

О ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЗОЛОТО-ПЛАТИНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТАХ И СЛАНЦАХ КМА К ЕДИНОЙ РУДООБРАЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЕ*

Н. М. Чернышов

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 14 марта 2014 г.

Аннотация: приведены новые данные по благороднометаллсодержащим структурно-вещественным комплексам палеопротерозоя и их парагенезисам в двух пространственно разобщенных и разных по составу вмещающих их железистых кварцитах и черных сланцев рудных районов КМА. Установлен многостадийный характер формирования благороднометалльного оруденения; определен однотипный состав минеральных фаз в железистых кварцитах, сланцах и метасоматитах, свидетельствующий о принадлежности их к единой длительно развивавшейся рудообразующей системе. Приведена обобщенная модель формирования благороднометалльной рудообразующей системы в условиях различных по генетической принадлежности источников вещества.

Ключевые слова: благородные металлы, минералогия, железные руды, углеродистые сланцы, типы оруденения, рудообразующие системы, модель формирования.

Abstract: new data on the paleoproterozoic noble metal bearing structural-material complexes and their parageneses in two spatially separated and different in composition of enclosing ferruginous quartzites and black shales ore districts of KMA are presented. A multi-stage character of the formation of noble-metal types of ores is established; the same type of composition of the mineral phases in the ferruginous quartzites, shales and metasomatites is determined, what is indicating it as a part of a single long developing ore-forming system. The generalized model of the formation of the noble metal bearing ore-forming system in case of a genetically variable sources of material is given.

Key words: noble metals, mineralogy, iron ores, carbonaceous shales, types of mineralization, ore-forming systems, model of formation.

Структурно-вещественные критерии размещения благороднометалльного оруденения в железистых кварцитах и черных сланцах КМА

Железистые кварциты и сланцы с золото-платинометалльной минерализацией установлены в составе всех структурно-вещественных комплексов (СВК) мезо- и неогаргейских зеленокаменных поясов КМА и пространственно совмещенных с ними сложных по своей геодинамической природе и составу палеопротерозойских структур, определяя тем самым высокий золото- и платиноносный потенциал Воронежского кристаллического массива (ВКМ) – крупного (600×1000 км) сегмента Восточно-Европейской платформы [1].

Наиболее высокие концентрации благородных металлов сосредоточены в пределах Михайловского и Старооскольского рудных районов КМА. В формировании литосферы структуры КМА в раннем протерозое отчетливо выделяются четыре этапа – про-

топлатформенный, континентальный рифтогенез с рядом стадий, коллизионный и заключительный раннеплатформенный (рис. 1), каждый из которых отличается составом СВК и ассоциирующим с ним золото-платинометалльным оруденением. При всем многообразии типов рудообразующих систем, возникающих при различных геодинамических обстановках становления структуры КМА, наибольший промышленный интерес представляет золото-платинометалльное оруденение, ассоциирующее с железистыми кварцитами, межрудными сланцами курской серии и, прежде всего, с углеродистыми сланцами и метасоматитами оскольской серии [1, 2]. В современном варианте они представляют собой сложные дискордантные интракратонные складчато-глыбовые структуры, пространственно совмещенные с неогаргейскими коматиитсодержащими зеленокаменными поясами [1].

Характерными особенностями золото- и платиноносных структурно-формационных зон, наиболее полно проявившихся в Михайловском и Старооскольском железорудных районах мегаблока КМА, приуроченных к коматиитсодержащему Белгородско-Ми-

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания вузам в сфере научной деятельности на 2014–2016 гг. Проект № 853.
© Чернышов Н. М., 2014

Геодинамические этапы формирования раннепротерозойской структуры КМА [13]

