

аншлифов и под электронным микроскопом. В продуктах распада чаще всего оказывается ульвошпинель, обычно окисляющаяся до ильменита, что приводит к появлению вторичных структур распада [12]. Как правило, этот процесс был локальным.

Внедрение Кушвинской сиенитовой интрузии, сопровождаемое контактово-метасоматическими процессами, вероятно, повлияло на перераспределение как железа, так и элементов-примесей в целом на месторождении. Под влиянием температуры первичный гематит преобразовывался сначала в мушкетовит, который встречается довольно часто на месторождении, а затем в магнетит [3]. Наряду с этим изменялись содержания элементов-примесей в новообразованных минералах. Алюминий замещал Fe^{2+} в шестерной координации. При этом условии, вероятно, Mg^{2+} и часть Fe^{2+} должны были находиться в четверной координации или замещать часть Fe^{3+} [11]. Марганец, сходный по многим кристаллохимическим

характеристикам с Fe^{2+} и Mg^{2+} , мог образовывать твердые растворы [15], которые при последующем понижении температуры, формировали структуры распада: яacobсит-, герцинит-магнетит и др.

При микроскопическом изучении сплошных руд выявлен наложенный процесс — хлоритизация руд, в результате которой в межзерновом пространстве появился железистый хлорит — шамозит. В участках наибольшего развития последнего, в частности, магнетиты в сплошных рудах с однородной текстурой обогатились магнием, что привело к образованию структур распада шпинель-магнетит, редко магнезиоферит-магнетит (твердый раствор).

Таким образом, распределение элементов-примесей в магнетитах неоднократно изменялось в течение формирования Гороблагодатского месторождения. На характер распределения элементов-примесей повлияли многочисленные факторы, приведшие к концентрации одних элементов и рассеиванию других.

ЛИТЕРАТУРА

- Вахрушев В.А., Воронцов А.Е., Соломонова Л.А. О химическом составе магнетитов из железорудных месторождений юга Сибирской платформы // Докл. АН СССР. 1974. 216. № 6. С. 1376—1378.
- Вахрушев В.А. Рудные минералы изверженных и метаморфических пород (справочное пособие) М.: Недра, 1988. 230 с.
- Вулканогенно-осадочные железорудные месторождения складчатых областей / Я.Н. Белевцев и др. Киев: Наук. думка, 1982. 188 с.
- Геология СССР. Т. XII. Полезные ископаемые / Под ред. А.В. Сидоренко М.: Недра, 1973. 632 с.
- Дымкин А.М. Петрология и генезис магнетитовых месторождений Тургай. Новосибирск: Наука, 1966. 150 с.
- Зайкова Е.В. Кремнистые породы офиолитовых ассоциаций (на примере Мугоджар) М.: Наука, 1991. 131 с.
- Кузнецов А.Ж. Ритмично-слоистые магнетитовые руды Гороблагодатского железорудного месторождения на Среднем Урале // Изв. УГГА. Сер. геология, геофизика. 2001. В. 13. С. 140—142.
- Лисицин А.П. Подводный вулканизм океанов — значения для рудообразования и геохимии Земли // Металлогения древних и современных океанов—97. Процессы рудообразования. Миасс: Имин УрО РАН, 1997. С. 16—19.
- Малахов И.А. Расчет формул минералов и использование их типохимизма для выявления генетической природы и формационной принадлежности пород. Екатеринбург, 2002. 227 с.
- Овчинников Л.Н. Контактво-метасоматические месторождения Среднего и Северного Урала // Тр. Горно-геол. ин-та УФАИ СССР. 1960. В. 39. 495 с.
- Парагенезисы микроэлементов магнетита. / С.А. Щека и др. М.: Наука, 1980. 145 с.
- Рамдор П. Рудные минералы и их сростание. М.: Недра, 1962. 1132 с.
- Рокачев С.А. Распределение элементов-примесей в магнетитовых месторождениях Тургай // Минералогия и геохимия железорудных месторождений Урала, 1974. С. 100—108.
- Чернышева Л.В., Зайцева Г.М., Герасимовский В.И. Кристаллохимия магнетита, его магнитные свойства и физико-химические условия образования // Минералогия и геохимия железорудных месторождений Урала. Свердловск, 1974. С. 3—17.
- Щербина В.В., Урусов В.С., Герасимовский В.И. Изоморфные пути марганца // Геохимия. 1971. №12. С. 1403—1411.

Уральская государственная
горно-геологическая академия
Рецензент — Л.Д. Оникиенко

УДК 549.2./:8:553.3/4:553.491.8.04(47+53)

Н.М. ЧЕРНЫШОВ, С.П. МОЛОТКОВ, С.В. ПЕТРОВ, Н.В. ПОПКОВА

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ПЛАТИНОИДОВ И ЗОЛОТА В ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТАХ МИХАЙЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА

Приведены новые оригинальные данные об особенностях распределения благородных металлов (прежде всего платиноидов) в железистых кварцитах Михайловского месторождения КМА, в широко развитых среди железорудных толщ золото-платино-палладийсодержащих кварцевых, кварц-сульфидных и пирит-пирротиновых зонах минерализации и метасоматитов, а также в техногенных продуктах (хвостоотвалах) переработки железных руд.

