

О ЗОЛОТОНОСНОСТИ ПОРОД И РУД СТОЙЛЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Член-корреспондент РАН Н. М. Чернышов, В. С. Кузнецов, О. Г. Резникова

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 27 февраля 2009 г.

Аннотация. В различных типах железистых кварцитов и сланцев Стойленского месторождения (КМА) в гравитационном концентрате минералого-технологических проб электронномикроскопическими исследованиями установлены формы нахождения самородного золота. В сланцах обнаружено самородное золото с серебряной лигатурой, которое разделяется на две группы (генерации): с пониженной (800–820 ‰) и повышенной (более 850 ‰) пробностью. В кварцитах выделено золото двух генераций (медистое и высокопробное золото с серебряной лигатурой). Значительные концентрации Au сосредоточены также в сульфидах (пирите).

Ключевые слова: золото, железистые кварциты, формы нахождения, закономерности размещения, генетические типы.

Abstract. In various types of ferriferous quartzites and slates of the Stojlensky deposit (KMA) in a gravitational concentrate of mineralogy-technological tests transmitted-light (TL) microscopy researches establish forms of a finding of native gold. In slates native gold with silver inclusions which is divided into 2 groups (generation) is revealed: with lowered (800–820 ‰) and high-standard gold (more than 850 ‰). In quartzites are allocated gold 2 generation (medical real and high-standard gold with silver inclusions). Considerable concentration Au are concentrated also in sulphides (pirite).

Key words: gold, ferriferous quartzites, finding forms, laws of placing, genetic types.

В пределах КМА известно около 60 рудных объектов, в том числе ряд крупных и гигантских месторождений железистых кварцитов с сопутствующим золото-платинометалльным оруденением [1–5]. Общий потенциал железистых кварцитов и богатых железных руд (71,8 млрд т) определяет ведущее положение в мире минерально-сырьевой базы Центральной России. Вскрытые карьерами и шахтами благороднометалльносодержащие железные руды пяти месторождений (Михайловское, Лебединское, Стойленское, Стойло-Лебединское, Коробковское) перерабатываются тремя ГОКами, обеспечивая около 53 % добываемого в стране железорудного сырья.

Изучение золотоносности железистых кварцитов и богатых железных руд для КМА является одной из актуальнейших задач, так как действующие горно-рудные предприятия КМА, перерабатывающие более 40 % железных руд России, выбрасывают в отвалы большое количество золото- и платиносодержащих минералов.

Золотоносные участки были установлены на Стойло-Лебединском рудном поле, где оруденение выявлено в зонах брекчирования, трещиноватости железистых кварцитов, пронизанных жилами и прожилками кварца. Содержание золота выявлено в 10 скважинах не более 0,01 г/т (самое высокое 3 г/т на мощность 10,7 м), но в процессе переработки кварцитов оно может дать более высокие содержания и уже в пляжных песках отвалов (хвостохранилищ) образовать крупные месторождения [8].

Благороднометалльное оруденение в железистых кварцитах Лебединского месторождения распространено локально. На отдельных участках содержание золота в железистых кварцитах достигает 0,5 г/т. В зонах сульфидной минерализации происходит значительное (до 40 г/т) увеличение его концентраций. Зоны гидротермальной сульфидной минерализации (пирит-пирротина ±Au) в железистых кварцитах Старооскольского рудного узла отчетливо фиксируются линейными аномалиями низких сопротивлений (до 200–50 Ом/м), по данным ВЭЗ, чаще конформных с пластами железорудных толщ коробковской свиты, реже оси низкоомных аномалий являются секущими по отношению к слоистым толщам железистых кварцитов и

сланцев курской серии. Эти участки, часто включающие благороднометалльные проявления, характеризуются наложенным окварцеванием, более интенсивными метасоматическими изменениями железистых кварцитов в зонах их повышенной трещиноватости и брекчирования. В Западно-Лебединском субмеридиональном поясе разлома (мощностью до 450 м и протяженностью не менее 7,5 км) установлена минерализованная зона мощностью до 40 м с проявлением рудных кварцевых жил и штокверковых участков окварцевания с содержанием золота от 0,5 до 1,5 г/т. В зонах сульфидной минерализации оруденение комплексное – золото-платиноидно-полиметаллическое (Pb – 0,5–33,4 %, Au – до 2,2 г/т, ЭПГ до 0,3 г/т, Ag – десятки г/т, Zn – 0,4–1,2 %) [4]. В южной части Коробковского месторождения вскрыты железистые кварциты курской серии, пронизанные кварцевыми, кварцевосульфидными жилами, в которых содержится золота 2,94 г/т на мощность 2,55 м (в отдельных пробах до 4,14 г/т на мощность 0,45 м).

