

ЛИТЕРАТУРА

1. Брицке, Э.В. Опыты получения обогащенных титановых шлаков при доменной плавке титаномагнетитовых руд / Э.В. Брицке, И.В. Шманенков, К.Х. Тагиров // Минеральное сырье. — 1930. — № 6. — С. 831–838.
2. Зборовский, М.Э. Получение титановых белил / М.Э. Зборовский, И.Н. Искольдский // Минеральное сырье. — 1928. — № 9–10. — С. 683–695.
3. Малышев, И.И. Титаномагнетитовые месторождения Урала. / И.И. Малышев, П.Г. Пантелеев, А.В. Пэк. — Л.: Изд-во АН СССР. — 1934. — 263 с.
4. Марков, П.Н. Месторождение титаномагнетитов горы Магнитки / П.Н. Марков // Минеральное сырье. — 1930. — № 5. — С. 626–646.
5. Пилипенко, П.П. Микроструктура железотитанистых руд некоторых русских месторождений / П.П. Пилипенко // Минеральное сырье. — 1930. — № 7–8. — С. 981–991.
6. Проблема титаномагнетита: Сб. статей / Под ред. Н.М. Федоровского (Тр. Института Прикладной Минералогии). — М.: ИПМ, 1932. — 88 с.
7. Сырокомский, В.С. Восстановление ильменита в газовой фазе / В.С. Сырокомский, Е.В. Снопина, Н.И. Ротков // Минеральное сырье. — 1931. — № 5–6. — С. 522–527.
8. Шманенков, И.В. Вопросы сырьевой базы черной металлургии / И.В. Шманенков // Минеральное сырье. — 1935. — № 12. — С. 5–7.

© Коллектив авторов, 2019

Луговская Ирина Германовна // lig_vims@mail.ru
Якушина Ольга Игоревна // yakfibio@gmail.com
Печенкин Игорь Гертрудович // vims-pechenkin@mail.ru
Прудников Илья Александрович // prydnikov@gmail.com

УДК 553.411: 553.491.8(470.325)

Резникова О.Г., Кузнецов В.С., Бойко П.С.
(Воронежский государственный университет)

БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТАХ И СЛАНЦАХ КМА

*При исследовании технологических проб на благороднометалльное оруденение в железистых кварцитах и межрудных сланцах Лебединского и Стойленского месторождений КМА были выявлены две основные генерации самородного золота в устойчивой ассоциации с сульфидами, висмутитами, теллуридами и другими соединениями. Первая, связанная с метаморфическими процессами, накапливала высокопробное золото. Вторая генерация принадлежит гидротермальным сульфидно-кварцевым рудопоявлениям, ассоциирующим с палеопротерозойскими интрузиями. **Ключевые слова:** железистые кварциты, межрудные сланцы, благородные металлы, формы нахождения, золото.*

Reznikova O.G., Kuznetsov V.S., Boyko P.S. (Voronezh State University)

NOBLE-METAL MINERALIZATION IN FERRUGINOUS QUARTZITES AND SCHIST KMA

At a research of technological tests on precious mineralization in ferriferous quartzites and interore shale of Lebedinsky and Stoylensky deposit KMA were revealed two generation of native gold in steady association with sulfides, bismuth minerals, tellurium minerals and other connections. The first, associated with metamorphogenic processes, ac-

*cumulated high-grade gold. Gold of second generation is confined to the sulfide-quartz hydrothermal ore occurrences, associated with Paleoproterozoic intrusions. **Keywords:** ferrous quartzites, interore shales, precious mineralization, forms of origin, gold.*

Введение

Железистые кварциты, широко распространенные на всех континентах Земли и слагающие крупные и уникальные месторождения, могут содержать благороднометалльную минерализацию, которая уже обеспечивает за рубежом около 25 % годовой добычи золота [1], в связи с чем изучение золоторудной минерализации в этих породах остается актуальной задачей. Выполненные специальные исследования железистых кварцитов Курской магнитной аномалии (КМА) позволили существенно расширить сведения о минерализации золота.

В железорудных месторождениях КМА установлены собственные минеральные формы благородных металлов и сопутствующих им минеральных ассоциаций [10, 11]. Наиболее перспективные золотоносные участки были установлены на Стойло-Лебединском рудном поле, где повышенные содержания золота приурочены к зонам брекчирования, трещиноватости, сопровождающихся повышенной сульфидизацией на контактах железистых кварцитов и межрудных сланцев, а также представлены в виде секущих жил и прожилков [1].

