

О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЩЕЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА

И. П. Лебедев

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 15 июня 2008 г.

Аннотация. Приводятся данные, свидетельствующие о достаточно широком распространении в пределах железорудного бассейна КМА щелочных (обогащенных натрием) железистых кварцитов в составе раннепротерозойских образований курской серии, особенности строения и состава которых позволяют предполагать, что они представляют собой метаморфизованные продукты специфического, близкого к эвапоритовому, литогенеза.

Ключевые слова: докембрий, щелочные железистые кварциты, литогенез, эвапоритовый литогенез.

Abstract. There are data provided, proving enough broad spreading of metamorphic products of evaporation lithogenesis in area of iron pond of Kursk Magnetic Anomaly, presenting mainly alkaline iron quartz rocks in part of early proterozoic formation of Kursk series.

Key words: Precambrian, alkaline iron quartz rocks, lithogeny, evaporate lithogeny.

Докембрийские полосчатые железорудные формации слагают стратиграфические толщи мощностью несколько сотен метров и протяженностью в сотни и даже более километров на кратонных блоках практически всех континентов. Эти мощные железорудные формации мира отложились, по-видимому, в течение единой эпохи в истории Земли, в период между 1900 и 2500 млн лет назад. Почти все исследователи генезиса докембрийской полосчатой железорудной формации в настоящее время принимают в качестве основного принципа ее происхождения химическое осадконакопление [4]. Н. А. Плаксенко показал, что формирование первичных осадков железисто-кремнисто-сланцевой формации железорудной провинции КМА происходило в условиях вялого тектонического режима, теплого и влажного климата и интенсивного химического выветривания на равнинном ландшафте водосборных пространств [11]. Вместе с тем «при высокой чувствительности окислов железа к изменению среды, даже незначительных колебаний дна (глубины) и изменении условий среды было достаточно для быстрой смены фациальных типов железистых пород» [11, с. 243]. Следовательно, на фоне преобладающих условий предположительно гумидной обстановки на водосборных площадях в

мелководном бассейне хемогенной седиментации вполне допустимы фациально различные типы накопления железистых пород. Х. П. Эйгстер, Ай-Мин-Чжоу констатируют, что наиболее очевидным выводом является то, что полосчатые железорудные формации представлены различными породами и едва ли их можно объяснить единственной моделью осадконакопления [16].

В настоящей статье рассматривается вопрос о происхождении одной из составляющих пород полосчатой железорудной формации – щелочных железистых кварцитах, распространение которых в пределах железорудного бассейна КМА, занимающего территорию более 150 тыс. км², представляется весьма существенным.

Щелочные железистые кварциты известны во многих докембрийских железорудных провинциях Мира [4]. Ю. Ир. Половинкина на примере Криворожского бассейна установила, что щелочные железистые кварциты – характерная особенность полосчатой формации железистых кварцитов докембрия. Источниками натрия предполагались особые гидротермальные растворы, выделившиеся из магматического очага повышенной щелочности [12].

Железорудные формации Куруман и Пендж, по данным [1], отличаются от всех других залежей Южной Африки тем, что они местами содержат значительное количество натрия. В детально изу-

ченной железорудной формации Куруман установлены три разновидности рибекита: таблитчатый рибекит, массивно-волокнистый и крокидолит (щелочноамфиболовый асбест). Единственное различие между тремя разновидностями рибекита заключается в их форме. Слои массивно-волокнистого рибекита, состоящие из мельчайших сросшихся иголок рибекита, по-видимому, служили первичным материалом, за счет которого развивались таблитчатые и асбестовидные разновидности. В пределах железорудной формации Куруман установлено семь зон с рибекитом, а в соседнем районе Даниелскейл развиты только четыре зоны, что свидетельствует о перерывах в осадконакоплении. Рибекитовые зоны тесно ассоциируют с интраформационными осадочными брекчиями и тем самым указывают, что натрий концентрировался в определенный момент времени, когда область осадконакопления становилась особенно мелководной. Осаждение натрия происходило в локальных ограниченных бассейнах, в условиях высокой солености и относительной мелководности [16].

Детальные исследования полосчатости железистых кварцитов Криворожского бассейна, выполненные Д. А. Куликом по специально разработанной методике, привели к выводу, что «в полосчатости железистых кварцитов и сланцев имеются черты, характерные для режимов осаждения эвапоритов...» [8, с. 24].

