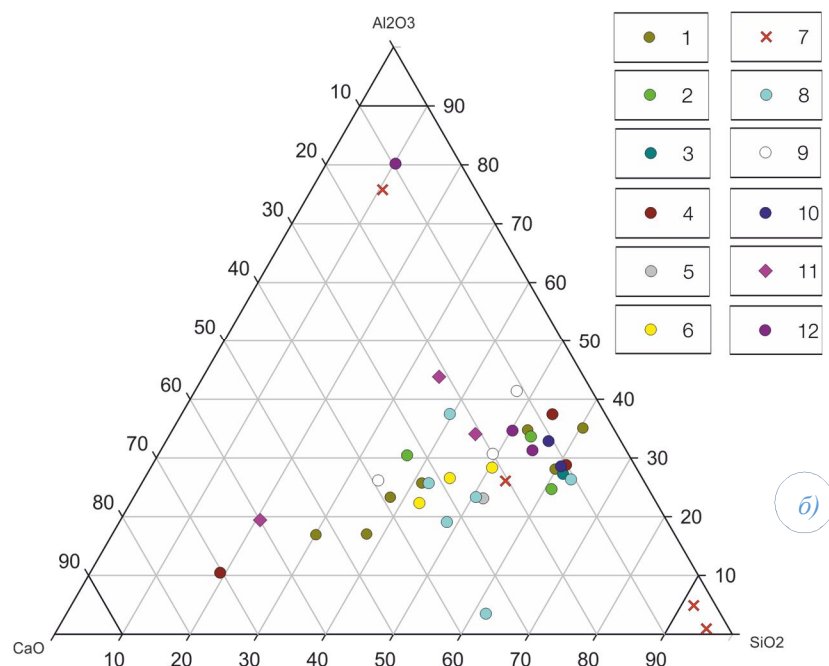
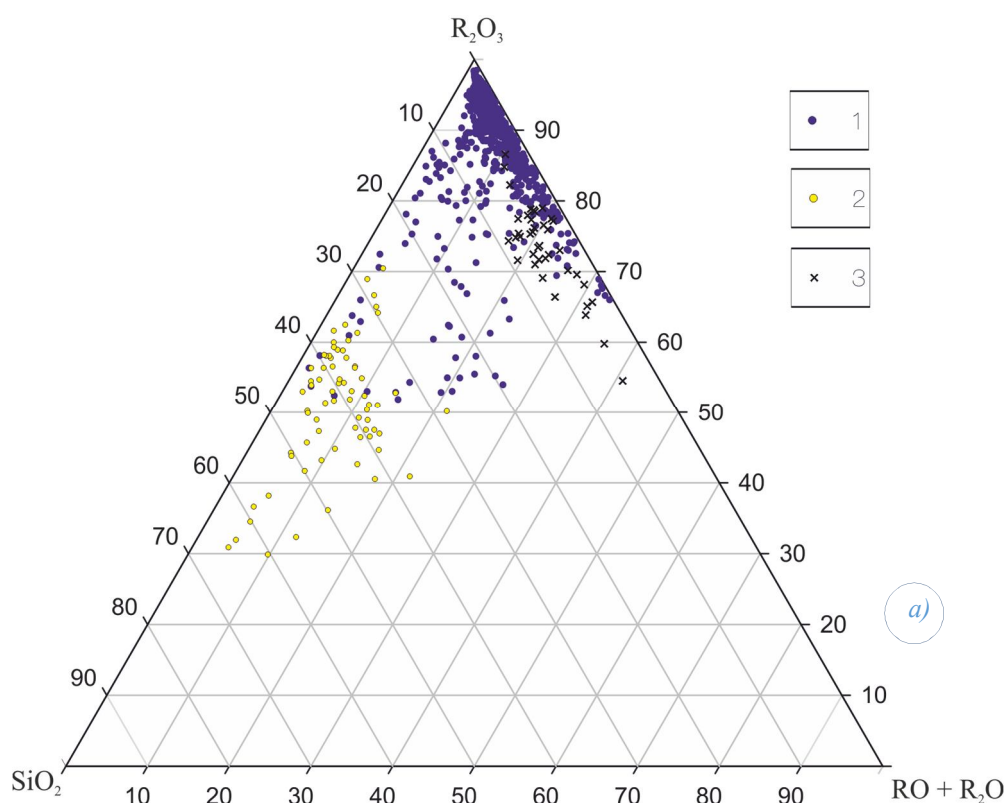


Рис. 7.4. Химический состав материнских пород (железистых формаций) и продуктов их выветривания (БЖР) КМА. а) система БЖР (1) – материнские метаморфические породы (2) – переотложенные продукты выветривания (3); б) разновидности пород в КВ: 1 – силикатно-мартитовые с железной слюдкой на карбонатном цементе; 2 – рыхлые силикатно-мартитовые с железной слюдкой и прослоями сцементированных; 3 – рыхлые силикатно-железнослюдково-мартитовые; 4 – слабосцементированные гётит-мартитовые с железной слюдкой; 5 – гётит-мартитовые с прослоями сцементированных; 6 – сцементированные железнослюдково-мартитовые с гётитом; 7 – межрудные кварцито-сланцы; 8 – сидерит-мартитовые сцементированные; 9 – мартитовые рыхлые с прослоями сцементированных; 10 – рыхлые мартитовые с железной слюдкой; 11 – переотложенные продукты выветривания; 12 – рыхлые мартит-гидрогематитовые.

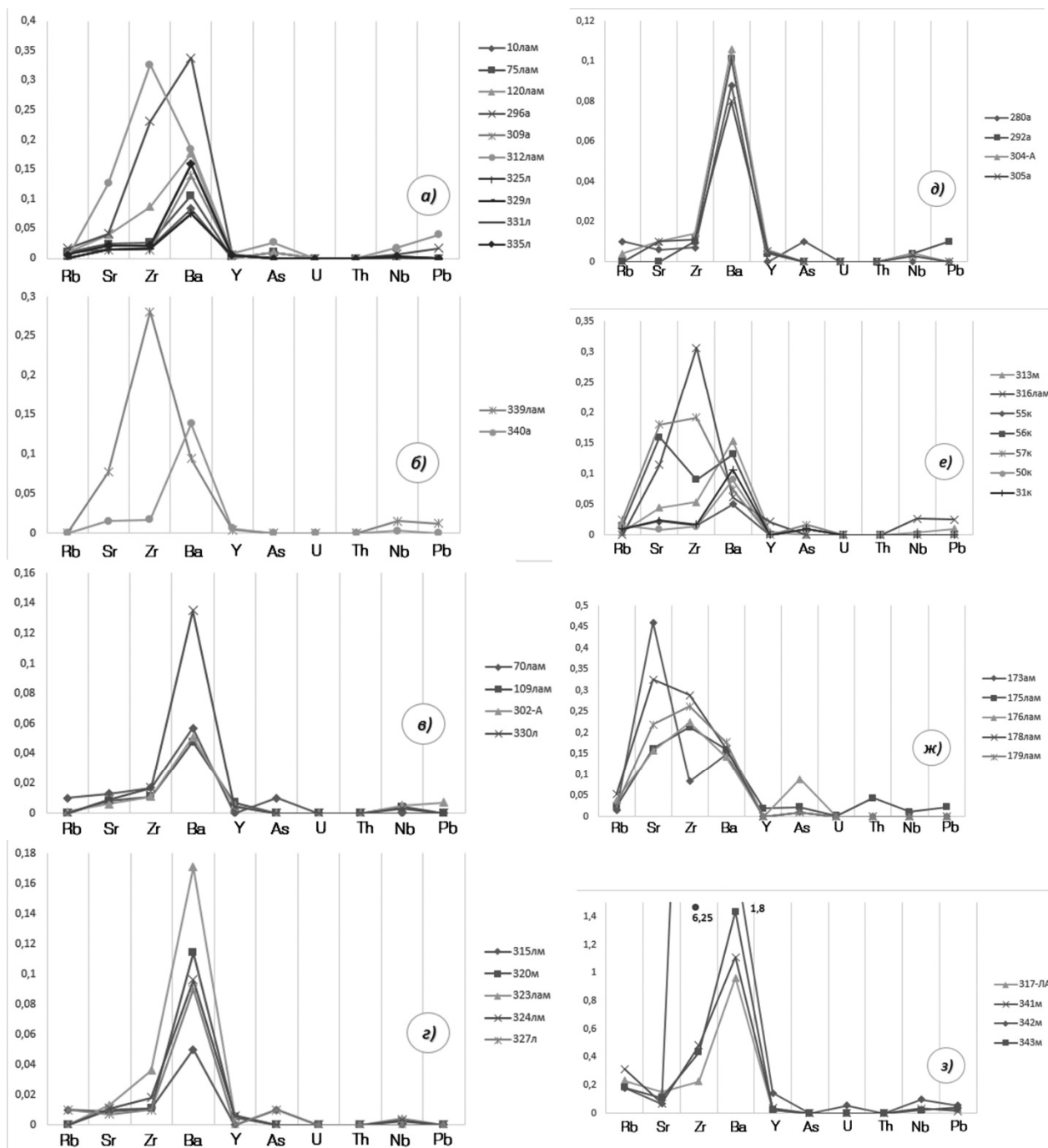


Рис. 7.5. РЗЭ-ассоциации в различных типах пород коры выветривания Большетроицкого месторождения, ppm*1000: а) гидрогематитовая разновидность, б) переходная гидрогематит-гётитовая, в) лимонит-гётитовая, г) карбонат-мартит-гематитовая, д) гематит-мартитовая, е) магнетит-гематит-мартитовая сильноокисленных межрудных сланцев; ж) выветрелых филлитовидных сланцев и з) силикатных бокситоносных выветрелых надрудных филлитовидных сланцев.

Светло- до тёмно-синих гематит-мартитовая разновидность БЖР имеет постоянное распределение в Nb-Sr-Zr-Ba ассоциации с редким присутствием мышьяка до $0,01 \cdot 10^3$ ppm (табл. 7.4, рис. 7.5д).

Сильно сцементированные полосчатые магнетит-гематит-мартитовые разновидности сильноокисленных межрудных сланцев, сложенные преимущественно мартитом с незначительной примесью собственно гематита, магнетита и окисленного хлорита, имеет неравнозначное соотношение редкоземельных элементов с резким преобладанием стронция или бария (табл. 7.4, рис. 7.5е). Наличие хлорита в образце ассоциируется с уменьшением количества бария до $0,075 \cdot 10^3$ ppm. Заметное увеличение содержания гематита влияет на уменьшение количества циркониевой составляющей.

