

УДК 549.27:552.4:553.8(470.324)

## ЗОЛОТО-ПЛАТИНОМЕТАЛЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТАХ И СЛАНЦАХ КМА – ЕДИНАЯ РУДООБРАЗУЮЩАЯ СИСТЕМА

© 2015 г. Н. М. Чернышов

Воронежский государственный университет  
394693, г. Воронеж, Университетская пл., 1  
E-mail: [petrology@list.ru](mailto:petrology@list.ru)

Поступила в редакцию 12.03.2015 г.

Принята к печати 14.05.2015 г.

Приведены новые данные по благороднометалльносодержащим структурно-вещественным комплексам палеопротерозоя и их парагенезисам в двух пространственно разобщенных и разных по составу вмещающих железистых кварцитов и черных сланцев рудных районов Курской магнитной аномалии. 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 генетически различных источников вещества.

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

Благородные металлы являются важнейшим стратегическим сырьем и основой для наиболее перспективных направлений использования новейших технологий. Многообразие сфер использования и последовательное возрастание потребления платиноидов и золота, характеризующихся вместе с тем крайне низким содержанием в земной коре, настоятельно требуют поисков их новых нетрадиционных источников. Среди таких источников особое значение приобретают разновозрастные уникальные по ресурсам и глобальные по степени распространения стратифицированные углеродистые толщи и железистые кварциты раннего палеопротерозоя, которые являются основными компонентами железисто-кремнисто-сланцевой формации и ассоциирующихся с ними черных сланцев древних платформ и других структур по-существу всех континентов мира (Юшин, Лебедь, 1998; Додин и др., 2000; Золоев и др., 2001, 2005; Тигунов, Быховский, 2002; Сафонов, 2003; Чернышов, 2004; Boyle, 1979; Olivo, 1994; Pasava et al., 1996; Cabral, 2001).

### 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 неогерейских зеленокаменных поясов КМА и пространственно совмещенных с ними сложных по своей геодинамической природе и составу палеопротерозойских структур, определяя тем самым высокий золото-платиноносный потенциал Воронежского кристаллического массива (ВКМ) – этого крупного (600 × 1000 км) сегмента Восточно-Европейской платформы (Чернышов, 2004).

Наиболее высокие концентрации благородных металлов сосредоточены в пределах Михайловского и Старооскольского рудных районов КМА. В формировании литосферы структуры КМА в раннем протерозое отчетливо выделяется четыре этапа – протоплатформенный, 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 (см. рис. 1), возникающих в разных 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 (Чернышов, 2004, 2007). В современном варианте они представляют собой сложные дискордантные интракратонные складчато-глыбовые структуры, пространственно

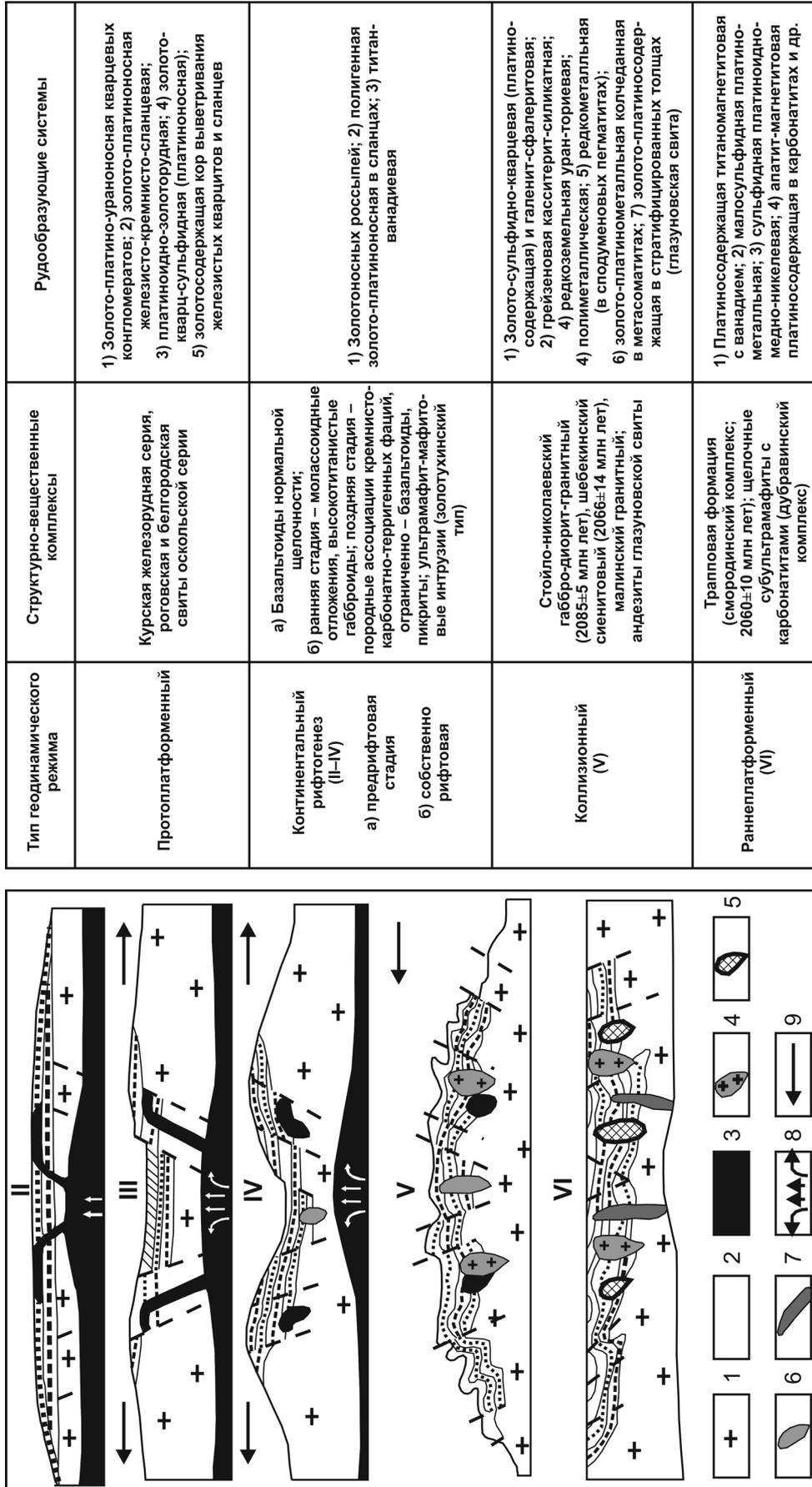
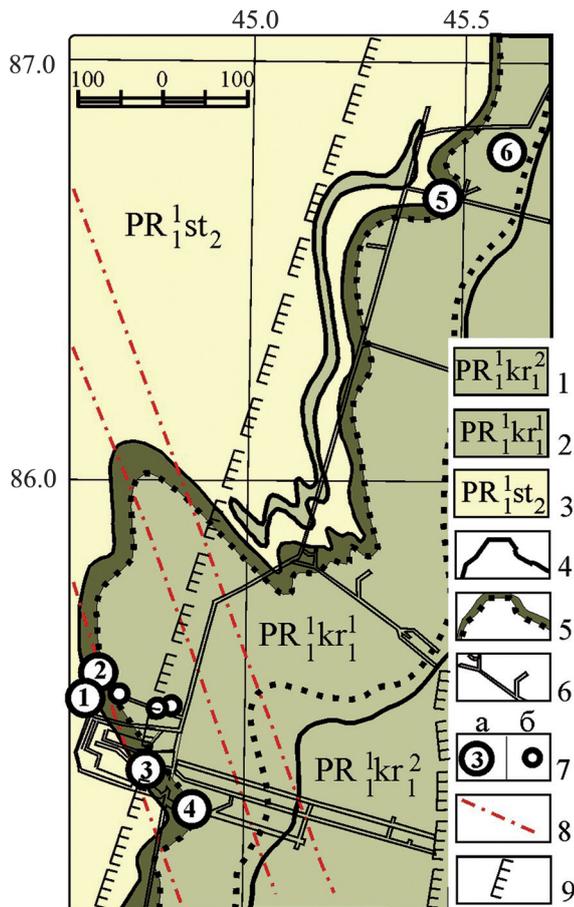


Рис. 1. Геодинамика и минерагения раннепротерозойского этапа по (Холин, 2001; Чернышов, Чернышова, 2011) с дополнениями.

1 – протокора серогнейсового 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.

Fig. 1. Geodynamic and mineralogical evolution of the Early-Proterozoic stage by (Холин, 2001; Чернышов, Чернышова, 2011) with additions.

1 – gray-gneiss protocrust, 2 – rifting-stage rock association, 3 – undercrustal layer of upper mantle, 4 – collisional granitoids, 5 – high-alkaline basalts, 6 – normal-alkaline basalts, 7 – traps, 8 – heat and mass transfer vectors, 9 – tectonic stress vectors.



**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, верхняя подсвита (черные углеродистые кварц-хлорит-серцитовые сланцы); 4 – геологические границы; 5 – зоны золотой минерализации с содержаниями от 0.1 до 1.0 г/т и более (пунктирная линия – геологические границы карбонатно-магнетитовых кварцитов); 6 – подземные горные выработки; 7 – благороднометалльная минерализация: а – цифры в кружках (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 – проявления золота с содержанием не менее 0.5 г/т; 8 – разрывные нарушения; 9 – контур карьера на 01.01.2001 г.

