

УДК 549.21.8:553.31.4:553.491.8.04(47+57)

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТАХ КМА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ РОССИЯ)

© 2003 г. Член-корреспондент РАН Н. М. Чернышов, В. М. Изойтко, С. В. Петров, С. П. Молотков

Поступило 13.03.2003 г.

Известно [9], что железистые кварциты, слагающие в пределах всех континентов Земли крупные и уникальные месторождения и обеспечивающие 58% мировой добычи железных руд, включают около 5% общего числа промышленных золоторудных объектов.

Важнейшим компонентом золотоносных железистых кварцитов являются элементы платиновой группы (ЭПГ), содержание которых нередко достигает промышленных концентраций как в самих рудах [1, 3], так и в продуктах их обогащения [1, 9]. Количественно преобладающее золото находится преимущественно в самородном состоянии и в виде сплавов с серебром и медью [1, 7, 9]. Сведения о наличии собственных минеральных фаз ЭПГ в железистых кварцитах крайне ограничены. Достоверно установлены лишь палладистое золото (Pd от 1 до 50%), а также арсенид-антимониды и селениды палладия (палладсеит – $Pd_{17}Se_{15}$, арсенопалладинит – $Pd_5(As,Sb)_2$, атенеит – $(Pd,Hg)_3As$, изометриит – $PdAsSb$, стибипалладинит – Pd_5Sb_3) в золоторудном месторождении Итабира (Бразилия), связанном с железисто-кремнистой формацией [6, 10]. Единичные зерна (до 50 мкм) существенно осмиевого состава – рутениридосмин (Os 64.4; Ir 18.3; Ru 10.5; Rh 2.0; Pt 2.0; Pd < 0.5; Fe 1.3; Ni 0.8 мас. %) установлены в немагнитной фракции гравитационного концентрата Оленегорского месторождения (Кольский полуостров) [4].

Выполненные авторами специальные исследования железистых кварцитов Курской магнитной аномалии (КМА) позволили существенно расширить сведения о минералогии ЭПГ и Au.

В докембрийском фундаменте КМА сосредоточено более 60 крупных и уникальных железорудных месторождений с сопутствующей плати-

ноидно-золоторудной минерализацией [2], обеспечивающих 53% добываемой в России железной руды. Общий потенциал железистых кварцитов и богатых железных руд докембрийских кор выветривания (71.8 трлн.т) определяют ведущее положение в мире минерально-сырьевой базы Центральной России.

Благородные металлы содержатся как в самих железистых кварцитах (Au 0.2–0.25, Pt 0.02–0.20, Pd до 0.6 г/т) и в большей мере в краснополосчатых железно-сланцевых (гематитовых) их разновидностях (Au до 5.5, ЭПГ до 1 г/т), а также в широко развитых среди железорудных толщ золото-платиноносных кварцевых, кварц-сульфидных зонах минерализации (Au 1.0–7.0, иногда до 21.0 г/т; Pd до 0.96 г/т), в пирит-пирротиновых залежах (Au 1.0–4.0, Pd 0.1–0.61 г/т) и метасоматитах на

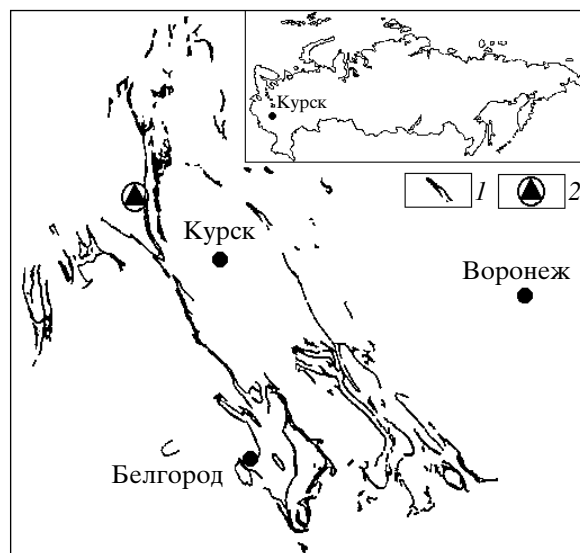


Рис. 1. Схема местоположения Михайловского железорудного месторождения КМА. 1 – железистые кварциты (железисто-кремнисто-сланцевая формация нижнего карелия); 2 – Михайловское месторождение.