Выветрелые филлитовидные сланцы представляют собой волнистые нечётко-полосчатые от

бледных до ярких окрасов хорошосцементированные разновидности железо-алюминиевых руд, сложенные преимущественно бёмитом и гиббситом с незначительной примесью гидрогематита и слоистых силикатов (бертьерин, каолинит). Наличие редких и редкоземельных элементов имеет постоянную Ba-Zr-Sr-ассоциацию (рис. 7.5ж). Редко отмечаются повышенные содержания мышьяка и тория. Наличие гидрогематита в образце ассоциируется с уменьшением количества циркония до $0,083 \cdot 10^3$ ppm.

Таблица 7.4

Распределение редкоземельных элементов в основных литологических разновидностях пород, слагающих кору выветривания Большетроицкого месторождения

Разновидность		Элементный состав, ppm*1000									
		Rb	Sr	Zr	Ba	Y	As	U	Th	Nb	Pb
Гидрогематитовая	Содержание	<0,017	0,014	0,014-0,326	0,076-0,338	до 0,008	до 0,027	-	-	<0,018	<0,04
	Среднее	0,0063	0,126	0,0789	0,1509	0,0034	0,0067	-	-	0,0031	0,0057
Переходная гидрогематит-гётитовая	Содержание	-	0,015-0,077	0,017-0,281	0,094-0,138	0,004-0,006	-	-	-	0,003-0,015	<0,012
	Среднее	-	0,046	0,149	0,116	0,005	-	-	-	0,009	0,006
Лимонит-гётитовая	Содержание	<0,01	0,006-0,013	0,011-0,017	0,048-0,135	<0,007	<0,01	-	-	<0,005	<0,007
	Среднее	0,00275	0,009	0,014	0,0727	0,004	0,0025	-	-	0,003	0,00175
Карбонатно—мартит-гематитовая	Содержание	<0,01	0,007-0,013	0,01-0,036	0,05-0,171	<0,006	<0,01	-	-	<0,004	-
	Среднее	0,004	0,01	0,0172	0,1042	0,0034	0,004	-	-	0,0018	-
Гематит-мартитовая	Содержание	<0,01	<0,01	0,007-0,014	0,08-0,106	<0,006	<0,01	-	-	<0,004	<0,01
	Среднее	0,0035	0,0065	0,0105	0,0937	0,00375	0,0025	-	-	0,00275	0,0025
Магнетит-гематит-мартитовая сильноокисленных междурудных сланцев	Содержание	<0,025	0,008-0,18	0,013-0,306	0,05-0,153	<0,021	<0,016	-	-	<0,026	<0,025
	Среднее	0,01143	0,07857	0,0978	0,095	0,00371	0,008	-	-	0,004286	0,005
Выветрелых филлитовидных сланцев	Содержание	0,015-0,053	0,157-0,46	0,083-0,289	0,143-0,177	<0,019	0,01-0,088	<0,002	<0,043	<0,011	<0,022
	Среднее	0,031	0,2646	0,2142	0,158	0,0038	0,028	0,0004	0,0086	0,0022	0,0044
Силикатных бокситоносных выветрелых надрудных филлитовидных сланцев	Содержание	0,18-0,313	0,067-0,151	0,225-6,253	0,962-1,824	0,022-0,142	-	<0,055	-	0,019-0,097	0,015-0,055
	Среднее	0,22625	0,0995	1,8487	1,33275	0,05575	-	0,01375	-	0,0445	0,03425

Силикатные бокситоносные выветрелые надрудные филлитовидные сланцы представляют собой массивные, редко волнисто-полосчатые от бледно- до ярко-красноватых окрасов сцементированные (реже рыхлые) разновидности бокситовых руд, сложенные преимущественно бёмитом и гиббситом нередко со значительной примесью слоистых силикатов (бертьерин, каолинит). REE представлены Zr-Ba-ассоциацией (рис. 7.5з). Отмечаются повышенные содержания As и Th. Наличие «алюминиевой пудры» в образце ассоциируется с увеличением количества циркония до $6,25 \cdot 10^3$ ppm.

В распределении REE отмечены только две зависимости: наличие зоны тектонического нарушения и присутствие в толще коры выветривания, сложенной БЖР, прослоев сланцев и их выветрелых разновидностей. Степень выветрелости пород отмечается только заметным общим уменьшением количества REE. Такое положение даёт некоторое основание для обозначения мартитовых пород своего рода стерильными. Генезис U и Th в бокситоносных выветрелых породах, развитых по филлитовидным сланцам до конца не выяснен и остаётся открытым для дальнейших исследований.

Вторичные минералы в БЖР (бертьерин, шамозит) вносят вариации в содержании Zr и Ba, в выветрелых породах, развитых по сланцам (гидрогематит, бертьерин) изменяются содержания Zr. Общая по всем образцам (141 образец) As-Zr-Ba-аномалия прослеживается в приповерхностной части железорудной коры выветривания (под осадочными железоносными брекчиями и карбонатно-гематитовым панцирем) и ассоциируется с зоной дробления и повышенной трещиноватости северо-западного простираия.

Анализ распределения основных петрогенных элементов в коре выветривания джеспилитов показывает накопление полуторных окислов железа при интенсивном выносе остальных компонентов, особенно кремнезёма. При наложенных процессах происходит привнос кремнезёма и щелочно-земельных элементов с формированием силикатов и сидерита.

ГЛАВА 8. ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Почти вековое изучение геологии железных руд Курской магнитной аномалии показало, что их образование имеет длительную историю и обусловлено рядом факторов. Среди них важнейшими 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 поверхностных гипергенных процессов (высокие температуры, обильные осадки). Третий фактор вызван обширным выходом биоса на сушу в раннем карбоне и в связи с этим интенсификацией процессов гипергенного рудообразования. Поэтому коры выветривания, перекрытые девонскими породами, имеют гораздо меньшую мощность и проработанность экзогенными процессами по сравнению с нижнекаменноугольными. Кроме выветривания на минеральном составе БЖР повлияли диагенетические и эпигенетические процессы. Нами выделяются 4 этапа формирования минерального состава богатых руд КМА (рис. 8.1).

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

2. Позднетурнейский-ранневизейский этап латеритного выветривания (окисления магнетита и выщелачивания кварца). Данные палеоландшафтного анализа визейского века [5, 6] позволяют судить о елховско-бобриковском времени, как основной стадии латеризации, наложенной на более древние коры выветривания, что доказано В.И. Сиротиним [53]. По своему составу и строению кора выветривания Белгородского рудного района имеет отчётливый латеритный характер с выносом кремнезёма и щелочных редкоземельных элементов, а также накоплением железа и алюминия с развитием окислов и гидроокислов железа, и минералов глинозёма. Изначально, материнские джеспилиты состояли из магнетита, кварца и силикатов [42]. В процессе окисления магнетит перешёл через фазу мартита в гематит, зёрна 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 - мартит, 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 (мартит), синтезированной *in situ*, т.е. вновь образованной из элементов и соединений разложенных материнских минералов, и секреционной 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. Секреционные минералы формировались в порах и трещинках рыхлых пород в результате дополнительного привноса вещества. Секреционные минералы образуют несогласные пятнистые, гнездовые, линзовые и ложнополосчатые формы БЖР. При этом на стенках пор, трещин и в щелевидных пустотах формируются плёнки, корки, друзы, жеоды, секреты, почковидные радиально-лучистые и колломорфные агрегаты. Все новообразования слагают различные типы руд.

Индикаторными минералами этого этапа являются унаследованный из материнских пород гематит, новообразованный по магнетиту мартит, сформированные за счёт разложения силикатов, частично магнетита, гётит (гидрогётит) и гидрогематит, а также бертьерин-1Н, тяготеющий к нижним частям профилей выветривания. Его появление связано с коллоидами железа и при главенствующей роли водных растворов [13]. Mg^{2+} в октаэдрических позициях почти отсутствует, изредка его содержания достигают 0,35 %. Для коры выветривания межрудных сланцев характерны гиббсит и бёмит, а также встречается каолинит, отсутствующий в породах КВ по джеспилитам.

3. Третий этап (диагенетический) характеризуется сменой тектонического режима, заключающийся в погружении сильно выветрелых джеспилитов, создании гидроморфных условий для

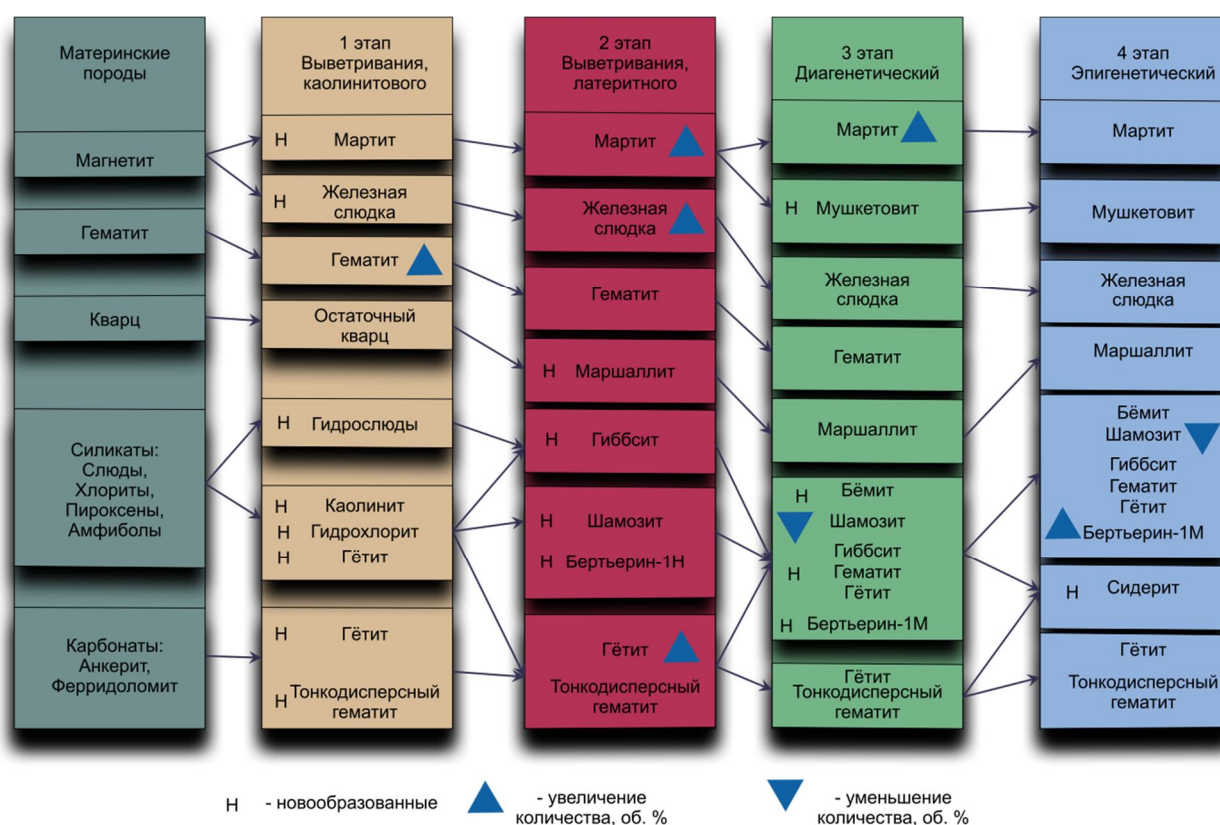
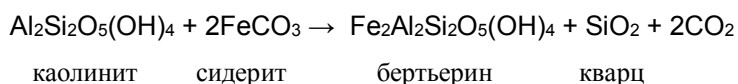


Рис. 8.1. Схема преобразования минерального вещества в корах выветривания Белгородского района КМА. Составил И.И. Никулин.