Железистые кварциты, слагающие крупные и уникальные месторождения и обеспечивающие 58% мировой добычи железных руд, включают около 5% от общего числа промышленных золо-

торудных объектов [12, 13]. Важнейшие, но мало исследованные компоненты золотоносных железистых кварцитов — элементы платиновой группы (ЭПГ), содержание которых в ряде случаев до-

стигает промышленных концентраций как в рудах, так и в их продуктах обогащения [2, 3, 6, 9—11]. В частности, в метасоматически измененных породах кремнисто-железистой формации Среднего Приднепровья, Украинский щит (УЩ), сумма благородных металлов (Pt, Pd, Au) составляет 8—16 г/т при содержаниях Au 0,2—0,8 г/т и отношении Pd/Pt 6—10 [5, 11, 12]. Высокие концентрации золота (до 12,5 г/т) установлены [5, 11] в значительной по мощности (около 6 м) и протяженности (600—800 м) сульфидизированной зоне цементации вторичной рудной залежи коры выветривания железистых кварцитов Ингулецкого участка Кривбасса (УЩ). Повышенные содержания благородных металлов (Au 0,3—1,0, иногда до 7; Pt 0,05; Pd 0,2 г/т) выявлены в линзах сплошных сульфидных пирротин-халькопирит-пиритовых залежей, приуроченных к лежащему боку тела железных руд, и в сульфидизированных милонитах Костамукшского месторождения, а также Оленегорской группы железорудных месторождений (Балтийский щит), в которых содержания Pt (0,05—0,08 г/т) и Pd (до 0,3 г/т) коррелируются с концентрацией золота (Au 0,02—0,3, иногда до 12 г/т).

В геологическом разрезе мегаблока КМА выделены [1, 14] четыре последовательно сменяющиеся во времени железорудные формации (раннеархейская — железисто-кремнисто-гнейсовая в составе обоянского стратифицированного комплекса, позднеархейская — железисто-кремнисто-метабазитовая в рамках михайловской серии, раннепротерозойские — железисто-кремнисто-сланцевая и железисто-кремнисто-кластогенная). Одна из ведущих железорудных формаций, обеспечивающая около 53% добываемой в России железной руды, — железисто-кремнисто-сланцевая формация нижнего карелия (в объеме курской серии). С этой формацией связаны около 60 рудных объектов, в том числе ряд уникальных и крупных месторождений железистых кварцитов, а также сформированных за их счет залежей богатых железных руд доверхневизейской коры выветривания с сопутствующим золотоплатинометалльным оруденением [3, 10, 12]. Общий потенциал железистых кварцитов и богатых железных руд (71,8 трлн. т) определяет ведущее положение в мире минерально-сырьевой базы Центральной России.

Отрабатываемые карьерами и шахтами железные руды пяти месторождений (Михайловское, Лебединское, Стойленское, Стойло-Лебединское, Коробковское) перерабатываются тремя ГОКа, при этом формируются огромные массы хвостоотвалов, в которых попутно концентрируются значи-

тельные ресурсы благородных металлов [3, 9, 10, 12]. Наиболее высокими содержаниями золота и платиноидов характеризуются железные руды и их техногенные продукты Михайловского месторождения.

Особенности распределения золота и платиноидов в железных рудах Михайловского месторождения

Рассматриваемое месторождение расположено в Курской области и приурочено к западному борту Михайловской структуры, к участку ее флексуорообразного изгиба, осложненному продольными и поперечными разломами, дополнительной складчатостью (рис. 1, б). В составе продуктивной коробковской свиты курской серии КМА выделены [1, 14] две железорудные и две сланцевые подсвиты. Нижняя железорудная подсвита развита в большей степени, чем верхняя, слагая полностью Веретенинскую залежь. В основании нижней железорудной подсвиты залегают безрудные и малорудные кварциты мощностью 3—48 м. Выше по разрезу установлены четыре пачки рудных кварцитов (рис. 1, б).