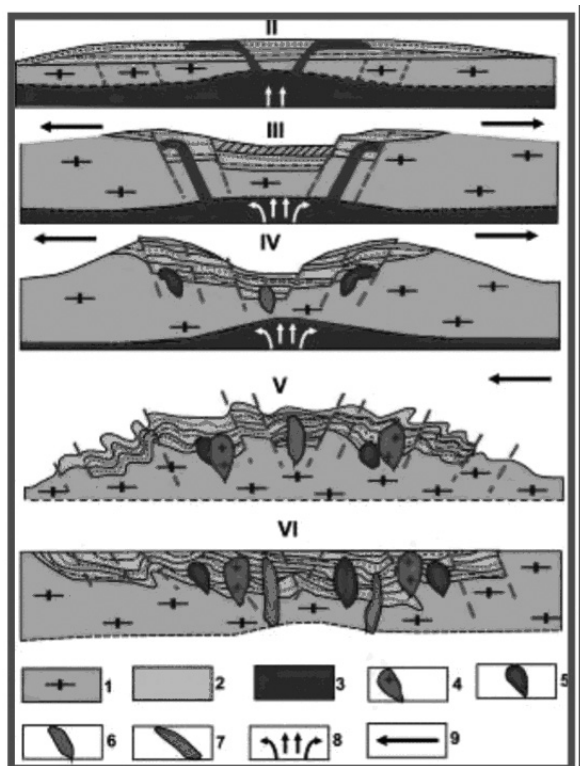


Рис. 1. Геодинамика и минерагения раннепротерозойского этапа [3], с дополнениями: 1 – протокора серогнейского состава; 2 – ассоциация пород стадии рифтогенеза; 3 – подкорковый слой верхней мантии; 4 – коллизионные гранитоиды; 5 – базальты повышенной щелочности; 6 – базальтоиды нормальной щелочности; 7 – траппы; 8 – векторы тепломассопереноса; 9 – векторы тектонического напряжения

Структура КМА

Тип геодинамического режима	Структурно-вещественные комплексы	Рудообразующие системы
Протоплатформенный	Курская железорудная серия, роговская и белгородская свиты оскольской серии	1) золото-, платиноураноносная кварцевых конгломератов; 2) золото- и платиноносная железисто-кремнисто-сланцевая; 3) платиноидно-золоторудная; 4) золото-кварц-сульфидная (платиноносная); золотосодержащая кор выветривания железистых кварцитов сланцев
Континентальный рифтогенез (II–IV) а) предрифтовая стадия б) собственно рифтовая	а) базальтоиды нормальной щелочности; б) ранняя стадия – молассоидные отложения, высокотитанистые габброиды; поздняя стадия – породные ассоциации кремнисто-карбонатно-терригенных фаций, ограниченно – базальтоиды, пикриты; ультрамафит-мафитовые интрузии (золотухинский тип)	1) золотоносных россыпей; 2) полигенная золото- и платиноносная в сланцах; 3) титан-ванадиевая
Коллизионный (V)	Стойло-николаевский габродiorит-гранитный (2085±5 млн лет), шебекинский сиенитовый (2066±14 млн лет), малининский гранитный; андезитиды глазуновской свиты	1) золото-сульфидно-кварцевая (платиносодержащая) и галенит-сфалеритовая; 2) грейзеновая касситерит-силкатная; 3) редкоземельная урано-ториевая; 4) полиметаллическая; 5) редкометаллическая (в сподуменовых пегматитах); 6) золото-платинометаллическая колчеданная в метасоматитах; 7) золото- и платиносодержащая в стратифицированных толщах (глазуновская свита)
Раннеплатформенный (VI)	Трапповая формация (смородинский комплекс; 2060±10 млн лет); щелочные субультрамафитовые с карбонатами (дубравинский комплекс)	1) платиносодержащая титаномагнетитовая с ванадием; 2) малосульфидная платинометаллическая; 3) сульфидная платиноидно-медно-никелевая; 4) апатит-магнетитовая платиносодержащая в карбонатитах и др.

хайловскому и практически лишенному коматиитов Орловско-Тимскому зеленокаменным поясам (соответственно) [1, 2, 4, 5–11], ряд факторов определяют источники элементов, условия формирования, стадийность, минеральный состав, геолого-генетические типы благороднометалльной минерализации, структуру модели рудообразующей системы.

По условиям локализации, морфологии и масштабам рудных залежей, особенностям их минерализации, содержаниям благородных металлов и промышленной значимости выделены шесть типов [1, 12–16]: 1) осадочно-метаморфогенный; 2) метаморфогенно-метасоматический; 3) гидротермально-метасоматический; 4) гипергенно-метасоматический; 5) осадочный; 6) техногенный.