метасоматического преобразования латеритного покрова [21, 22, 51, 55, 56], выраженное 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 КВ неодновременно. На границе тульского и алексинского времени происходит замедление опускания территории в пределах Белгородского района, а на отдельных участках водоразделов с латеритным покровом – кратковременные мало амплитудные поднятия [52], что привело к осушению уже частично преобразованной коры выветривания и её переотложенных продуктов (подтверждается появлением бёмита 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 за счёт преобразования сильно выветрелых филлитовидных сланцев с дальнейшим погружением толщи пород при инфильтрации сидеритовых растворов из выше залегающих пород (по А. Ииджима и Р. Матсумото):



Такой бертьерин приурочен к верхним частям остаточного профиля выветривания и к самим бокситоносным сильно выветрелым сланцам. Значения Si/Al не превышают 1,7 [12]. 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 [33]. Начиная со средней юры и вплоть до неогена было опускание с трансгрессией сюда

морских бассейнов из Днепровско-Донецкой впадины, с неогена эта территория вновь стала сушей. Всё это время продолжалась трансформация минерального и химического состава руд, слагающих кору выветривания, и их структурно-текстурного облика.

После погружения территории, когда она оказалась юго-западным склоном Воронежской антеклизы [4, 5, 6, 59], богатые железные руды подверглись изменениям в условиях раннего катагенеза. Выветрелые породы приобрели новые текстуры (за счёт сидеритизации), бертьеринизация повлекла за собой полосчатый и «паутинообразный» характеры. 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.

Обобщенная схема преобразования пород и вероятные процессы, приведшие к окончательному облику приведена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

**Сводная характеристика состава руд в корах выветривания
и их материнских пород**

Материнские породы	Железородная кора выветривания	Преобладающие процессы, приведшие к окончательному облику
Железисто-кварцевые роговики и джеспелитоподобные образования (магнетитовые, магнетито-гематитовые и гематито-мартитовые)	Мартитовые, гематито-мартитовые	Мартитизация. Выщелачивание кварца, частичное замещение тонкодисперсным гематитом
Железисто-силикатно-кварцевые роговики (магнетито-амфиболовые, магнетито-хлоритовые и гематито-магнетито-силикатные)	Мартито-тонкодисперсно-гематитовые	Мартитизация. Выщелачивание кварца из кварцевых прослоев и частичное замещение его тонкодисперсным гематитом. Окисление и разложение железистых силикатов до гидрогематита или гидрогётита. Уплотнение и складчатость
Силикатно-кварцевые роговико-подобные (амфиболовые, хлоритовые и хлорито-биотитовые)	Пёстрые тонкодисперсные (гётитовые, лимонитовые, гидрогематитовые) с гематитом	Разложение и окисление силикатов до гидроокислов железа (гидрогематита, гидрогётита). Локальное выщелачивание кварца и кварцевых прослоев, уплотнение и частичное замещение кварца тонкодисперсным гематитом
Железисто-силикатные сланцы с редкими прослоями безрудного роговика (хлоритовые, биотито-хлоритовые и хлорито-серицитовые)	Пёстрые тонкодисперсные (гётитовые, лимонитовые, гидрогематитовые), иногда с гематитом Маложелезистые гидрогематитовые (глинозёмистые или гидрогематитизированные сланцеподобные)	Преимущественное разложение и окисление силикатов до гидрогематита и гидрогётита. Частичный вынос кварца и замещение его тонкодисперсным гематитом

ГЛАВА 9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД В ПРЕДЕЛАХ КМА

В приоритетных направлениях экономического развития страны обеспечение сырьевой базы черной металлургии является одной из главных задач. Основные прогнозные ресурсы железных руд сосредоточены в пределах Курской и Белгородской областей (рис. 9.1). Развитие горнодобывающей промышленности в аграрных регионах весьма проблематично, в особенности строительство открытых рудников (карьеров). Поэтому всё актуальнее становится вопрос об освоении наиболее богатых руд подземными способами, совершенствуя опыты, приобретённые в особо сложных условиях на Яковлевском (рис. 9.2а) и Большетроицком рудниках (рис. 9.2б). Поставленная задача может быть решена только при учете всех факторов, определяющих формирование и освоение залежей богатых железных руд Курской магнитной аномалии.

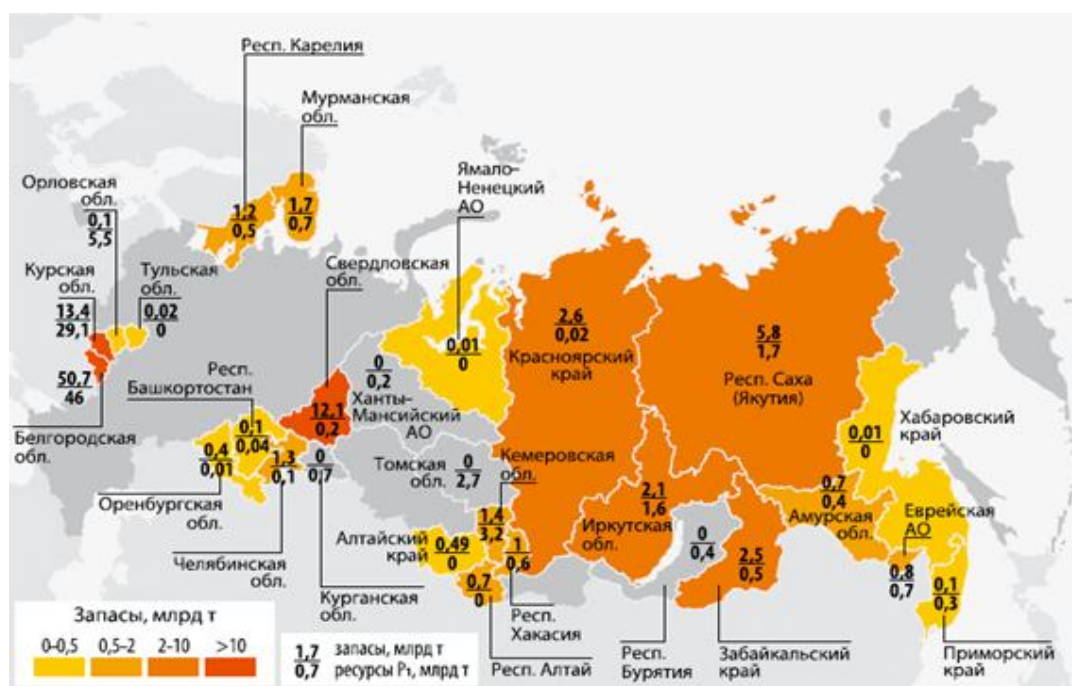


Рис. 9.1. Распределение запасов и прогнозных ресурсов железных руд категории Р1 по субъектам Российской Федерации, млрд. т.

В пределах Курской магнитной аномалии принято считать четыре железорудных района: Белгородский, Старооскольский, Новооскольский, Курско-Орловский. Наиболее крупные месторождения богатых руд сосредоточены в юго-западной полосе КМА. Прогнозные ресурсы неокисленных кварцитов (до глуб. 700 м) 856 млрд. т, богатых железных руд (до глуб. 1200 м.) 82 млрд. т (1984), в т. ч. общие балансовые запасы железных руд КМА оцениваются в 44,6 млрд. т, в том числе богатых руд 26,1 млрд. т, железистых кварцитов 18,5 млрд. т. Белгородский район сосредоточивает 90,5% запасов богатых руд КМА по категориям А+В+С₁ и 96,9 % по категориям А+В+С₁+С₂. В его составе уникальные по запасам и качеству богатых руд месторождения: Яковлевское, Гостищевское, Разуменское, Большетроицкое и др. Среднее содержание в них железа свыше 60 %, при незначительном количестве окиси кремния, серы и фосфора. Рудная залежь находится на глубинах, допускающих только подземную добычу. Месторождения сильно обводнены (до восьми водоносных горизонтов), поэтому перед добычей руды при подземном шахтном способе необходимо провести осушение, осуществить проходку стволов, которая возможна только с помощью замораживания. Такое положение вещей вынуждает недропользователей проводить своевременные интеграции технологий в добычном процессе, а на новых участках в начале освоения вводить инновационные подходы.

Современное развитие бизнеса в освоении недр заставляет по-иному взглянуть на традиционные способы добычи полезных ископаемых. Большая часть запасов железных руд находится в густонаселенных и пахотных чернозёмных районах. При разработке проекта освоения



Рис. 9.2. Рудники подземных добычных работ с применением самых современных и экологичных технологий: а) Яковлевский рудник, б) Большегроицкий рудник.

месторождений железа в таких регионах приходится учитывать: 1 - сжатые сроки (по экономическим соображениям) для изучения и освоения месторождения; 2 - условия локализации рудной толщи (особенно в чернозёмных регионах) и 3 - современные эколого-экономические требования в горнодобывающей промышленности.