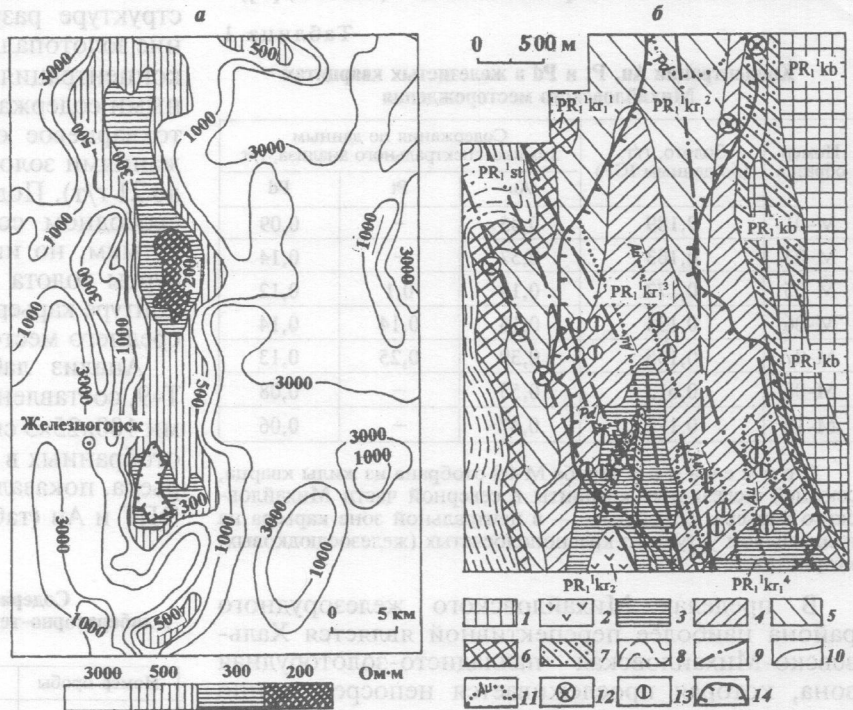


Рис. 1. Карта электросопротивлений пород докембрия Железногорского района КМА (а); геологическая карта Михайловского железорудного месторождения с данными о золото- и платинометалльном оруденении, по Г.И. Кузьмину с дополнениями (б): 1 — оскольская серия, курбакинская свита: песчаники, конгломераты, туфо-песчаники, туфы, кварцевые порфиры (риодациты); 2—9 — курская серия, коробковская свита: 2 — верхняя железорудная подсвита (магнетитовые и малорудные кварциты), 3—6 — нижняя железорудная подсвита: 3 — четвертая пачка (магнетитовые и гематит-магнетитовые кварциты), 4 — третья пачка (гематит-магнетитовые и магнетит-гематитовые кварциты), 5 — вторая пачка (магнетит-гематитовые кварциты), 6 — первая (нижняя) пачка (магнетитовые: карбонатно-магнетитовые и малорудные кварциты), 7 — железослюдковые (краснополсчатые) кварциты, 8 — стойленская свита, углистые кварц-хлорит-серпичитовые сланцы; 9 — разрывные нарушения; 10 — геологические границы; 11 — первичные ореолы рассеяния золота (Au), палладия (Pd); 12 — минерализация золота в скважинах детальной разведки, содержание 0,5—4,3 г/т; 13 — проявления золота по штучным пробам в карьере, содержание 1,0—4,17 г/т; 14 — современные границы карьера по подошве осадочного чехла

Концентрации Au, Pt и Pd (в г/т) в железистых кварцитах и кварцевых жилах Михайловского месторождения

Номер образца	Краткое описание	Содержание по данным химико-спектрального анализа		
		Pt	Pd	Au
М-180	Кварцевая жила с сульфидами	0,03	0,009	—
М-183	Кварц из жилы	—	0,011	—
М-184	Железистый кварцит с прожилками кварца	0,08	0,04	0,005
М-185	Гематитовый кварцит	0,02	0,015	0,005
М-189	Железистый кварцит с прожилками кварца	0,03	0,03	0,005
М-190	Кварц из жилы	0,02	0,017	0,013
М-193	Железистый кварцит с прожилками кварца	—	0,11	—
М-194	Железистый кварцит с пиритом	0,04	0,022	—

Примечание. Прочерк — элемент не обнаружен.

В пределах Михайловского месторождения в метасоматически измененных [4] гематит-магнетитовых и краснополосчатых (железослюдковых) кварцитах, по материалам ряда исследователей [12] и дополнительным аналитическим данным авторов (табл. 1; [3]), оконтурены два ориентированных в северо-западном направлении ореола золота и палладия [6]. Первый протяженностью 57,5 м с содержанием Au более 0,01 г/т и средней концентрацией Pd 0,55 г/т приурочен к железистым кварцитам, второй (500×300 м) с повышенными концентрациями Au (0,1 г/т) и пониженными Pd (0,2 г/т) — к зонам пиритизации в интенсивно окисленных железистых кварцитах. В северной части второго ореола (рис. 1, б) выделены две неоконтуренные точечные аномалии золота с содержанием 4,17 и 0,9 г/т, приуроченные к малосульфидным жильно-прожилковым зонам кварца с адуляром и видимым золотом. Золотоносность и платиноносность разреза карьера Михайловского месторождения изучены недостаточно. Наиболее высокие содержания золота обнаружены в пробах краснополосчатых гематитовых кварцитов (до 5,5 г/т). Постоянное присутствие золота и платиноидов отмечено в кварцевых жилах (табл. 2; [3]).