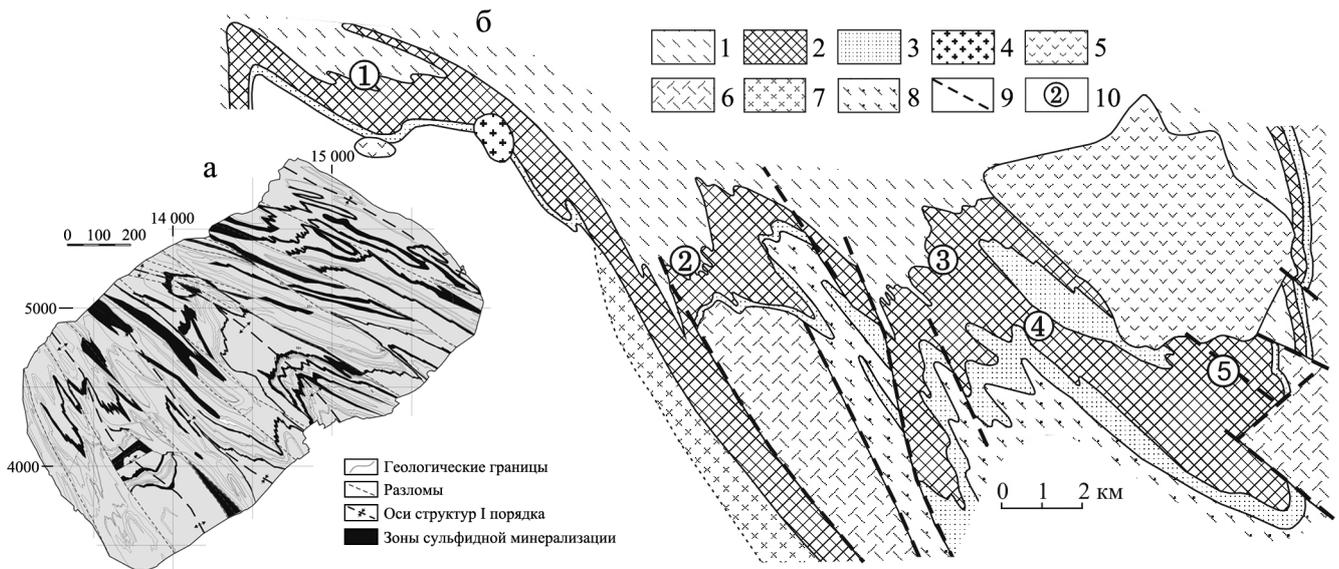
**Fig. 2.** Schematic map of the western flank of Mikhailovskoye deposit with assay results on noble metal mineralization.

1 – Korobkovskaya formation, Lower Iron-bearing subformation, second pack (magnetite-hematite quartzites); 2 – Korobkovskaya formation, Lower Iron-bearing subformation, first pack (carbonate-magnetite, hematite-magnetite and low-ore quartzites); 3 – Stoylenskaya formation,

совмещенные с неoarхейскими коматиитсодержащими зеленокаменными поясами (Чернышов, 2004).

Характерные особенности золото-платиноносных структурно-формационных зон, наиболее полно проявившихся в Старооскольском и Железногорском железорудных районах мегаблока КМА (рис. 2–4), описаны в (Созинов и др., 1988; Чернышов, 1996, 2004, 2007, 2009; Додин и др., 2000, 2007; Железные руды..., 2001; Буряк и др., 2002). К ним относятся: а) полицикличность и многостадийность развития с резким преобладанием терригенно-осадочных (в том числе мощных железорудных) отложений на ранних стадиях (курская серия) и возрастающей ролью углеродистых вулканогенно-осадочных и вулканических образований (оскольская серия) на поздних стадиях их формирования; б) широкое развитие различных по составу вулканоплутонических ассоциаций с пикрит-толеит-базальтовыми и базальт-андезит-дацитовыми вулканитами (с нормальными и щелочными базальтами и их туфами – оскольская серия) и магматитами ультрамафит-мафитового, габбро-диорит-гранодиоритового и гранитоидного составов с отчетливой металлогенической специализацией на Cu, Pb, Zn, Au, Ag, металлы платиновой группы (ЭПГ), P, B, редкие земли; в) высокая степень интенсивности проявления складчатости и взбросо-надвиговых перемещений, сложный структурный рисунок разрывных нарушений различных порядков с образованием зон объемного катаклаза, выступающих в качестве контролирующих элементов рудообразующих систем; г) низкоградиентный тип метаморфизма в условиях эпидот-амфиболитовой и в большей мере зеленосланцевой фации, способствующий перераспределению и накоплению рудного вещества в железистых кварцитах и межрудных сланцах курской серии (курский и старооскольский типы), углеродистых осадочных и вулканогенно-осадочных образованиях оскольской серии и их метасоматитах (тимской и шкенский типы). В совокупности эти факторы определяют источники элементов, условия формирования, стадийность, минеральный состав, геолого-генетические типы благороднометалльной минерализации, структуру модели рудообразующей системы.

Upper subformation (black carbonaceous quartz-chlorite-sericite shales); 4 – geological boundaries; 5 – zones of Au-mineralization with concentrations between 0.1 and 1.0 g/t (dotted line – geological boundaries of occurrence of carbonate-magnetite quartzites; 6 – underground mine workings; 7 – noble metal mineralization: a – (g/t): 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 – with gold concentration >0.5 g/t; 8 – faults; 9 – quarry contour (for 01.01.2001).



**Рис. 3.** Карта зон золото-платиносодержащей сульфидной минерализации на Лебединском месторождении (а) и схематическая геологическая карта Старооскольского железорудного узла (б).

Нижний протерозой, курская серия: 1–2 – коробковская свита: 1 – верхняя сланцевая подсвита ( $PR_1^{kr4}$ ), 2 – верхняя и нижняя железорудные подсвиты с внутрирудной (нижней) сланцевой подсвитой ( $PR_1^{kr_{3-1}}$ ); 3 – стойленская свита ( $PR_1^{st}$ ) – кварцитопесчаники, кварц-сланцевые сланцы; 4 – микроклиновые граниты атаманского комплекса ( $\gamma PR_1^a$ ); 5 – габбро-диориты, кварцевые диориты стойло-николаевского комплекса ( $\nu \delta PR_1^{sn}$ ); 6 – нерасчлененный гранитогнейсовый комплекс ( $m\gamma(AR-PR_1)$ ) – гранитогнейсы, мигматиты, гнейсы, прослои и линзы амфиболитов; верхний архей – 7 – плагииграниты салтыковского комплекса ( $\gamma AR_{2sl}$ ); 8 – михайловская серия ( $AR_{2mh}$ ); 9 – разломы; 10 – месторождения: 1 – Панковское, 2 – Коробковское, 3 – Лебединское, 4 – Стойло-Лебединское, 5 – Стойленское.

**Fig. 3.** Map of zones of sulfide mineralization on Lebedinskoye deposit (a) and schematic map of Starooskolskii deposit cluster (b).