Воронежский государственный университет
Закрытое акционерное общество
"Механобр-Инжиниринг", Санкт-Петербург

Таблица 1. Результаты гравитационного обогащения кварцитов (проба 9/8)

Наименование продуктов	Масса, г	Выход, %	Содержание, г/т		
			Au	Pt	Pd
Гравитационный концентрат	36.72	0.118	10	6.5	3.3
Хвосты обогащения	30963	99.882	<0.05	<0.02	<0.02
Исходная проба	31000	100	>0.012	>0.008	>0.004

Примечание. Содержание в исходной пробе рассчитано исходя из концентрации металлов в концентрате.

контакте железистых кварцитов и сланцев (Au 0.50–4.83; Pd 0.53–0.77; Pt 0.12–0.30 г/т).

Отрабатываемые карьерами и шахтами благороднометаллосодержащие железные руды пяти месторождений (Михайловское, Лебединское, Стойленское, Стойло-Лебединское, Коробковское) перерабатываются тремя ГОКа с формированием в процессе обогащения огромной массы хвостов с повышенными содержаниями Au, Pd и Pt. В некоторых технологических продуктах фабрик содержание благородных металлов может достигать промышленных концентраций, например в гравитационном концентрате из песков гидроциклонов Михайловского ГОКа, мг/т: Au 25200–43500; Pd 200–520; Pt 100–700; Rh 0–80; Os 0–50; Ru 0–20; Ag 2000–6000.

Объектом исследования форм нахождения благородных металлов были железистые кварциты одного из участков западного фланга Михайловского месторождения (рис. 1), где по результатам специального опробования, выполненного ЦНИГРИ, установлены повышенные содержания Au 0.20–4.83; Pd 0.250–0.600; Pt 0.041–0.214 г/т. Отобранная на этом же участке лабораторная минералого-технологическая проба Т-9 массой 200 кг включала 8 частных бороздовых проб (800 × 25 × 5 см), каждая из которых сокращалась на делителе Джонса в 8 раз с последующим объединением 1/8 каждой пробы в среднюю для последующего пробирного анализа и гравитационной сепарации на концентрационном столе СКЛ-2. Навеска для пробирного анализа измельчена на чашковом истирателе целиком. Пробирная плавка проводилась из двух параллельных определений на навесках 40 г каждая. Содержание благородных металлов (Au 0.12; Pd < 0.02; Pt < 0.02 г/т) оказалось значительно ниже тех значений, которые были получены в ЦНИГРИ. Лишь в гравитационном концентрате окисленных малорудных железистых кварцитов из последней секции базовой пробы (9/8) содержание благородных металлов составило Au 0.22; Pd 0.04; Pt 0.05 г/т.

Для определения форм нахождения благородных металлов проведено исследование укрупненной навески указанной частной пробы (9/8) массой 31 кг. Данная навеска измельчена до круп-

ности менее 0.25 мм, после чего проведено ее обогащение на центробежном сепараторе “Knelson 3.5” с контрольной сепарацией на ЦВК-100М и перечисткой гравитационных продуктов на концентрационном столе СКЛ-2. В результате получен гравитационный концентрат, который послужил основой для выделения минералов благородных металлов (табл. 1).

Половина полученного гравитационного концентрата пошла на определение содержания благородных металлов пробирным анализом. Вторая половина перечищена в чашках с использованием тяжелой жидкости М-45 плотностью 2.82 г/см³ с получением “ультратяжелой фракции”. Легкая

Таблица 2. Химический состав минералов платиновой группы и золота в железистых кварцитах Михайловского месторождения, мас. %

Элемент	Минералы платиновой группы						
	1	2	3	4			
Fe	0.2	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.			
Ni	1.2	»	»	»			
Cu	0.8	»	»	»			
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.	»			
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			
Самородное золото							
	1	2	3	4	5	6	7
Cu	0.7	0.3	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.
Ag	Н.п.о.	0.3	1.1	1.0	2.7	1.5	9.6
Pd	»	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.	0.7
Au	99.3	99.4	98.9	99.0	97.3	98.5	89.7

Примечание. Минералы платиновой группы: 1 – рутениридосмин, 2 – осмий самородный, 3 – платиридосмин, 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.

