

РОЛЬ ПЕРВИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ (ПРОДУЦЕНТОВ) ПРИ ФОРМИРОВАНИИ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КМА

Член-корр. РАН Н. М. Чернышов, М. М. Понамарева

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 29 февраля 2012 г.

Аннотация. Установлена тесная взаимосвязь состава, содержаний, величин соотношения Pd/Pt, легкоплавких и тугоплавких платиноидов, форм концентраций минеральных фаз с особенностями внутреннего строения, составом (в том числе наличием коматиитов) СВК мезо- и неогархейских зеленокаменных поясов, с которыми пространственно сопряжены различные по составу железистые кварциты Михайловского (Pd/Pt < 1) и Старооскольского (Pd/Pt > 1) рудных районов.

Ключевые слова: железорудные районы, зеленокаменные пояса, железистые кварциты, минералы элементов платиновой группы, Курская магнитная аномалия.

Abstract. The close relationship is established between the structure, contents, values of the ratio Pd / Pt, easily fusible and refractory platinoids, forms of concentrations of mineral phases and the peculiarities of the internal structure, contents (including the presence of komatiites) of the structural-material complex of Meso- and Neo-Archean greenstone belts, with which various in composition ferruginous quartzites of the Mikhailovsky (Pd / Pt < 1) and Stary Oskol (Pd / Pt > 1) ore regions are associated.

Key words: iron ore regions, greenstone belts, ferruginous quartzites, PGE minerals, the Kursk Magnetic Anomaly

Одним из важнейших компонентов железорудных месторождений-гигантов России являются благородные металлы. Их распределение, соотношение тяжелых и легких платиноидов, состав минеральных фаз, как и состав вмещающих их пород и руд, в значительной мере определяется положением Михайловского и Старооскольского рудных районов в структуре КМА, их пространственной сопряженностью с различными по внутреннему строению и составу породных и рудных ассоциаций, степени эродированности и последующей структурно-вещественной эволюции Белгородско-Михайловского и Орловско-Тимского неогархейских зеленокаменных поясов (ЗП), выступающих в качестве одного из продуцентов платиноидов и золота при формировании курской железорудной серии палеопротерозоя [1, 2].

Определяющими (граничными) признаками Белгородско-Михайловского ЗП, предшествующего формированию курской железорудной серии, в пределах которого размещается один из крупнейших – Михайловский железорудный район (рис. 1, 2), являются наличие двух типичных для ЗП других континентов породных ассоциаций – а) ниж-

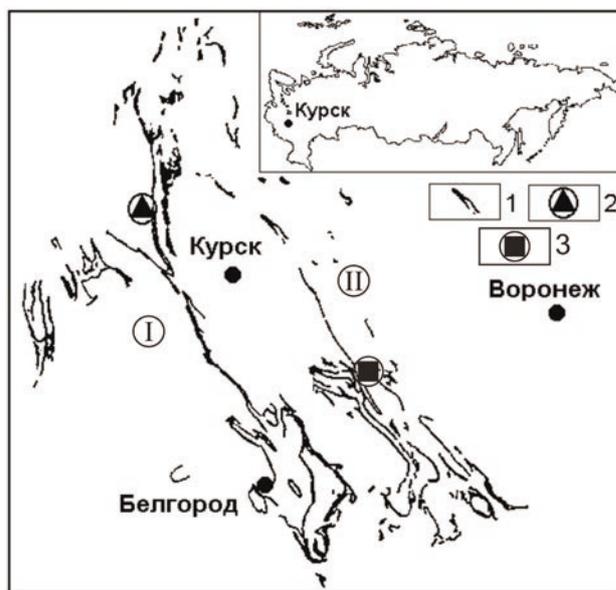


Рис. 1. Схема местоположения Белгородско-Михайловского (I) и Орловско-Тимского (II) зеленокаменных поясов КМА [1]: 1 – железистые кварциты (железисто-кремнисто-сланцевая формация нижнего карелия); 2 – Михайловское месторождение; 3 – Лебединское месторождение