Одним из наиболее крупных по ресурсам Au и ЭПГ является метаморфогенно-метасоматический (стратиформный) тип в углеродсодержащих сланцах, наиболее полно проявившийся в пределах Михайловского железорудного района и в меньшей мере – Старооскольского района.

Руды тимского типа характеризуются: а) локализацией в нижней сульфидизированной углеродистой терригенно-осадочной части разреза тимской свиты оскольской серии; б) многоуровневым (3–7 горизонтов мощностью от первых метров до 25–30 м) размещением, высокими концентрациями ЭПГ и Au(1,5–34,6 г/т), отчетливой корреляционной связью их с С, S и рядом петрогенных и малых элементов (Ni, Cu, Co, Cr, Zn, Ti, V, P и др.), преимущественно базальтоидным типом распределения ЭПГ (Pd > Pt > Rh > Ru > Ir > Os); в) высокой степенью концентрирования благородных металлов

в наиболее тонкозернистой сульфидно-углеродистой фракции (< 0,06 мм), в которой их концентрация многократно (15–16 раз) превышает содержание в исходных (рудовмещающих) породах [2, 9–11].

Наиболее значимым рудопроявлением гидротермально-метасоматического типа является кшенское, приуроченное к Тим-Ястребовской структуре, сосредоточенное в протяженной Воскресеновской рудоносной зоне рассланцованных, катаклазированных, миланитизированных, сульфидизированных и различных по степени интенсивности метаморфически и метасоматически преобразованных основных и ультраосновных вулканитов и углеродсодержащих вулканогенно-осадочных пород верхней части разреза тимской свиты [1, 2, 6, 9, 11, 17].

Минералогические критерии принадлежности благороднометалльного оруденения в железистых кварцитах и черных сланцах КМА к единой рудообразующей системе

При разработке технологии комплексного освоения и глубокой переработки руд стратегически важных благородных металлов особое значение имеет выявление минеральных и иных форм их нахождения. По отдельным типам золото-платинометалльного оруденения результаты исследований были опубликованы ранее [1, 5, 19, 21]. Ниже приводятся обобщенные, в том числе новые, данные по минералогии и формам нахождения благородных металлов в железистых кварцитах курской и оскольской серий, их метасоматитах и сланцах КМА (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Рудные минералы золото-платинометалльного оруденения в железистых кварцитах (ЖК) и сланцах (ЧС) КМА [1, 5, 10, 16, 19–25]

ЖК 1	ЧС 2	ЖК 3	ЧС 4
Самородные металлы		Сульфоарсениды, теллуриды, антимониды, селениды, сульфосоли	
Золото		Мончеит	
	Палладий	Сперрилит	
	Платина	Петцит	
Рутений		Креннерит	
Осмий		Цуманит	
	Медь	Сильванит	
	Серебро	Вольнскит	
Металлические твердые растворы и интерметаллические соединения		Мутманнит	
	Палладий платиносодержащий	Мальдонит	
	Платина железосодержащая	Ирарсит	
	Au-Pt-Pd	Арсенопирит	
Осмистый иридий (невьянскит?)		Алтаит	
Сысертскит		Лиллианит	
	Платиридосмин	Висмутин	