Объекты исследования

При написании данной статьи в качестве объекта исследования благороднометалльной и сопутствующей ей минерализации были выбраны железистые кварциты и межрудные сланцы Лебединского и Стойленского месторождений. Эти месторождения являются крупнейшими на КМА, входят в состав Старооскольского рудного узла, расположенного в восточной части мегаблока КМА Воронежского кристаллического массива (ВКМ), на южном замыкании Тим-Ястребовской рифтогенной структуры [2] (рис. 1).

Месторождения сложены образованиями курской серии нижнего протерозоя. Коробковская свита курской серии на 60 % состоит из железистых кварцитов (слаборудных, силикатно-магнетитовых, магнетитовых и гематит-магнетитовых), которые формируют две железорудные подсвиты, разделенные нижней сланцевой подсвитой.

Привнос золота в рассматриваемые породы докембрия был, вероятно, связан в первом случае с процессами метаморфизма, широко представленными в данном сегменте, результатом которых стало формирование стратиформных залежей на контактах железистых кварцитов и межрудных сланцев, а во втором случае, с внедрением умеренно-кислых интрузий стойло-николаевского комплекса, сопровождавшихся гидротермальной деятельностью, проявившейся в виде образований сульфидно-кварцевых жил в изучаемых породах. Эти два типа оруденения часто пространственно совмещены.

Методы исследования и аналитические данные

Из вышеуказанных зон повышенной сульфидизации были отобраны и изучены технологические пробы с целью выявления собственных минеральных форм благородных металлов и сопутствующих им минералов [5, 9].

1. Технологические пробы из зон сульфидизации на контактах железистых кварцитов и межрудных сланцев:

— сульфидизированные слаборудные кварциты из нижней (проба А-18/2 Лебединского месторождения) и верхней (проба СТ-105 Стойленского месторождения) железорудных подсвет;

— сульфидизированные силикатно-магнетитовые кварциты верхней (528 А) и нижней (520) железорудных подсвет Лебединского месторождения;

— сульфидизированные гематит-магнетитовые кварциты из нижней железорудной подсветы Лебединского месторождения (18/4);

— сульфидизированные сланцы из зоны контакта железорудной и сланцевой подсвет Стойленского месторождения (СТ-18, СТ-8);

— сульфидизированный углеродсодержащий сланец нижней сланцевой подсветы курской серии Лебединского месторождения (Л-13).

2. Технологические пробы из жильных проявлений:

— окварцованный сульфидизированный амфиболсодержащий метасоматит (528 Б) верхней железорудной подсветы Лебединского месторождения;

— сульфидизированная зональная жила в магнетитовых кварцитах Лебединского месторождения (556);

— сульфидизированный амфиболсодержащий межрудный сланец Стойленского месторождения (СТ-150).

Обсуждение результатов

В процессе изучения вещественного состава благороднометалльного оруденения в кварцитах и сланцах были установлены следующие минеральные формы:

1. Зоны сульфидизации на контактах железистых кварцитов и межрудных сланцев.

Самородное золото разделяется на две группы [5, 6]. Одна из них, более редкая, имеет пониженную пробыность (800 ‰ и ниже), другая — повышенную (более 840 ‰).