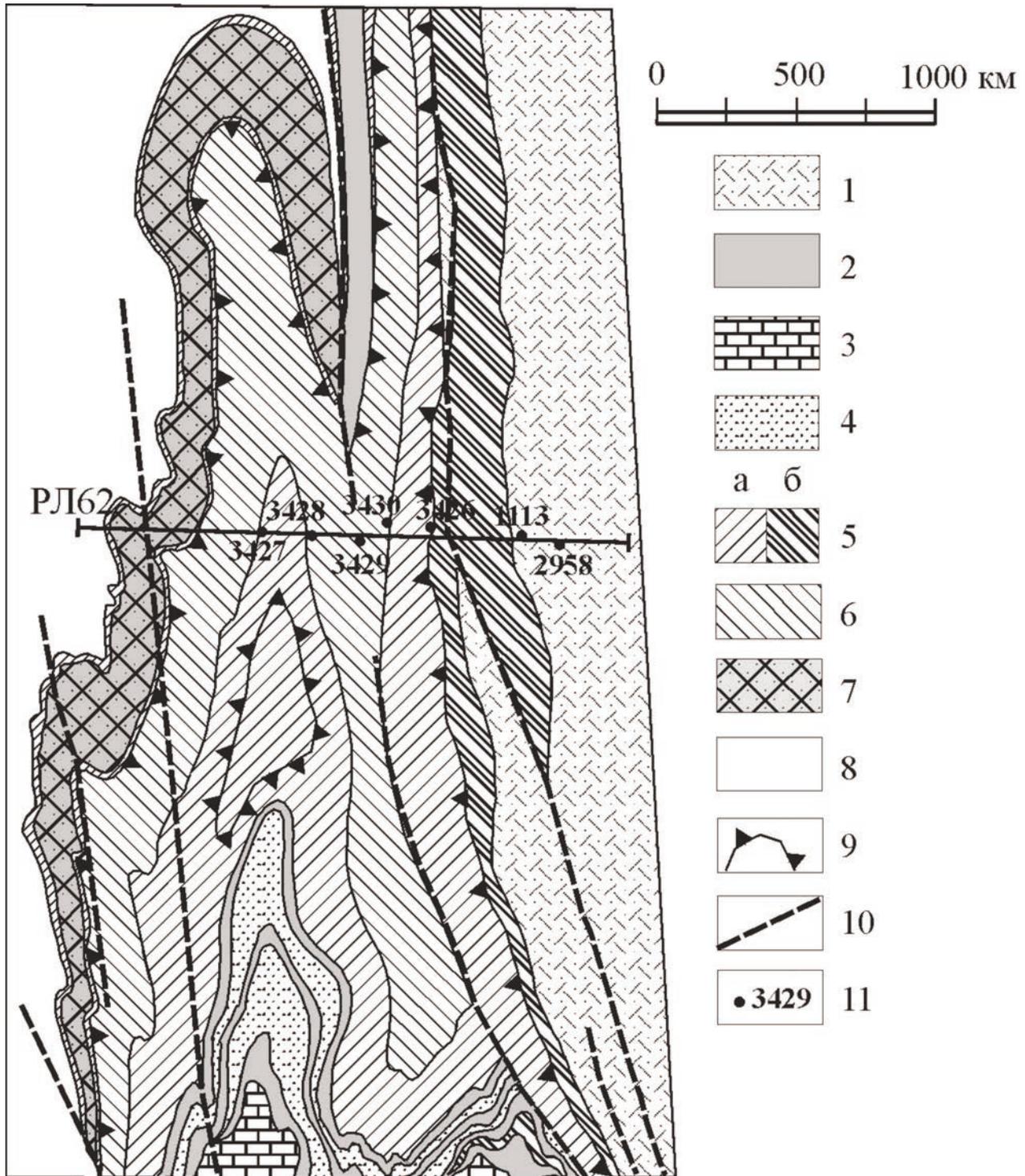


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Михайловского месторождения (в рамках Веретенинской залежи) по [1]: нижний протерозой: 1 – оскольская серия, курбакинская свита; курская серия: 2–7 – коробковская свита: 2 – верхняя железорудная подсвита – магнетитовые кварциты, 3 – нижняя сланцевая подсвита – кварц-серицитовые и кварц-хлорит-серицитовые филлитовидные сланцы, 4–7 – нижняя железорудная подсвита: 4 – четвертая пачка – гематит-магнетитовые и магнетитовые кварциты, 5 – третья пачка – гематит-магнетитовые (а) и гематитовые краснополосчатые (б) кварциты, 6 – вторая пачка – магнетит-гематитовые кварциты, 7 – первая пачка – карбонатно-магнетитовые, магнетитовые с карбонатом и малорудные кварциты; 8 – стойленская свита, верхняя подсвита – углеродистые хлорит-серицит-кварцевые сланцы с прослоями песчаников; 9 – контур распространения богатых железных руд; 10 – разрывные нарушения; 11 – скважины и их номера, РЛ – разрез по линии

ней (в объеме александровской свиты михайловской серии) вулканогенной коматиит-базальтовой с редкими прослоями железистых кварцитов и комагматичными субвулканическими телами дунит-перидотитового состава с проявлением сульфидной медно-никелевой минерализации, обогащенной ЭПГ (Pt, Pd) и Au (табл. 1); б) верхней (в объеме лебединской свиты михайловской серии), включающей бимодальную базальт-рио-

литовую вулканогенную и габбро-диабазовую дайковую, в которой подобно ранней породной ассоциации, отмечается преобладание Pt над Pd (см. табл. 1). К этому следует добавить наличие повышенных концентраций Pt и Pd (при значительном преобладании Pt над Pd) и Au в ультраосновных и осадочных породах мезоархейского структурно-вещественного обоянского комплекса (см. табл. 1).