На Панковском месторождении установлены субпараллельные зоны с золотом в мартитизированных кварцитах с пиритовой минерализацией. Мощность этих зон колеблется от 25,8 до 45,1 м при среднем содержании золота 0,3 г/т (в единичных пробах достигает 5,4 г/т на мощность 0,4 м и 10,9 г/т на мощность 0,2 м).

В корах выветривания железистых кварцитов (богатых железных рудах) происходит перераспределение золота. Золото установлено в сидеритогетитовых, сидерито-гидрогетито-мартитовых рудах Олимпийского участка до 2,4 г/т, Чернянского – 5 г/т на мощность 3,8 м, и др.

Общие прогнозные ресурсы золота в железистых кварцитах КМА и металлоносных подстилающих их кварцитах стойленской свиты оцениваются геологами ОАО «Белгородгеология» [8; 9] не менее 2000 т.

Таким образом, выявленные в железистых кварцитах проявления золотоносного оруденения различной формационной принадлежности (табл. 1) образуют [8; 9–11] средние по масштабам месторождения, выступающие, вместе с тем, в качестве источников крупных и уникальных потенциально промышленных «россыпных» техногенных золоторудных месторождений в накопленных и формирующихся хвостоотвалах и промпродуктах обогащения железных руд на предприятиях действующих ГОКов КМА [12; 13].

При исследовании основное внимание было уделено изучению золотосодержащего оруденения

Стойленского месторождения. Стойленское месторождение является одним из крупнейших на КМА и совместно с Лебединским, Стойло-Лебединским и Коробковским входит в состав Старооскольского рудного узла, расположенного в восточной части мегаблока КМА Воронежского кристаллического массива (ВКМ), на южном замыкании Тим-Ястребовской рифтогенной структуры [6] (рис. 1).

Месторождение представляет собой полуоткрытую синклираль, сложенную образованиями курской серии нижнего протерозоя. Курская серия мощностью до 1000 м представлена внизу кварцито-песчаниками и кварц-сланцевыми сланцами стойленской свиты, слагающими крылья Стойленской синклинали, вверху — железистыми кварцитами и сланцами коробковской свиты, приуроченными к ядерной части синклинали. Коробковская свита сложена на 60 % железистыми кварцитами, которые формируют две железорудные подсвиты, разделенные нижней сланцевой подсвитой.

Нижняя железорудная подсвита развита в периферических частях месторождения; мощность ее от 200 до 270 м, в восточном борту месторождения понижается до 100 м и менее. В кровле и подошве подсвиты залегают малорудные кварциты мощностью от 2 до 32 м. Преобладают в разрезе магнетитовые и силикатно-магнетитовые кварциты, в подчиненном количестве находятся железослюдково-магнетитовые кварциты, более распространенные в прогибах рудоносной структуры. Мощность перемежающихся слоев минеральных типов кварцитов колеблется от первых метров до 84 м. Нижняя сланцевая подсвита сложена кварц-биотитовыми и кварц-серицит-биотитовыми сланцами, постепенно сменяющимися по мере приближения к Стойло-Николаевскому массиву кварц-андалузит-слюдистыми, реже гранат-биотитовыми и амфибол-гранат-биотитовыми сланцами. Верхняя железорудная подсвита слагает центральную и северо-восточную части месторождения. Разрез ее представлен переслаивающимися пачками магнетитовых, силикатно-магнетитовых и в резко подчиненном значении железослюдково-магнетитовых кварцитов общей мощностью около 300 м. В подошве и кровле ее – пачки малорудных кварцитов мощностью до 20 м. Верхняя сланцевая подсвита на месторождении отсутствует [6].