Таблица 1

Концентрации Au, Pt и Pd в железистых кварцитах Михайловского месторождения

Номер образца	Золото, г/т, (по данным ИСП)	Содержания по данным химико-спектрального анализа, г/т		
		Au	Pt	Pd
М-01	0,189	0,35	—	0,09
М-03	0,163	0,57	—	0,14
М-05	0,177	0,19	0,1	0,12
М-06	0,134	0,15	0,14	0,14
М-07	0,155	0,39	0,25	0,13
М-08	0,613	0,53	—	0,08
М-10	0,178	0,47	—	0,06

Примечание. Проба М-08 отобрана из жилы кварца, секущей железистые кварциты в северной части Михайловского карьера, остальные — в центральной зоне карьера на палладиевом уступе из краснополосчатых (железослюдковых) кварцитов.

В пределах Михайловского железорудного района наиболее перспективной является Хальзевско-Михайловская палладисто-золоторудная зона, которая прослеживается непосредственно от карьера в направлении север—северо-запад на 17 км, ее ширина 800—1000 м, и отчетливо трассируется электроразведкой (низкоомные аномалии; рис. 1, а). Под острым углом она пересекает границу пород курской серии с плагиогранитами салтыковского комплекса, в которых размещаются жилы и прожилки кварц-сульфидного (пирит, халькопирит, галенит) оруденения с содержанием золота от 0,11 до 10 г/т [6].

В карьере месторождения выявлены до 20 мелких линейных зон благороднометалльного оруденения двух типов [6]: сульфидное золотопалладиевое в краснополосчатых (железослюдковых) кварцитах; малосульфидное золотопалладиевое, ко-

торое контролируется согласными и субсогласными Хальзевско-Михайловской рудоносной структуре разрывными нарушениями. Оруденение золотопалладиевого типа отличается низкими концентрациями золота (0,1—0,2 г/т) и повышенными содержаниями палладия (до 0,96 г/т). Золотопалладиевое оруденение характеризуется содержаниями золота от 1,0 до 7 г/т (отдельные пробы до 21 г/т). Подавляющая часть золота находится в свободном состоянии, размеры золотин менее 50 мкм, но иногда 0,1—1,0 мм. Прогнозные ресурсы золота в самостоятельных рудных телах в контуре карьера оцениваются величиной мелкого—среднего месторождения [10, 12].

Анализ лабораторно-технологической пробы Т-9, составленной из 8 рядовых проб с параметрами 100×25×5 см и весом 25—30 кг каждая (рис. 2), отобранных в западном борту Михайловского карьера, показал достаточно высокие концентрации ЭПГ и Au (табл. 3).

Таблица 3

Содержание (в г/т) благородных металлов в лабораторно-технологической пробе из западного борта Михайловского карьера

Номер пробы	Au	Pd	Pt
1—2	0,034	0,520	0,214
3—4	1,390	0,250	0,046
5—6	0,021	—	—
7—8	4,830	0,60	0,041

Примечание. Пробирно-атомно-абсорбционный метод, лаборатория ЦНИГРИ, прочерк — не анализировался.

Устойчиво высокие концентрации благородных металлов (Au 0,050—4,83; Pd 0,61—0,77; Pt 0,12—0,30 г/т; рис. 2) установлены при анализе проб из горных выработок на различных участках в той же достаточно протяженной (около 800 м при мощности 3—6 м) зоне.