Таблица 1

Содержание (мг/т) Pt, Pd и Au в породах зеленокаменных поясов ранне- и позднеархейского циклов развития ВКМ (по [1])

Рудовмещающие формации (комплексы, серии, свиты)	Породы (в т.ч. их минерализованные разновидности)	Число анализов	Pt	Pd	Au	Pd/Pt
<i>2. Позднеархейского рифтогенеза (3,0–2,5 млрд лет; олимпийский тип)</i>						
Габбродиабазовая (тарасовский комплекс)	Габбро, габбродиабазы	2	20	8,5	3,2	0,42
	Дуниты и их серпентиниты	5	44	10,7	4,6	0,37
Дунит-перидотитовая (железногорский комплекс)	Перидотиты и их серпентиниты	6	35	7,1	4,4	0,23
	То же с сульфидной минерализацией	2	110–140	23–75	30	0,40
Коматиит-базальтовая (александровская свита михайловской серии)	Перидотитовые коматииты	6	20	4,7	4,6	0,23
	То же с сульфидной минерализацией	1	60	23,3	–	0,38
	Пироксеновые коматииты	2	14,5	5,3	2,5	0,36
	Коматиитовые базальты	20	9,0	4,0	–	0,44
	Толейтовые базальты	5	7,5	5,5	–	0,73
<i>1. Раннеархейского цикла (> 3,0 млрд лет; бесединский тип)</i>						
Перидотит-пироксенит-габброноритовая	Габбронориты	8	10	5,2	3,4	0,52
	Перидотиты с сульфидной минерализацией	2	170	14	4,5	0,08
	Пироксениты с сульфидной минерализацией	1	240	15	–	0,06
	Горнblendиты рудные	1	1300	360	–	0,28
Коматиит-пикрит (?)-базальтовая	Толейтовый базальт	3	12	5,3	2,8	0,44

Важно особо подчеркнуть крайне ограниченное развитие в последующей палеопротерозойской эволюции вулканитов.

Для Орловско-Тимского неоархейского зеленокаменного пояса, к которому пространственно приурочены железорудные месторождения-гиганты (Лебединское, Стойленское и др.) Старооскольского рудного района (рис. 3) характерно: 1) практически полное отсутствие коматиитов (в отличие от Белгородско-Михайловского ЗП) и широкое развитие вулканитов бимодальной базальт-риодацитовой формации; 2) пространственное сонахождение углеродсодержащих осадочных, вулканогенно-осадочных и вулканических пород

неоархейской александровской свиты михайловской серии, одного из продуцентов золота и платиноидов – колчеданного благороднометаллосодержащего оруденения авильского типа (Pt = 0,007–0,13 г/т; Pd = 0,03–0,17 г/т, при существенном преобладании Pd над Pt – Pt/Pd = 1,7–4,6; постоянном присутствии Au = 0,19 г/т; Ag до 2,1 г/т и др.), присутствие их собственных минеральных фаз – неназванного антимонида Pd и Au, электрума, гессита и др. [1, 3]; 3) наличие в основании курской серии конгломератов с многочисленными разномасштабными проявлениями уран-золото-платиноносного оруденения (стойленский тип), источником формирования которого являлись до-

курские химически зрелые коры выветривания по породам мезо- и неоархейских структур, включая плагиограниты салтыковского типа. Результаты пяти анализов различных по составу цемента и содержанию сульфидов кварцевых конгломератов, конглогравеллитов и перекрывающих их алевросланцев стойленской свиты в пределах Лебедин-

ского железорудного карьера показали (табл. 2) постоянное присутствие Au и ЭПГ, преобладание Pd над Pt ($Pd/Pt > 1$), повышенные содержания Ru и Ir, а также Ag. На отдельных участках (Южно-Коробковское месторождение), помимо высокой концентрации Au (до 3–8 г/т), содержание ЭПГ составляет 0,5 г/т.