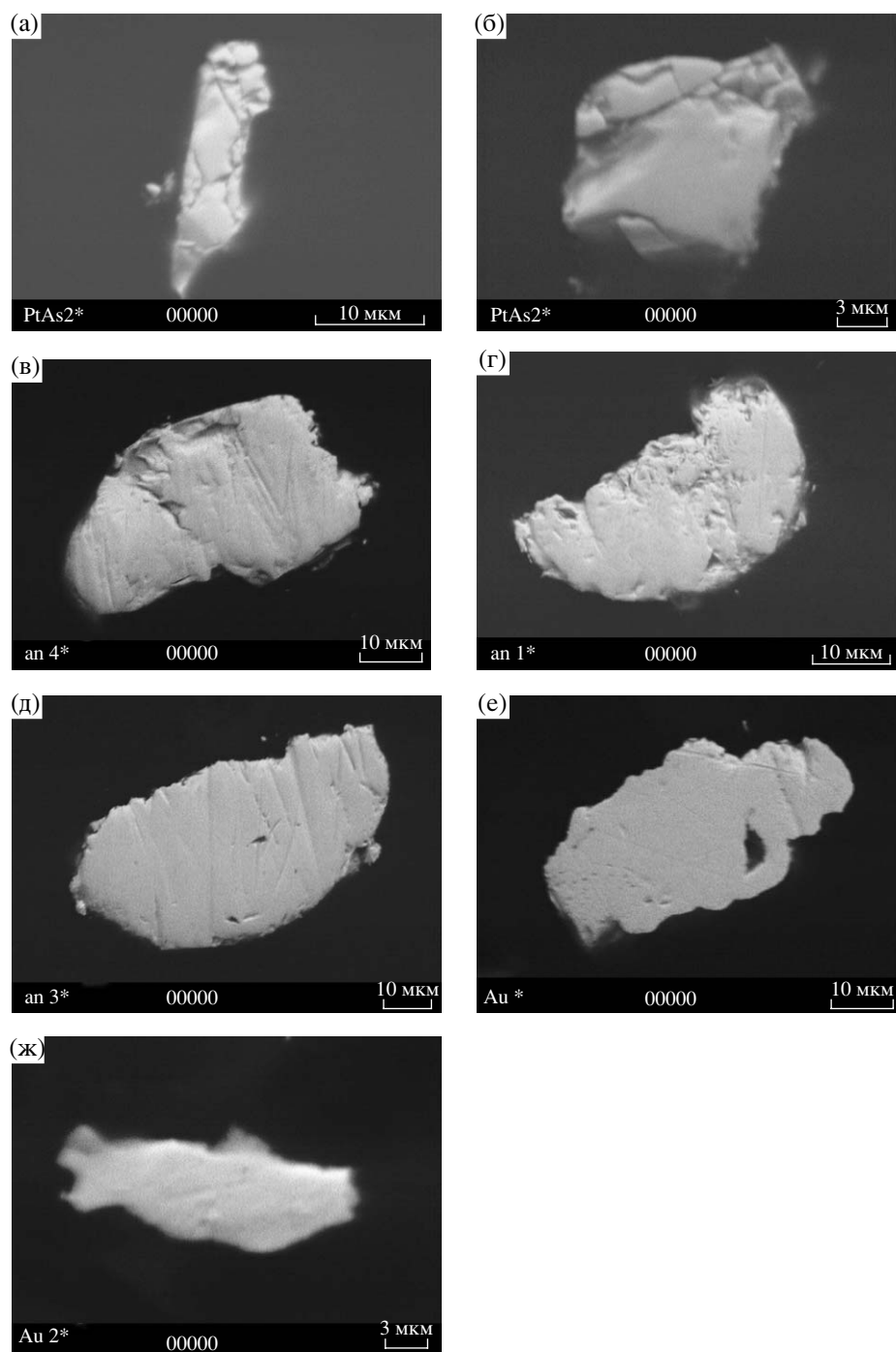


Рис. 2. Формы выделения минералов ЭПГ и Au из железистых кварцитов Михайловского месторождения. а – сперрит; б – рутениридосмин; в – осмий самородный; г – платиридосмин; д – платосмиридий; е, ж – золото самородное.