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Платрутеносмиридий		Хедлиит (Pt-содержащий)	
Иридрутеносмид		Жозеит-А	
Рутениридосмин		Тетрадимит	
	Золото Hg-Te-Ag-содержащее	Гессит	
Au-Cu и Au-Cu-Ag-сплавы			Ульманит
Амальгама золота-серебра			Теллуровисмутит
Электрум			Буланжерит
Кюстелит			Клаусталит
	Аркверит		Цинкосодержащий станнин
	Станнид палладия		Станнин
	Pt-Pd-Au-Ag-Sn		Селенид палладия и платины (неназванный минерал)
Сульфиды		Теннантит	
Пирит		Тетраэдрит	
Прассоит		Никелистый кобальтингерсдорфит (Pd-содержащий)	
Маккинстриит		Герсдорфит (Pd-содержащий)	
Ni-Cu-пирит		Леллингит никельсодержащий	
Ni-Co-пирит			Теллурантимонид палладия (тестибиопалладинит (?))
	Макиनावит	Оксиды, вольфраматы, молибдаты, фосфаты и др.	
Пирротин		Ильменит	
Ni-пирротин		Магнетит	
Пенталандит, в том числе Ag-Pt-Pd-содержащий		Гематит	
Халькопирит		Рутил	
Марказит		Касситерит	
	Кубанит	Уранинит и настуран	
	Виоларит	Шеелит	
Борнит (Pd-содержащий)			Перовскит
Халькозин			Титанат бария
Ковеллин			Титанат бария и висмута
Марганцовистый сфалерит		Бадделиит	
Селенистый галенит		Гетит	
Молибденит, в том числе Re-Pd-Au-содержащий		Циркон	
	Киноварь	Барит	
	Дигенит	Монацит	
	Куприт		Апатит

Золото-платинометалльное оруденение в железистых кварцитах и черных сланцах КМА характеризуется сложным полиминеральным (более 60 минералов) и многокомпонентным составом. Определяющими особенностями благороднометалльного оруденения в железистых кварцитах и сланцах курской и оскольской серий и их метасоматитах является многообразие форм концентрирования и широкое развитие (около 30) собственных минеральных фаз ЭПГ, Au и сопутствующих им элементов (Ag, Te, Bi) в виде самородных металлов (Au, Os, Ru, Ir, Bi), металлических твердых растворов и интерметал-

лических соединений, сульфидов, сульфоарсенидов, теллуридов, висмутидов, примесей в основных платино-, палладий- и золотосодержащих рудообразующих сульфидах, которые в совокупности с нахождением благородных металлов в углеродистом веществе (в том числе и в фуллеренах) определяют необходимость разработки принципиально новых экологически безопасных технологий извлечения всего комплекса металлов [10].

Проведенный анализ парагенезисов рудных минералов, в том числе и минералов благородных металлов, показывает их значительное сходство в же-

лезистых кварцитах, межрудных сланцах курской и оскольской серий, что является одним из критериев, указывающих на принадлежность золото-платинометалльного оруденения к единой длительно формирующейся благороднометалльной рудообразующей системе.

Геолого-генетическая модель формирования единой рудообразующей системы золото-платинометалльного оруденения в железистых кварцитах и черных сланцах КМА

Следует особо подчеркнуть, что особенность строения и состава железных руд и сланцев месторождений рудных районов, общие закономерности размещения благороднометалльной минерализации определяются пространственной сопряженностью железорудных рифтогенных по своей природе структур нижнего карелия с реактивизированными золото- и платиноносными позднеархейскими зеленокаменными поясами. Определяющими многостадийную природу благороднометаллсодержащих железистых кварцитов и ассоциирующих с ними пород являются полицикличность развития и многостадийность палеопротерозойской тектоно-магматической 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 коагматичных им субвулканических, интрузивных и дайковых образований (перидотиты, пироксениты, габбро-нориты, габбро, габбро-диориты, диориты, гранодиориты, нормальные и субщелочные граниты, диоритовые и диабазовые порфириты, 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 своей природе золото-платинометалльного оруденения, принадлежащего к различным геолого-генетическим типам [5]. Вместе с тем, как отмечалось, сопряженность со структурами архейских продуцентов сказывалась 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 (Белгородско-Михайловский ЗП), так и Старооскольско-

го (Орловско-Тимской ЗП) рудных районов ($Pd / Pt = 0,08-0,72$).

Комплекс структурно-вещественных признаков по закономерностям размещения, идентичности минерального состава, формам нахождения ЭПГ, Au в железистых кварцитах, углеродистых сланцах и вулканитах, близкие соотношения стабильных изотопов C, O, S и другие параметры (в том числе числовые характеристики по РТ-условиям [1, 2, 11, 19, 26] образования силикатных и рудных минеральных парагенезисов) свидетельствуют о формировании различных типов, единой благороднометалльной рудообразующей системы в условиях сопряженной длительной деятельности нескольких разнородных источников рудных элементов [1, 2, 9, 11, 27].