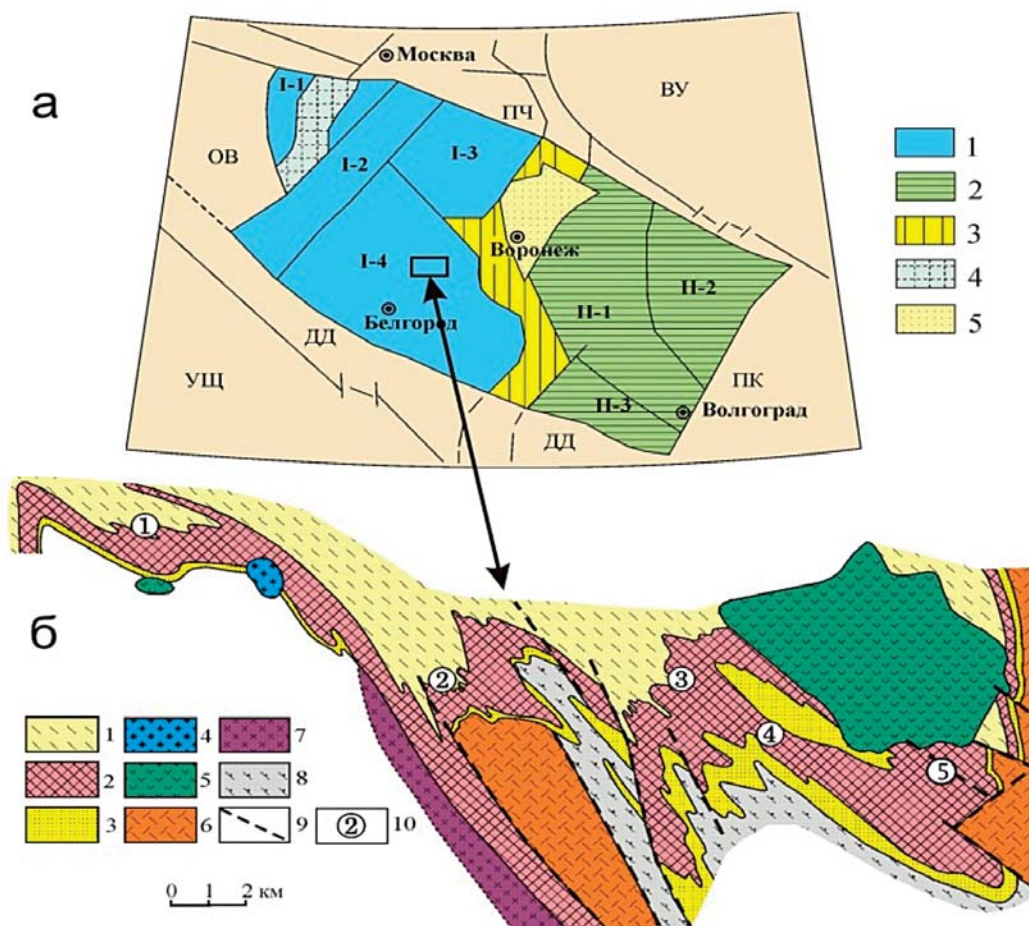


Рис. 1. Схема структурно-формационного районирования ВКМ (а) (Н.М. Чернышов, 2004):

ВУ — Волго-Уральский сегмент, ПЧ — Пачелмский авлакоген, ПК — Прикаспийская впадина, ДД — Днепро-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 грабенсинклинали структура.

Схематическая геологическая карта Старооскольского железорудного узла (б) (В.П. Орлов, 2001):

палеопротерозой — курская серия: 1–2 — коробковская свита: 1 — верхняя сланцевая подсвета (PR^1, kr_4), 2 — верхняя и нижняя железорудные подсветы с внутрирудной (нижней) сланцевой подсветой (PR^1, kr_{3-1}); 3 — стойленская свита

(PR^1, st) — кварцитопесчаники, кварц-слюдяные сланцы; 4 — габбродиориты, кварцевые диориты стойло-николаевского комплекса ($\gamma\delta PR^1, sn$); 5 — нерасчлененный гранитогнейсовый комплекс ($m\gamma(AR-PR^1)$) — гранитогнейсы, мигматиты, гнейсы, прослои и линзы амфиболитов; неорархей: 6 — микроклиновые граниты атаманского комплекса (AR_2a); 7 — плагиограниты салтыковского комплекса (γAR_2sl); 8 — Михайловская серия (AR_2mh); 9 — разломы; 10 — месторождения: 1 — Панковское, 2 — Коробковское, 3 — Лебединское, 4 — Стойло-Лебединское, 5 — Стойленское

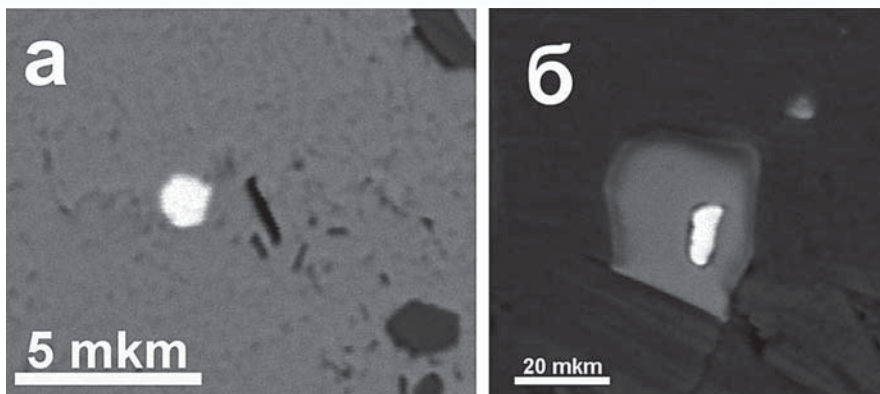


Рис. 2. Кубические кристаллы пирита: а — мелкое изометрическое включение тетрадимита в пирите; б — включение самородного золота в пирите