В ходе полевых работ в карьере Стойленского месторождения были отобраны образцы железистых кварцитов и межрудных сланцев различных типов для определения их золотоносности (табл. 2). Образцы железистых кварцитов взяты из верхней железорудной подсвиты, представлены: 1) сульфид-

Генетические типы и закономерности размещения золото-платинометалльного оруденения железорудных месторождений-гигантов КМА (в возрастной последовательности) [12]

Структурно-вещественный контроль оруденения	Содержание Au, Pt, Pd (г/т)	Тип минерализации	Морфология рудных залежей	Практическое применение
<i>1. Осадочно-метаморфогенный</i>				
Обширные площади развития железистых кварцитов в пределах месторождений.	Низкие (фоновые) Au = 0,02–0,12 ЭПГ до 0,05	Рассеянный	Пластовые залежи железистых кварцитов	Попутное извлечение из продуктов переработки железных руд
<i>2. Метаморфогенно-метасоматический</i>				
Зоны контакта ритмичнослоистой толщи углеродистых сланцев стойленской подсвиты с перекрывающимися безрудными и слаборудными кварцитами (с прослоями углеродистых сланцев) нижней железорудной подсвиты коробковской свиты и внутрирудные углеродсодержащие сланцы коробковской свиты с интенсивным проявлением процессов хлоритизации и карбонатизации с обильной син- и эпигенетической сульфидной минерализацией	Au = 0,54–6,18 Pt = 0,12–0,30 Pd = 0,58–0,77	Концентрированный	Стратиформные залежи мощностью от первых метров до 90 м и протяженностью до 70 км	Самостоятельные золото-платиноидные объекты для селективной отработки
<i>3. Гидротермально-метасоматический</i>				
Серия прерывистых линейных зон гидротермально-метасоматических образований с локальными зонами метасоматитов (апатит-калишпат-пирит-карбонатные; кварц-гематитовые с баритом и пиритом; магнетит-сульфидно-карбонатные (лебедениты); сульфидно-силикатно-(биотит, амфиболы, в том числе щелочные и эгирин)-кварцевые и др.	Au = 0,6–6,2 – иногда до 35,8 ЭПГ – до 0,3–0,5	Концентрированный	Секущие жилы, линзо- и жилообразные тела мощностью до 3–5 м и протяженностью первые сотни метров среди железистых кварцитов	Самостоятельные, преимущественно золоторудные объекты для селективной отработки
<i>4. Гипергенно-метасоматический</i>				
Зоны развития линейных кор выветривания железистых кварцитов (богатые мартитовые руды)	Au = 0,64–4,30 иногда до 41,7	Концентрированный	Разнообразные по масштабам линзо- и жилообразные секущие тела в «карманах» кор выветривания	Самостоятельные платиносодержащие золоторудные объекты для селективной отработки
<i>5. Осадочный</i>				
Базальные горизонты зон несогласий (докембрий-фанерозой), перекрывающие богатые мартитовые руды	Au = 0,53 Pt = 0,15 Pd = 1,70 P3Э = 556,3 U = 12,2–23,6	Концентрированный	Разнообразные по площадям пластовые тела сульфидизированных органогенных пород девона («фосфоритовая плита» мощностью до 1 и более метров) в кровле железорудных месторождений	Самостоятельные уранредкоземельно-благороднометаллосодержащие объекты во вскрышных породах для селективной отработки
<i>6. Техногенный</i>				
Продукты хвостоотвалов действующих ГОКов	ЭПГ до 1,5 Au = 25,0 – 43,54	Россыпной	Пески гидроциклонов	Самостоятельные золото-платинометалльные объекты отработки
	Au = 15,0 Pt = 0,2 Pd = 0,4		Немагнитная фракция	