В связи обводнённостью толщи БЖР на Яковлевском руднике на настоящее время не представляется возможности выйти на промышленную мощность добычи в год. Поэтому параллельно разрабатывается технология скважинной гидродобычи. Опытно-экспериментальные работы в Белгородском железорудном районе КМА по скважинной гидродобыче БЖР проводились на трёх участках: 1 - Шемраевское месторождение (1988-94 г.г.), 2 - Восточный участок Гостищевского месторождения (1998-99 г.г.) и 3 - Большегроицкое месторождение (2006-13 г.г.). Главными факторами, взятыми за основу при выборе метода добычи богатых железных руд, являются:

1. Обводнённость толщи вмещающих пород и рудной залежи при разработке подземным способом требует выполнения сложных мероприятий по её осушению.

2. Содержащиеся в рудном теле прослои пустых пород, некондиционных богатых железных руд и кварцитов, представленных скальными включениями, требуют при традиционном способе разработки предварительного рыхления их буровзрывным способом.

3. Метод подземной добычи через скважины, при котором руда выдаётся в виде рудной пульпы, позволяет осуществлять её транспортировку гидротранспортом, а разрушенные пустые породы, поднятые на поверхность, возможно возвратить в подземную добычную камеру (обратно в недра).

4. Применение технологии подземной скважинной добычи в промышленных масштабах предполагает возможность компенсации выбывающих мощностей действующих карьеров горно-обогатительных предприятий России за счет освоения глубоко залегающих железных руд в бассейне КМА методом подземной добычи через скважины.

5. Учитывая, что запасы глубокозалегающих месторождений богатых железных руд Белгородского рудного района КМА находятся практически на не доступной глубине для открытого способа отработки (500-1000 м), а возможно только двумя способами - подземной добычей через скважины или шахтным. При этом подземная добыча через скважины имеет ряд наглядных преимуществ перед шахтным способом отработки: сжатые сроки строительства и пуска предприятия за один-два года; минимальные капитальные вложения; себестоимость 1 тонны товарной руды; годовые эксплуатационные расходы; рентабельность к фондам.

6. Метод скважинной добычи высококачественной железной руды оказывает наименьшее влияние на окружающую среду (близрасположенные поселения, посевные поля с чернозёмом, лесонасаждения).

7. Затраты экологического характера по предприятию, ведущему отработку методом скважинной добычи, будут в основном связаны с платой за недра и локальные выбросы, которые весьма незначительны. Следовательно, и затраты в будущем по этим статьям расходов будут минимальные.

С 2008 года в пределах Большегроицкого месторождения производятся опытно-экспериментальные эксплуатационные работы методом подземной скважинной добычи, который позволяет извлекать слабо сцементированные богатые руды из-под мощного (~500 м) осадочного чехла (рис. 9.3). Осадочного чехол представляет собой снизу вверх: нижнекаменноугольных отложений средней мощностью - 64 м, средне- и верхнеюрские образования - 138 м, меловые - 242 м, палеогеновые - 22 м и четвертичные отложения - 8 м.

На первоочередном добычном поле рудника, в период 2006-2010 годов построены 8 опытно-экспериментальных скважин. В начальный период освоения Большегроицкого железорудного месторождения из первой геологоразведочной скважины с открытым стволом Ø 120 мм была добыта первая партия железной руды, весом 120 тонн. После анализа её вещественного и качественного состава оказалось, что содержание железа в добытой руде выше на 1,5–2,0 %, чем в керне. Содержание вредных примесей по отдельным элементам (в том числе SiO₂) уменьшилось почти в 2 раза. Таким образом, в процессе подъёма пульпы на поверхность происходит обогащение за счет взаимного соударения рудных частиц, отмыва сопутствующего глинистого материала и увеличение содержания Fe_{общ.} до 69,0 %.

По физико-механическим свойствам БЖР Большегроицкого месторождения из коры выветривания кварцитов делятся на (табл. 9.1): 1) мартит-железнослюдковые сцементированные, скальные, полускальные, плотные; 2) мартитовые, железнослюдково-мартитовые, полускальные с маломощными прослоями скальных и рыхлых; 3) мартитовые, железнослюдково-мартитовые, рыхлые

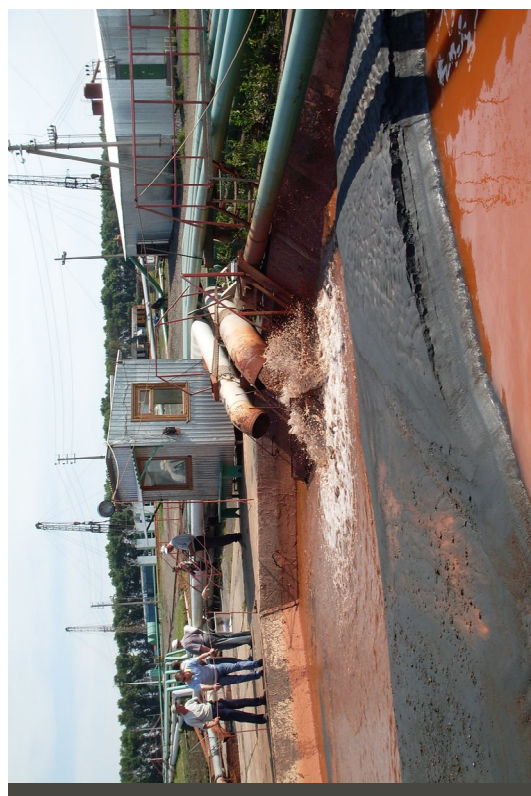
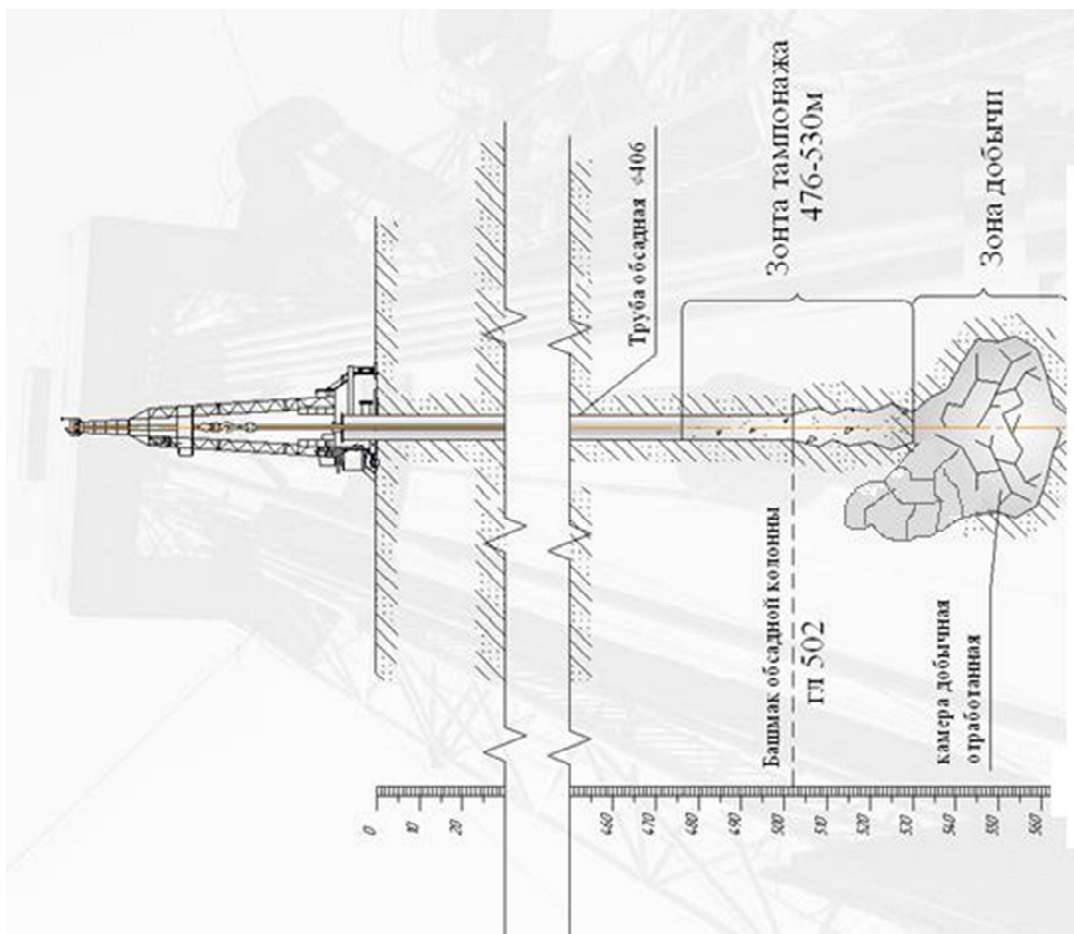


Рис. 9.3. Опытнo-экспериментальный рудник «Большетроицкий»: а) конструкция добычной скважины с вертикальным стволом; б) вид функционирующего рудника сверху и в) выход железорудной пульпы на дневную поверхность.

с редкими прослоями полускальных и скальных и 4) магнетит-железнослюdkовo-мартитовые, мартит-гётитовые цементированные, полускальные реже рыхлые. Физико-механические характеристики БЖР Шемраевского месторождения приведены в таблице 9.2.

Таблица 9.1

Показатели физико-механических свойств руд Большетроицкого месторождения*

Тип руды	Сопр. по сжатию, МПа	Влажность, %	Уд.вес *10 ⁴ н/м ³	Объемн. вес *10 ³ кг/м ³	Пористость, %	Сцепление, Мпа	Угол внутр.трения, град	Модуль упругости, *10 ¹⁰ Па	Коэф. Пуассона
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10,4-60,5	3,7-11,7	4,05-4,86	3,24-3,9	19,4-34,5	1,2-15,0	35-41	2,2-2,9	0,2-0,25
2	1,2-8,7	7,0-15,0	4,5-5,3	3,0-3,9	26,2-46,7	0,45-6,2	33-44	1,9-2,4	0,24-0,29
3	0,0-7,5	9,1-16,8	4,5-5,2	2,7-3,9	33-52	0,17-0,4	29-33	1,8-2,4	0,22-0,30
4	3,8-25,0	3,7-12,8	3,8-4,8	2,55-3,75	25,0-36,0	-	30-44	-	0,1-0,14

*Анализы выполнялись в лаборатории инженерной и прикладной геологии БелГУ: 1 - мартит-железнослюdkовые цементированные руды; 2 – переслаивающиеся железнослюdkовo-мартитовые с маломощными прослоями скальных и рыхлых руд; 3 - мартитовые, железнослюdkовo-мартитовые, рыхлые руды; 4 - магнетит-железнослюdkовo-мартитовые, мартит-гётитовые цементированные.