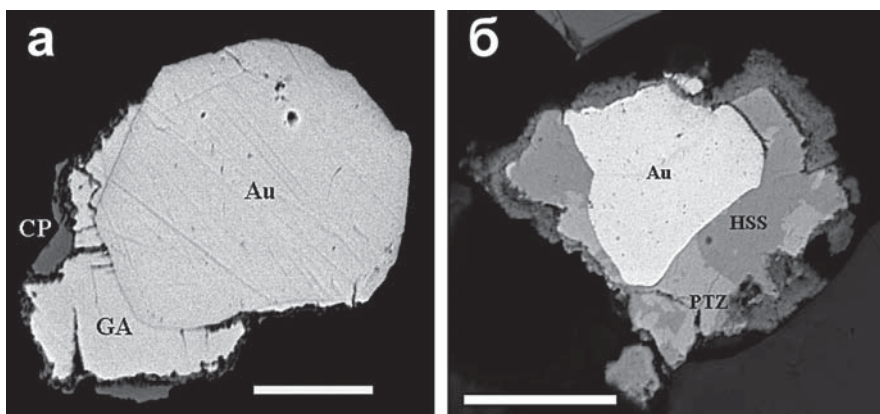


Рис. 3. Формы нахождения золота и его сростания с другими минералами: а — кристалл самородного золота в сростании с галенитом (Gn) и халькопиритом (Csp); б — сложный сросток самородного золота с петцитом (Ptz) и гесситом (Hss). Оторочка вокруг сростка — маккинстриит. Метка маркера — 20 мкм

Высокопробное золото имеет более широкое распространение, парагенетически оно связано с сульфидной полиметаллической арсенопирит-галенит-халькопирит-пиритовой минерализацией.

Для золота характерны примеси серебра и меди (0.4–2.3 масс. %, в отдельных пробах до 11.6 масс. %). Морфология зерен самородного золота чаще всего изометричная, иногда почти округлая. Встречаются

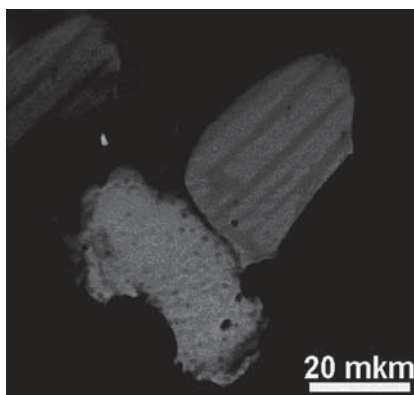


Рис. 4. Два зерна золота разного состава: полосатое зерно — сплав золото-медь (темные полосы — AuCu; светлые — Au₂Cu)

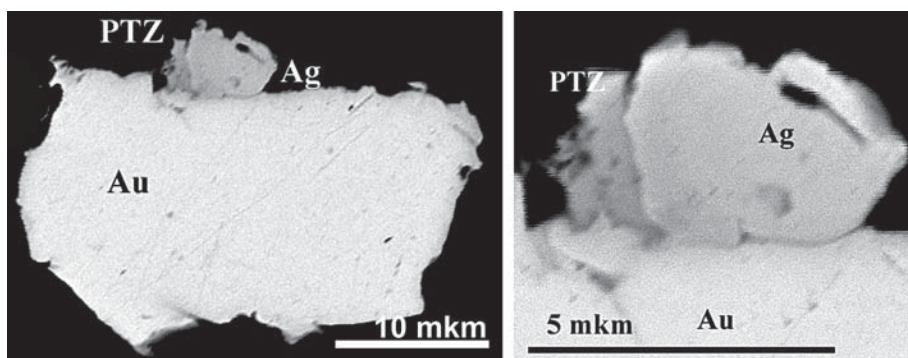


Рис. 5. Сростание самородного золота (Au), серебра (Ag) и петцита (Ptz); (проба А-18/2, Лебединское месторождение)

кристаллы самородного золота, которые, судя по случайным сечениям, представлены октаэдрами. Пластинчатые формы отмечаются только у мелких золотин.