При этом подобное соотношение наследуют параметры, характерные для залегающих ниже по разрезу мезо- и неархейских структурно-вещественных комплексов, и прежде всего характер распределения и величины соотношения Pd / Pt, в частности коматиитсодержащего Белгородско-Михайловского зеленокаменного пояса, с которым пространственно сопряжены Михайловский рудный район (табл. 2) и Орловско-Тимской ЗП, породная ассоциация которого представлена в основном бимодальной базальт-риодацитовой формацией и их туфами, в пределах которого располагается Старооскольский железорудный район (Лебединское, Стойленское и др.).

На юго-восточном замыкании Алексеевско-Воронежской металлогенической зоны того же региона [19] установлены золотоносные кварцитопесчаники конгломератокварцитовой формации. В метагравелитах и кварцитопесчаниках, брекчированных амфиболитах михайловской серии верхнего архея золото в небольшом количестве (до 0,07 г/т) отмечается в нижней части разреза, а вблизи контакта с перекрывающими железистыми кварцитами его содержание (по данным химико-спектрального анализа лаборатории ЦНИГРИ) составляет от 0,03 до 0,3 г/т. Здесь же выявлен пласт (0,8 м) с содержанием Au = 1,5 г/т, ниже которого отмечается мощный (свыше 100 м) аномальный ореол золота (до 0,2 г/т).

Выполненные в последние годы исследования по оценке платиноносности докембрийских образований ВКМ позволили выявить в золотоносной конгломератокварцитовой формации повышенные концентрации ЭПГ. В частности, по данным анализов двух проб конгломератов, отобранных на Южно-Коробковском месторождении (шахта им. Губкина) помимо Au, установлены Pt (до 100 мг/т), Pd (до 200 мг/т), Ag (до 3000 мг/т), а также Ni, Cu, Co, Zn, Pb. На отдельных участках того же месторождения содержание золота достигает 3–8 г/т, ЭПГ до 0,5 г/т.

Таблица 2

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

Рудовмещающие формации (комплексы, серии, свиты)	Породы (в том числе их минерализованные разновидности)	Число анализов	Pt	Pd	Au	Pd/Pt
Позднеархейский (3,0–2,5 млрд лет; олимпийский тип)						
Дунит-перидотитовая (железногорский комплекс)	Дуниты и их серпентиниты	5	0,044	0,011	0,005	0,25
	Перидотиты и их серпентиниты	6	0,035	0,007	0,004	0,20
	То же с сульфидной минерализацией	2	0,110–0,140	0,023–0,075	0,030	0,40
Коматиит-базальтовая (александровская свита михайловской серии)	Перидотитовые коматииты	6	0,020	0,005	0,005	0,25
	То же с сульфидной минерализацией	1	0,060	0,023	–	0,38
	Пироксеновые коматииты	2	0,015	0,005	0,003	0,33
Раннеархейский (> 3,0 млрд лет; бесединский тип)						
Перидотит-пироксенит-габбро-норитовая	Перидотиты с сульфидной минерализацией	2	0,170	0,014	0,005	0,08
	Пироксениты с сульфидной минерализацией	1	0,240	0,015	–	0,06
	Горнблендиты рудные	1	1,300	0,360	–	0,28
Коматиит-пикрит(?) - базальтовая	Толейтовый базальт	3	0,012	0,005	0,003	0,42

Микрозондовым анализом в составе рудного минерального парагенезиса установлены высокопробное золото самородное серебросодержащее с примесями Pt (500 г/т) и Te (300 г/т), а также платиносодержащий висмутин (Pt до 4400 г/т), золото-, платино- и палладийсодержащие пирротины (Au = 1700 г/т; Pt = 1800 г/т; Pd = 300–700 г/т), золото-содержащий галенит (Au = 300 г/т), а также герсдорфит. Самородное золото достаточно часто отмечается в виде мелких (до 0,03–0,04 мм) включений в пирите.