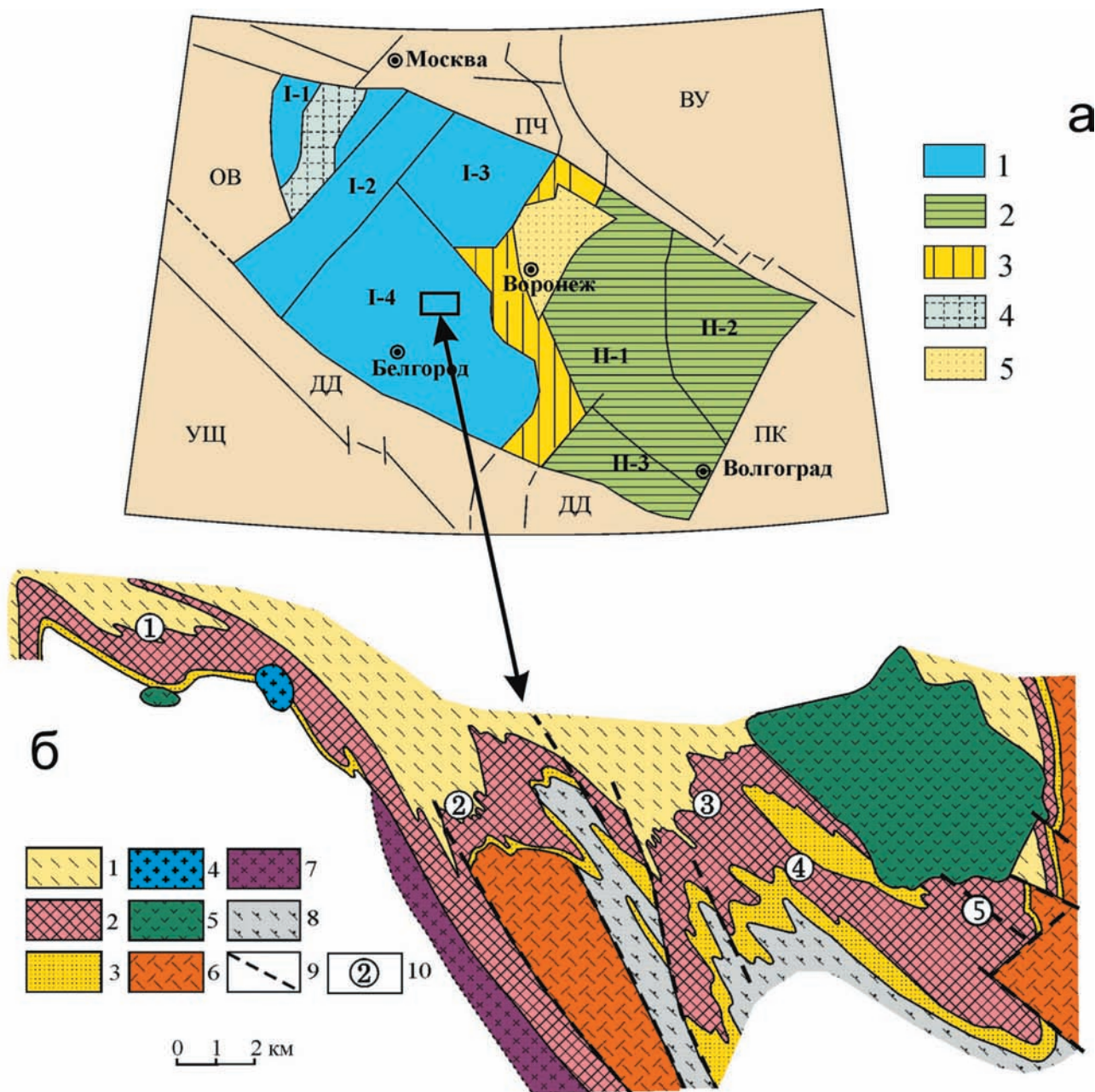


Рис. 1. Схема структурно-формационного районирования ВКМ (а; [7]): ВУ – Волго-Уральский сегмент, ПЧ – Пачелмский авлакоген, ПК – Прикаспийская впадина, ДД – Днепровско-Донецкий авлакоген, УЩ – Украинский щит, ОВ – Оршанская впадина; 1 – мегаблок КМА (макроблоки: I-1 – Красногорско-Рославльский, I-2 – Брянский, I-3 – Ливенско-Ефремовский, I-4 – Курско-Белгородский); 2 – Хоперский мегаблок (макроблоки: II-1 – Калач-Эртильский, II-2-Камышинский, II-3-Варваринский); 3 – Лосевская шовная зона; 4 – Волыньско-Двинский вулканоплутонический пояс; 5 – Ольховско-Шукавская грабенсинклинальная структура. Схематическая геологическая карта Старооскольского железорудного узла (б; [6]): нижний протерозой – курская серия: 1–2 – коробковская свита: 1 – верхняя сланцевая подсвита ($PR_1^1 kr_4$); 2 – верхняя и нижняя железорудные подсвиты с внутрирудной (нижней) сланцевой подсвитой ($PR_1^1 kr_{3-1}$); 3 – стойленская свита ($PR_1^1 st$) – кварцитопесчаники, кварц-сланцевые сланцы; 4 – микроклиновые граниты атаманского комплекса ($\gamma PR_1^2 a$); 5 – габбродиориты, кварцевые диориты стойло-николаевского комплекса ($\gamma \delta PR_1^1 sn$); 6 – нерасчлененный гранитогнейсовый комплекс ($m\gamma(AR-PR_1^1)$) – гранитогнейсы, мигматиты, гнейсы, прослои и линзы амфиболитов; верхний архей: 7 – плагиограниты салтыковского комплекса ($\gamma AR_2 sl$); 8 – Михайловская серия ($AR_2 mh$); 9 – разломы; 10 – месторождения: 1 – Панковское, 2 – Коробковское, 3 – Лебединское, 4 – Стойло-Лебединское, 5 – Стойленское