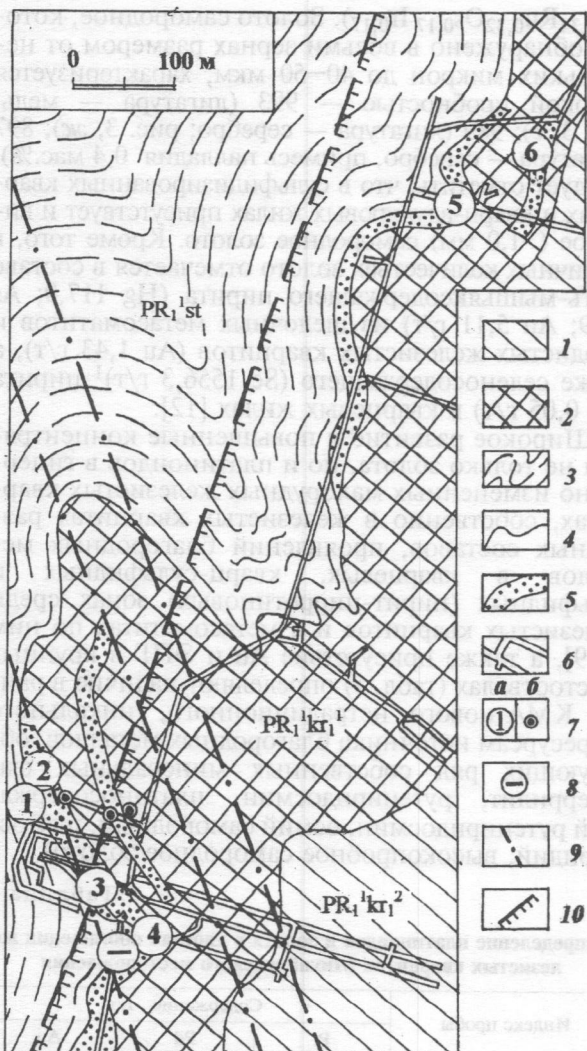


Рис. 2. Схематический план западного фланга Михайловского месторождения с результатами опробования горных выработок на благороднометалльное оруденение: 1 — коробковская свита, нижняя железорудная подсвита, вторая пачка (магнетит-гематитовые кварциты); 2 — коробковская свита, нижняя железорудная подсвита, первая пачка (карбонатно-магнетитовые, гематит-магнетитовые и малорудные кварциты); 3 — стойленская свита — черные углеродистые кварц-хлорит-серцитовые сланцы с прослоями кварцитов и малорудных железистых кварцитов (в переходной зоне с коробковской свитой); 4 — геологические границы; 5 — зоны минерализации золота с содержаниями от 0,1 до 1,5 г/т; 6 — подземные горные выработки; 7 — благороднометалльные проявления: а (в г/т): 1 — (Au 0,84; Pd 0,77; Pt 0,13); 2 — (Au 0,50; Pd 0,63; Pt 0,12); 3 — (Au 2,87; Pd 0,58; Pt 0,30); 4 — (Au 4,83; Pd 0,60; Pt 0,21); 5 — (Au 2,99; Pd 0,65); 6 — (Au 0,86; Pd 0,61); б — золота с содержанием не менее 0,5 г/т; 8 — место отбора лабораторно-технологической пробы Т-9; 9 — разрывные нарушения; 10 — контур карьера на 01.01.2001 г.

Формы нахождения благородных металлов в железистых кварцитах Михайловского месторождения

Среди благородных металлов, являющихся важнейшим компонентом железистых кварцитов, преимущественно преобладающее золото находится преимущественно в самородном состоянии, а также в виде сплавов [12]. Сведения о наличии собственных минеральных фаз ЭПГ в железистых

кварцитах крайне ограничены. Достоверно установлены [7, 8, 15, 18] самородный палладий, палладистое золото (Pd от 1 до 50%), а также арсенид-антимониды и селениды палладия (палладсцит $Pd_{17}Se_{15}$, арсенопалладинит $Pd_5(As,Sb)_2$, атенеит $(Pd,Hg)_3As$, изометриит $PdAsSb$, стибнопалладинит Pd_5Sb_3) в золоторудном месторождении Итабира (Бразилия), связанном с железисто-кремнистой формацией, а так же соединения состава PdAg (Pd 49,28–49,70%; Ag 49,19–49,43%; Cu 0,09–0,13%) в гипергенных железных рудах. 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.%) выявлены в немагнитной фракции гравитационного концентрата Оленегорского месторождения.

Выполненные авторами специальные исследования железистых кварцитов Михайловского месторождения позволили существенно расширить сведения о минералогии ЭПГ и Au железных руд КМА. Объектом исследования форм нахождения благородных металлов (прежде всего ЭПГ) являлись окисленные малорудные железистые кварциты одного из участков западного фланга Михайловского месторождения (рис.1 б, 2), где по результатам ранее проведенного бороздowego опробования забоя горной выработки шахтного дренажного комплекса месторождения установлены повышенные содержания Au 0,20–4,83 г/т; Pd 0,250–0,600 г/т; Pt 0,041–0,214 г/т (табл. 3). Отобранная в последующем на этом же участке лабораторная минералого-технологическая проба Т-9 (вес 200 кг) включала 8 частных бороздовых проб (800×25×5 см), каждая из которых сокращалась на делителе Джонса в восемь раз. Навеска для пробирного анализа измельчена на чашковом истирателе целиком. Пробирная плавка проводилась из двух параллельных определений для навесок 40 г каждая. По результатам аналитических исследований, выполненных в лаборатории ЗАО «Механобр-Инжиниринг» (Санкт-Петербург), содержание благородных металлов (Au 0,12; Pd<0,02; Pt<0,02 г/т) оказалось значительно ниже тех значений, которые были получены в ЦНИГРИ (табл. 3). Лишь в гравитационном концентрате окисленных малорудных железистых кварцитов из последней секции бороздовой пробы (9/8) содержания составили: Au 0,22; Pd 0,04; Pt 0,05.

Для определения форм нахождения благородных металлов проведено исследование укрупненной навески указанной частной пробы (9/8) массой 31 кг, которая измельчена до крупности < 0,25 мм, после чего проведено ее концентрирование на центробежном сепараторе «Knelson 3,5» с контрольным обогащением на центробежном сепараторе ЦВК-100М. В результате получен гравитационный концентрат, который послужил основой для выделения минералов благородных металлов.

Половина полученного гравитационного продукта использована при определении содержания благородных металлов пробирным анализом. Вторая половина перечищена в чашках с использованием тяжелой жидкости М-45 (плотность 2,82 г/см³) с получением «ультратяжелой» фракции. Легкая фракция доводки растворена в плавиковой кислоте, остаток от растворения подвер-

гнут магнитной сепарации. Растворением в кислоте вскрыты зерна рудных (оксидных и сульфидных) минералов из сростаний с кварцем и силикатами. Магнитной сепарацией удалены магнетит, гематит, гидрооксиды и силикаты железа. Остатки химической 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 микронзондовых исследований, в результате которых установлены сперрилит, осмий самородный, рутениридосмин, платиносодержащий рутениридосмин, платосмиридий, золото самородное (табл. 4).