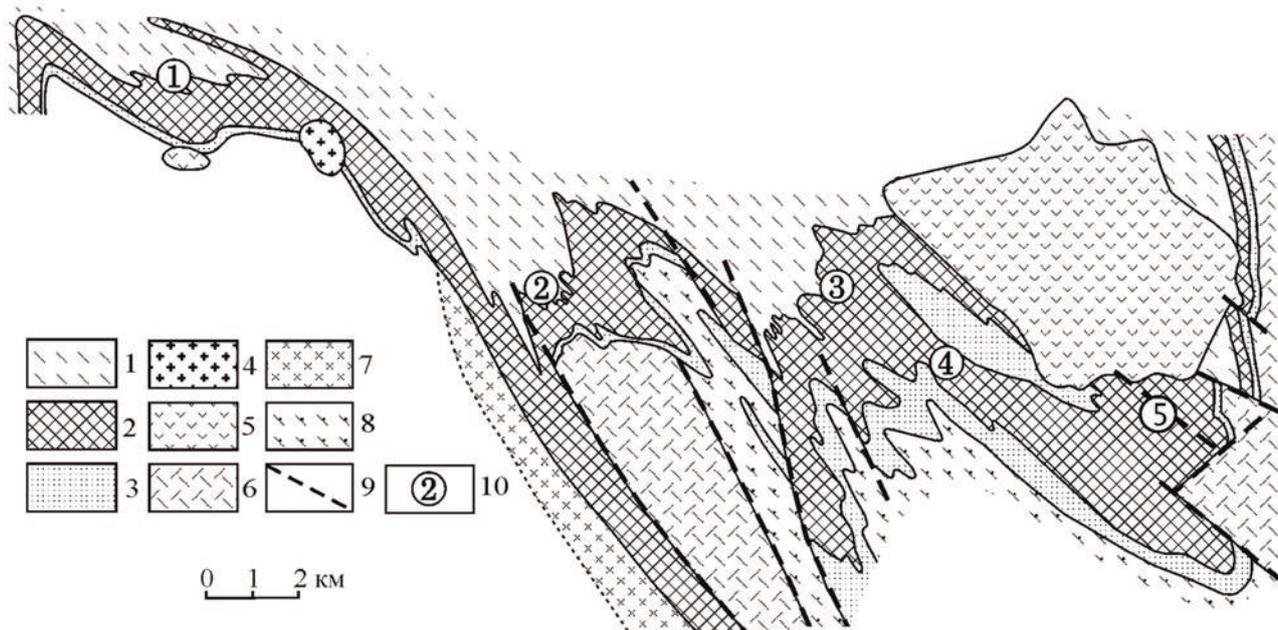


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Старооскольского рудного узла [1]: *нижний протерозой* – курская серия: 1–2 – коробковская свита: 1 – верхняя сланцевая подсвита ($PR^1_{kr_4}$), 2 – верхняя и нижняя железорудные подсвиты с внутрирудной (нижней) сланцевой подсвитой ($PR^1_{kr_{3,1}}$); 3 – стойленская свита (PR^1_{st}) – кварцитопесчаники, кварц-сланцевые сланцы; 4 – микроклиновые граниты атаманского комплекса (γPR^1_a); 5 – габбро-диориты, кварцевые диориты стойло-николаевского комплекса (γPR^1_{sn}); 6 – нерасчлененный гранитогнейсовый комплекс ($m\gamma(AR-PR^1)$) – гранитогнейсы, мигматиты, гнейсы, прослои и линзы амфиболитов; *верхний архей* – 7 – плагиограниты салтыковского комплекса (γAR_{2sl}); 8 – михайловская серия (AR_{2mh}); 9 – разломы; 10 – месторождения: 1 – Панковское, 2 – Коробковское, 3 – Лебединское, 4 – Стойло-Лебединское, 5 – Стойленское

Таблица 2

Содержание (мг/т) благородных металлов в конгломератах и конглогравеллитах из верхней части разреза стойленской свиты (Лебединский железорудный карьер; [1])

№ п/п	Au	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Ag
1	51	20	38	4	20	20	2110
2	71	20	30	4	20	20	1190
3	10	20	22	4	20	20	1620
4	52	25	71	4	20	20	1510
5	75	20	84	20	20	20	1930

Примечание: 1–3 – сульфидизированные конгломераты олигомиктовые кварцевые с кварц-фукситовым (1) и биотит-фуксит-кварцевым цементом (2, 3); 4 – сульфидизированный алевросланец из кровли конгломератовой пачки; 5 – конглогравеллит. Юго-западный забой Лебединского карьера, горизонт (+)75 м. Анализы выполнены в КНЦ РАН (пламенно-фотометрический метод, аналитик Л.В. Филиппычева).