В одном из кубических кристаллов пирита отмечено мельчайшее включение высокопробного самородного золота, в другом — тетрадимита (рис. 2) [5], что подтверждает генетическую связь благородных металлов с сульфидами.

Также встречены сростки с другими сульфидами: халькопиритом, галенитом, сфалеритом, борнитом, халькозином, арсенопиритом (рис. 3). Помимо включений и сростков отмечается наличие собственных минеральных форм Au-Ag-содержащих сульфидов, в частности маккинстриита ($Ag_{1.15}Au_{0.1}Fe_{0.1}Cu_{0.66}S$).

Второе (низкопробное), представлено медистым золотом (рис. 4) с содержанием меди от долей процента до Au₂Cu и AuCu (тетраурикуприд). Его отличительной чертой является характерный парагенезис с теллуридами золота, серебра и висмута. Более низкопробное золото, вероятнее всего, образуется позже высокопробного, поскольку в их сростаниях низкопробное золото приурочено к периферическим зонам и ассоциирует с низкотемпературными минералами, такими как мальдонит.

В качестве ассоциации с самородным золотом обнаружены сотни зерен минералов висмута (по мере снижения распространенности): самородный висмут, висмутин, тетрадимит, гессит и значительно более редко наблюдаются жозеит (жозеит А), лиллианит и креннерит [6]. Встречено зерно самородного золота в

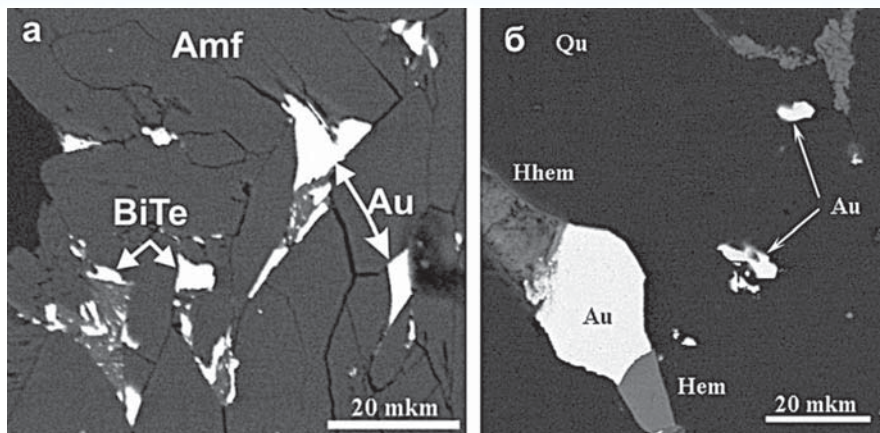


Рис. 6. Формы нахождения самородного золота и их сростания с сопутствующими минералами: а — включения самородного золота и хедлиита в амфиболе. Серое в ассоциации с хедлиитом — монтанит; б — самородное золото в ассоциации с гематитом, гидрогематитом в кварце

сростания с серебряным сплавом промежуточного состава (50:50 в ат. %) и петцитом (Ag_3AuTe_2) (рис. 5) [5–7, 9].

2. Жильные проявления

Самородное золото встречается в виде изометрических (сложной комбинационной формы кубооктаэдрического габитуса), реже — уплощенных и вытянутых зерен.

Анализ встреченных минеральных сростаний самородного золота показывает, что по всей вероятности, в жильных проявлениях присутствует золото одной ассоциации. Эта ассоциация характеризуется отсутствием теллуридов золота и серебра, однако ассоциирует с теллуридами висмута (хедлиит, тетрадимит, жозеит В, цумоит, пильзенит) и висмутовыми минералами (висмутин, самородный висмут) (рис. 6), а также с шеелитом, монацитом, баритом и уранинитом, содержащим значительную примесь радиогенного свинца [5, 8].

Пробность самородного золота из этих зон сульфидизации довольно низкая и характеризуется широкими вариациями: от 563 ‰ до 862 ‰, преимущественно с Ag лигатурой. Однако основная часть золота принадлежит узкому классу пробности — от 700 ‰ до 800 ‰ [9].