дизированными малорудными кварцитами клинохлор-актинолит-кальцитового парагенезиса (105) (рис. 2а), где из рудных минералов выявлены, помимо магнетита и сульфидов железа (пирит, пирротин), халькопирит, галенит, сфалерит, тетрамит; 2) сульфидизированными силикатно-магнети-

товыми кварцитами щелочноамфибол-биотит-актинолитового (СТ-9) с карбонатом (СТ-15), биотит-куммингтонитового (СТ-10/1; СТ-39) парагенезисов. Среди сульфидов выявлены пирит, пирротин (в виде сростков и включений в магнетите и пирите) и халькопирит (включения в пирите).

Таблица 2

Содержания золота в породах Стойленского месторождения

№ пробы	СТ-9	СТ-10/1	СТ-15	17М	17/1	18*	СТ-39	44 М	51/1	СТ-105*
Au, г/т	0,35	0,005	0,037	0,027	0,0025	0,35	0,15	0,0077	0,035	1,75

* – пробы проанализированы лабораторией ЗАО «РАЦ Механобр Инжиниринг Аналит», все остальные – ИГЕМ РАН. Пробы № СТ-9, 17М, 17/1, 18, 44М, 51/1 – сульфидизированные междурудные сланцы, № СТ-10/1, СТ-15, СТ-39, СТ-105 – железистые кварциты