Таблица 4

Химический состав минералов платиновой группы и золота в железистых кварцитах Михайловского месторождения

Минералы платиновой группы							
Элемент	Содержание, мас.%						
	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			
Самородное золото							
Элемент	Содержание, мас.%						
	5	6	7	8	9	10	11
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
Pg	н.п.о	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 — платиносодержащий рутениридосмин; 4 — платосмиридий; самородное золото: 5—11. Анализы выполнены в ЗАО «РАЦ Механобр Инжиниринг Аналит», CamScan-4, с детектором LINK-10000, аналитик Ю.Л. Крейер, данные анализа нормализованы; н.п.о — ниже предела обнаружения.

Сперрилит ($PtAs_2$) образует мелкие (520 мкм) осколючатые зерна, химический состав которых одинаков и полностью соответствует стехиометрическому (рис. 3, а). *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. 3, б). Единичные зерна (рис. 3, в) осмия самородного незначительно обогащены: Ru 3,3, Rh 0,3 Pd 0,3, Ir 0,5 мас.%. *Платиносодержащий рутениридосмин* ($Ru_{0,5}Ir_{0,21}Os_{0,19}Pt_{0,08}Rh_{0,01}$) установлен в единичном зерне (рис. 3, г) и несколько мельчайших зерен (менее 1 мкм) представлены *платосмиридием*

($Pt_{0,34}Ru_{0,32}Os_{0,17}Ir_{0,17}$). Золото самородное, которое обнаружено в восьми зернах размером от нескольких микрон до 40–50 мкм, характеризуется высокой пробностью — 993 (лигатура — медь; рис. 3, е); 989 (лигатура — серебро; рис. 3, ж); 897 (лигатура — серебро, примесь палладия 0,4 мас.%). Следует отметить, что в сульфидизированных кварцитах и кварц-адуляровых жилах присутствует и видимое (>1,0 мм) самородное золото. Кроме того, в различных количествах золото отмечается в составе ртути-мышьяксодержащего пирита (Hg 117,9; As 9709; Au 5,11 г/т) из щелочных метасоматитов и слюдястых железистых кварцитов (Au 1,43 г/т), а также селеносодержащего (Se 1556,3 г/т)¹ пирита (Au 0,05 г/т) в кварцевых жилах [12].

Широкое развитие и повышенные концентрации не только золота, но и платиноидов в гипергенно измененных малорудных железистых кварцитах, собственно в железистых кварцитах различных составов, проявлений благородных металлов в кварцевых, кварц-сульфидных и сульфидных (пирит-пирротиновых) зонах среди железистых кварцитов и в метасоматитах по ним [4, 9], а также присутствие Au и ЭПГ в крупных хвостовых отвалах (табл. 5) определяют наличие в районе КМА нового, нетрадиционного, уникального по ресурсам источника благородных металлов, образующих ряд собственных минеральных фаз (сперрилит, рутениридосмин, платиносодержащий рутениридосмин, осмий самородный, платосмиридий, высокопробное самородное золото).

Таблица 5

Распределение платиноидов и золота в хвостах обогащения железистых кварцитов Михайловского месторождения

Индекс пробы	Содержание, г/т		
	Pt	Pd	Au
4 м + 8 м	0,02	0,05	< 0,02
7 м + 16 м	< 0,02	< 0,05	< 0,02
6 м + 10 м	< 0,02	< 0,05	< 0,02
2 м + 12 м + 14 м	< 0,02	< 0,05	0,05

Примечание. Анализы выполнены пробирно-атомно-абсорбционным методом в ЗАО «Механобр-Аналит» (аналитик Л.А. Ушинская).

Новые данные о закономерностях распределения и формах нахождения ЭПГ и Au позволяют использовать выбор реальных технологий обогащения железных руд с попутным извлечением благородных металлов в действующих ГОКах Центральной России.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования РФ, грант № E02-9.0-54.

¹ Обогащение пирита селеном может свидетельствовать о высокой вероятности обнаружения в пределах «палладиевого» уступа Михайловского карьера самостоятельных минералов: селенидов палладия, палладинита (оксида палладия) и порпечита (палладистого золота PdAu). Эти минералы присутствуют в зоне окисления итабиритов (железистых кварцитов с гематитом) и в их контактах с гидротермально измененными разновидностями (якутингами) в месторождениях Итабири и Маркес в Бразилии, а также в месторождениях Руве и Шинколобве в Заире [16–18].