По характеру продуктов докурских, химически сравнительно зрелых, кор выветривания – продуцентов благороднометалльной конгломератокварцевой формации, особенностям ее внутреннего строения и состава, общему металлогеническому облику (Au, ЭПГ, U) и характеру распределения золота и платиноидов ($Au > Pd > Pt \geq Ru, Ir > Rh$), ассоциирующих преимущественно с сульфидами, конгломераты КМА обнаруживают заметную аналогию с конгломератами U-Au-Pt формации Витватерсранда (Ю. Африка), Блейнд-Ривера (Канада), Жакобины (Бразилия).

Существенные различия внутреннего строения СВК Белгородско-Михайловского и Орловско-Тимского ЗП заметно сказались на условиях предрифтового палеопротерозойского этапа формирования железистых кварцитов КМА, их составе и в извест-

твой мере на характере распределения, концентрациях благородных металлов и составе их минеральных фаз.

При однотипности строения продуктивной коробковской свиты курской серии, включающей две железорудных и две сланцевых подсвит, состав благороднометалльносодержащих железистых кварцитов в Михайловском и Старооскольском рудном районе существенно различен. Первый из них характеризуется преимущественным развитием магнетитовых, магнетит-гематитовых, гематит-магнетитовых, гематитовых при ограниченной роли карбонатно-магнетитовых, безрудных и крайне редко силикатно-гематит-магнетитовых кварцитов.

В месторождениях Старооскольского рудного района ведущая роль принадлежит силикатно-магнетитовым (куммингтонит-, биотит-, щелочно-амфибол-, актинолит- и эгирин-ребикиновым), гематит-магнетитовым и слабрудным кварцитам, в каждом из этих типов присутствуют карбонаты.

Следует особо подчеркнуть, что особенность строения и состава железных руд месторождений рудных районов, общие закономерности размещения благороднометалльной минерализации определяются, пространственной сопряженностью железорудных рифтогенных по своей природе структур нижнего карелия с реактивизированными золото-платиноносными позднеархейскими зеленокаменными поясами. Определяющими многостадийную природу благороднометалльносодержащих железистых кварцитов и ассоциирующих с ними пород являются полицикличность развития и многостадийность палеопротерозойской тектономагматической активизации и коллизионных процессов на разных геодинамических этапах, сопровождающихся широким проявлением различных по возрасту и составу вулканических (пикриты, базальты, андезиты, дациты, риодациты нормального и субщелочного ряда) и комагматических им субвулканических, интрузивных и дайковых образований (перидотиты, пироксениты, габбро-нориты, габбро, габбродиориты, диориты, гранодиориты, нормальные и субщелочные граниты, диоритовые и диабазовые порфириды, лампрофиры и др.). В совокупности с литолого-фациальными, структурными и другими факторами, в том числе метаморфическими процессами они оказали существенную роль на распределение благородных металлов полигенного и многостадийного по сво-

ей природе золото-платинометалльного оруденения, принадлежащего к различным геолого-генетическим типам [2]. Вместе с тем, как отмечалось, сопряженность со структурами архейских СВК-продуцентами сказалось не только на особенностях типов и составе железистых кварцитов и ассоциирующих с ними пород, в том числе некоторых метасоматитов, которые несмотря на многостадийность их формирования, в условиях меняющихся геодинамических режимов тектономагматической активизации, метаморфических преобразований сохранили основные признаки распределения в них платиноидов (соотношение тяжелых и легких – прежде всего Pd/Pt) в пределах месторождений как Михайловского, так и Старооскольского рудных районов (табл. 3–5).

Таблица 3

Содержание Pt, Pd и Au в разных типах железистых кварцитов Михайловского месторождения [4, 5]

Номер пробы	Химико-спектральный анализ (г/т)			
	Au	Pt	Pd	Pd/Pt
M-06	0,15	0,14	0,14	1,00
M-07	0,39	0,25	0,13	0,52
M-184	0,005	0,08	0,04	0,50
M-185	0,005	0,02	0,015	0,75
M-189	0,005	0,03	0,03	1,00
M-194	–	0,04	0,022	0,55
6190	0,02	0,03	< 0,02	–
6209	0,02	0,03	0,01	0,33
6144	0,03	0,03	0,02	0,67
6150	0,03	0,03	0,02	0,67
6178	0,08	0,02	0,01	0,50
854	1,53	0,2	0,05	0,25
368-24	1,01	0,03	0,02	0,67
868	0,45	0,03	0,02	0,67
865	3,29	0,04	0,02	0,50
862	0,14	0,05	< 0,02	-

Примечание: M-06, 07, 185 – гематитовый кварцит; M-184, 189 – магнетитовый кварцит с прожилками кварца; M-194 – магнетитовый кварцит с пиритом; 6190, 6209 – безрудный кварцит; 6144, 6150, 6178 – малорудный кварцит; 854, 368-24 – железослюдково-магнетитовый кварцит; 868, 865 – силикатно-магнетитовый кварцит; 862 – карбонатно-магнетитовый кварцит.