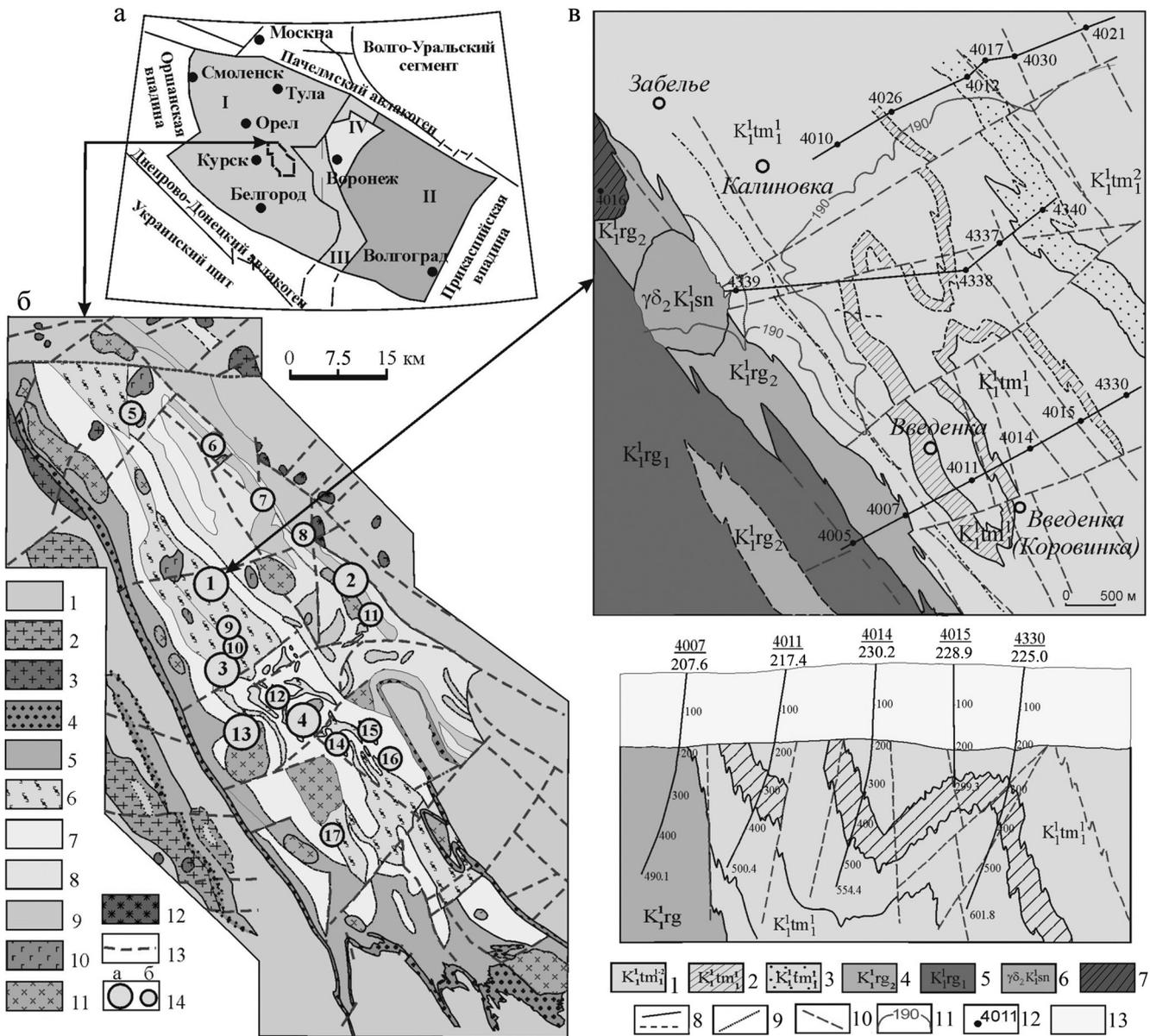
Lower proterozoic – Kursk series: 1–2 – Korobkovskaya formation: 1 – Upper Shale subformaion ( $PR_1^{kr4}$ ); 2 – Upper and Lower Iron ore-bearing subformations with Intra-ore (Lower) shale subformation ( $PR_1^{kr_{3-1}}$ ); 3 – Stoylenskaya formation ( $PR_1^{st}$ ) – quartzite sandstone, quartz-mica shales; 4 – microcline granites of Atamanovsky complex ( $\gamma PR_1^a$ ); 5 – gabbrodiorites, quartz diorites of Stoylo-Nikolaevsky complex ( $\nu \delta PR_1^{sn}$ ); 6 – undifferentiated granite-gneiss complex ( $m\gamma(AR-PR_1)$ ) – granite-gneisses, migmatites, gneisses, layers and lenses of amphibolites; Upper Archean – 7 – plagiogranites of Saltykovsky complex ( $\gamma AR_{2sl}$ ); 8 – Mikhailovskaya series ( $AR_{2mh}$ ); 9 – rifts; 10 – deposits: 1 – Pankovskoye, 2 – Korobkovskoye, 3 – Lebedinskoye, 4 – Stoylo-Lebedinskoye, 5 – Stoylenskoye.

По условиям локализации, морфологии и масштабам рудных залежей, особенностям их минерализации, содержаниям благородных металлов и промышленной значимости выделены шесть типов золото-платинометалльного оруденения (Чернышов, Додин, 1995; Чернышов, 1996б, 2004, 2010; Шелехов и др., 1999; Тигунов, Быховский, 2002) (табл. 1).

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 – в Старооскольском районе.

Помимо стратифицированных золото-платиносодержащих залежей на контакте стойленской и коробковской свит курской серии и залегающих среди железистых кварцитов внутрирудных сланцев интерес представляют высокоуглеродистые

сланцы и метасоматиты оскольской вулканогенно-осадочной серии (тимской и старооскольский типы), перекрывающей курскую. Оруденение тимского типа, сосредоточенное преимущественно в крупной (протяженность 130 км при ширине 30–50 км) Тим-Ястребовской структуре КМА (см. рис. 4) характеризуется: 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 (1.5–34.6 г/т) ЭПГ и Au, отчетливой корреляционной связью их с C, S и рядом петрогенных и малых (Ni, Cu, Co, Cr, Zn, Ti, V, P и др.) элементов, преимущественно базальтоидным типом распределения ЭПГ ( $Pd > Pt > Rh > Ru > Ir > Os$ ); в) высокой степенью концентрирования благородных металлов в наиболее тонкозернистой (<0.06 мм) сульфидно-



**Рис. 4.** Местоположение Тим-Ястребовской золото-платиноносной структуры на Воронежском кристаллическом массиве (а), ее схематическая геологическая карта (б) и геологическая схема Луневско-Введенского участка центральной части Тим-Ястребовской структуры с разрезом (в).

а: I – мегаблок КМА, II – Хоперский мегаблок, III – Лосевская шовная зона, IV – Ольховско-Шукавская грабен-синклираль;  
 б: 1 – обоянский плутоно-метаморфический комплекс (AR<sub>1</sub>ob; плагиогнейсы, прослои и линзы амфиболитов, прослои кварцитов); 2 – салтыковский комплекс мигматит-плагиогранитный (AR<sub>2</sub>sl; плагиограниты, тоналиты, гранодиориты); 3 – атамановский комплекс умеренно щелочных гранитов (AR<sub>2</sub>a; граниты умеренно щелочные плагиоклаз-микроклиновые); 4–12 – раннекарельские образования: 4 – курская серия (K<sub>1</sub>ks; кварцито-песчаники, сланцы, железистые кварциты); 5–9 – оскольская серия: 5 – роговская свита (K<sub>1</sub>rg; карбонатные сланцы, кварц-биотитовые сланцы, доломиты, известняки); 6–9 – тимская свита, нижняя и верхняя подсвиты: 6–7 – нижняя тимская подсвита (K<sub>1</sub>tm<sub>1</sub>); 6 – существенно терригенная (углеродистые сланцы, метапесчаники, метаалевролиты), 7 – вулканогенно-терригенная (ортосланцы основного и среднего состава, амфиболиты, углеродистые сланцы); 8–9 – верхняя тимская подсвита (K<sub>1</sub>tm<sub>2</sub>); 8 – нижняя терригенно-углеродистая толща (метапесчаники, сланцы, карбонатные сланцы, амфиболиты); 9 – верхняя вулканогенная толща (ортосланцы ультраосновного, основного и реже среднего состава, амфиболиты, метапесчаники); 10 – золотухинский перидотит-пироксенит-габбро-норитовый комплекс (K<sub>1</sub>z); 11 – стойло-николаевский диорит-гранодиоритовый комплекс (K<sub>1</sub>sn); 12 – малиновский гранитный комплекс (K<sub>1</sub>m); 13 – тектонические нарушения; 14 – разномасштабные по ресурсам (а, б) благороднометалльные рудопроявления: 1 – Луневское, 2 – Кшенское, 3 – Погоженское, 4 – Прилепское, 5 – Сергиевское, 6 – Верхне-Березовское, 7 – Луговское, 8 – Панское-I, 9 – Северо-Тимское, 10 – Тимское, 11 – Рогозецкое, 12 – Южно-Погоженское, 13 – Роговское, 14 – Зареченское, 15 – Петровское, 16 – Безленкинское, 17 – Крутоверховское; в: 1 – нижнетимская подсвита, верхняя толща: ортосланцы по породам основного состава (амфиболовые, актинолит-амфиболитовые сланцы) ам-

углеродистой фракции, в которой их концентрации многократно (в 15–16 раз) превышают содержания в исходных (рудовмещающих) породах (Чернышов, 1996а, 2007, 2009; Чернышов и др., 2007).

Наиболее значимым рудопроявлением гидротермально-метасоматического типа является Кшенское, приуроченное к Тим-Ястребовской структуре. Кшенский тип золото-платиносодержащего оруденения сосредоточен в протяженной Воскресеновской рудоносной зоне рассланцованных, катаклазированных, милонитизированных и различных по степени интенсивности метаморфически и метасоматически преобразованных основных и ультраосновных вулканитов и углеродсодержащих вулканогенно-осадочных пород верхней части разреза тимской свиты. Характерными особенностями кшенского типа оруденения являются (Чернышов, 1996б, 2004, 2007, 2009; Додин и др., 2000, 2007; Железные руды..., 2001): а) отчетливая пространственно-временная связь золото-платиносодержащих руд с зонами повышенной сульфидной минерализации, определяющая принадлежность оруденения к сульфидно-вкрапленному типу с ведущей ролью пирит-пирротинового и арсенипирит-пиритового

минеральных парагенезисов при крайне ограниченном проявлении жильного сульфидно(пирит)-кварцевого типа; б) резкое преобладание Au (230–6500 мг/т, иногда до 20 100 мг/т) над Pt (60–680 мг/т, в редких случаях до 18 000 мг/т) и Pd (50–100 мг/т, иногда до 400 мг/т); в) значительная аналогия по геолого-структурному положению, характеру рудовмещающих пород, условиям локализации бескварцевого сульфидно-вкрапленного типа оруденения с рядом известных крупных месторождений (Калгарли в Австралии, Гейта в Танзании, Вендерер в Южной Родезии (Чернышов, 2004, 2007; Boyle, 1979).