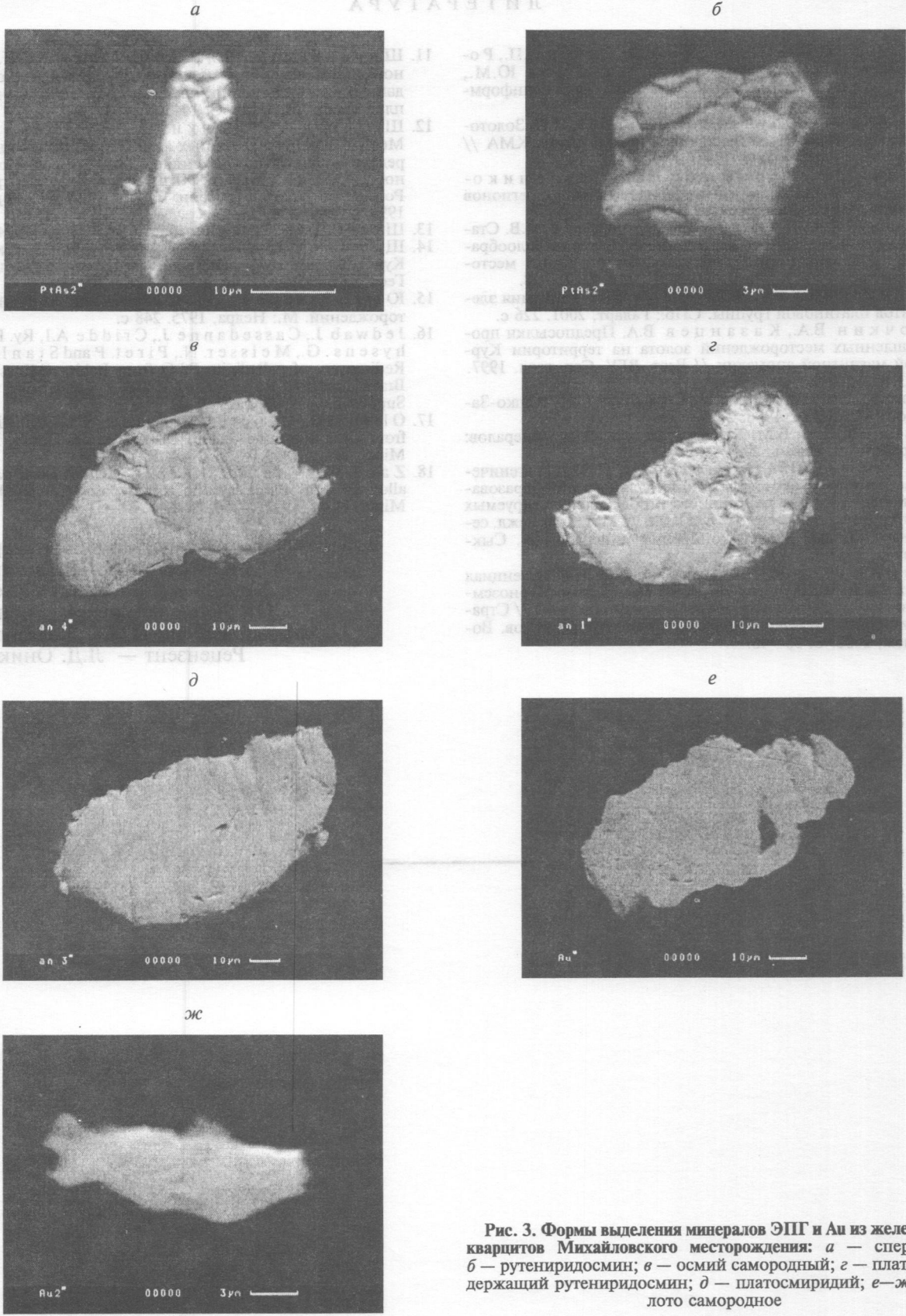


Рис. 3. Формы выделения минералов ЭПГ и Au из железистых кварцитов Михайловского месторождения: а — сперрилит; б — рутениридосмин; в — осмий самородный; г — платиносодержащий рутениридосмин; д — платосмиридий; е-ж — золото самородное