История эвапоритового осадконакопления в раннем протерозое и архее остается слабо изученной [10]. Принято считать, что докембрийская история геологического развития Земли отличалась крайне незначительным эвапоритовым осадконакоплением [5]. В значительных объемах они стали накапливаться в кембрийском периоде. В связи с этим возникло представление о том, что на границе кембрия и докембрия произошли крупные изменения геологических обстановок седиментации, которые привели к быстрому формированию соленосных отложений.

Вместе с тем многие исследователи [13] считают, что в докембрии условия для эвапоритового литогенеза были такими же благоприятными, как и в фанерозое, но региональный метаморфизм приводит к уничтожению первично сульфатных, галоидных и особенно содовых отложений. Критериями их былого присутствия могли бы быть аномально высокие содержания натрия и калия в разрезах метаморфических пород, но их высокая химическая активность и миграционная способность, наряду с широкой распространенностью,

обусловили появление идеи о метасоматической гранитизации стратифицированных разрезов докембрия, получившей настолько широкое признание, что наличие метаморфогенных минералов-концентраторов натрия и калия в супракристалльных породах принималось в качестве доказательства проявлений регионального метасоматоза и гранитизации.

В полосчатых железистых кварцитах бассейна КМА минералы – концентраторы натрия – эгирин и щелочные амфиболы замечены давно (Лучицкий, 1926 [по 2]), впервые детально описаны А. А. Глаголевым [2] в пределах Старооскольского рудного района, где наиболее распространены на Коробковском, Лебединском и Салтыковском месторождениях, значительно реже встречены на Щигровском, Лукьяновском и южных разрезах Стойленского месторождения и отсутствуют в пределах Ястребовского, Осколецкого и Тимского месторождений. В настоящее время известно, что щелочные железистые кварциты распространены участками, но широко в пределах всего железорудного бассейна КМА. Кроме перечисленных, они установлены также в разрезах Михайловского, Чернянского, Северо-Волотовского, Шемраевского месторождений (рис. 1). Эгирин и щелочные амфиболы обычно тесно ассоциируют с породообразующими минералами железистых кварцитов: магнетитом, гематитом, кварцем, карбонатами, слюдами.

На Лебединском, Михайловском, Чернянском месторождениях щелочные железистые кварциты в настоящее время составляют значительную долю технологических сортов руд. Глубокая (1536,2 м) скважина 3830, заложенная на забое карьера Михайловского месторождения, вскрыла круто погружающуюся мощную (около 300 м) пачку тонкополосчатых эгириновых кварцитов, минеральный состав которых характеризуется широкими вариациями содержаний эгирина и щелочных амфиболов (см. далее табл. 1).

Морфологически следует различать два типа железистых пород – концентраторов эгирина и щелочных амфиболов. Первый, наиболее значительный, представлен пластообразными, нередко выклинивающимися телами, составляющими стратифицированные слои в составе коробковской свиты курской серии. Их детальное изучение с позиций щелочного метасоматоза, выполненное А. А. Глаголевым в Старооскольском рудном районе, привело автора к заключению, что «региональное распространение малоинтенсивного щелочного метасоматоза, небольшое число подвижных ком-