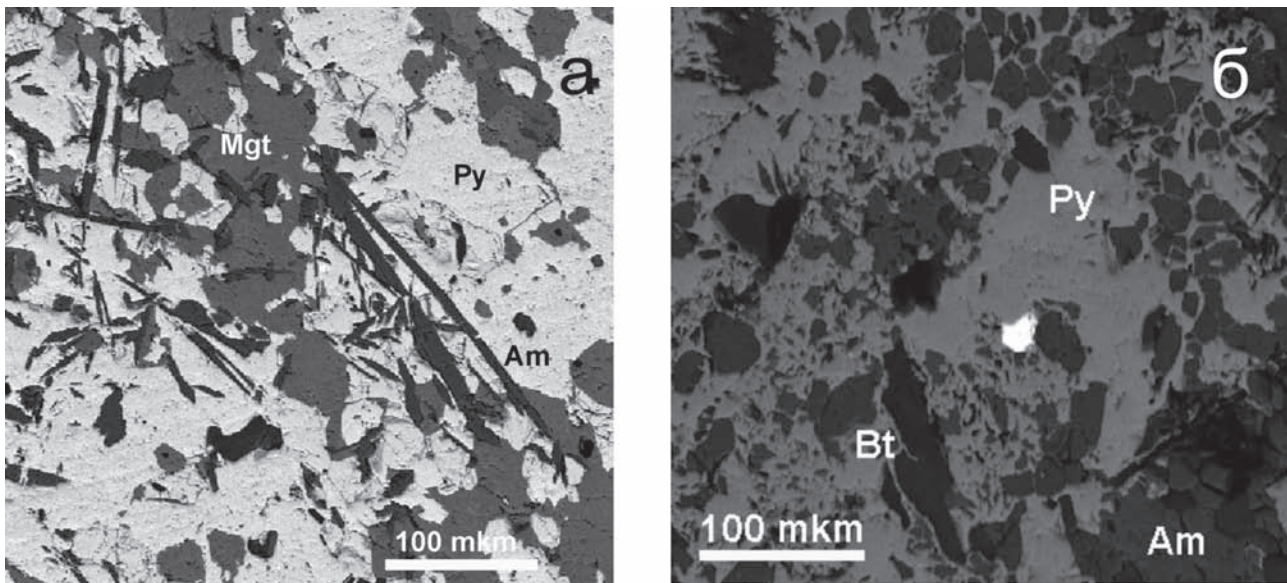


Рис. 2. Интенсивно сульфидизированные слабурудные кварциты (проба 105) с актинолитом (а) и брекчированный амфибол-биотит-кварцевый сланец (проба 18), сцементированный пиритом (б). Яркое включение – галенит (15 мкм). Изображение BSE. Здесь и далее приводятся условные обозначения минералов: Py – пирит, Mgt – магнетит, Bt – биотит, Sp – халькопирит, Sp – сфалерит, Mld – мальдонит, Am – амфибол, Au – золото

Междурудные сланцы представлены двумя типами. Первый из них – слабо сульфидизированные кварц-биотитовые филлитовидные углеродсодержащие (1–3 % углеродистого вещества) сланцы нижней сланцевой подсвиты коробковской свиты курской серии, отобранные в северной и восточной частях карьера. Из сульфидных минералов наибольшим распространением пользуются пирит и пирротин. Второй тип – брекчированные интенсивно сульфидизированные кварц-амфибол-биотитовые сланцы зоны контактов сланцевой и железорудной подсвит с наложенной карбонатизацией и окварцеванием. Породы подвержены метасоматическим изменениям, которые выражаются в

развитии железистого хлорита по периферии зерен флогопита. Реже среди метасоматически измененных пород встречаются участки сплошных актинолититов, в которых преобладает пиритовая минерализация с мелкими включениями пирротина, халькопирита, арсенопирита, галенита и сфалерита (рис. 2б).

Наиболее высоким содержанием золота характеризуются интенсивно сульфидизированные слабурудные кварциты (проба № 105) и сланцы (проба № 18), отобранные в зоне контакта железорудной и сланцевой подсвит и относящиеся к метаморфогенно-метасоматическому (стратиформному) типу благороднометалльного оруденения [12].

Для выявления и изучения форм нахождения золота в пробах 18 и 105 были проведены дополнительные исследования. Пробы последовательно измельчены в щековой и валковой дробилках до крупности менее 0,5 мм (с промежуточным грохочением и додробливанием надрешетного продукта). Полученный дезинтегрированный материал подвергнут гравитационной сепарации на концентрационном столе СКЛ-2М, предусматривающей по схеме одну контрольную и две пересчетных операций. Половина полученного гравитационного концентрата пошла на определение содержания

золота пробирным анализом. Вторая половина перечищена в чашках с использованием тяжелой жидкости М-45 плотностью 2,78 г/см³ с получением «ультратяжелой фракции» (концентрата доводки немагнитной фракции).

В препарате пробы № 18 обнаружено большое количество (сотни зерен) самородного золота с серебряной лигатурой, которое разделяется на две группы. Одна из них, более редкая, имеет пониженную пробность (800–820 ‰) (рис. 3в), другая, наоборот, повышенную – более 850 ‰ (рис. 3а, табл. 3).

Таблица 3

Химический состав золота по данным микрорентгеноспектрального анализа

Генерации золота	Проба № 18		Проба № 105	
	Низкопробное (1-я генерация)	Высокопробное (2-я генерация)	Медистое (1-я генерация)	Высокопробное (2-я генерация)
Количество определений	8	13	7	18
Au	$\frac{80,28 - 90,04}{86,64}$	$\frac{90,23 - 98,09}{93,54}$	$\frac{74,88 - 83,79}{80,05}$	$\frac{91,82 - 99,11}{95,13}$
Ag	$\frac{9,77 - 19,03}{13,06}$	$\frac{0,81 - 9,22}{5,92}$	$\frac{0 - 22,9}{6,09}$	$\frac{0,65 - 7,59}{3,57}$
Cu	-	$\frac{0,64 - 0,71}{0,10}$	$\frac{0 - 24,33}{13,57}$	$\frac{0 - 7,25}{1,09}$