В качестве важного продуцента (источника) благородных металлов, при формировании золото-платинометалльной рудообразующей системы выступают докурские химически зрелые коры выветривания по породам мезо- и неорхейских структур, включая плагиограниты салтыковского типа и сложный по составу и строению обоянский комплекс. Результаты пяти анализов различных по составу цемента и содержанию сульфидов кварцевых конгломератов, конгломератов и перекрывающих их алевросланцев стойленской свиты в пределах Лебединского железорудного карьера показали постоянное присутствие Au и ЭПГ, преобладание Pd над Pt (Pd/Pt > 1), повышенное содержание Ru и Ir, а также Ag (табл. 3). На отдельных участках (Южно-Коробковское месторождение), помимо высокой концентрации Au (до 3–8 г/т), содержание ЭПГ составляет 0,5 г/т.

Таблица 3

Содержание благородных металлов в конгломератах и конгломереллитах из верхней части разреза стойленской свиты (Лебединский железорудный карьер), мг/т

№ 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 – конгломереллит. Юго-западный забой Лебединского карьера, горизонт (+)75 м. Анализы выполнены в КНЦ РАН (пламенно-фотометрический метод, аналитик Л. В. Филиппычева).

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 известной мере, на характере распределения, концентрировании благородных металлов, отношении Pd/Pt, при во многом однотипном составе литофациальных фаз [9, 11, 19, 27, 28] (табл. 4, 5).

Содержание благородных металлов в разных типах железистых кварцитов Михайловского месторождения [29]

№ п/п	Название породы	Химико-спектральный анализ, г/т			
		Au	Pt	Pd	Pd/Pt
1	Гематитовый кварцит	0,18(3)	0,14(3)	0,10(3)	0,71
2	Магнетитовый кварцит	0,005(2)	0,05(3)	0,03(3)	0,60
3	Безрудный кварцит	0,02(2)	0,03(2)	0,01(3)	0,33
4	Малорудный кварцит	0,05(3)	0,03(3)	0,02(3)	0,67
5	Железно-слюдково-магнетитовый кварцит	1,27(2)	0,12(2)	0,04(2)	0,33
6	Силикатно-магнетитовый кварцит	1,87(2)	0,04(2)	0,02(2)	0,02
7	Карбонатно-магнетитовый кварцит	0,14	0,05	< 0,02	–
8	Кора выветривания (богатые руды)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	–
9	Кора выветривания (окисленные кварциты)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	–

Таблица 5

Содержание благородных металлов в различных типах железистых кварцитов и сопутствующих им породах Лебединского месторождения, г/т [19, 30, 31]

	1(1)	2(1)	3(2)	4(3)	5(3)	6(1)	7(1)
Pt	0,03	0,01	0,03	0,04	0,09	0,11	<0,03
Pd	0,15	0,13	0,17	0,37	0,32	0,50	0,26
Au	0,56	0,05	0,13	0,15	0,13	0,22	0,05
Rh	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Pt + Pd + Au	0,74	0,19	0,33	0,56	0,54	0,83	0,34
Pd / Pt	5,00	1,30	5,60	9,20	3,60	4,50	8,60

Примечание. Название пород: 1 – гематит-магнетитовый кварцит; 2 – малорудный кварцит; 3 – железистый кварцит из зоны контакта с углеродсодержащими (внутрирудными) сланцами; 4 – внутрирудные сланцы; 5 – лебеденит; 6–7 – метасоматические жильные образования. Анализы выполнены в лаборатории ИГЕМ РАН, спектроскопический метод, аналитик Г. Е. Белоусов.

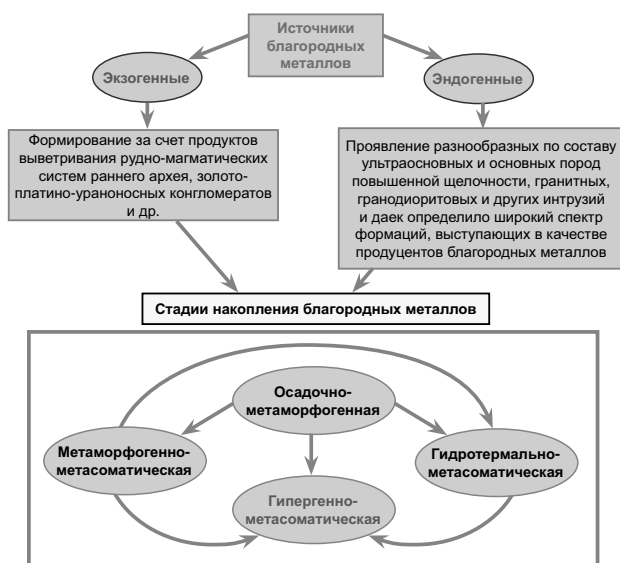


Рис. 2. Источники поступления рудного вещества и модель формирования благороднометалльного оруденения в железистых кварцитах, сланцах и метасоматитах рудных районов КМА [27]