#### 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.

фиболиты; 2–4 – нижнетимская подсвита: 2 – горизонт углеродсодержащих кварц-биотовых сланцев с прослоями кварцитовидных песчаников, метапесчаников, карбонатных пород, умеренно сульфидизированных, гранатсодержащих, 3 – горизонт углеродистых кварц-плагиоклаз-слюдистых золото-платиносодержащих сланцев с широким развитием карбонатных, карбонат-амфиболовых пород, тремолитов, доломитов с повышенным содержанием сульфидов, 4 – горизонт черных, темно-серых углеродистых кварц-биотовых сланцев, алевросланцев с прослоями метапесчаников умеренно сульфидизированных; 5 – роговская свита, верхняя подсвита: доломиты, амфибол-карбонатные породы, сланцы; 6 – роговская свита, нижняя подсвита; 7–8 – интрузивные образования: 7 – стойло-николаевский комплекс, вторая фаза (гранодиориты и кварцевые диориты), 8 – первая фаза (габбро, габбро-диориты); 9 – геологические границы: достоверные и предполагаемые; 10 – границы разновозрастных образований (фациальные) внутри стратиграфических подразделений; 11 – разломы; 12 – абсолютная отметка кристаллического фундамента; 13 – местоположение и номера пробуренных скважин; 14 – породы осадочного чехла.

**Fig. 4.** The position of Tim-Yastrebovskaya Au-Pt-bearing structure on the Voronezh Crystalline Massif (VCM) (а), schematic geological map of VCM (б) and geological map of Lunevka-Vvedensk area of central part of Tim-Yastrebovskaya structure (with cross-section) (в).

а: I – Kursk Magnetic Anomaly megablock; II – Kheper megablock; III – Losevo suture zone; IV – Olkhovsko-Shukavskaya graben-syncline; polygon – Tim-Yastrebovskaya structure; б: 1 – Obovansky complex (AR<sub>1</sub>ob; plagiogneisses; layers and lenses of amphibolites, layers of quartzites); 2 – saltykovsky complex (AR<sub>2</sub>sl; plagiogranites, tonalites, granodiorites); 3 – atamanovsky complex (AR<sub>3</sub>a; normal-alkaline plagioclase-microcline granites); 4–12 – Early-Karelian formations: 4 – Kursk series (K<sub>1</sub>ks; quartzite-sandstone, shales, ferruginous quartzites); 5–9 – Oskol series: 5 – Rogovskaya formation (K<sub>1</sub>rg; carbonate shales, quartz-biotite shales, dolomites, limestones); 6–9 – Timskaya formation: 6–7 – Lower Timskaya subformation (K<sub>1</sub>tm<sub>1</sub>); 8–9 – Upper Timskaya subformation (K<sub>1</sub>tm<sub>2</sub>); 10 – Zolotukhinsky peridotite-pyroxenite-gabbro-norite complex (K<sub>1</sub>z); 11 – Stoylo-Nikolayevsky diorite-granodiorite complex (K<sub>1</sub>sn); 12 – Malinovskiy granite complex (K<sub>1</sub>m); 13 – tectonic disturbances; 14 – various scale (а, б) ore occurrences: 1 – Lunevskoye, 2 – Kshenskoye, 3 – Pogozhenskoye, 4 – Prilepskoye, 5 – Sergievskoye, 6 – Verkhne-Berezovskoye, 7 – Lugovskoye, 8 – Panskoye-I, 9 – Severo-Timskoye, 10 – Timskoye, 11 – Rogozetskoye, 12 – Yuzhno-Pogozhenskoye, 13 – Rogovskoye, 14 – Zarehenskoye, 15 – Petrovskoye, 16 – Bezlenkinskoye, 17 – Krutoverhovskoye; в: 1 – Nizhnetimskaya subformation, upper layer: ortoschists on basic rocks (amphibolite and amphibolite-actinolite schists), amphibolites; 2–4 – Nizhnetimskaya subformation: 2 – carbonaceous quartz-biotite schist horizon with sublayers of quartzite sandstones, metasandstones and moderate-sulfidized garnet rocks; 3 – carbonaceous quartz-plagioclase-mica Au-Pt-bearing shales horizon with carbonate and carbonate-amphibole rocks, tremolites and high-sulfide dolomites; 4 – black and dark grey carbonaceous quartz-biotite shales, silty shales with sublayers of moderate-sulfidized metasandstones; 5 – Rogovskaya formation, Upper subformation: dolomites, amphibole-carbonate rocks, shales; 6 – Rogovskaya formation, Lower subformation; 7 – intrusive generations: granodiorites and quartz diorites, gabbro, gabbro-diorites; 8 – geological boundaries: true and guessed; 9 – boundaries of formations within stratigraphical divisions; 10 – faults; 11 – absolute point of the crystalline basement; 12 – location and numbers of wells; 13 – sedimentary cover.

**Таблица 1.** Генетические типы и закономерности размещения золото-платинометалльного оруденения в железистых кварцитах и черных сланцах КМА

**Table 1.** Genetic types and patterns of distribution of platinum-gold mineralization in the ferruginous quartzites and black shales of the KMA

Структурно-вещественный контроль оруденения	Содержание Au, Pt, Pd (г/т)	Тип минерализации	Морфология рудных залежей	Возможное практическое применение
Обширные площади развития железистых кварцитов и углеродистых сланцев в палеопротерозойских рифтогенных структурах	Низкие (фоновые) Au = 0.02–0.12 ЭПГ – до 0.05	1. Осадочно-метаморфогенный Рассеянный	Пластовые залежи железистых кварцитов и углеродистых сланцев (Михайловское, Лебединское, Стойленское железорудные месторождения, Луневско-Введенское, Тимское рудопроявления Au и МПГ)	Попутное извлечение из продуктов переработки железных руд
Зоны контакта углеродсодержащих сланцев с кварцитами; углеродистые сланцы с обильной сульфидной минерализацией	Au = 0.54–6.18 Pt = 0.12–0.30 Pd = 0.58–0.77	2. Метаморфогенно-метасоматический Концентрированный	Стратиформные залежи в сланцах мощностью от первых метров до 90 м и протяженностью до 70 км Михайловское, Лебединское, Стойленское железорудные месторождения); проработанные гидротермально-метаморфогенным флюидом углеродистые сланцы (Луневско-Введенское, Тимское рудопроявления Au и МПГ)	Самостоятельные золото-платиноидные объекты для селективной отработки
Серия прерывистых линейных зон гидротермально-метасоматических образований с локальными зонами метасоматитов	Au = 0.6–6.2, иногда до 35.8 ЭПГ – до 0.3–0.5	3. Гидротермально-метасоматический Концентрированный	Жилы, линзо- и жилообразные тела мощностью до 3–5 м и протяженностью первые сотни метров среди железистых кварцитов (Михайловское, железорудное месторождение) и (Кшенское рудопроявление углеродистых сланцев)	Самостоятельные, преимущественно золоторудные объекты для селективной отработки
Зоны развития линейных кор выветривания железистых кварцитов (богатые маритовые руды)	Au = 0.64–4.30 иногда до 41.7 ЭПГ = 0.10	4. Гипергенно-метасоматический Концентрированный	Разнообразные по масштабам линзо- и жилообразные секущие тела в “карманах” кор выветривания (Михайловское, Лебединское, Стойленское железорудные месторождения)	Самостоятельные платиносодержащие золоторудные объекты для селективной отработки
Базальные горизонты зон несогласий (докембрий-фанерозой), перекрывающие богатые маритовые руды	Au = 0.53 Pt = 0.15 Pd = 1.70 PЗЭ = 556.3 U = 12.2–23.6	5. Осадочный Концентрированный	Пластовые тела сульфидизированных органогенных пород девона (“фосфоритовая плита” мощностью от 1 м и более) в кровле железорудных месторождений (Михайловское, железорудное месторождение)	Самостоятельные уран-редкоземельно-благороднометалльно-содержащие объекты во вскрышных породах (селективная отработка)
Продукты-хвостоотвалы действующих ГОКов	Au = 25.0–45.0 ЭПГ – до 1.6 (в песках гидроциклона) Pd = 0.4 Pt = 0.2 Au = 15.0 (в немагнитной фракции)	6. Техногенный Концентрированный	Различные продукты-хвостоотвалы ГОКов	Самостоятельные платино-золоторудные объекты

По отдельным типам золото-платинометалльного оруденения результаты исследований были опубликованы ранее (Чернышов и др., 2003; Чернышов, 2004; Чернышов, Петров, 2006). Ниже приводятся обобщенные, в том числе новые, данные по минералогии и формам нахождения благородных металлов в железистых кварцитах и черных сланцах КМА.

Для исследований в процессе минералогического геохимического картирования карьера и отдельных скважин отбирались пробы массой от 30–50 до 200 кг. Каждая из них сокращалась на делителе Джонса в 8 раз с последующим объединением одной восьмой 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. Аналитические исследования, выполнены в лаборатории ЗАО “Механобр-Инжиниринг” (Санкт-Петербург).

Для определения форм нахождения благородных металлов проведено исследование укрупненной навески частной пробы, которая измельчалась до крупности менее 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 была направлена на определение содержания благородных металлов пробирным анализом. Вторая половина перечищена в чашках с использованием тяжелой жидкости М-45 (плотность 2.82 г/см<sup>3</sup>) с получением ультратяжелой фракции. Легкая фракция доводки растворена в плавиковой кислоте с магнитной сепарацией остатка от растворения. Растворением в кислоте вскрыты зерна рудных (оксидных и сульфидных) минералов из сравнений с кварцем и силикатами. Магнитной сепарацией удалены магнетит, гематит, гидроксиды железа и силикаты железа. Остатки химической доводки легкой фракции объединены с ультратяжелой фракцией гравитационной доводки. Весь материал этого продукта использовался для изготовления препарата для электронномикроскопических исследований.