Таблица 4
Содержание Pt, Pd и Au в разных типах железистых кварцитов Лебединского месторождения [6, 7]

Номер пробы	Химико-спектральный анализ (г/т)			
	Au	Pt	Pd	Pd/Pt
1 (1)	0,56	0,03	0,15	5,00
2 (2)	0,19	0,03	0,11	3,70
3 (1)	0,05	0,01	0,13	1,30
4 (2)	0,13	0,03	0,17	5,60
5 (3)	0,15	0,04	0,37	9,20
6 (3)	0,13	0,09	0,32	3,60
7 (1)	0,22	0,11	0,50	4,50

Примечание: 1 – сульфидизированный железистый (гематит-магнетитовый) кварцит; 2 – сульфидизированный биотит-магнетитовый кварцит; 3 – малорудный железистый кварцит с сульфидами; 4 – сульфидизированный железистый кварцит из зоны контакта с углеродсодержащими сульфидизированными (внутрирудными) сланцами; 5 – внутрирудные сульфидизированные углеродсодержащие сланцы; 6 – магнетит-сульфидно-карбонатная порода (лебеденит); 7 – жила крупнокристаллического эгиринина с сульфидами из магнетитовых кварцитов. В скобках количество анализов.

Таблица 5
Содержание благородных металлов в разных типах и разновидностях железистых кварцитов Стойленского месторождения (г/т) [8]

Номер пробы	Au	Pt	Pd	Rh	Ir	Pd/Pt
Ст-39	0,15	0,0046	0,043	0,024	0,005	9,35
526/1	0,045	0,03	0,1	0,0005	0,0005	3,33
529/1	0,24	0,03	0,2	0,0005	0,0005	6,67
М-127	0,05	0,01	0,13	Н.о.	Н.о.	13,00
М-560	0,09	0,04	0,11	0,002	0,001	2,75
Ст-105	1,75	0,001	0,002	Н.о.	Н.о.	2,00
Ст-71	0,08	0,001	0,184	0,0002	0,0001	184,00
118	0,12	0,015	0,07	0,0005	0,0005	4,67
137	0,1	0,015	0,07	0,0005	0,0005	4,67
М-561	0,26	0,03	0,04	0,0005	0,0005	1,33
528	0,56	0,03	0,15	0,0005	0,0005	5,00
М-131	0,13	0,02	0,04	Н.о.	Н.о.	2,00
Ст-9	0,35	0,0068	0,022	0,0034	0,0002	3,24
Ст-14	0,51	0,025	0,204	0,0002	0,000	8,16
353	0,13	0,015	0,06	0,0005	0,0005	4,00
Ст-139	0,13	0,025	2,19	Н.о.	Н.о.	87,60

Примечание: Ст-39, 526/1, 529/1, М-127, М-560, Ст-105 – слаборудный кварцит; Ст-71, 118, 137, М-561, 528, М-131 – силикатно-магнетитовый кварцит; Ст-9, Ст-14 – магнетитовый кварцит; 353 – магнетитовый кварцит с гематитом; Ст-139 – окисленный кварцит. Н.о. – элемент не определялся.

В результате гравитационного обогащения кварцитов Михайловского месторождения концентрации благородных металлов установлены (г/т): а) исходная проба – Au > 0,012, Pt > 0,008, Pd > 0,004; б) концентрат (г/т) – Au = 10, Pt = 6,5, Pd = 3,3. Преобладание тяжелых платиноидов, в частности Pt над Pd, отчетливо проявляется в минеральном составе благороднометалльных фаз Михайловского месторождения, присутствующих как в самих железистых кварцитах (табл. 6), так и корях их выветривания (табл. 7). На Лебединском месторождении широко развита золото-палладийсодержащая кора выветривания железистых кварцитов (Pd = 0,12–0,46 г/т; Au = 2,4–5,0 г/т) [6, 7], что характерно в частности для «якутингитов» гипергенных образований Бразилии (Pd до 7,65 кг/т) [9]. Содержание Pt в богатых криворожских маргитовых рудах до 0,5 г/т, а отношение Pd/Pt = 0,5 [10].