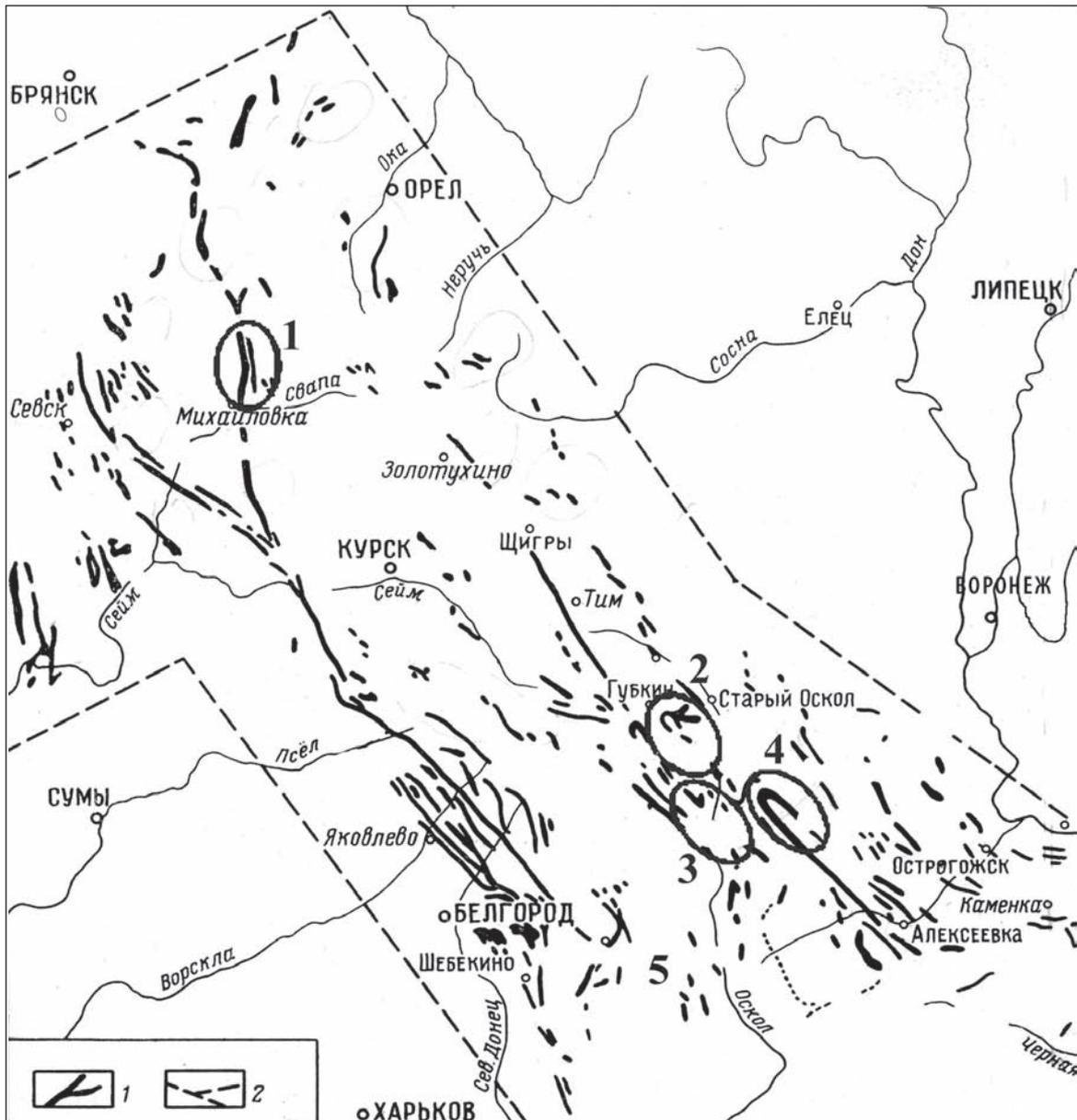


Рис. 1. Участки распространения щелочных железистых кварцитов в бассейне КМА: 1 – магнитные аномалии, вызванные железистыми кварцитами; 2 – контур бассейна КМА. Овалами выделены участки выявленного распространения щелочных железистых кварцитов: 1 – Михайловский, 2 – Старооскольский, 3 – Чернянский, 4 – Северо-Волотовский, 5 – Шемраевский

понентов делают этот процесс сходным с обычным метаморфизмом... Внутри месторождений щелочноамфиболовые и эгириновые разности железистых кварцитов залегают слоями, чередуясь с разновидностями, не содержащими щелочного амфибола или эгирина» [2, с. 86–88].

Второй тип представлен секущими линзами, жилами и жилками, сложенными эгирином и амфиболом, часто вместе с кварцем и гематитом. Последние достаточно распространены на месторождениях, содержащих первый тип; в большом

количестве они вскрыты в контуре карьера Михайловского месторождения. Зоны насыщения эгириновыми и кварц-эгириновыми телами прослежены на 200–250 м вдоль общего простирания железистых кварцитов, сжатых в узкие изоклинальные складки. Ширина зон, приуроченных к крыльям складок, достигает 20 м. Изучение жильных форм обособления эгирина и кварца показало, что они являются синметаморфическими образованиями, сформированными в условиях высокой концентрации CO_2 в метаморфогенном флюиде [7; 9].

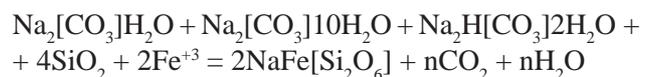
Минеральный состав железистых кварцитов Михайловского месторождения по разрезу скважины 3830, %