Золото-платинометалльное оруденение в железистых кварцитах и черных сланцах КМА характеризуется сложным полиминеральным (более 60 минералов, в том числе около 30 собственных минеральных фаз ЭПГ, Au, Ag) и многокомпонентным составом. Определяющими особенностями благороднометалльного оруденения в железистых кварцитах и межрудных сланцах курской серии

являются: а) многообразие форм концентрирования и широкое развитие (около 60) (табл. 2) 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 интерметаллических соединений (рутениридосмин, платрутеносмиридий, иридрутеносмид, электрум, кюстелит, сплавы Pd-Ag-Cu, Bi-Te-Pd, Au-Cu-Ag, минералы ряда Ru, Ir, Os, Pt, Pd), сульфидов (прассоит, маккинстриит), сульфоарсенидов, теллуридов, висмутидов (мончеит, спериллит, петцит, гессит, креннерит, цуманит, сильванит, вольтинскит, мутманнит, мальдонит и др.); б) ведущая (85–90 об. %) роль в рудном парагенезисе сульфидов и их аналогов при резком преобладании среди них пирита и пирротина (Чернышов, 2004, 2007; Чернышов и др., 2009; Чернышов, Кузнецов, 2011; Чернышов, Чернышова, 2011), которые вследствие очевидной принадлежности к различным стадиям длительно формирующейся рудообразующей системы характеризуются значительным кристалло-морфологическим разнообразием и существенными вариациями содержания главных (Fe, S) и сопутствующих (Ni, Co, Cu) элементов; в) наличие оксидов Fe, Ti, Sn, U, Zr и гидроксидов, карбонатов и сульфатов Fe, Ba, а также шеелита, монацита, циркона.

Золото-платинометалльное оруденение тимского и кшенского типов характеризуется наличием (см. табл. 2): а) самородных элементов (золото, палладий, платина, осмий, серебро); б) металлических твердых растворов и интерметаллических соединений – палладий платиносодержащих, платина железосодержащая, золото-платина-палладий, осмистый иридий, рутениридосмин, платиридосмин, платосмиридий, золото ртуть-теллур-серебросодержащее, амальгама золота-серебра, аркверит, станнид палладия (незванный минерал), платина-палладий-золото-серебро-олово; в) сульфоарсенидов, теллуридов антимонидов, селенидов и сульфосолей ЭПГ, Au и Ag – спериллит, ирарсит, гессит, селенид палладия и платины (незванный минерал), тествипалладинит, антимонид палладия и золота (незванный минерал) и др.; г) примесей в основных платино-паладий-золотосодержащих рудообразующих сульфидах (мас. %): пирротине (Au – до 0.27, Pt – до 0.27 и Pd – до 0.13), пирите (Pt – до 0.18, Au – до 0.17 и Pd – до 0.03), халькопирите (Pt – до 0.60, Au – до 0.16 и Pd – до 0.08), **сфалерите (Pd – до 0.06)** и других спорадически развитых сульфидах, сульфоарсенидах, сульфоантимонидах и теллуридах – арсенипирите (Au – до 0.32, Pt – до 0.18), пентландите (Au – до 0.13, Pt – до 0.07, Pd – до 0.04), галените (Pt – до 0.15, Au – до 0.10), молибдените (Pd – до 0.14, Au – до 0.07), теллурувисмутите (Pt – до 0.95, Au – до 0.35, Pd – до 0.08), ульманите (Pt – до 0.17, Au – до 0.11, Pd до – 0.08), алабандине (Pd –

**Таблица 2.** Рудные минералы золото-платинометалльного оруденения в железистых кварцитах (ЖК) и черных сланцах (ЧС) КМА (Рудашевский и др., 1995; Чернышов и др., 2003, 2006, 2007, 2009; Чернышов, 2004)

**Table 2.** Ore minerals of platinum-gold mineralization in the ferruginous quartzites (ЖК) and black shales (ЧС) of Kursk Magnetic Anomaly (Рудашевский и др., 1995; Чернышов и др., 2003, 2006, 2007, 2009; Чернышов, 2004)

Минерал	ЖК	ЧС	
Самородные металлы			
<i>Золото</i>	ЖК: 1) $Au_{0.96}Ag_{0.03}$ ; 2) $Au_{0.89}Ag_{0.05}Cu_{0.07}$ ; 3) $Au_{0.99}Ag_{0.01}$ ; 4) $Au_{0.90}Ag_{0.10}$ ; 5) $Au_{0.67}Ag_{0.26}Cu_{0.07}$ ; 6) $Au_{0.70}Ag_{0.29}Pd_{0.01}$ ; 7) $Au_{0.96}Ag_{0.02}Cu_{0.02}$	+	+
	ЧС: Au		
<i>Палладий</i>	Pd		+
<i>Платина</i>	Pt		+
<i>Рутений</i>	$Ru_{0.64}Ir_{0.18}Os_{0.10}Pt_{0.06}Pd_{0.01}Rh_{0.01}$	+	
<i>Осмий</i>	ЖК: $Os_{0.77}Ir_{0.19}Ru_{0.03}Pt_{0.01}$	+	+
	ЧС: Os		
<i>Медь</i>	Cu		+
<i>Серебро</i>	Ag		+
Металлические твердые растворы и интерметаллические соединения			
<i>Палладий платиносодержащий</i>	$Pd_{0.94}Pt_{0.06}$		+
<i>Платина железосодержащая</i>	$Pt_{0.96}Fe_{0.04}$		+
<i>Золото-платина-палладий</i>			+
<i>Сысертскит</i>	$Os_{0.55}Ir_{0.34}(Ru_{0.11})$	+	
<i>Невьянскит</i>	ЖК: $Ir_{0.53}Os_{0.43}(Fe_{0.02}Ni_{0.01}Rh_{0.004})$	+	+
	ЧС: (Ir,Os)		
<i>Платиридосмин</i>	(Os, Ir, Pt)		+
<i>Платрутеносмиридий</i>	$Pt_{0.34}Ru_{0.32}Os_{0.17}Ir_{0.17}$	+	
<i>Иридрутеносмид</i>	$Ru_{0.5}Ir_{0.21}Os_{0.19}Pt_{0.08}Rh_{0.01}$	+	
<i>Рутениридосмин</i>	ЖК: $Os_{0.44}Ru_{0.39}Ir_{0.1}Ni_{0.03}Cu_{0.02}Pt_{0.01}$	+	+
	ЧС: (Os, Ir, Ru)		
<i>Золото ртуть-теллур-серебросодержащее</i>	$Au_{0.53}Ag_{0.29}Te_{0.07}Hg_{0.02}$		+
<i>Золото-медные и золото-медно-серебряные сплавы</i>	1. $Au_{0.50}Cu_{0.50}$ ; 2. $Au_{0.52}Cu_{0.48}$ ; 3. $Au_{0.53}Cu_{0.46}Ag_{0.01}$	+	
<i>Амальга золота-серебра</i>	ЖК: 1) $Au_{0.70}Ag_{0.30}$ ; 2) $Ag_{0.50}Au_{0.49}$ ; 3) $Au_{0.74}Ag_{0.26}$ ; 4) $Au_{0.65}Ag_{0.35}$	+	+
	ЧС: $Au_{6.95}Ag_{6.07}Hg_{3.14}$		
<i>Электрум</i>	$Au_{0.48}Ag_{0.52}$ ; 2) $Ag_{0.30}Au_{0.70}$	+	
<i>Кюстелит</i>	$Au_{0.17}Ag_{0.83}$	+	
Минералы ряда:			
<i>рутений, иридий, осмий, платина</i>	$Ru_{0.29}Ir_{0.28}Os_{0.19}Pt_{0.17}Fe_{0.05}Rh_{0.01}$	+	
<i>рутений, платина, родий</i>	$Ru_{0.38}Pt_{0.32}Rh_{0.13}Ir_{0.06}Os_{0.06}Fe_{0.04}Ni_{0.01}$	+	
<i>осмий, рутений, иридий</i>	$Os_{0.41}Ir_{0.28}Ru_{0.28}Pt_{0.08}Rh_{0.02}Fe_{0.01}Ni_{0.01}$	+	
<i>Аркверит</i>	(Ag, Hg, Pt)		+
<i>Станнид палладия (неназванный минерал)</i>	$PdSn_2$		+
<i>Платина-палладий-золото-серебро-олово</i>	(Pt, Pd, Au, Ag, Sn, Zn)		+
Сульфиды			
<i>Пирит</i>	$FeS_2$	+	+
<i>Прассоит</i>	$(Rh_{16.45}Pt_{0.61}Ru_{0.43})_{17.49}S_{15.00}$	+	
<i>Маккинстриит</i>	$(Ag_{1.15}Au_{0.10}Fe_{0.10}Cu_{0.66})_{2.01}S$	+	
<i>Ni-Cu-пирит</i>	$(Fe, Cu, Ni)_2S_2$		+
<i>Ni-Co-пирит</i>	$(Fe, Ni, Co)_2S_2$		+
<i>Макинавит</i>	$(Fe_{7.86}Ni_{0.89}Co_{0.04}Cu_{0.13}Zn_{0.02})_{8.94}S_{8.06}$		+
<i>Пирротин</i>	$Fe_{1-x}S$	+	+
<i>Ni-пирротин</i>	$(Fe, Ni)_{1-x}S$	+	+
<i>Пентландит, в т.ч. Ag-Pt-Pd-содержащий</i>	$(Fe, Ni)_9S_8$	+	+
<i>Халькопирит</i>	$(CuFe)_2S_2$	+	+
<i>Марказит</i>	$FeS_2$	+	+
<i>Кубанит</i>	$CuFe_2S_3$		+
<i>Виоларит</i>	$FeNi_2S_4$		+
<i>Борнит (Pd-содержащий)</i>	$Cu_3FeS_4$	+	
<i>Халькозин</i>	$Cu_2S$	+	