Таблица 9.2

Объемный вес, влажность пористость для различных типов богатых железных руд Шемраевского месторождения*

№ № скв.	Интервал отбора монолита		Тип руды	Водно-физические свойства			Содержание компонентов, %			
	от	до		объемный вес, т/м ³	влажность, %	пористость, %	Fe _{общ.}	П.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6М	443,90	444,00	Переотложенная гидрогематит-мартитовая	3,75	7,7	23,94	60,61	2,67	5,0	4,55
	528,10	528,20	Мартитовая с железной слюdkой	2,93	12,2	48,87	67,53	1,20	0,67	0,81
	620,00	620,10		3,31	13,1	42,14	66,52	1,32	0,69	2,53
	712,70	712,80	Железно-слюdkовo-мартитовая с гидрогетитом	3,51	11,8	38,96	64,79	2,09	2,87	1,87
	735,35	735,45	Железнослюdkовo-мартитовая	3,42	7,9	35,96	65,33	1,28	3,16	1,66
7М	750,50	750,75	Мартитовая	3,64	8,5	33,58	66,55	1,16	1,99	1,10
	760,30	760,55	Мартитовая с маршалитом	3,33	10,4	38,67	64,00	1,44	4,06	1,70
	776,10	776,35	Мартит-гидрогетитовая с маршалитом	2,85	12,8	34,93	54,78	6,10	13,17	1,00
1М	438,70	438,85	Железнослюdkовo-мартитовая с силикатами	3,89	3,70	26,9	64,72	2,28	2,75	2,60
	443,25	443,40	Железнослюdkовo-мартитовая с бемитом, силикатами и гиббситом	3,62	3,80	19,4	61,57	2,96	3,56	6,05
	462,30	462,50	Железнослюdkовo-мартитовая	3,44	12,9	37,1	67,36	1,23	0,45	1,48
	468,25	468,35		3,49	11,7	33,9	67,05	1,29	0,36	1,53
	506,80	506,95	Железнослюdkовo-мартитовая с гиббситом	3,59	12,9	36,5	64,38	2,09	0,93	5,50
	512,10	512,25		3,46	10,6	38,7	64,57	1,78	0,79	5,55
	517,30	517,45		3,45	12,3	36,0	62,13	4,09	0,60	4,44
	524,30	524,50	Мартитовая с силикатами и карбонатом	3,29	11,0	37,0	63,94	1,98	4,04	2,35
	588,00	588,15	Мартитовая с силикатами и гиббситом	3,20	13,0	43,8	65,67	1,75	0,64	2,82
	597,10	597,30		3,27	11,7	38,9	65,52	2,16	0,69	2,65
	601,15	601,35		3,32	11,6	40,6	65,37	1,72	1,12	2,52
	606,70	606,90		3,28	9,5	36,3	62,22	3,05	2,71	4,26

	622,95	623,15	Мартитовая	3,22	12,0	40,7	66,49	1,46	1,02	0,95
	739,55	739,70	Маршаллит-мартитовая	3,01	7,7	57,7	53,86	1,00	22,01	0,62
	771,10	771,25	Мартитовая с силикатами и гётитом	3,10	12,7	31,9	60,84	4,98	4,54	2,49
	790,20	790,30	Гётитовая с мартитом	3,14	6,4	27,0	57,95	9,33	4,50	2,01
	795,90	795,95	Гётит-мартитовая	2,84	13,6	42,4	60,39	6,41	4,63	2,88
2M	441,10	441,25	Переотложенная силикатно-мартитовая	3,24	8,8	29,26	63,89	2,49	2,54	3,06
	494,00	494,15	Железнослюдково-мартитовая	3,25	10,4	42,17	67,89	1,02	0,33	1,04
	532,10	532,25	Мартитовая с силикатами	3,20	12,3	42,34	65,57	1,86	0,94	2,32
	547,25	547,40	Мартитовая с бемитом и силикатами	3,06	14,8	45,94	64,82	1,94	1,49	4,16
	556,30	556,40	Мартитовая с бемитом	3,36	11,0	39,35	66,23	1,44	0,89	2,17
	565,50	565,70		3,33	11,4	39,01	65,07	2,08	0,49	3,38
	568,00	568,10		3,19	12,3	13,94	65,07	2,08	0,49	3,38
	589,30	589,45	Мартитовая	3,31	9,2	39,71	67,62	1,03	0,49	1,42
	593,95	594,10		3,49	11,0	38,01	66,74	1,48	0,31	1,38
	625,05	625,20		3,18	13,0	43,11	66,95	1,20	0,72	2,11
	640,60	640,80		3,58	10,5	33,08	66,43	1,45	1,84	1,11
	688,90	688,95	Маршаллит-мартитовая	3,28	12,6	28,54	56,25	0,98	18,07	1,30
	694,70	694,75	Железнослюдково-мартитовая	3,55	11,2	37,17	66,40	0,80	1,25	1,19
	728,85	728,95		3,18	12,2	42,08	66,43	1,47	2,11	1,48
	789,25	789,40	Мартитовая с гётитом	2,95	11,7	31,08	64,14	3,72	3,28	2,25
	801,40	801,55	Мартит-гидрогетитовая	3,03	11,7	32,21	60,44	6,78	5,04	1,88
	811,50	811,65	Гётитовая с мартитом	3,04	9,5	26,92	55,65	10,97	5,64	3,62
	818,25	818,35	Железнослюдково-мартитовая с силикатами	3,13	9,8	36,64	64,38	2,13	3,41	2,64
11M	452,75	452,90	Переотложенная мартитовая с силикатами	3,71	7,0	23,8	63,84	2,48	2,80	3,30
	456,95	457,15	Железнослюдково-мартитовая с силикатами	3,60	11,5	26,1	62,35	3,93	3,69	4,26
	470,90	471,15	Мартитовая с гидрогематитом	4,45	4,50	12,7	65,58	3,08	1,77	1,70
	570,50	570,60	Мартитовая с бемитом и силикатами	3,46	10,0	36,9	65,57	1,49	0,79	2,87
	583,90	584,05		3,76	0,16	23,7	63,89	1,83	1,87	4,29
	592,45	592,55	Железнослюдково-мартитовая	3,26	14,9	43,9	65,28	1,24	3,08	1,51
	866,50	866,75	Мартит-гидрогетитовая	3,18	7,5	34,0	58,36	8,33	5,34	2,08

*Анализы выполнялись в лаборатории Белгород-Гипроруда.

Работы по очистной выемке руды в добычных скважина, вскрывающих рудное тело мощностью 120-200 м на глубине 520-540 м от дневной поверхности, показали, что в вертикальных добычных скважинах формирование очистной камеры с заданными параметрами, с применением гидромониторного размыва их стенок возможны только при её горизонтальном сечении не более 1,5-1,8 м, а при сечении более двух метров разрушающее воздействие гидромониторных струй в затопленном пространстве на глубине 600-700 м от поверхности минимально и осуществляется с затуханием до почти полного прекращения дезинтеграции руды.

Изменение в объёме от 100 до 500 м³/час и при давлении воды от 5,0 до 10,0 МПа, подаваемой на сопла гидромонитора, практически, в выше названных условиях, не оказывают заметного влияния, как на объемные, так и на качественные показатели очистной выемки.

Шланговые и выдвижные гидромониторные системы, позволяющие приблизить гидромонитор к поверхности разрушаемого массива приводят на начальном этапе использования к росту

производительности по отбиваемой горной массы и увеличению объема очистных камер. что в свою очередь приводит к резкому снижению производительности эрлифтного подъема рудной пульпы на поверхность, так как расстояние от «башмака» пульпоподъемной колонны к забою изменяется в большую сторону и скорость движения частиц руды к всасу пульпоподъемной трубы снижается в прямой зависимости от изменения объема камеры от меньшего к большему и скорости как восходящего, так и горизонтального потока пульпы от меньшего к большему. Рост площадей обнажения и стенок камеры и ее потолочины приводит к лавинообразному обрушению руды в объемах от сотен до нескольких тысяч тонн, вызывающих обрыв пульпоподъемных и деформацию рабочих водоподающих буровых труб и обрыв в завале руды шлангового гидромонитора.

Проводимые опытно-экспериментальные добычные работы показали, что применение гидромониторных струй в затопленном пространстве для отбойки железной руды не рационально, т.к. ее эффективное действие распространяется не более одного метра, при этом на сопла гидромонитора необходимо подать не менее 150 м³/час воды при давлении более 5,0 МПа, что является одним из самых затратных технологических приемов.

Создание в скважине специальных очистных полостей гидромониторными струями, из-за отсутствия приборного и визуального обеспечения, слабо контролируемого по причине возможного наличия в рудной толще крепких кусков или пропластков, что приводит к неуправляемому, слабо прогнозируемому процессу очистной выемки и ожидаемому, а не плановому производству объемов руды.

Промышленное производство железорудного сырья необходимо для обеспечения им конкретного потребителя в оговоренные объемы и сроки. Обеспечение этих условий, по нашему мнению, возможно достигнуть за счет строительства и эксплуатации наклонно-направленных добычных скважин с использованием в них специальных механических добычных агрегатов, которые создают в рыхлом рудном пласте первичную отрезную полость с неустойчивой потолочиной и дальнейшее ее самообрушение в планируемых объемах.

Применение камерно-столбовой системы разработки с самообрушением руд позволяет осуществлять переход к использованию низконапорных насосов (с увеличенной наработкой на отказ), что позволяет практически полностью поддерживать внутрипластовое давление рудных вод и исключить депрессионное воздействие на околоскважинные уровни воды и их смешивание.

Опытные геолого-технологические исследования на Большетроицком месторождении позволили выделить следующие критерии, которые следует учитывать при заложении новых технологических скважин и в целом при проектировании новых рудников в столь же сложных геолого-технологических условиях [24]:

1. Стратиграфический. Наличие карбонатного «панциря» мощностью не менее 30 м над рудной толщей – центральные части геологоразведочных профилей V, V+400 и V-400. Должен учитываться исключительно массивный доломитовый горизонт.