№ п/п	Глубина, м	Кварц	Магнетит	Гематит	Зеленая слюда	Карбонат	Эгирин	Рибекит	Сульфиды	Биотит
1	163,0	55	15	20	5	2	3	+	-	-
2	188,0	35	20	15	5	13	7	5	+	-
3	230,0	30	30	5	5	15	15	+	-	-
4	267,2	50	30	-	3	17	-	-	-	-
5	288,5	80	19		1	+	-	-	-	-
6	296,0	30	28	22	5	5	7	3	-	-
7	327,5	23	28	32	2	12	2	1	-	-
8	345,0	25	13	14	3	20	25	-	-	-
9	387,0	45	25	10	5	15	+	-	-	-
10	433,5	35	24	1	10	5	20	5	-	-
11	463,3	55	15	20	2-3	5-7	1-2	+	-	-
12	469,0	15	25	15	15	10	20	+	+	-
13	484,5	5	35		+	60	-	-	-	-
14	484,5	91	4	0,5	+	3	-	-	-	-
15	501,0	44	28	3	5	15	3	2	-	-
16	547,0	28	45		15	7	5	+	-	2
17	547,0	10	38	22	10	10	10	+	-	1-2
18	573,0	10	50		13	17	10	+	-	-
19	577,5	15	65		+	2-3	1-2	-	-	15
20	577,8	25	60		+	1-2	1-2	-	-	10
21	578,0	45	40		2-3	+	-	-	-	12-13
22	578,8	30	50	+	<=5	-	-	-	-	10
23	597,6	50	17	18	5	3	-	5	-	2
24	600,5	35	30	33	2	+	-	-	-	-
25	603,3	40	30	23	3	2	-	+	-	2
26	618,5	25	35	25	1-2	2-3	1-2	3+5	-	5-7
27	621,0	50	15		30	+	-	-	5-7	+
28	623,0	50	10		5	1-2	-	-	5-7	15
29	623,7	30	15	+	40	+	-	-	5-7	-
30	632,5	15	38	12	15	15	5-7	+<=1	-	-
31	667,0	50	27	3	10	3-5	5-7	<=1	-	-
32	713,0	45	30	15	2-3	1-2	5-7	-	-	<=3
33	741,0	35	20	40	2-3	+	-	<=1	-	>1
34	759,2	35	30	33	+	-	-	-	-	2-3
35	763,0	-	+	15	85	-	-	-	-	-
36	759,2	70	25		+	3-5	-	+	-	+
37	823,0	45	19	16	15	5	-	-	-	+
38	844,1	+(1)	20	-	75	3-5	-	-	-	-
39	949	2-3	36	24	30	5-7	1-2	+	+	+
40	1015,7	100	-	-	-	-	-	-	-	-
41	1015,7	60	17	13	5-7	2-3	1-2	-	-	-
42	1060	40	27	8	3-5	10-15	5-7	-	-	-
43	1119,0	45	17	18	5-8	5	7-10	<=1	-	-
44	1168,0	30	48	7	10	5	+	-	-	-
45	1187	-	10		90	-	-	-	-	-

№ п/п	Глубина, м	Кварц	Магнетит	Гематит	Зеленая слюда	Карбонат	Эгирин	Рибекит	Сульфиды	Биотит
46	1187	-	20		80	+	-	-	-	-
47	1303	40	27	13	8	5	7	-	-	-
48	1325	35	27	13	3-5	5	15-20	-	-	-
49	1341	40	25	20	3-5	3-5	5-7	-	-	-
50	1390	50	27	6	10-12	5	<=1	-	-	-
51	1407	45	23	12	5	7	3	-	-	-
52	1437	-	-		-	-	-	-	-	-
53	1459	-	-		-	-	-	-	-	-
54	1477	60	25	7	2	5	1	+	-	-
55	1477	48	40		2-3	5-7	1-2	+	-	-
56	1477	50	35		1-2	7-10	1-2	-	-	-
57	1495	50	24	8	-	15	+	+	+	-
58	1495	60	35		-	5	-	+	-	-
59	1510	70	15		-	15	-	-	-	-
60	1513	45	39	1	-	14	-	<=1	+	-
61	1513	50	35	+	-	15	-	-	-	-
62	1523	45	22	10	-	12	3-5	2-3	-	-
63	1531	35	29	6	-	20	10	-	+	-
64	1536,2	25	30	5	-	25	10	3-5	-	-

Результаты хроматографического анализа микровключений в минералах слабо метаморфизованных щелочных железистых кварцитов первого («стратифицированного») морфологического типа, подвергнутых гранитизации, приведены в таблице 2. Из приведенных данных следует, что процессы гранитизации «не виновны» в образовании рибекита и эгирина щелочных железистых кварцитов, так как они происходили при участии существенно водного флюида, а процессы низкотемпературного (в интервале 300–420 °С по минеральным парагенезисам в метапелитовых составляющих отложений курской серии) регионального метаморфизма щелочных железистых кварцитов протекали в условиях существенно углекислого состава метаморфогенного флюида.