Таблица 2. Продолжение

Table 2. Continuation

	Минерал	ЖК	ЧС
Ковеллин	$Cu_2SCuS_2$	+	
Марганцовистый сфалерит	$(Zn_{0.87}Mn_{0.13})S$	+	+
Селенистый галенит	$(Pb_{0.99}Fe_{0.03})_{1.02}(S_{0.77}Se_{0.21})_{0.98}$	+	+
Молибденит, в том числе Re-Pd-Au-содержащий	$MoS_2$	+	+
Киноварь	HgS		+
Дигенит	$Cu_{2-x}S$		+
Куприт	$Cu_2O$		+
Сульфоарсениды, теллуриды, антимониды, селениды, сульфосоли			
Мончеит	$(Pt_{0.994}Pd_{0.026}(Bi_{0.063}Te_{1.937})_{2.00}$	+	
Сперрилит	$(Pt_{1.01}Fe_{0.02})_{1.03}(As_{1.91}S_{0.09})_{2.00}$	+	+
Петцит	1) $(Ag_{3.09}Au_{1.03})_{4.12}Te_{2.00}$ ; 2) $(Ag_{3.01}Au_{0.96})_{3.97}Te_{2.00}$ ; 3) $(Ag_{2.99}Au_{1.04})_{4.03}Te_{2.00}$	+	
Гессит	ЖК: 1) $(Ag_{1.99}Au_{0.03})_{2.02}(Te_{0.96}Bi_{0.04})$ ; 2) $Ag_{2.01}Te_{1.00}$ ЧС: $(Ag_{1.94}Cu_{0.04})_{1.98}Te_{1.02}$	+	+
Креннерит	$(Au_{0.85}Ag_{0.16})_{1.01}Te_{2.00}$	+	
Цуманит	$Au_{0.85}Te_{0.51}Bi_{0.48}$	+	
Сильванит	1) $(Au_{0.55}Ag_{0.46})_{1.01}Te_2$ ; 2) $(Au_{0.72}Ag_{0.32})_{1.04}Te_2$	+	
Вольфрамит	$(Ag_{1.03}Bi_{1.01})_{2.04}Te_2$	+	
Мутманнит	$(Au_{0.97}Ag_{1.02})_{1.99}Te_2$	+	
Мальдонит	$(Au_{1.98}Ag_{0.14})_{2.12}Bi_{1.00}$	+	
Ирарсит	$(Ir,Ru,Rh,Pt)AsS$		+
Арсенопирит	$(Fe_{0.9}Ni_{0.1})AsS$	+	+
Алгаит	$(Pb_{0.95}Fe_{0.13})_{1.08}Te_{0.92}$	+	+
Лиллианит	$Pb_{3.00}Bi_{2.10}S_{6.00}$	+	
Висмутин	$Bi_{2.04}S_{2.96}Cu_{0.04}$	+	
Хедлиит (Pt-содержащий)	$Te_{3.00}Bi_{6.95}$	+	
Жозеит-А	1) $Te_{1.00}S_{2.02}Bi_{3.68}$ ; 2) $Te_{1.07}S_{1.90}(Bi_{4.01}Cu_{0.10})_{4.11}$	+	
Тетрадимит	1) $(Te_{2.04}S_{1.00})_{3.04}Bi_{2.00}$ ; 2) $(Te_{2.00}S_{1.00})_{3.00}Bi_{2.00}$	+	
Ульманит	$(Ni_{0.87}Co_{0.07}Fe_{0.07}Cu_{0.01})_{1.02}Sb_{1.01}S_{0.97}$		+
Теллуровисмутит	$(Bi_{1.69}Pb_{0.23}Fe_{0.11}Ag_{0.04})_{2.07}(Te_{2.89}Sb_{0.02}Se_{0.01})_{2.92}$		+
Буланжерит	$(Pb_{4.64}Cu_{0.57}Fe_{0.28})_{5.44}(Sb_{3.92}Sn_{0.02})_{3.49}(S_{10.4}Se_{0.10})_{10.59}$		+
Клаусталит	$(Pb_{0.98}Cu_{0.02})_{1.0}(Se_{0.78}S_{0.27})_{1.0}$		+
Цинкосодержащий станнин	$Cu_{1.95}(Fe_{0.97}Zn_{0.11})_{1.08}Sn_{1.02}S_{3.95}$		+
Станнин	$Cu_{1.98}(Fe_{1.08}Ni_{0.01})_{1.09}Sn_{1.00}S_{3.94}$		+
Селенид палладия и платины (неназванный минерал)	$(Pd_{2.39}Pt_{0.53}Fe_{0.06})_{2.98}Se_{2.02}$		+
Теннантит	$Cu_{12}As_4S_{13}$	+	
Тетраэдрит	$Cu_{12}Sb_4S_{13}$	+	+
Никелистый кобальтин-герсдорфит (Pd-содержащий)	1) $(Co_{0.67}Ni_{0.27}Pd_{0.04}Fe_{0.02})AsS$ ; 2) $Co_{0.68}Ni_{0.22}Fe_{0.07}Pd_{0.03}$	+	
Герсдорфит (Pd-содержащий)	$(Ni_{0.84}Co_{0.09}Fe_{0.08}Pd_{0.02})AsS$	+	
Леллингит никельсодержащий	$(Fe_{0.82}Ni_{0.18})As_2$	+	
Теллурантимонид палладия (тестибиопалладинит (?))	$(Pd_{0.88}Fe_{0.10}Ni_{0.08})_{1.06}(Te_{1.01}Sb_{0.89}Bi_{0.04})_{1.94}$		+
Оксиды, вольфраматы, молибдаты, фосфаты и др.			
Ильменит	$FeTiO_3$	+	+
Магнетит	$Fe_3O_4$	+	+
Гематит	$Fe_2O_3$	+	
Рутил	$TiO_2$	+	+
Касситерит	$SnO_2$	+	+
Уранинит и настуран	$U_2UO_7$	+	
Шеелит	$Ca(W,Mo)O_4$	+	+
Перовскит	$(Ca,Ba,Sr)TiO_3$		+
Титанат бария	$(Ba,Ca)(Ti,Zr)O_4$		+
Титанат бария и висмута	$(Ba,Bi)_{1-x}(Ti,Nb)O_3$		+
Бадделиит	$(Zr,Hf,Sc)O_2$	+	+
Гетит	$FeO(OH)$	+	

Таблица 2. Окончание

Table 2. Ending

	Минерал	ЖК	ЧС
Лимонит	<i>FeO(OH)·nH<sub>2</sub>O</i>	+	
Лепидокрокит	<i>FeO(OH)</i>	+	
Сидерит	<i>Fe[CO<sub>2</sub>]</i>	+	
Ярозит	<i>Fe<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>[SO<sub>4</sub>]<sub>2</sub></i>	+	
Циркон	<i>Zr[SiO<sub>4</sub>]</i>	+	+
Барит	<i>Ba[SO<sub>4</sub>]</i>	+	+
Монацит	<i>(Ce,La,Nd,Th,Y,Gd,Sm)PO<sub>4</sub></i>	+	+
Апатит	<i>Ca<sub>5</sub>[PO<sub>4</sub>]<sub>3</sub>(F,Cl)</i>		+

Примечание. Курсивом выделены минералы благородных металлов.

Note. Italic are minerals of noble metal.

до 0.13, Pt – до 0.10, Au – до 0.10), герсдорфите (Pt – до 0.22, Au – до 0.31, Pd – до 0.02), кобальтине (Pd – до 0.03), 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 (Чернышов и др., 2007).

Проведенный анализ парагенезисов рудных минералов, в том числе минералов благородных металлов, показывает их сходство в железистых кварцитах, межрудных сланцах курской серии и высокоуглеродистых сланцах оскольской серии, 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 подчеркнуть, что особенность строения и состава железных руд и сланцев месторождений рудных районов, общие закономерности размещения благороднометалльной минерализации определяются пространственной сопряженностью конгломератов и железорудных рифтогенных по своей природе структур нижнего карелия с реактивизированными золото-платиноносными позднеархейскими зеленокаменными поясами. Как отмечалось, определяющими многостадийную природу благороднометаллосодержащих железистых кварцитов и ассоциирующих с ними пород являются полицикличность развития и многостадийность палеопротерозойской тектоно-магматической активизации. В совокупности с литолого-фациальными, структурными и другими факторами, в том числе

метаморфическими процессами, они оказали существенное влияние на распределение благородных металлов полигенного и многостадийного по своей природе золото-платинометалльного оруденения, принадлежащего к различным геолого-генетическим типам. Вместе с тем, как отмечалось, сопряженность со структурами архейских СВК-продуцентов сказалась на особенностях типов и составе железистых кварцитов и ассоциирующих с ними пород, в том числе некоторых метасоматитов. Последние несмотря на многостадийность их формирования в условиях меняющихся геодинамических режимов тектономагматической активизации и метаморфических преобразований, сохранили основные признаки распределения в них платиноидов (соотношение тяжелых и легких – прежде всего Pd/Pt) в пределах месторождений как Михайловского, так и Старооскольского рудных районов (Pd/Pt = 0.08–0.72).