Комплекс структурно-вещественных признаков по закономерностям размещения, идентичности минерального состава, формам нахождения ЭПГ, Au в железистых кварцитах, сланцах, вулканитах и метасоматитах, близкие соотношения стабильных изотопов С, О, S и другим параметрам (в том числе числовыми характеристиками по РТ-условиям образования силикатных и рудных минеральных парагенезисов) свидетельствуют о формировании различных геолого-генетических типов в условиях сопряженной длительной деятельности нескольких разнородных источников рудных элементов (рис. 2).

В совокупности эти источники определяют принадлежность золото-платинометалльного оруденения в железистых кварцитах и пространственно совмещенных с ними углеродистых сланцах рудных районов к единой полигенной и полихронной [1, 2, 15] длительно формирующейся золото-платинометалльной рудообразующей системе.

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. Золото-платинометалльное оруденение черносланцевого типа Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2007. – 177 с.
3. Холин В. М. Геология, геодинамика и металлогения раннепротерозойской структуры КМА : автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук / В. М. Холин. – Воронеж, 2001. – 24 с.
4. Буряк В. А. Генезис, закономерности размещения и перспективы золото- и платиноносности черносланцевых толщ / В. А. Буряк, Б. К. Михайлов, Н. В. Цымбалюк // Руды и металлы. – 2002. – № 6. – С. 25–36.
5. Додин Д. А. Платинометалльные месторождения России / Д. А. Додин, Н. М. Чернышов, Б. А. Яцкевич. – СПб. : Наука, 2000. – 755 с.
6. Додин Д. А. Металлогения платиноидов крупных регионов России / Д. А. Додин, Н. М. Чернышов, О. И. Чернышова. – М. : Геоинформмарк, 2001. – 302 с.