Таким образом, существенно углекислый состав метаморфического флюида – характерная черта щелочных железистых пород курской серии. Углекислый состав метаморфогенного флюида сформирован, очевидно, за счет декарбонатизации аутигенных минералов (карбонатных, содовых), что способствовало образованию безводного концентратора натрия – эгирина уже в низкотемпературных условиях фации зеленых сланцев [7] по схеме: содовые минералы (термонатрит, сода, трона) плюс кремнезем, плюс оксиды (или карбонаты) железа = эгирин:



Щелочные амфиболы, содержание которых на Лебединском месторождении количественно преобладает над эгирином (табл. 3), вероятно, кристаллизовались уже на стадии диагенеза исходных отложений, о чем можно судить по находкам щелочных амфиболов в отложениях современных соленосных озер [3; 17].

Щелочная среда в бассейне литогенеза, вероятно, способствовала также хемогенному осаждению и кремнезема. Согласно Эйгстеру и Ай-Мин-Чжоу [16] при повышенных рН, особенно в ходе эвапоритового процесса, при наличии в водах ионов натрия порядка 100–1000 мг/л кремнезем осаждался в виде минерала магадиита – $\text{NaSi}_7\text{O}_{13}(\text{OH})_3\text{H}_2\text{O}$ или натрий-кремнистых гелей. Концентрация ионов натрия в современных морских водах превышает величины, необходимые для осаждения магадиита. Следовательно, весьма вероятно, что благоприятные условия осаждения магадиита возникали и в раннепротерозойских морских водоемах. Для современных магадиитовых слоев оз. Магади (Кения) характерно наличие отпечатков троны в кремнистых слоях, пластической деформации слойчатости типа оползней и складок.

Состав флюидов-микровключений в минералах щелочных железистых кварцитов и в продуктах гранитизации железистых кварцитов КМА (лаборатория декрепитации, ВГУ, аналитик В. П. Чистяков)

№ п/п	Место взятия	Парагенезис	Содержание, %		
			CO ₂	H ₂ O	прочее
<i>Продукты метаморфизма щелочных железистых кварцитов</i>					
1	Лебединское месторождение	Щелочной амфибол – магнетит-кварц	64,8	28,4	6,8
2		Эгиринит	70,9	16,0	13,1
3		Эгирин – магнетит – кварц	53,6	41,5	4,9
4		Эгирин – магнетит – кварц	75,5	9,9	14,6
5		Щелочной амфибол – магнетит – кварц	55,1	43,9	1,0
6	Михайловское месторождение	Эгирин – магнетит – кварц	85,2	7,4	7,4
7		Эгирин	50,5	22,0	27,0
8		Эгирин – кварц	74,5	5,4	20,1
9		Эгирин – кварц – магнетит	66,4	16,9	16,7
10		Эгирин – кварц – магнетит	94,7	0,2	5,1
11		Эгирин – кварц – магнетит	33,0	59,2	7,8
12		Рибекит	47,3	45,8	6,9
13	Чернянское месторождение	Щелочной амфибол – магнетит – кварц	63,3	30,3	6,7
14	Курбакинский участок	Эгирин – кварц	93,4	4,1	2,5
<i>Продукты гранитизации железистых кварцитов</i>					
15	Усожский участок	Магнетит – кварц – калишпат	23,4	59,4	17,2
16	Коденцовский участок	Амфибол – плагиоклаз – кварц – магнетит	30,7	56,9	12,4
17		Биотит – амфибол – плагиоклаз – кварц – магнетит	28,1	60,7	11,2
18	Курско-Бесединский участок	Магнетит – кварц	27,3	61,8	10,9
19		Магнетит – кварц	14,1	53,5	32,4
20	Федоровский участок	Магнетит – кварц	44,9	52,9	2,2
21		Магнетит – кварц	39,6	55,2	5,2

Таблица 3

Минеральный состав технологических сортов щелочных железистых кварцитов Лебединского месторождения (по Ю. С. Щекину и др., 1980), % %

Породы	Кол-во проб	Мгт	Гем	Кв	Щ.амфибол	Эгирин	Акт	Кум.	Би	Крб	Пир.
Щелочно-амфибол – магнетитовый кварцит	101	40,05	2,88	33,90	4,93	-	2,50	3,37	4,71	4,84	0,29
Щелочно-амфибол – магнетитовый кварцит	7	41,67	1,34	28,27	11,35	5,41	3,66	3,51	2,15	1,89	0,03
Магнетитовый кварцит	193	45,15	1,70	33,35	2,95	-	1,90	4,18	2,82	4,56	0,13
Щелочно-амфибол – магнетитовый кварцит	190	42,80	1,30	29,61	12,65	2,16	2,56	-	3,64	3,42	0,07
Железнослюдко-магнетитовые	65	35,87	13,90	35,70	6,67	-	-	-	1,90	3,55	0,06
Железистые кварциты в целом	667	40,05	2,88	33,90	4,93	+	2,50	3,37	4,71	4,84	0,29

По данным А. А. Кулика [8], аналогичные текстуры часто можно встретить в слоях щелочных железистых кварцитов горизонта 7ж в северной части Саксаганского железорудного района Криворожского бассейна.