Следует отметить, что установленные соотношения Pd и Pt в железорудных районах нарушаются преимущественно в гидротермально-метасоматических жилах и прожилках, значительно обогащенных щелочными силикатами и сульфидами. В породах подверженных процессу метасоматоза чаще всего обнаруживается Pd геохимическая специализация [11, 12].

Таблица 6
Химический состав (мас.%) минералов платиновой группы и золота в железистых кварцитах Михайловского месторождения [1, 4, 5, 13]

Элементы	1	2	3	4
Fe	0,2	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Ni	1,2	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Cu	0,8	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Ru	26,6	3,3	35,2	19,8
Rh	0,3	0,3	0,7	н.п.о.
Pd	0,2	0,3	н.п.о.	н.п.о.
Os	56,5	95,6	25,1	19,8
Ir	12,9	0,5	28,1	20,0
Pt	1,3	н.п.о.	10,9	40,4
Кристаллохимические формулы				
1	Os _{0,44} Ru _{0,39} Ir _{0,1} Ni _{0,03} Cu _{0,02} Pt _{0,01}			
2	Os _{0,92} Ru _{0,06}			
3	Ru _{0,5} Ir _{0,21} Os _{0,19} Pt _{0,08} Rh _{0,01}			
4	Pt _{0,34} Ru _{0,32} Os _{0,17} Ir _{0,17}			

Примечание: 1 – рутениридосмин; 2 – осмий самородный; 3 – платиносодержащий рутениридосмин; 4 – платосмиридий. Анализы выполнены в ЗАО «РАЦ Механобр-Инжиниринг Аналит», CamScan-4, с детектором LINK-10000, аналитик Ю.Л. Крецер, данные анализа нормализованы; н.п.о. – ниже предела обнаружения.

Химический состав (мас.%) минералов платиновой группы в коре выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения [14]

Элемент	1 (n = 4)	2 (n = 1)	3 (n = 1)	4 (n = 4)	5 (n = 7)	6 (n = 1)	7 (n = 2)	8 (n = 5)	9 (n = 2)	10 (n = 1)
Fe	–	0,33	0,90	0,67	3,30	1,62	0,87	0,34	0,35	0,31
Ni	–	–	0,89	0,34	0,09	–	1,12	–	0,46	–
Bi	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
As	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cu	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ru	6,38	8,69	–	–	2,38	26,71	23,04	17,53	24,83	44,56
Rh	–	–	–	0,22	0,20	–	4,53	–	–	2,92
Os	57,42	58,92	57,07	43,66	30,08	23,84	13,38	40,66	34,61	17,70
Ir	36,20	32,06	41,15	55,12	63,82	26,39	17,96	41,47	33,61	27,79
Pt	–	–	–	–	–	21,43	39,11	–	5,68	6,72
Кристаллохимические формулы										
1	Os _{0,55} Ir _{0,34} (Ru _{0,11})									
2	Os _{0,54} Ir _{0,29} (Ru _{0,15} , Fe _{0,01})									
3	Os _{0,55} Ir _{0,39} (Fe _{0,03} , Ni _{0,03})									
4	Ir _{0,53} Os _{0,43} (Fe _{0,02} , Ni _{0,01} , Rh _{0,004})									
5	Ir _{0,58} Os _{0,27} (Fe _{0,1} , Ru _{0,04} , Rh _{0,003} , Ni _{0,003})									
6	Ir _{0,21} Os _{0,19} Pt _{0,16} (Fe _{0,04} , Ru _{0,003})									
7	Ru _{0,34} Pt _{0,3} Ir _{0,14} Os _{0,1} (Rh _{0,07} , Ni _{0,03} , Fe _{0,02})									
8	Os _{0,35} Ir _{0,35} Ru _{0,28} Fe _{0,01}									
9	Ru _{0,38} Os _{0,28} Ir _{0,27} Pt _{0,04} (Fe _{0,01} , Ni _{0,01})									
10	Ru _{0,59} Ir _{0,19} Os _{0,12} Pt _{0,05} Rh _{0,04} (Fe _{0,01})									

Примечание: 1–3 – сысертскит; 4–5 – невьянскит; 6–7 – рутенистый платосмирид; 8 – рутениридосмин; 9 – платиносодержащий рутениридосмин; 10 – рутений, иридий, осмий (не названный минерал). Анализы выполнены в ЗАО «РАЦ Механообр-Инжиниринг Аналит» (аналитик А. Антонов). В скобках – число анализов, использованных для расчета среднего состава. Нумерация строк соответствует номерам столбцов. Прочерк – не найдено.