2. Тектонический. Добычные должны конструироваться в непосредственной близости (на расстоянии 20-30 м) от взбросово-сбросовых структур (см. рис. 4.15). Виды скважин: вертикальные (у склона взбросового блока) и трехазимутальные (взаимопротивоположные друг от друга по простиранию структуры – вдоль рудоконтролирующего разлома).

3. Фациальный. Две геологоразведочные скважины с расстоянием не более 50 м; между ними должны быть исключительно скальные руды с пластом рыхлых в верхней части рудной толщи.

Экспериментальные работы по наработке технологии подземной скважинной добычи железных руд определили ряд особых подходов, которые требуется учитывать при проектировании геологоразведочных работ применительно к этому методу [2]:

1. Проведение на первом этапе геологоразведки геофизических (сейсмических) работ для определения контуров подошвы богатых руд по материнским породам и выделении резких тектонических нарушений, по нашему мнению, наиболее благоприятных для отработки руд методом подземной скважинной добычи.

2. Сеть разведочных скважин должна быть приближена к квадратной и не реже 200х200 м. Это позволит в самом начале работ определить наиболее перспективные участки для отработки (добычи) руд и общие характеристики рудной толщи. Наиболее перспективными участками для отработки руд на этом этапе следует считать по: а) водонасыщенности рудной толщи; б) физико-механическим свойствам руд и в) минералого-петрографическим характеристикам с содержанием $Fe_{общ.} > 60 \%$.

3. Второй этап заключается в сгущении буровой сети до 50х50 м на наиболее перспективных для отработки участках. Это позволит чётко сформулировать прогноз добычных работ относительно чрезвычайной переменчивости руд в разрезе и по простиранию, а также учесть и своевременно локализовать скальные и весьма тонкозернистые руды.

Данные геологоразведочных работ подразумевают получение и дальнейшую обработку огромного массива данных. Помимо мощности рудной залежи, для первоочередной отработки следует оперативно отбраковать наиболее перспективный блок.

Никулиным И.И. сделана попытка обработки более 10000 химических анализов методом самоорганизующихся карт Кохонена (СОК) (рис. 9.4). Это алгоритм самообучаемой нейронной сети, который позволяет в кратчайшие сроки в автоматическом режиме обрабатывать бесконечные базы данных. Породы Большетроицкой коры выветривания по минералого-технологическим характеристикам методом СОК разделены на четыре типа [27] (рис. 9.5): 1) магнетит-гематитовые, гётит-гематитовые и бертьерин-гематитовые рыхлые руды; 2) гематит-гётитовые, гидрогематит-гётитовые рыхлые руды; 3) карбонат-гематитовые и магнетит-карбонат-гематитовые скальные руды; 4) магнетит-гематитовые скальные руды. По простым графическим результатам очевидно, что наиболее подходящий блок для разработки заключен между скважинами 2р-7р-31р (см. рис. 4.14).

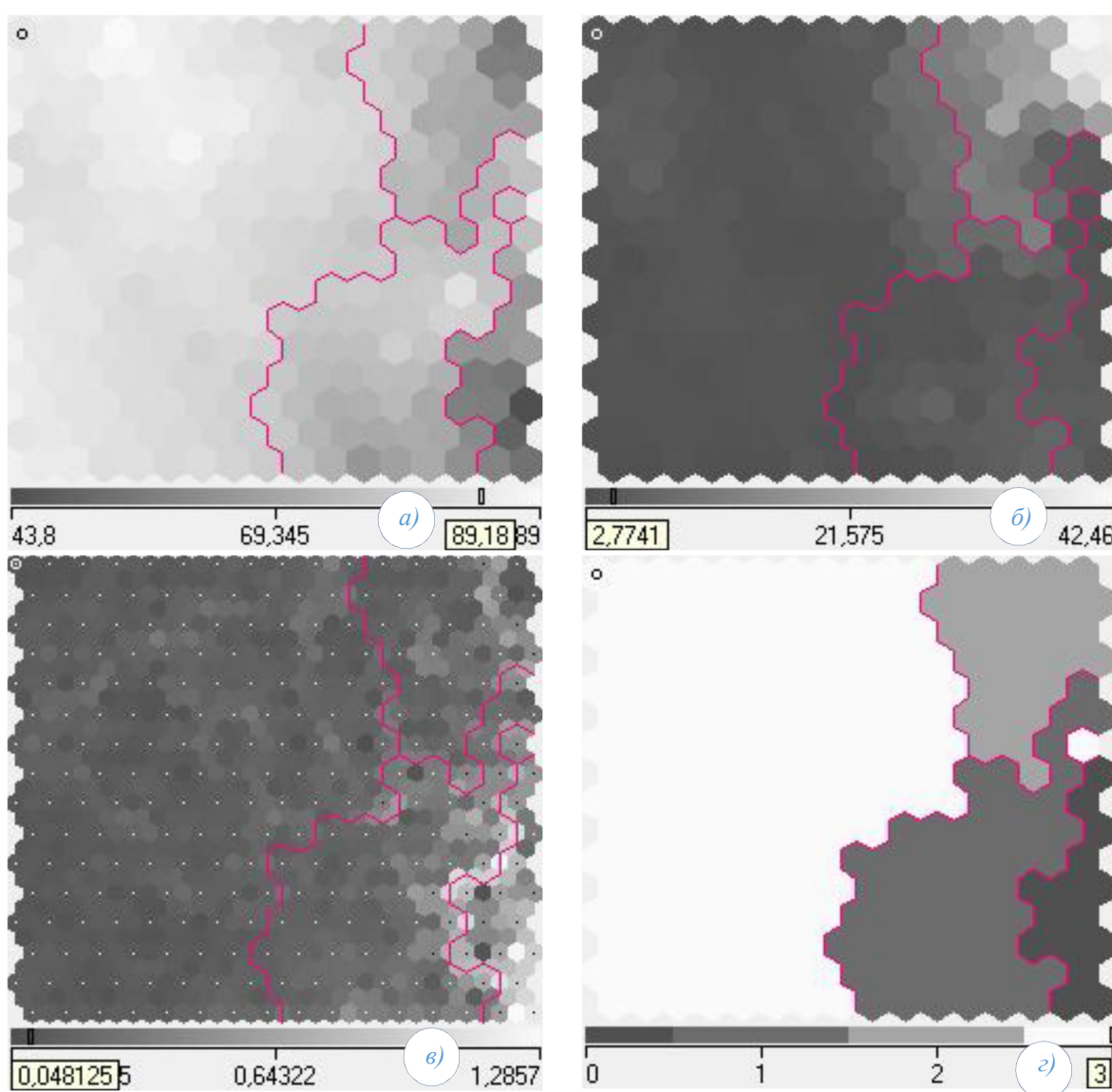


Рис. 9.4. Произвольная выборка результата расчётов методом самоорганизующихся карт Кохонена: часть первичных данных - а) Fe_2O_3 ; б) SiO_2 и конечный результат вычислений - в) матрица расстояний; г) картографические кластеры Кохонена.

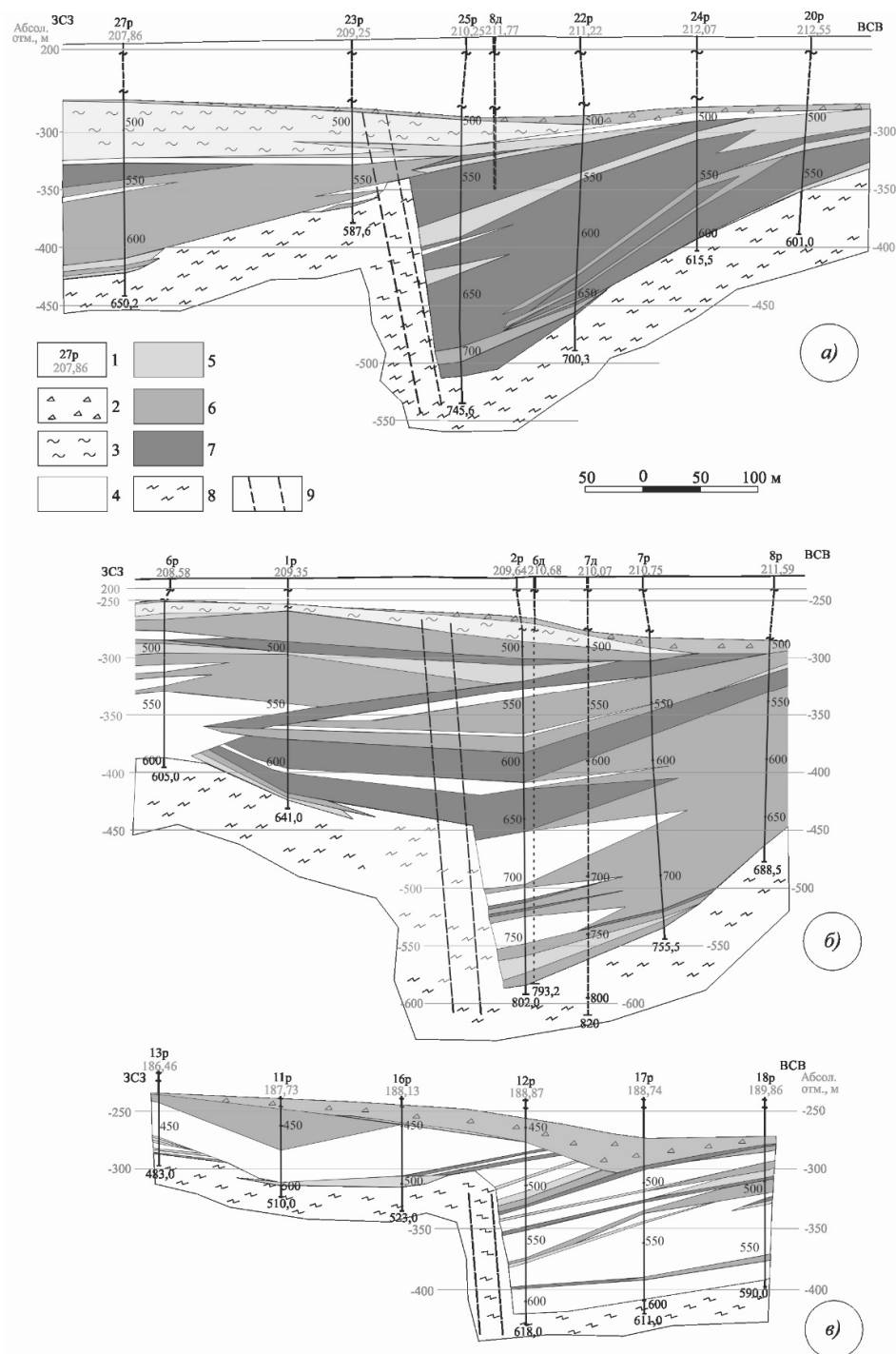


Рис. 9.5. Схематические разрезы коры выветривания по минералого-петрографическим характеристикам, определённым методом СОК Кохоннена: а) северная часть – разрез по профилю V+400; б) центральная часть – разрез по профилю V; в) южная часть – разрез по профилю V-400; 1 - номер скв./абс. отм., м; 2 - осадочные обломочные отложения; 3 - сильно выветрелые филлитовидные сланцы; 4 - первый тип пород (см. в тексте); 5 - второй тип пород; 6 - третий тип пород; 7 - четвёртый тип пород; 8 - окисленные кварциты; 9 – тектоническое нарушение.