Эйгстер и Ай-Мин-Чжоу [16] считают присутствие рибекита в докембрийских железорудных формациях наиболее убедительным основанием рассматривать магадит как исходное вещество кварцевых слоев. По их мнению, рибекит образовался в процессе диагенеза или метаморфизма при реакции остаточного, еще не перешедшего в кварц магадита или натриевого силикагеля с железистыми минералами – гетитом, сидеритом, миннесотаитом или растворами. Эти представления подтверждены экспериментально. Изучением фазовых отношений стильпномелана, феррианнита и рибекита слабометаморфизованных железистых формаций Куруман (Южная Африка) и Броккен (бассейн Хамерсли, Австралия) установлено, что образование названной ассоциации минералов происходило при температурах не выше 100–150 °С [17].

Эти результаты исследований хорошо согласуются, по данным Д. А. Кулика, с наблюдаемым распределением рибекита, биотита (феррианнита) стильпномелана в горизонтах бж и особенно 7ж саксаганской свиты Криворожского бассейна, поэтому принимается, что большей частью эти минералы являются в железистых горизонтах не метасоматическими, а диагенетическими. Отсюда

Д. А. Кулик предполагает «застойные, слабо эвапоритовые условия отложения железисто-кремнистых осадков этих горизонтов» [8].

Эвапоритовый седиментогенез, как известно, наиболее реализуем в аридной обстановке. Как показал анализ значений отношения Al_2O_3/TiO_2 в глиноземистых отложениях – межрудных сланцах курской серии [14], – эпизоды подобной обстановки были возможны в курское время. Приведенные выше данные по флюидному и минеральному составу первого («стратифицированного») типа щелочных железистых пород в разрезах коробковской свиты курской серии КМА позволяют сделать вывод о высокой вероятности существования в раннепротерозойском бассейне хемогенного железорудного литогенеза локальных участков эвапоритового литогенеза преимущественно карбонатно-содового типа.

Преимущество морских эвапоритов, согласно Эйгстеру и Ай-Мин-Чжоу, заключается в том, что они охватывают более крупные акватории и намного более мощны, поскольку море представляет собой более крупный резервуар первичной рапы. Осаждение магадита не происходит в условиях сильной концентрации натрия, и, может быть, докембрийские водоемы никогда не пересыхали [16].

Наиболее высокие концентрации натрия в щелочных железистых кварцитах КМА приурочены к эгириновым слоям (табл. 4, 5). Изучение последних под микроскопом позволяет в первом прибли-

Таблица 4

Химический состав технологических сортов щелочных железистых кварцитов Лебединского месторождения (по Ю. С. Щекину и др., 1980), %

Оксиды	Лебединское месторождение			
SiO ₂	40,68	40,94	40,20	41,72
Al ₂ O ₃	0,66	0,61	0,82	0,84
Fe ₂ O ₃	35,69	34,29	34,92	32,38
FeO	15,59	16,40	16,18	16,91
MgO	2,51	2,59	2,58	2,81
CaO	2,06	2,02	1,92	1,83
Na ₂ O	0,85	0,80	0,84	0,40
K ₂ O	0,22	0,25	0,33	0,29
S	0,33	0,04	0,04	0,11
P ₂ O ₅	0,23	0,24	0,23	0,23
П.п.п.	2,22	2,42	1,98	2,45
Сумма				99,86
Число проб	71	19	101	731
Порода	Щелочно-амфиболовый кварцит	Щелочно-амфибол – магнетитовый кварцит	Щелочно-амфибол – магнетитовый кварцит	Железистые кварциты в целом

Химический состав эгирина и щелочных амфиболов железистых кварцитов КМА по месторождениям (по материалам И. П. Лебедева, аналитик В. А. Будко, ВГУ), %