Таким образом, пространственная сопряженность Михайловского и Старооскольского рудных районов с различными по составу СВК архейских поясов, с заметным преобладанием щелочных парагенезисов в последнем, существенно сказалась не только на составе железных руд, но и характере распределения и формах нахождения в них благородных металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-05-00316-а, 11-05-12050-офи-м-2011) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № 14.740.11.1273).

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышов Н. М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 448 с.
2. Чернышов Н. М. Типы и минеральный состав золото-платинометалльного оруденения железорудных

месторождений-гигантов КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов // Докл. РАН. – 2010. – Т. 430, № 3. – С. 395–399.

3. Чернышов Н. М. Благороднометалльная специализация колчеданного оруденения ВКМ (на примере участков Тимской, Авильский) / Н. М. Чернышов, Т. П. Коробкина, И. П. Лапутина // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 2000. – № 9. – С. 134–148.

4. Чернышов Н. М. Особенности распределения и формы нахождения благородных металлов в железистых кварцитах Михайловского месторождения КМА и их техногенных продуктах (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, С. В. Петров, С. П. Молотков // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 2003. – № 1. – С. 93–104.

5. Чернышов Н. М. Особенности распределения и формы нахождения платиноидов и золота в железистых кварцитах Михайловского месторождения КМА / Н. М. Чернышов [и др.] // Геология и разведка. – 2003. – № 5. – С. 24–30.

6. Чернышов Н. М. Новые минеральные формы платиноидов и золота в железистых кварцитах Лебедин-

ского месторождения КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, С. В. Петров // Доклады РАН. – 2006. – Т. 408, № 2. – С. 1–4.

7. Чернышов Н. М. Минеральные формы нахождения платиноидов и золота в железистых кварцитах Лебединского месторождения КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, С. В. Петров // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 2005. – № 2. – С. 31–38.

8. Резникова О. Г. Золото-платинометалльная минерализация в железистых кварцитах Старооскольского железорудного района КМА (типы, состав и генетические особенности) : дис. на соиск. учен. степ. канд. геол.-минерал. наук / О. Г. Резникова. – Воронеж, 2010. – 159 с.

9. Olivo G. R. Palladium gold from Caue iron mine. Itabiro District, Minas Gerais, Brazil / G. R. Olivo, M. Gaunter, M. Bardoux // Miner. Mag. – 1994. – Vol. 58, № 4. – P. 579–587.

10. Минералы благородных металлов / под ред. О. Е. Юшко-Захаровой [и др.]. – М. : Недра, 1986. – 272 с.

11. Бурмин Ю. А. Геохимия рудоносных кор выветривания / Ю. А. Бурмин. – М. : Недра, 1987. – 228 с.

12. Лазаренков В. Г. Геохимия элементов платиновой группы / В. Г. Лазаренков, И. В. Таловина. – СПб. : Галарт, 2001. – 266 с.

13. Чернышов Н. М. Первые находки минеральных форм элементов платиновой группы в железистых кварцитах КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов [и др.] // Докл. РАН. – 2003. – Т. 391, № 1. – С. 104–107.

14. Чернышов Н. М. Новые данные о формах нахождения благородных металлов в коре выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, М. М. Понамарева // Докл. РАН. – 2012. – Т. 443, № 3. – С. 1–5.

Воронежский государственный университет

Н. М. Чернышов, член-корреспондент Российской академии наук, заслуженный деятель науки РФ, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой минералогии, петрографии и геохимии, руководитель НОЦ «Геология рудных месторождений Центральной России» ВГУ-ИГЕМ РАН

Тел. 8 (473) 220-86-81 (служ.),

8 (473) 252-76-01 (дом.)

petrology@list.ru

Voronezh State University

N. M. Chernyshov, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Researcher of RF, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of Department of Mineralogy, Petrography and Geochemistry at Voronezh State University, Head of Centre for Research and Education «Geology of ore deposits of Central Russia» at VSU-IGEM RAS

Tel. 8 (473) 220-86-81 (office)

8 (473) 252-76-01 (home);

petrology@list.ru

М. М. Понамарева, аспирант кафедры минералогии, петрографии и геохимии

Тел. 8 (473) 220-79-66 (служ.)

8-920-412-51-87 (моб.)

marichka15@mail.ru

M. M. Ponamareva, post-graduate student, Chair of Mineralogical, Petrography and Geochemistry

Tel. 8 (473) 220-79-66 (office),

8-920-412-51-87 (mob.)

marichka15@mail.ru