Таким образом, вышеизложенный инновационный подход в добыче богатых железных руд имеет право на существование, особенно со сложившейся современной конъюнктурой вокруг горнодобывающей промышленности. Особые требования для геологоразведочных работ применительно к методу подземной скважинной добычи составляют основание для скорейшей разработки обособленных методических указаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кора выветривания по джеспилитам, представленная богатыми железными рудами, широко распространена в Белгородском районе КМА. Она относится к линейно-площадному типу и имеет мощности от первых десятков до первых сотен метров, наибольшие в зонах тектонического дробления и на контактах железистых кварцитов и сланцев. Нередко в КВ наблюдаются карстовые воронки с большими объёмами захороненных в них богатых железных руд. Залежи одинакового состава, сходной морфологии и структуры сконцентрированы группами, образуя рудные месторождения. Наиболее крупными из них являются Яковлевское, Разуменское, Большетроицкое, Шемраевское и Ольховатское. В них сосредоточено более 70 % запасов железа Белгородского рудного района КМА.

Главными рудообразующими минералами являются: мартит, железная слюдка, карбонаты (сидерит и кальцит), гётит, магнетит (редко) и гидрогематит. В подчинённом количестве присутствуют кварц (или маршаллит) и бертьерин, которые могут принимать в некоторых типах руд существенное участие. Иногда в виде примеси присутствуют метаморфогенный кварц, каолинит, бёмит, гиббсит, пирит, марказит, в виде единичных зёрен – галенит и халькопирит.

Среди перечисленных минералов имеются остаточные, унаследованные от материнских пород, главным образом из которых является гематит (железная слюдка), образованные в результате выветривания (мартит, гётит, гидрогематит) и наложенные (бертьерин, сидерит, кальцит, шамозит). Различные сочетания этих минералов определяют основные типы богатых железных руд. Среди них выделяются мартит-гематитовые; гётит-гематитовые; гематит-гётитовые, гидрогематит-гётитовые; бертьерин-гематитовые; магнетит-гематитовые, сидерито-гидрогематито-гётитовые; силикатно-мартитовые разности. Основными минералами, слагающими богатые железные руды, являются гематит с основной железнослюдковой разновидностью, мартит, гидрогематит, гётит. В участках, приуроченных к верхним частям профилей выветривания, подвергшихся наложенным процессам заметную роль начинают играть силикаты (бертьерин, шамозит) и карбонаты (сидерит и кальцит).

Формирование богатых железных руд гипергенными процессами проходило в 4 основных этапа: 1 – докаменноугольный этап выветривания (каолинитовый), когда на джеспилитах сформировались преимущественно мартитовые богатые железные руды небольшой мощности, а на межрудных сланцах – гидрослюдисто-каолинитовая кора выветривания; 2 – латеритный этап выветривания в раннекаменноугольное время, когда сформировался основной массив богатых железных руд Белгородского района КМА; 3 – диагенетический этап бертьеринизации, сидеритизации, шамозитизации железных руд при подтоплении трансгрессирующим морем КВ, а после её перекрытия продолжение этих процессов; 4 – эпигенетический этап, в котором наложенные процессы заметно изменяют минеральный и химический состав руд, слагающих верхние части коры выветривания, их структурно-текстурный облик и физические свойства.

Основными факторами формирования коры выветривания 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 КВ. Второй фактор связан с благоприятными условиями для развития поверхностных гипергенных процессов (высокие температуры, обильные осадки). Третий фактор вызван обширным выходом биоса на сушу 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 нижнекаменноугольными. Важным условием сохранения КВ с богатыми железными рудами является наличие карстовых полостей с большим объёмом полезного компонента. Быстрое погружение юго-западного склопексы способствовало сохранности коры выветривания. На это также повлияло бронирование верхних частей КВ процессами цементации с образованием сидерита.

Изложенные в настоящей монографии фактические данные и обобщения наглядно показывают, что многие вопросы структуры и размещения рудных залежей, находящиеся в тесной связи в пределах Белгородского района КМА, могут считаться в основном выясненными. Дальнейшее направление исследований должно быть связано с уточнением геологических, в том числе структурных, и минеральных особенностей богатых железных руд конкретных месторождений Белгородского района КМА для выделения в их пределах участков, наиболее перспективных для гидроскважинной добычи.

Литература

1. Аскоченский Б.В., Семенов В.П. Кора выветривания карбонатных пород верхнего мела Воронежской антеклизы. – Воронеж: Изд-ВГУ, 1973. – 176 с.
2. Балашов А.Г., Никулин И.И. Интеграция и инновации при освоении глубокозалегающих обводнённых месторождений богатых железных руд // Труды научно-практ. конф. "Перспективы создания новых горнорудных районов в европейской части России и на Урале". - М.: ФГУП "ВИМС", 2012. - С. 12-22.
3. Безуглый М.М., Никулин И.И. Новые представления о геологическом строении и характере рудоносности Большетроицкого месторождения (Белгородский район КМА) // Вестник ВГУ, Серия: Геология, 2010. - № 2. - С. 171-179.
4. 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. 67-75.
5. Бунеев В.Н., Сиротин В.И. Палеоландшафты визейского века юго-западного склона Воронежской антеклизы // Тез. докл. Всесоюзн. совещ. «Коры выветривания и бокситы». – Кустанай, 1981. – С. 145-146.
6. Бунеев В.Н., Сиротин В.И. Эволюция палеоландшафтов визейского века юго-западного склона Воронежской антеклизы // Месторождения бокситов и их связь с выветриванием. – Алма-Ата, 1983. – С. 100-112.
7. Воскресенская М.Н. Метаморфизованные коры в докембрии КМА // Докембрийские коры выветривания. - М.: Недра, 1975. – С. 34-39.
8. Геворкян В.Х. Геология нижнемеловых отложений юго-западной окраины Восточно-европейской платформы. - Киев, 1976. 128 с.
9. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии / Под ред. И.Н. Леоненко. – М.: Изд-во «Недра», 1970. Т. I. К. 1, Т. I. К. 2.
10. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии (КМА). Т. III. Железные руды / Под ред. И.Н. Леоненко. – М.: Изд-во «Недра», 1969. – 319 с.
11. Голивкин Н.И. Железистые кварциты, богатые железные руды Лебединского месторождения КМА и их взаимосвязь / Н.И. Голивкин // Рудоносность докембрия КМА. - М.: Изд-во «Наука», 1969. - С. 13-20.
12. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Слоистые силикаты в земной коре. Сообщение 1 // Литология и полезные ископаемые, 1984. - № 6. - С. 3-23.
13. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Слоистые силикаты в земной коре. Сообщение 2 // Литология и полезные ископаемые, 1985. - № 1. - С. 3-16.
14. Дуброва Б.С., Свительский Н.И. Курская магнитная аномалия. // Главнейшие железорудные месторождения СССР, - Горгеонефтеиздат, 1934. - 278 с. -Т. I.
15. Железные руды КМА. / Под ред. В.П. Орлова, И.А. Шевырева, Н.А. Соколова. - М.: Геоинформмарк, 2001. – 616 с.
16. Железорудная база России / Под ред. В.П. Орлова, М.И. Веригина, Н.И. Голивкина. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. – 848 с.
17. Золотов Ф.С. Открытие залежей богатых руд в Старо-Оскольском районе // Разведка недр, 1933. - № 2-3. - С. 87-99.
18. Иголкина Н.С., Кириков А.А., Кочин Г.Г. и др. Геологические формации осадочного чехла Русской платформы // Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер. Т. 296. Л., «Недра», 1981. – 168 с.
19. Камская И.Н. Тектурно-структурные особенности, зональность и природные типы богатых железных руд Шемраевского месторождения КМА // Геология и разведка, - 1997. - № 2. - С. 120-128.
20. Клекль В.Н., Большетроицкое месторождение / И.Н. Леоненко, И.А. Русинович, С.И. Чайкин // В кн.: Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии, т. III, Железные руды. – М.: «Недра», 1969. – С. 181-191.
21. Никитина А.П. Древняя кора выветривания кристаллического фундамента Воронежской антеклизы и ее бокситоносность. - М.: Наука, 1968. - 160 с.
22. Никитина А.П. Факторы сохранности месторождений латеритных бокситов Европейской части СССР // Кора выветривания // Выпуск 18. - М.: Изд-во «Наука», 1983. - С. 126-137.