ЛИТЕРАТУРА

1. Голивкин Н.И., Кононов Н.Д., Орлов В.П., Романов И.И., Соколов Н.А., Фоминов Ю.М., Шевырев И.А. Железные руды КМА М.: Геоинформмарк, 2001. 616 с.
2. Двойнин В.В., Дунай Е.И., Восвода И.И. Золотосодержание железистых кварцитов курской серии КМА // Разведка и охрана недр. 1993. №9. С. 12—14.
3. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Чередникова О.И. Металлогения платиноидов крупных регионов России. М.: Геоинформмарк, 2001. 302 с.
4. Кашин С.В., Плющев Е.В., Попкова Н.В. Стадийность и зональность эпигенетического минералообразования в железистых кварцитах Михайловского месторождения КМА // Зап. ВМО. 2001. № 6. С. 95—98.
5. Лазаренков В.Г., Таловина И.В. Геохимия элементов платиновой группы. СПб.: Галарт, 2001. 226 с.
6. Лючкин В.А., Казанцев В.А. Предпосылки промышленных месторождений золота на территории Курской магнитной аномалии // Вест. ВГУ. Сер. геол. 1997. № 3. С. 95—99.
7. Минералы благородных металлов: Справочник / О.Е. Юшко-Захарова М.: Недра, 1986. 272 с.
8. Осовецкий Б.М. Типохимизм шлиховых минералов: Справочник. Пермь, 2001. 244 с.
9. Чернышов Н.М., Молотков С.П. Минерагенические критерии золото-платинометалльного рудообразования эндогенного и техногенного типов в эксплуатируемых месторождениях железных руд КМА // Мат. 3-го междунар. семинара «Новые идеи и концепции минералогии». Сыктывкар, 2002. С. 124—125.
10. Чернышов Н.М. Минерально-сырьевой потенциал цветных и благородных металлов Центрально-Черноземного региона: Состояние и перспективы освоения // Стратегия социально-экономического развития регионов. Воронеж, 2002. С. 38—46.
11. Ширинбеков Н.К., Ширинбекова С.Н. Платиноносность докембрийских железорудных и медно-колчеданных месторождений Украины // Тез. докл. VII междунар. плат. симп. М., 1994. С. 104.
12. Шелехов А.Н., Лючкин В.А., Ляховкин Ю.С. Месторождения железистых кварцитов и продукты их перелома — новый перспективный источник золото-платиноносного сырья в XXI в. (на примере Центральной России) // Платина России. Т. III М.: Геоинформмарк, 1999. С. 289—294.
13. Шер С.Д. Металлогения золота. М.: Недра, 1974. 256 с.
14. Шеголев И.Н. Железорудные формации докембрия Курской магнитной аномалии и Украинского щита // Геол. журн. 1981. Т. 41. № 5. С. 41—49.
15. Юшко-Захарова О.Е. Платиноносность рудных месторождений. М.: Недра, 1975. 248 с.
16. Jedwab J., Cassedanne J., Cridde A.I., Ry. P. du, Ghysens. G., Meisser. N., Piret. P and Stanley. C.J. Rediscovery of palladinite Pd O from Itabira (Minas Gerais, Brazil) and from Ruwe (Shaba, Zaire) // Terra Nova, Abstract Supplemen. 1993. № 5. P. 22.
17. Olivo G.R., Gaunter M., Bardoux M. Palladium gold from Caue iron mine. Itabiro District, Minas Gerais, Brasil // Miner. Mag. 1994. V. 58. № 4. P. 579—587.
18. Zang W., Fyfe W.S., Varneti R.L. A silver-palladium alloy from the Bahia lateritic gold deposit, Carajas, Brazil // Miner. Mag. 1992. V. 56. № 1. P. 47—51.

Воронежский государственный университет
 ЗАО «Механобр-Инжиниринг»,
 Санкт-Петербург
 Открытое акционерное общество
 «Михайловский ГОК», Железногорск
 Рецензент — Л.Д. Оникиенко

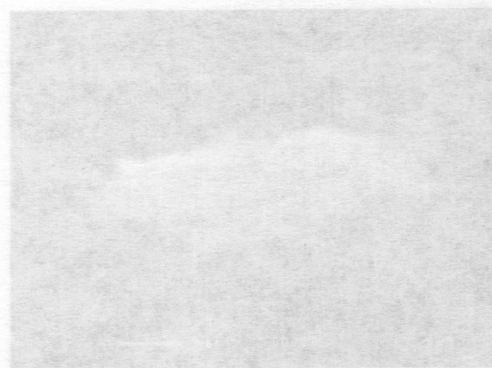
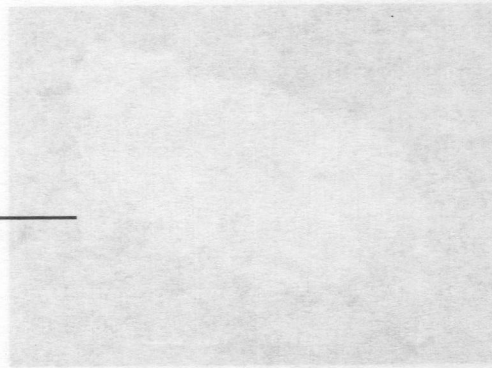
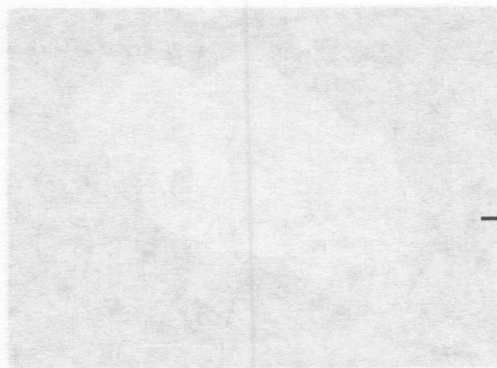


Fig. 3. Photographs of mineral specimens from the KMA. 1 — pyrite; 2 — hematite; 3 — magnetite; 4 — siderite; 5 — hematite; 6 — magnetite; 7 — siderite; 8 — hematite; 9 — magnetite; 10 — siderite.