7. Железные руды КМА / под ред. В. П. Орлова. – М. : Геоинформмарк, 2001. – 616 с.
8. Созинов Н. А. Металлоносные черные сланцы Курской магнитной аномалии / Н. А. Созинов, Н. Н. Чистякова, В. А. Казанцев. – М. : Наука, 1988. – 149 с.
9. Чернышов Н. М. Новый тип золото-платинометалльного оруденения в стратифицированных черносланцевых комплексах ВКМ (закономерности размещения, минералого-геохимические особенности и геолого-генетическая модель формирования) / Н. М. Чернышов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1996. – № 1. – С. 114–132.
10. Чернышов Н. М. Новые минералы платиноидов в черносланцевых комплексах тимского типа (КМА) / Н. М. Чернышов, В. Г. Моисеенко, В. В. Абрамов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология. – 2007. – № 2. – С. 152–158.
11. Чернышов Н. М. Минералы благородных металлов в рудах черносланцевого типа Воронежского кристаллического массива (Центральная Россия) // Зап. РМО. – 2009. – СXXXVI. – № 1. – С. 36–51.
12. Тигунов Л. П. Проблемы и перспективы попутного получения благородных металлов из нетрадиционных источников минерального сырья / Л. П. Тигунов, Л. З. Быховский // Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов : материалы Всерос. симпозиума. – М., 2002. – С. 381–384.
13. Чернышов Н. М. Формационно-генетическая типизация месторождений металлов платиновой группы для целей прогноза и металлогенического анализа / Н. М. Чернышов, Д. А. Додин // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36, № 1. – С. 65–70.
14. Чернышов Н. М. Формационно-генетическая типизация платинометалльного оруденения и перспективы наращивания минерально-сырьевого потенциала платиновых металлов России / Н. М. Чернышов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология. – 1996. – Вып. 2. – С. 75–85.
15. Чернышов Н. М. Типы и минеральный состав золото-платинометалльного оруденения железорудных месторождений – гигантов КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов // Доклады РАН. – 2010. – Т. 430, № 3. – С. 395–399.
16. Шелехов А. Н. Месторождения железистых кварцитов и продукты их передела – новый перспективный источник золото-платинометалльного сырья в XXI в. (на примере Центральной России) / А. Н. Шелехов, В. А. Лючкин, Ю. С. Ляховкин // Платина России. – М. : Геоинформмарк, 1999. – Т. 3, кн. 2. – С. 289–294.
17. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века / Д. А. Додин [и др.]. – М. : Геоинформмарк, 2007. – 130 с.
18. Двойнин В. В. Золотоносность железистых кварцитов курской серии КМА / В. В. Двойнин, Е. И. Дунай, И. И. Воевода // Разведка и охрана недр. – 1993. – № 9. – С. 12–14.
19. Чернышов Н. М. Новые минеральные формы платиноидов и золота в железистых кварцитах Лебединского месторождения КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, С. В. Петров // Докл. РАН. – 2006. – Т. 408, № 4. – С. 586–589.
20. Рудашевский Н. С. Минералы платиновой группы из черных сланцев КМА / Н. С. Рудашевский, В. В. Кнауф, Н. М. Чернышов // Докл. РАН. – 1995. – Т. 334, № 1. – С. 91–95.
21. 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.
22. Чернышов Н. М. Сульфидная минерализация, содержащая благородные металлы, в межрудных сланцах Стойленского железорудного месторождения / Н. М. Чернышов, В. С. Кузнецов // Известия высших учебных заведений. Сер.: Геология и разведка. – 2011. – № 2. – С. 17–23.
23. Чернышов Н. М. Новые данные о минеральном составе благороднометалльного оруденения Стойленского железорудного месторождения КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, В. С. Кузнецов, С. В. Петров // Докл. РАН. – 2009. – Т. 428, № 6. – С. 801–804.
24. Чернышов Н. М. Платиноносные формации Воронежского кристаллического массива и их место в общей модели формирования докембрийской литосферы (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, М. Н. Чернышова // Платина России : сб. науч. трудов. – Красноярск, 2011. – Т. 7. – С. 161–181.
25. 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 // Доклады РАН. – 2012. – Т. 443, № 3. – С. 1–5.
26. Чернышов Н. М. Благороднометаллсодержащие парагенезисы сульфидов и их аналогов в железорудных месторождениях КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2007. – № 1. – С. 101–114.
27. Чернышов Н. М. Роль первичных источников (продуцентов) при формировании благороднометалльного оруденения в железорудных месторождениях КМА / Н. М. Чернышов, М. М. Понамарева // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2012. – № 1. – С. 108–115.
28. Плаксенко Н. А. Древние метаконгломераты Курской магнитной аномалии / Н. А. Плаксенко, Э. П. Извеков, И. Н. Щеголев // Изд. АН СССР. Сер.: Геология. – 1971. – № 8. – С. 28–39.
29. Чернышов Н. М. Особенности распределения и формы нахождения платиноидов и золота в железистых кварцитах Михайловского месторождения КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, С. П. Молотков, С. В. Петров // Геология и разведка. – 2003. – № 5. – С. 24–30.
30. Чернышов Н. М. Геология и минералого-геохимические особенности благороднометалльного оруденения в железистых кварцитах Лебединского месторождения КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, Т. П. Коробкина // Материалы региональной конф. «Геология, минералогия и геохимия месторождений благородных металлов Востока России, новые технологии переработки благороднометалльного сырья». – Благовещенск, 2005. – С. 39–43.
31. Чернышов Н. М. Особенности распределения и формы концентрирования платиноидов и золота в железистых кварцитах Лебединского месторождения КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, Т. П. Коробкина // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2005. – № 1. – С. 140–152.

Воронежский государственный университет

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

E-mail: petrology@list.ru

Тел.: 8-473-220-86-81

Voronezh State University

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

E-mail: petrology@list.ru

Tel.: 8-473-220-86-81