Комплекс структурно-вещественных признаков по закономерностям размещения, идентичности минерального состава, формам нахождения ЭПГ и Au в железистых кварцитах, углеродистых сланцах и вулканитах, близкие соотношения стабильных изотопов C, O, S и другие параметры (в том числе числовые характеристики по P-T условиям 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 (Чернышов, 1996, 2004, 2007, 2009; Чернышов, Понамарева, 2012).

При этом подобное соотношение наследует параметры, характерные для залегающих ниже по разрезу мезо-неоархейских структурно-вещественных комплексов, и прежде всего характер распределения и величины соотношения Pd/Pt, в частности, коматитсодержащего Белгородско-Михайловского зеленокаменного пояса (ЗП), с которым пространственно сопряжен Железногорский рудный район

**Таблица 3.** Содержание (г/т) Pt, Pd и Au в породах зеленокаменных поясов ранне- и позднеархейского циклов развития ВКМ (Чернышов, 2004)

**Table 3.** Concentrations (ppm) of Pt, Pd and Au in the rocks of greenstone belts of Early- and Late-Archean cycles of formation of the Voronezh Crystallin Massif

Рудовмещающие формации (комплексы, серии, свиты)	Породы (в т.ч. их минерализованные разновидности)	Кол-во анализов	Pt	Pd	Au	Pd/Pt
<i>Позднеархейский (3.0–2.5 млрд лет, олимпийский тип)</i>						
Габбро-диабазовая (тарасовский комплекс)	Габбро, габбро-диабазы	2	0.020	0.009	0.003	0.45
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
	Коматиитовые базальты	20	0.009	0.004	–	0.44
	Толейтовые базальты	5	0.008	0.006	–	0.75
<i>Раннеархейский (&gt; 3.0 млрд лет, бесединский тип)</i>						
Перидотит-пироксенит-габбро-норитовая	Габбро-нориты	8	0.010	0.005	0.003	0.50
	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

(табл. 3) и Орловско-Тимского ЗП, представленного в основном бимодальной базальт-риодацитово-формацией, в пределах которого располагается Старооскольский железорудный район (Лебединское, Стойленское и другие месторождения).

В качестве важного продуцента (источника) благородных металлов при формировании золото-платинометалльной рудообразующей системы выступают докурские химически зрелые коры выветривания по породам мезо- и неархейских 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, конгло-гравеллитов и перекрывающих их алевросланцев стойленской свиты в пределах Лебединского железорудного карьера показали (табл. 4) постоянное присутствие Au и ЭПГ, преобладание Pd над Pt (Pd/Pt > 1), повышенные содержания Ru и Ir, а также Ag. На отдельных участках (Южно-Коробковское месторождение), помимо высокой концентрации Au (до 3–8 г/т), содержание ЭПГ составляет 0.5 г/т. По характеру продуктов докурских, химически сравнительно зрелых, кор выветривания – продуцентов благородно-металльной конгломерато-кварцитово-формации, особенностям ее внутреннего строения и состава, общему металлогеническому облику (Au, ЭПГ, U)

и характеру распределения золота и платиноидов (Au > Pd > Pt ≥ Ru, Ir > Rh) – конгломераты стойленской свиты обоянского комплекса КМА обнаруживают заметную аналогию с конгломератами U-Au-Pt формации Витватерсранда (Ю. Африка), Блейнд-Ривера (Канада), Жакобины (Бразилия).

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 (табл. 5–7); Михайловское месторождение: Pd/Pt < 0.71; Лебединское и Стойленское: Pd/Pt = 1.3, до 13 и более (см. табл. 7); при во многом однотипном составе литофациальных фаз (Чернышов, 1996, 2009, 2010; Чернышов, Петров, 2006; Чернышов и др., 2009; Чернышов, Чернышова, 2011; Чернышов, Понамарева, 2012) (см. табл. 5–7).

В совокупности эти источники (рис. 5) определяют принадлежность золото-платинометалльного оруденения в железистых кварцитах и пространственно совмещенных с ними углеродистых сланцах рудных районов к единой полигенной и полихронной (Чернышов, 2004, 2007, 2010) длительно формирующейся золото-платинометалльной рудообразующей системе.

**Таблица 4.** Рудопроявления и пункты благороднометалльной минерализации, ассоциирующей с конгломератами стойленской свиты курской серии Старооскольского рудного района КМА**Table 4.** Ore occurrences and noble metal mineralization points, associated with conglomerates of Stoyslenskaya formation of Kursk series of the Starooskolsky deposit cluster KMA

№ п.п.	Номер скважины, интервал опробования, м	Содержание ведущих элементов, г/т	Название и краткая характеристика проявления
1	6192 (184.2–185.4)	Au – 4.75	Южно-Коробковское рудопроявление золота, кобальта, серебра
2	Ствол шахты № 4 (валовая проба) 17-A; 6068, 6069	Au – 0.25 Au – 0.1–1.3 Геохимическая аномалия – Au – 0.1–1.0, As – 0.01–0.10	Золотоносные конгломераты с существенно-кварцевым составом гальки и сульфидно-сланцисто-кварцевым цементом, обогащенным цирконом и рутилом
3	6066: Три пласта мощностью 2.5–4 м 40-A (445.65–455.9) 2166 (251.0–328.0)	Au – 0.1–0.33  Au – 1.0 Au до 0.1 Cu до 0.15	Три пласта золотоносных конгломератов в стойленской свите мощностью 2.5–4 м.  Пласт сульфидизированных конгломератов
4	304-A (238–238.25) 310-A 6192 35-A (529.85–530.4) 2-A	Au – 0.45 Au – до 0.3 Au – до 0.3 Au – 0.3 Au – 0.1	Юго-Восточно-Лебединское рудопроявление: а) зона стратиграфического контакта порфиридов лебединской свиты и сульфидизированных золотоносных метаконгломератов стойленской свиты; б) сульфидизированные метаконгломераты стойленской свиты
5	14-A (407.55–408.25)	Au – 1.0	Западно-Стойленское рудопроявление в пиритизированных метапесчаниках и метатравелитах
6	43-A (470.0–585.9)	Au – до 1.0	Южно-Стойленско-Лебединское рудопроявление в метапесчаниках и метаконгломератах с вкрапленностью сульфидов
7	10-A (202.0–213.4)	Au – до 0.1	Южно-Лебединское рудопроявление в метаконгломератах с вкрапленностью сульфидов
8	309-A (645.3–691.3)	Au – 0.1–0.4, до 3.0 (по мощности 1 м) ЭПГ – до 0.03	Александровское рудопроявление золота. Сближенные слои (1–15.7 м) золотоносных метаконгломератов с сульфидно-серицит-кварцевым цементом в базальной толще (мощностью 102 м) стойленской свиты курской серии
9	584; 812; 892; 962	Площадная геохимическая аномалия Au – до 0.1–0.3	Минерализация золота в метаконгломератах и метапесчаниках с вкрапленностью сульфидов

Примечание. Таблица составлена по материалам Н.Д. Кононова, О.И. Гаврилова, Г.В. Писемского, А.П. Дьяченко, В.В. Двойнина и др.

Note. The table is based on materials of N.D. Kononov, O.I. Gavrillov, G.V. Pisemsky, A.P. Dyachenko, V.V. Dvoynin et al.

**Таблица 5.** Содержание (г/т) благородных металлов в разных типах железистых кварцитов Михайловского месторождения (Чернышов и др., 2003)**Table 5.** Concentrations (ppm) of noble metals in different types of ferruginous quartzites of Mikhailovskoye deposit (Чернышов и др., 2003)

№ п.п.	Название породы	Химико-спектральный анализ			
		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	Железнослюдково-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	–

Примечание. В скобках – количество анализов.

Note. In parentheses – number of analyzes.

**Таблица 6.** Содержание (г/т) благородных металлов в различных типах железистых кварцитов и сопутствующих им породах Лебединского месторождения (Чернышов, Петров, 2006)

**Table 6.** Concentrations (ppm) of noble metals in different types of ferruginous quartzites and related types of rocks of Lebedinskoye deposit (Чернышов, Петров, 2006)

Порода	1(1)	2(1)	3(2)	4(1)	5(1)	6(2)	7(3)	8(3)	9(1)	10(1)	11(1)	12(1)
Pt	0.12	0.03	0.03	0.01	0.04	0.03	0.04	0.09	0.11	0.22	0.38	<0.03
Pd	0.005	0.15	0.11	0.13	0.005	0.17	0.37	0.32	0.50	0.14	0.10	0.26
Au	0.37	0.56	0.19	0.05	0.19	0.13	0.15	0.13	0.22	0.10	0.04	0.05
Rh	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Pt + Pd + Au	0.49	0.74	0.33	0.19	0.23	0.33	0.56	0.54	0.83	0.44	0.52	0.34
Pd/Pt	0.04	5.00	3.70	1.30	0.12	5.60	9.20	3.60	4.50	0.64	0.26	8.60

Примечание. 1 – силикатно-магнетитовый кварцит; 2 – гематит-магнетитовый кварцит; 3 – силикатно-магнетитовый кварцит; 4–5 – малорудный кварцит; 6 – железистый кварцит из зоны контакта с углеродсодержащими (внутрирудными) сланцами; 7 – внутрирудные сланцы; 8 – лебеденит; 9–12 – метасоматические жильные образования. Н.о. – не определялось. Анализы выполнены в лаборатории ИГЕМ РАН, спектрохимический метод, аналитик Г.Е. Белюсов.