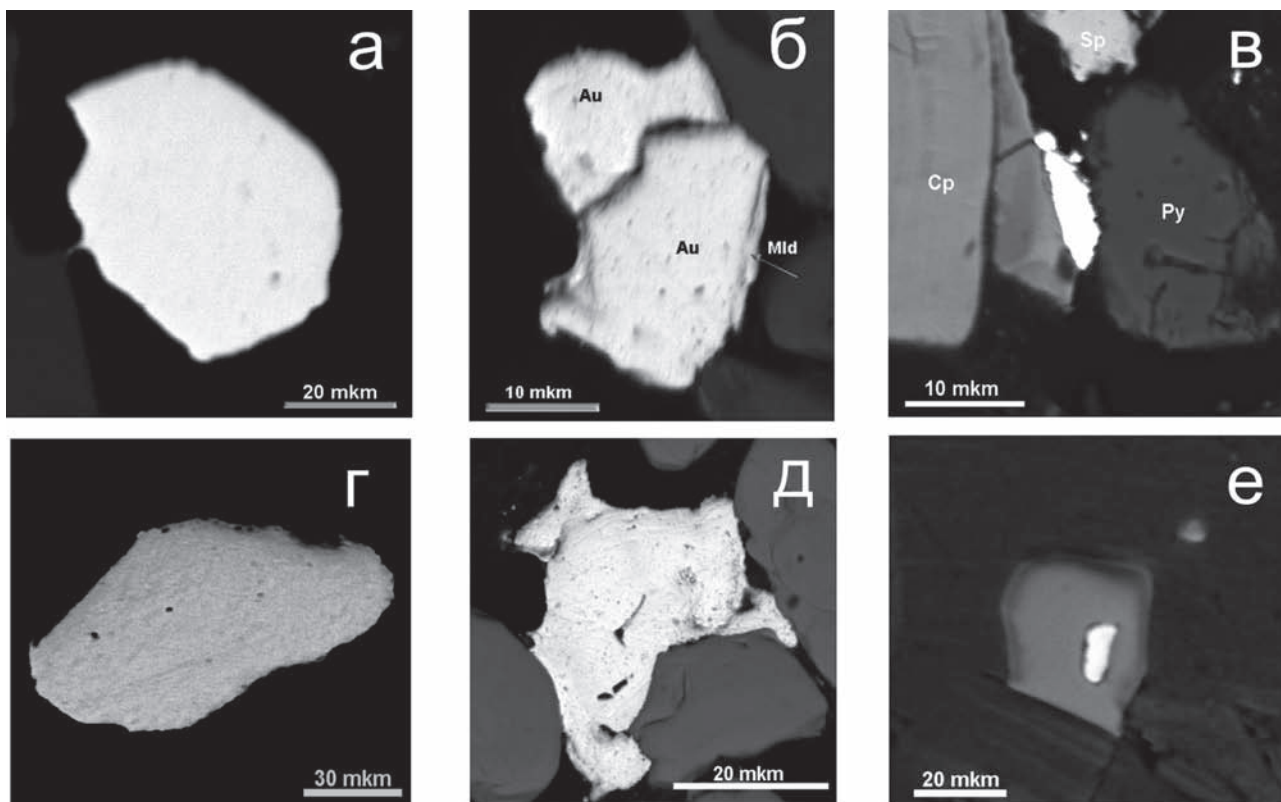


Рис. 3. Формы нахождения золота и его срastания с другими минералами: а) кристалл самородного высокопробного золота; б) срastание самородного золота различного состава (сверху золотина с пробностью 955 ‰, а внизу – 819 ‰), на периферии более низкопробного зерна оторочка мальдонита; в) мелкое пластинчатое золото в срastании с халькопиритом на границе с пиритом, вверху светло-серое зерно сфалерита; г) зерно самородного золота с примесью меди (видна тонкая структура распада); д) зерно самородного золота (Au); е) включение самородного золота в пирите (хлорит-карбонатный метасоматит)

Более низкопробное золото образуется позже высокопробного, поскольку в их сростаниях низкопробное золото приурочено к периферическим зонам и ассоциирует с низкотемпературными минералами, такими как мальдонит (рис. 3б). В ассоциации с минералами благородных металлов в пробе наблюдаются барит и монацит.

В тяжелой фракции концентрата пробы 105 обнаружены сотни зерен самородного золота. Самородное золото в пробе СТ-105 принадлежит к двум генерациям: а) медистое золото с содержанием меди от долей процента до Au_2Cu и $AuCu$ (тетрааурикуприд) (рис. 3г); по всей вероятности, это наиболее ранняя генерация золота, по распространенности она занимает подчиненное положение; б) высокопробное золото с серебряной лигатурой (920–990 ‰, редко снижаясь до 840–760 ‰); это наиболее распространенное золото в пробе (рис. 3д).