Оксиды	Эгирин			Щелочные амфиболы			
	Михайловское		Лебединское	Михайловское	Чернянское	Волотовское	
SiO ₂	51,78	51,82	50,34	46,82	51,22	48,58	48,41
TiO ₂	0,84	0,37	0,25	0,29	0,15	0,18	0,2
Al ₂ O ₃	0,21	0,24	0,24	Нет	1,11	2,22	2,48
Fe ₂ O ₃	31,16	32,93	28,19	36,53	20,64	7,75	22,55
FeO	1,08	0,18	0,63	6,66	4,5	19,63	7,74
MnO	0,03	0,05	0,11	Нет	0,14	0,13	0,05
CaO	1,29	1,33	5,41	1,28	4,00	3,73	8,41
MgO	0,55	0,37	2,04	3,33	9,78	7,1	6,04
Na ₂ O	10,7	11,3	10,00	3,90	6,8	1,7	1,6
K ₂ O	0,3	0,2	0,1	0,60	0,4	0,5	0,4
P ₂ O ₅	0,16	0,12	0,27	0,29	Нет	0,26	-
H ₂ O	1,16	0,8	Нет	0,08	0,06	0,1	-
П.п.п.	1,26	0,2	2,0	0,94	0,98	0,36	1,3
S	0,97	0,7	0,61	0,17	0,6	0,8	0,04
Сумма	100,36	99,51	100,19	100,81	99,34	100,14	99,63 H ₂ O

жении представить эволюцию фациальных обстановок накопления первичных отложений (рис. 2). В слое толщиной 15 мм по минеральным ассоциациям можно различить чередование глинистой, карбонатно-содовой, окисной и закисной обстановок железисто-кремнистого накопления.

О масштабах соленакопления можно судить по содержанию натрия в эгирине и щелочных амфиболах КМА (табл. 4), в стратифицированных щелочных железистых кварцитах и железистых кварцитах коробковской свиты в целом (табл. 5). Если допустить, что условия эвапоритового лито-

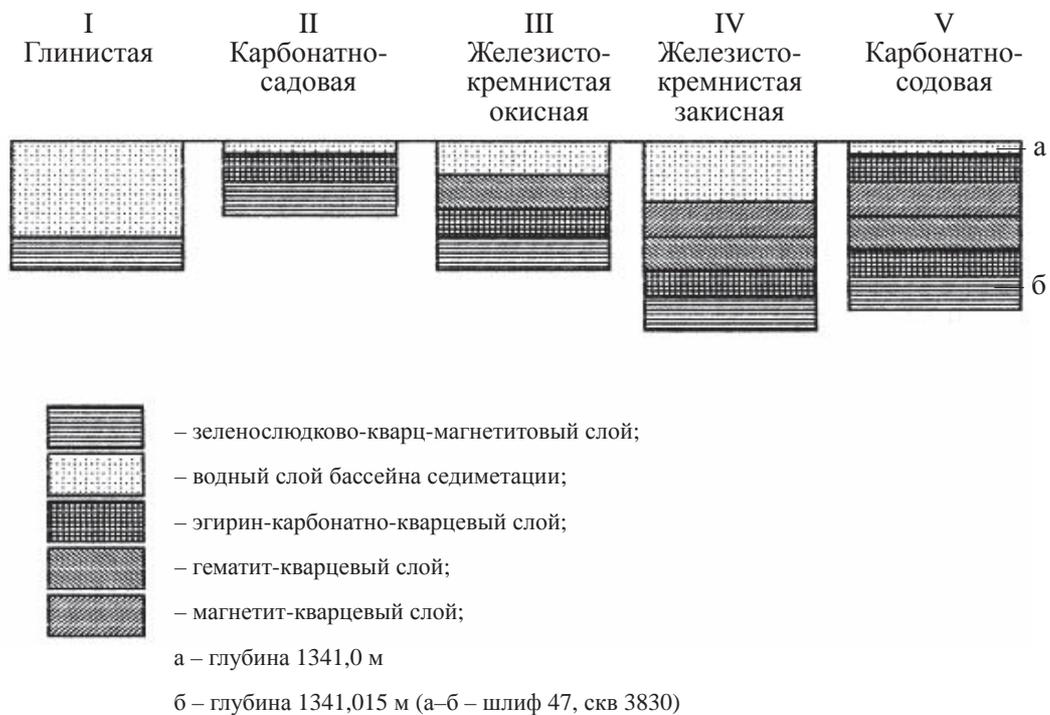


Рис. 2. Схема эволюции фаций литогенеза при накоплении одного ритма натрийсодержащих отложений коробковской свиты курской серии

генеза возникали локально и спорадически, то и в этом случае масштабы накопления натрия представляются весьма значительными даже на фоне грандиозного накопления железа. Отношение оксида натрия к оксидам железа в щелочных кварцитах в среднем составляет 1:40, а в целом по железистым кварцитам Лебединского месторождения в среднем 1:80. Следовательно, только в пределах Лебединского месторождения, прогнозные ресурсы которого оцениваются в 10 млрд т железных руд

[6], ресурсы накопленного натрия составляют более миллиона тонн.