фракция доводки растворена в плавиковой кислоте с магнитной сепарацией остатка от растворения. Растворением в кислоте вскрыты зерна рудных (оксидных и сульфидных) минералов из сростаний с кварцем и силикатами. Магнитной сепарацией удалены магнетит, гематит, гидроксиды железа и силикаты железа. Остатки хими-

ческой доводки легкой фракции объединены с “ультратяжелой” фракцией гравитационной доводки. Масса полученного продукта составила 10 мг, что соответствует примерно одной трехмиллионной части исходной пробы. Весь материал этого продукта пошел на изготовление препарата для локальных рентгеноспектральных исследований,

в результате которых установлены сперриллит, самородный осмий, рутениридосмин, платиридосмин, платосмиридий и самородное золото (табл. 2).

С п е р р и л и т ($PtAs_2$) слагает мелкие (рис. 2а) оскольчатые зерна (5–20 мкм); обнаружено 4 зерна минерала, химический состав которых одинаков и полностью соответствует стехиометрическому.

Рутениридосмин ($Os_{0.44}Ru_{0.39}Ir_{0.1}Ni_{0.03}Cu_{0.02}Pt_{0.01}$) установлен в виде мелких (10 мкм) зерен (рис. 2б).

Единичные зерна (рис. 2в) самородного осмия ($Os_{0.92}Ru_{0.06}$) незначительно обогащены Ru 3.3, Rh 0.3, Pd 0.3, Ir = 0.5 мас. %.

Платиридосмин ($Ru_{0.5}Ir_{0.21}Os_{0.19}Pt_{0.08}Rh_{0.01}$) установлен в единичном зерне (рис. 2г).

Одно сравнительно крупное выделение (рис. 2д) и несколько мельчайших зерен представлены **платосмиридием** ($Pt_{0.34}Ru_{0.32}Os_{0.17}Ir_{0.17}$).

В концентрате обнаружено более двух десятков зерен самородного золота размером от нескольких микрон до 40–50 мкм, в семи из которых определен химический состав (см. табл. 2). Золотины характеризуются высокой пробностью – 993 (лигатура – медь; рис. 2е); 989 (лигатура – серебро; рис. 2ж) и 897 (лигатура – серебро, примесь палладия – 0.4 мас. %).

Микрозондовыми исследованиями минералы палладия не выявлены, вероятно, вследствие присутствия им повышенной хрупкости, их неизбежного переизмельчения при дезинтеграции и невозможности в этих условиях извлечения в гравитационные концентраты при доводке. Часть палладия находится в виде примеси в самородном золоте (см. табл. 2).

Повышенные концентрации благородных металлов в сульфидизированных железистых кварцитах и их окисленных разновидностях [1, 5, 9], а также в гематитизированных рудах [5, 9] выступают в качестве важнейшей предпосылки нахож-

дения в них новых минеральных фаз золота и платиноидов.

Новые данные позволят использовать выбор реальных технологий обогащения железистых кварцитов с попутным извлечением благородных металлов в действующих ГОКах Центральной России.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования РФ (грант Е02–9.0–54).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Чередникова О.И. Металлогения платиноидов крупных регионов России. М.: Геоинформмарк, 2001. 302 с.
2. Голивкин Н.И., Кононов Н.Д., Орлов В.П. и др. Железные руды КМА. М.: Геоинформмарк, 2001. 616 с.
3. Кушнеренко В.К., Шувалов Ю.М., Мятлин В.М. // Региональная геология и металлогения. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. № 9. С. 120–124.
4. Лазаренков В.Г., Петров С.В., Таловина И.В. Месторождения платиновых металлов. СПб.: Недра, 2002. 298 с.
5. Лючкин В.А., Казанцев В.А. // Вест. ВГУ. Сер. геол. 1997. № 3. С. 95–99.
6. Минералы благородных металлов: Справочник / Под ред. О.Е. Юшко-Захаровой, В.В. Иванова, Л.Н. Соболевой и др. М.: Недра, 1986. 272 с.
7. Петров С.В., Сентемова В.А. // Обогащение руд. 1998. № 6. С. 36–40.
8. Чернышов Н.М., Молотков С.П. Новые идеи и концепции минералогии. Материалы III Междунар. семинара. Сыктывкар, 2002. С. 124–125.
9. Шелехов А.Н., Лючкин В.А., Ляховкин Ю.С. Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI в. Сб. науч. трудов. М.: Геоинформмарк, 1999. С. 289–294.
10. Olivo G.R., Gaunter M., Bardoux M. // Miner. Mag. 1994. V. 58. № 4. P. 579–587.