23. Никулин И.И. Бертьерин – главный силикат месторождений богатых железных руд КМА) // Вестник ВГУ, Серия: Геология, 2013. № 1. - С. 89-97.
24. Никулин И.И. Геологические аспекты при освоении глубокозалегающих обводнённых месторождений богатых железных руд // Науч. ведомости Белгород. гос. ун-та. Естественные науки. № 7 (160), 2013. Выпуск 24. - С. 148-154.
25. Никулин И.И. Морфология и условия формирования железорудных кор выветривания Белгородского района КМА / И.И. Никулин // Вестник ВГУ, Серия: Геология, - 2014. - № 3. – С. 64-73.
26. Никулин И.И. Редкоземельные элементы в коре выветривания железистых кварцитов Большетроицкого месторождения КМА // Вестник ВГУ, Серия: Геология, 2014. - № 1. - С. 54-61.
27. Никулин И.И. Сопоставление больших массивов данных химических анализов коры выветривания железистых кварцитов Большетроицкого месторождения с петрографическими данными по керну методом самоорганизующихся карт Кохонена // Материалы Российского совещания с международным участием "Геохимия литогенеза", Сыктывкар: ИГ Коми УрО РАН, 2014. - С. 33-37.
28. Никулин И.И. Характеристика минерального состава богатых железных руд Большетроицкого месторождения КМА // Вестник ВГУ, Серия: Геология, - 2012. - № 1. – С. 144-154.
29. Письменная И.Н. Природные и техногенные типы богатых железных руд Шемраевского месторождения КМА в связи с вопросами их скважинной гидродобычи // Автореферат. М.: МГГА, 1997. – 20 с.
30. Рахманов В.П. Богатые железные руды коры выветривания Курской магнитной аномалии. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 198 с.
31. Романов И.И. Белгородский рудный район / Н.И. Голивкин, Н.Д. Кононов, В.П. Орлов (ред.) // Железные руды КМА – М.: Геоинформмарк, - 2001. – С. 293-438.
32. Русинович И.А. Геологическое строение докембрия железорудного бассейна КМА // Советская геология, 1958. - № 5. – С. 98-107.
33. Савко А.Д. Геология Воронежской антеклизы // Тр. НИИ геологии Воронежского гос. университета. Вып. 12. Воронеж. Изд-во ВГУ, 2002. – 165 с.
34. Савко А.Д. Историческая геология. – Воронеж: Изд-во Воронеж. Гос. Ун-та, 2008. – 450 с.
35. Савко А.Д. История развития поверхности кристаллического фундамента Воронежской антеклизы в верхнем протерозое и фанерозое // Вопросы геологии и металлогении докембрия Воронежского кристаллического массива. - Изд-во ВГУ, Воронеж, 1976. - 128 с.
36. Савко А.Д. Фанерозойские коры выветривания и связанные с ними отложения Воронежской антекализы, их неметаллические полезные ископаемые // Дисс. д-ра геол. мин.наук. - Воронеж, 1984. – 551 с.
37. Савко А.Д., Бугельский Ю.Ю., Новиков В.М., Слукин А.Д., Шевырев Л.Т. Коры выветривания и связанные с ними полезные ископаемые. – Воронеж: Истоки, 2007. – 355 с.
38. Савко А.Д., Додатко А.Д. Коры выветривания в геологической истории Восточно-Европейской платформы. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. – 231 с.
39. Савко А.Д., Хожайнов Н.П. Этапы формирования кор выветривания в верхнем протерозое и палеозое Воронежской антеклизы // В сб.: «Литогенез в докембрии и фанерозое Воронежской антеклизы», - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1975. С. 49-59.
40. Савко А.Д. Щеголев И.Н. Эпохи корообразования в докембрии Воронежской антеклизы // Литология и полезные ископаемые. – 1979. – С.64-78.
41. Савко А.Д. Эпохи корообразования в истории Воронежской антеклизы. - Воронеж : Изд-во ВГУ, 1979. – 120 с.
42. Савко К.А. Метаморфизм палеопротерозойской железисто-кремнистой формации Курской магнитной аномалии / Тр. НИИ геологии Воронежского госуниверситета. Вып. 45. Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского гос. ун-та, 2007. – 183 с.
43. Савко К.А., Кальмуцкая Н.Ю. Фазовые равновесия и условия метаморфизма раннепротерозойских метапелитов Приоскольской структуры, Воронежский кристаллический массив // Вестн. Воронежского ун-та. Сер. геол., - 2000. - № 3(9). - С. 102-119.
44. Савко К.А., Кальмуцкая Н.Ю. Физико-химические условия метаморфизма магнетит-грюнерит-рибекитовых пород Приоскольского железорудного месторождения Курской магнитной аномалии// Вестн. Воронежского ун-та, сер. геол., 2002. - № 1. - С. 95-103.

45. Савко К.А., Поскрякова М.В. Минералогия, фазовые равновесия и условия метаморфизма пород Шемраевского железорудного месторождения Курской магнитной аномалии // Вестн. Воронежского ун-та, сер. геол., 2004, № 1, с. 68-84.
46. Савко К.А., Поскрякова М.В. Минералогия, фазовые равновесия и условия метаморфизма пород Новоялтинского железорудного месторождения КМА // Вестн. Воронежского ун-та, сер. геол., - 2003. - № 2. - С. 113-131.
47. Савко К.А., Поскрякова М.В. Рибекит-эгирин-селадонитовые железистые кварциты Михайловского железорудного месторождения Курской магнитной аномалии: фазовые равновесия и условия метаморфизма // Петрология, - 2003. Т. 11, № 5. - С. 471-490.
48. Савко К.А., Поскрякова М.В., Лебедев И.П. Фазовые равновесия и физико-химические условия метаморфизма пород железисто-кремнистой формации Панковского месторождения Курской магнитной аномалии // Вестн. Воронежского ун-та, сер. геол., - 2003. - № 1. - С. 85-92.
49. Савко К.А., Фонарев В.И., Конилов А.Н., Чигарев А.Г., Пилюгин С.М. Тетраферрибиотит – продукт термального разложения селадонита (экспериментальные данные) // Вестн. Воронежского ун-та, сер. геол., - 2005. - № 2. - С. 60-65.
50. Свитальский Н.И., Дуброва Б.С. Основные черты геологического строения и качественные показатели руд Старо-Оскольского района КМА / ЧЦО в системе производительных сил СССР. Вып. 1. Воронеж, 1932. – С. 17-28.
51. Семенов В.П. Палеоген Воронежской антеклизы. – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1965. - 278 с.
52. Сиротин В.И. Закономерности визейского бокситообразования (на примере КМА и других провинций Русской платформы) // Автореферат док. дисс. – Воронеж, 1988. – 45 с.
53. Сиротин В.И. Закономерности визейского бокситообразования (на примере КМА и других провинций Русской платформы). // Дисс. д-ра геол.-мин. наук. - Воронеж, 1988.- Т. 1. - 353 с.
54. Сиротин В.И. История минералов свободного глинозёма и эволюция литолого-минералогических типов бокситов КМА // Литология и полезн. ископ. – Москва, 1973. - № 6. – С. 68-83.
55. Сиротин В.И. К вопросу об условиях образования и распространения минералов свободного глинозёма в латеритной коре выветривания Белгородского района // Аспирант. сб. – Воронеж, 1966. – С. 234-237.
56. Сиротин В.И. О балансе вещества в древних (палеозойских) латеритных корях выветривания // Геохимия платформ. и геосинклинальн. осадочн. пород и руд фанерозойск. и верхнепротероз. возраста. - М., 1980. – С. 163-165.
57. Сиротин В.И. О некоторых особенностях формирования древних латеритных кор выветривания (на примере КМА) // Поведение рудогенных элементов в опорных профилях выветривания. – Новосибирск, 1982. – С. 111-121.
58. Сиротин В.И., Никитина А.Н. О шамозитизации в латеритной коре выветривания и бокситах Белгородского района КМА // Кора выветривания. – М., 1967. – Вып. 8. – С. 29-39.
59. Хожаинов Н.П. Литология и палеогеография карбона Курской магнитной аномалии (КМА) // Литология и палеогеография палеозойск. Отлож. Рус. Платформы. – М., 1972. – С. 170-180.
60. Цибизов А.Н., Куренкина И.Е. Новые данные к характеристике древней коры выветривания метаморфических пород докембрия КМА / А.Н. Цибисов, И.Е. Куренкина // Геология и полезные ископаемые Центрально-Чернозёмных областей. – Воронеж, 1964. – С. 187-190.
61. Чайкин С.И. Структурные типы месторождений богатых железных руд Курской магнитной аномалии // Геология рудных месторождений. – 1986. - № 1. – С. 12-21.
62. Чайкин С.И. Условия образования богатых железных руд Курской магнитной аномалии // Латериты. - М.: Недра, 1964. – 54-62.
63. Beiley S.W. Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee // Clay Miner. – 1980. - 15. –N 1.
64. Ryan P.C., Hillier S. Berthierine/chamosite, corrensite, and discrete chlorite from evolved verdine and evaporite-associated facies in the Jurassic Sundance Formation, Wyoming // American Mineralogist, 2002. Vol. 87, P. 1607–1615.

Фондовая

65. Оникиенко Л.Д. Алюмофосфаты в богатых железных рудах Шемраевского месторождения КМА / Л.Д. Оникиенко, И.Н. Камская, - М., 1991. - 1 – Деп. В ВИЭМС 28.03.91. - № 968-МР-91.
66. О результатах анализа геологоразведочных работ и обоснованиях рекомендаций по выбору участков на месторождениях богатых железных руд Белгородского рудного района КМА для промышленного освоения методом скважинной гидродобычи (СГД) / Романов И.И., Белгород, 2001. 74 с.
67. Отчёт о результатах поисковых работ на бокситы в районе Гостищевского месторождения богатых железных руд КМА за 1978-1982 гг. // Романов И.И., Кузовкина З.И., Степанова Н.Т. и др., - Белгород, 1982. - 142 с.
68. Отчёт о геологоразведочных и поисковых работах на Яковлевском месторождении КМА (по состоянию на 01.01.2970 г.) // Клекль В.Н., Кулешов С.Т., Романов И.И., - Белгород, 1969. - 268 с.
69. Отчёт о геологоразведочных и поисковых работах, произведенных на Гостищевском железорудном месторождении Белгородского железорудного района КМА (по состоянию на 01.09.1960 г.) // Русинович И.А., Саар А.А., Небосенко В.Ф., - с. Гостищево, 1960. - 237 с.
70. Результаты геологопоисковых работ на КМА по состоянию на 1.1.1951 г. Ч. I. / Русинович И.А., Кулибаба Ф.В. // Фондовый отчёт, ВГФ, ТГФ, ГУРЦ, 1951.
71. Романов И.И. Технологическая оценка богатых железных руд Белгородского железорудного района, как сырья для производства высококачественного концентрата специального назначения, Белгородгеология, Белгород, 1999. 110 с.
72. Соколов Н.А., Романов И.И., Отчёт о результатах поисковых работ на бокситы в районе Гостищевского месторождения богатых железных руд КМА за 1978-1982 гг. // Фондовый отчёт по теме, Белгород, 1982. 142 с.
73. Соколов Н.А., Романов И.И., Пономарёв В.Н. Составление геолого-экономической карты КМА масштаба 1:500000 для чёрной металлургии // Фондовый отчёт по теме, Белгород, 1998. 246 с.

Электронные ресурсы

74. <http://www.mindat.org/min-639.html> – Международный минералогический комитет.
75. <http://www.handbookofmineralogy.org/search.html?p=all>
76. <http://rruff.info/>