В свете изложенных данных железорудный бассейн КМА представляется одним из крупнейших раннедокембрийских бассейнов с участками специфической обстановки литогенеза, сходной с эвапоритовой. В этой связи в составе щелочных железистых кварцитов высока вероятность обнаружения промышленных концентраций весьма ценного полезного ископаемого – метаморфогенного щелочноамфиболового (родуситового) асбеста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бьюкс Н. Дж. Докембрийские железорудные формации Южной Африки / Н. Дж. Бьюкс // Докембрийские железорудные формации мира. – М.: Мир, 1975. – С. 70–129.
2. Глаголев А. А. Метаморфизм докембрийских пород КМА / А. А. Глаголев. – М.: Наука, 1966. – 175 с.
3. Годовиков А. А. Минералогия / А. А. Годовиков. – М.: Недра, 1983. – 347 с.
4. Докембрийские железорудные формации мира. – М.: Мир, 1975. – 370 с.
5. Жарков М. А. Проблема эвапоритового осадконакопления в докембрии / М. А. Жарков // Карбонатное осадконакопление и проблема эвапоритов в докембрии: тезисы докладов Всесоюзного семинара. – Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. ун-та, 1978. С. 172–173.
6. Железорудная база России. – М., 1998. С. 309.
7. Лебедев И. П. Курская магнитная аномалия. Эволюция и геодинамика метаморфизма / И. П. Лебедев // Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Метаморфизм. – Киев, 1988. – С. 86–103.
8. Кулик А. А. Условия образования полосчатых текстур железистых кварцитов саксаганской свиты Криворожского бассейна / А. А. Кулик // Препринт ИГФМ. – Киев, 1986. – 65 с.
9. Лебедев И. П. О природе эгирина в железистых кварцитах КМА / И. П. Лебедев, В. П. Чистяков // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 1986. – № 8. – С. 29–34.
10. Лебедев И. П. Актуальные вопросы осадочной геологии докембрия Воронежского кристаллического массива / И. П. Лебедев, В. И. Сиротин // Вестник Во-

ронез. гос. ун-та. Серия Геология. – 2004. – № 2. – С. 63–67.

11. Плаксенко Н. А. Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии: (на примере Курской магнитной аномалии) / Н. А. Плаксенко. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1966. – 263 с.

12. Половинкина Ю. Ир. Натровый метасоматоз как закономерность в образовании месторождений железистых кварцитов / Ю. Ир. Половинкина. – Записки Всесоюз. Мин. об-ва. – М., 1949. – Ч. 78, вып. 1.

13. Сердюченко Д. П. Типы докембрийских эвапоритов, их литологическая роль и металлогеническое значение / Д. П. Сердюченко // Карбонатное осадконакопление и проблема эвапоритов в докембрии: тезисы докладов Всесоюзного семинара. – Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. ун-та, 1978. – С. 169–172.

14. Сиротин В. И. О литогенезе глиноземистых пород докембрия Воронежского кристаллического массива / В. И. Сиротин, И. П. Лебедев // Вестник ВГУ. Серия Геология. – Воронеж, 2004. – № 1. – С. 30–38.

15. Френч М. Ассоциации минералов в диагенетических и слабометаморфизованных железорудных формациях / М. Френч // Докембрийские железорудные формации мира. – М.: Мир, 1975. – С. 205–221

16. Эйгстер Х. П. Условия отложения железорудных формаций докембрия / Х. П. Эйгстер, Ай Мин-Чжоу // Докембрийские железорудные формации мира. – М.: Мир, 1975. – С. 311–343.

17. Miano T. Phase relations of stilpnomelane, ferri-anthite and riebeckite in very low-grade metamorphosed iron formations / T. Miano, N. J. Beukes. – Trans. Geol. Soc. South Afr., 1984. – V. 87. – № 2. – P. 111–124.

И. П. Лебедев, доцент кафедры полезных ископаемых и недропользования, Воронежский государственный университет; тел.: (4732) 226-419; e-mail: ksavko@geol.vsu.ru

I. P. Lebedev, Associate Professor, Chair of Economic Minerals and Use the Earth's Interior, Voronezh State University; tel.: (4732) 226-419; e-mail: ksavko@geol.vsu.ru