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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. ВГУ. Сер. геол. – 2003. – № 1. – С. 93–104.
3. Чернышов Н. М. Первые находки минеральных форм элементов платиновой группы в железистых кварцитах КМА (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов, В. М. Изюмко, С. В. Петров, С. П. Молотков // Доклады РАН. – 2003. – Т. 391, № 1. – С. 104–107.
4. Чернышов Н. М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 448 с.
5. Чернышов Н. М. Проблема комплексного освоения недр Земли в условиях быстрых антропогенных изменений (на примере железорудных предприятий КМА, Центральная Россия) / Н. М. Чернышов // Экология антропогена и современности : природа и человек : сб. науч. докл. – СПб. : Гуманистика, 2004. – С. 524–528.
6. Орлов В. П. Железные руды КМА / В. П. Орлов. – М. : Геоинформмарк, 2001. – 616 с.
7. Чернышов Н. М. Структурно-тектоническое районирование ВКМ (по геологическим и геофизическим данным) / Н. М. Чернышов, В. И. Лосицкий, С. П. Молотков [и др.] // Современные проблемы геологии : мат-лы юбилейной науч. сессии геол. ф-та ВГУ. – Воронеж, 1998. – С. 5–7.

Для самородного золота в пробе СТ-105 характерны изометрические формы, правильные сечения в препаратах, что свидетельствует о преимущественно кристаллической морфологии минерала. В одном из кубических кристаллов пирита отмечено мельчайшее включение высокопробного самородного золота (рис. 3е).

Новые данные о широком развитии в рудах и породах Стойленского месторождения золоторудной минерализации и формах нахождения золота позволяют использовать выбор реальных технологий их попутного извлечения из железорудных толщ КМА и их техногенных продуктов, выступающих в качестве уникального крупномасштабного источника золото-платинодобычи в Центральной России.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-05-00158) и Гранта Президента Российской Федерации «Ведущие научные школы» (НШ-2211.2008.5)

8. Дунай Е. И. Состояние, проблемы и задачи по развитию и укреплению минерально-сырьевой базы Центрального Черноземья России (на примере Белгородской области) / Е. И. Дунай, В. И. Белых, И. Ф. Плужников // Вест. ВГУ. Сер. геол. – 1998. – № 6. – С. 131–142.
9. Кушнеренко В. К. Золото и другие элементы в железорудных месторождениях КМА (к проблеме комплексного использования) / В. К. Кушнеренко, Ю. М. Шувалов, В. М. Мятлин // Региональная геология и металлогения. – СПб. : ВСЕГЕИ, 1999. – № 9. – С. 120–124.
10. 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.
11. Лючкин В. А. Предпосылки промышленных месторождений золота на территории Курской магнитной аномалии / В. А. Лючкин, В. А. Казанцев // Вестн. ВГУ. Сер. геол. – 1997. – № 3. – С. 95–99.
12. Чернышов Н. М. Типы, закономерности размещения и состав золото-платиноидного оруденения в месторождениях-гигантах КМА. Новый источник стратегически важных металлов (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов // Мат-лы междунар. конф., посв. 90-летию Воронеж. гос. ун-та. – Воронеж, 2008. – С. 216–218.

О золотоносности пород и руд Стойленского месторождения

Н. М. Чернышов, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Воронежский государственный университет; тел.: (4732) 208-779; e-mail: kf111a@main.vsu.ru

В. С. Кузнецов, аспирант, Воронежский государственный университет; тел.: (4732) 208-779; e-mail: voronezhpodkl@inbox.ru

О. Г. Резникова, инженер, Воронежский государственный университет; тел.: (4732) 208-779; e-mail: reznikova_o@bk.ru

N. M. Chernyshov, Corresponding Member of RAS, Doctor of Geology-Mineralogical Science, Professor, Voronezh State University; tel.: (4732) 208-681; e-mail: kf111a@main.vsu.ru

V. S. Kuznetsov, Post-graduate Student, Voronezh State University; tel.: (4732) 208-779; e-mail: voronezhpodkl@inbox.ru

O. G. Reznikova, Engineer, Voronezh State University; tel.: (4732) 208-779; e-mail: reznikova_o@bk.ru