Для благороднометалльного оруденения зон сульфидизации в железистых кварцитах и сланцах характерно самородное золото двух типов. Первое, наиболее высокопробное, проявлено исключительно на контактах кварцитов и сланцев в ассоциации с сульфидными минералами. Второе, более низкопробное, преобладает в сульфидно-кварцевых жилах и проявляет связь с теллуридами и висмутитами.

Выводы

Установлено, что выделенные этапы благороднометалльного рудообразования характеризуются значительными отличиями в пробности золота: на первом, связанном с метаморфогенными процессами, накапливалось высокопробное золото, в то время как золото, образованное на более позднем этапе, отличается довольно низкой пробностью с преиму-

ущественно Ag лигатурой и приурочено к сульфидно-кварцевым гидротермальным проявлениям.

Выполненные исследования железистых кварцитов и межрудных сланцев Стойленского и Лебединского месторождений Курской магнитной аномалии (КМА) позволили существенно расширить сведения о распределении и концентрировании самородного золота. А полученные новые данные о развитии золоторудной минерализации и формах нахождения золота позволяют использовать реальные технологии их попутного извлечения из железорудных толщ КМА и их техногенных продуктов [3, 11].

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. Бельх, И.Ф. Плужников // Вестник ВГУ. Серия: Геология. — 1998. — № 6. — С. 131–142.
2. Орлов, В.П. Железные руды КМА / В.П. Орлов. — М.: Геоинформмарк, 2001. — 616 с.
3. Матвиенко, В.Н. Кластеры — протоформа нахождения драгметаллов в рудах и минерализованных породах / В.Н. Матвиенко, Ю.Д. Калашников, В.А. Нарсеев // Руды и металлы. — 2004. — № 5. — С. 28–36.
4. Чернышов, Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) / Н.М. Чернышов. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2004. — 448 с.
5. Чернышов, Н.М. О золотоносности пород и руд Стойленского месторождения / Н.М. Чернышов, В.С. Кузнецов, О.Г. Резникова // Вестник ВГУ. Серия: Геология. — 2009. — № 1. — С. 103–110.
6. Чернышов, Н.М. Золотоносность Стойленского месторождения КМА (типы и состав благороднометалльного оруденения) / Н.М. Чернышов, В.С. Кузнецов, С.В. Петров, О.Г. Резникова // Руды и металлы. — 2009. — № 6. — С. 48–55.
7. Чернышов, Н.М. Минеральные формы нахождения платиноидов и золота в железистых кварцитах Лебединского месторождения КМА (Центральная Россия) / Н.М. Чернышов, С.В. Петров // Вестник ВГУ. Серия: Геология. — 2005. — № 2. — С. 31–38.
8. Чернышов, Н.М. Формы нахождения благородных металлов в разнотипных железистых кварцитах и их метасоматитах Лебединского и Стойленского месторождений (КМА) / Н.М. Чернышов, О.Г. Резникова // Вестник ВГУ. Серия: Геология. — 2010. — № 1. — С. 135–144.
9. Чернышов, Н.М. Типы, состав и генетические особенности золото-платинометалльного оруденения в железистых кварцитах Старооскольского рудного района КМА (Центральная Россия) / Н.М. Чернышов, О.Г. Резникова. — Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2014. — 156 с.
10. Чернышов, Н.М. Золото-платиноносность главнейших типов железорудных формаций мира (информационно-аналитический обзор) / Н.М. Чернышов, О.Г. Резникова, С.П. Молотков // Вестник ВГУ. Серия: Геология. — 2003. — № 2. — С. 137–162.
11. Шелехов, А.Н. Месторождения железистых кварцитов и продукты их передела — новый перспективный источник золото-платиносодержащего сырья в XXI в. (на примере Центральной России) / А.Н. Шелехов, В.А. Лючкин, Ю.С. Ляховкин // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI в.: Сб. науч. труд. — Т 3., в 2-х кн. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. — С. 289–294.

© Резникова О.Г., Кузнецов В.С., Бойко П.С., 2019

Резникова Ольга Григорьевна // reznikova_o@bk.ru
Кузнецов Владислав Сергеевич // voronezhpodkl@inbox.ru
Бойко Павел Сергеевич // voronezhnedra@yandex.ru, voronezh@rosnedra.gov.ru