Note. 1 – silicate-magnetite quartzite; 2 – hematite-magnetite quartzite; 3 – silicate-magnetite quartzite; 4–5 – low-ore quartzite; 6 – ferruginous quartzite from zone of contact with carboniferous (intra-ore) shales; 7 – intra-ore shales; 8 – lebedinite; 9–12 – metasomatic vein formations. Н.о. – not determined. Analyzes were performed in the laboratory of IGEM, spectrochemical method, analyst G.E. Belousov.

**Таблица 7.** Содержание (г/т) благородных металлов в разных типах и разновидностях железистых кварцитов Стойленского месторождения (Чернышов, Понамарева, 2012)

**Table 7.** Concentrations (ppm) of noble metals in different types of ferruginous quartzites of Stoylenskoye deposit (Чернышов, Понамарева, 2012)

Номер обр.	Au	Pt	Pd	Rh	Ir	Pd/Pt
СТ-39	0.15	0.0046	0.043	0.024	0.005	9.35
526/1	0.045	0.03	0.1	0.0005	0.0005	3.33
529/1	0.24	0.03	0.2	0.0005	0.0005	6.67
М-127	0.05	0.01	0.13	Н.о.	Н.о.	13.00
М-560	0.09	0.04	0.11	0.002	0.0005	2.75
СТ-105	1.75	0.001	0.002	Н.о.	Н.о.	2.00
118	0.12	0.015	0.07	0.0005	0.0005	4.67
137	0.1	0.015	0.07	0.0005	0.0005	4.67
М-561	0.26	0.03	0.04	0.0005	0.0005	1.33
528	0.56	0.03	0.15	0.0005	0.0005	5.00
М-131	0.13	0.02	0.04	Н.о.	Н.о.	2.00
СТ-9	0.35	0.0068	0.022	0.0034	0.0002	3.24
СТ-14	0.51	0.025	0.204	0.0002	0.000	8.16
353	0.13	0.015	0.06	0.0005	0.0005	4.00
СТ-139	0.13	0.025	2.19	Н.о.	Н.о.	87.60

Примечание. Н.о. – не определялось.

Note. Н.о. – not determined.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в пределах ВКМ золото-платинометалльное оруденение в железистых кварцитах и сланцах выявлено в составе всех структурно-вещественных комплексов раннего докембрия. Наиболее высокие концентрации благородных металлов связаны с осадочными, терригенно-осадочными и вулканогенно-осадочными породными ассоциациями курской и оскольской серий раннепротерозойских интракратонных складчатоглыбовых структур КМА, пространственно сопря-

женных с позднеархейскими зеленокаменными поясами (Белгородско-Михайловским и Орловско-Тимским). Приведены характерные особенности золото-платиноносных структурно-формационных зон, вмещающих Лебединское и Стойленское месторождения Михайловского и Старооскольского рудных районов. При этом в качестве ведущих выступают: а) полицикличность и многостадийность развития с резким преобладанием терригенно-осадочных отложений на ранних и возрастающей ролью углеродистых вулканогенно-осадочных и вулканических образований на поздних стадиях их



**Рис. 5.** Источники поступления рудного вещества и модель формирования благороднометалльного оруденения в железистых кварцитах, сланцах и метасоматитах рудных районов КМА.

**Fig. 5.** Sources of ore material and a model of formation of the noble metal mineralization in the ferruginous quartzites, shales and metasomatites of the ore regions of Kursk Magnetic Anomaly.

формирования; б) широкое развитие сопряженных во времени с формированием железистых кварцитов и сланцев разновозрастных и разных по составу вулканоплутонических ассоциаций; в) высокая степень интенсивности проявления разломных нарушений различных порядков, выступающих в качестве рудоконтролирующих элементов; г) низкоградиентный тип метаморфизма биотитовой субфации зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций, способствующий перераспределению и накоплению рудного вещества. В совокупности эти факторы определяют источники элементов, условия формирования, стадийности, минеральный состав, геолого-генетические типы благороднометалльной минерализации, структуру модели рудообразующей системы.

Впервые приведена обобщенная модель формирования благороднометалльной рудообразующей системы в условиях различных по генетической принадлежности источников вещества. Выделены шесть геолого-генетических типов: 1) осадочно-метаморфогенный; 2) метаморфогенно-метасоматический; 3) гидротермально-метасоматический; 4) гипергенно-метасоматический; 5) осадочный; 6) техногенный.

Золото-платинометалльное оруденение в железистых кварцитах и сланцах КМА характеризуется сложным полиминеральным (более 60 минера-

лов) и многокомпонентным составом. Определяющими особенностями благороднометалльного оруденения в железистых кварцитах и сланцах является многообразие форм концентрирования и широкое развитие (свыше 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, интерметаллических и других типов соединений. Постоянным присутствием примесей благородных металлов характеризуются сульфиды и сульфосоарсениды, что определяет необходимость разработки принципиально новых экологически безопасных технологий извлечения всего комплекса металлов.

Установлено, что в качестве источников (продуктов) платиноидов, золота, серебра выступает ряд благороднометалльно-содержащих рудных формаций мезо- и неархейских структурно-вещественных комплексов, а также широко развитые палеопротерозойские вулкано-интрузивные образования различного состава.

Сопряженность со структурами архейских СВК сказалась не только на особенностях типов и составе железистых кварцитов и ассоциирующих с ними пород, 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 элементов, прежде всего Pd/Pt) в пределах месторождений как Михайловского (0.02–0.71), так и Старооскольского рудных районов (до 8.6 и более).

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 другим параметрам (в том числе по числовым характеристикам и *P-T* условиям образования силикатных и рудных минеральных парагенезисов) свидетельствуют о формировании различных типов, единой полигенной и полихронной благороднометалльной рудообразующей системы в условиях сопряженной длительной деятельности нескольких разнородных источников рудных элементов.

Регион КМА с развитой инфраструктурой является наиболее крупным в России горнорудным районом с реальными возможностями попутного извлечения золота и платиноидов из железистых кварцитов, сланцев и промпродуктов, выступает в качестве надежной основы для создания в текущем столетии новой Центрально-Европейской базы золото-платинодобычи в целях обеспечения минерально-сырьевой безопасности страны и долгосрочного устойчивого

социально-экономического развития крупного региона России.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания вузам в сфере научной деятельности на 2014–2016 гг. (проект № 85).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Буряк В.А., Михайлов Б.К., Цымбалюк Н.В. (2002) Генезис, закономерности размещения и перспективы золото- и платиноносности черносланцевых толщ. *Руды и металлы*. (6), 25-36.
- Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. (2000) Платинометалльные месторождения России. СПб.: Наука, 755 с.
- Додин Д.А., Золоев К.К., Коротеев В.А., Чернышов Н.М. (2007) Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. М.: Геоинформмарк, 130 с.
- Железные руды КМА. (2001) (Под ред. В.П. Орлова). М.: Геоинформмарк, 616 с.
- Золоев К.К., Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Малахов И.А., Мардиросян А.Н., Хрыпов В.Н. (2001) Платинометалльное оруденение в геологических комплексах Урала. Екатеринбург: УГСЭ, 199 с.
- Золоев, К.К., Новиков И.Н., Седых Э.М. (2005) Золото-платиноидное оруденение Сурьинско-Промысловской зоны (Средний и Северный Урал). *Платина России. Т. VI*. М.: Геоинформмарк, 69-77.
- Рудашевский Н.С., Кнауф В.В., Чернышов Н.М. (1995) Минералы платиновой группы из черных сланцев КМА. *Докл. АН*. **334**(1), 91-95.
- Сафонов Ю.Г. (2003) Золоторудные и золотосодержащие месторождения мира – генезис и металлогенический потенциал. *Геология руд. месторождений*. **45**(4), 305-320.
- Созинов Н.А., Чистякова Н.Н., Казанцев В.А. (1988) Металлоносные черные сланцы Курской магнитной аномалии. М.: Наука, 149 с.
- Тигунов Л.П., Быховский Л.З. (2002) Проблемы и перспективы попутного получения благородных металлов из нетрадиционных источников минерального сырья. *Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов: мат-лы Всерос. симпоз.* М.: Связь-принт, 381-384.
- Холин В.М. (2001) Геология, геодинамика и металлогения раннепротерозойской структуры КМА. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Воронеж: Воронежский гос. университет, 24 с.
- Чернышов Н.М. (1996а) Новый тип золото-платинометалльного оруденения в стратифицированных черносланцевых комплексах ВКМ (закономерности размещения, минералого-геохимические особенности и геолого-генетическая модель формирования). *Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол.* (1), 114-132.
- Чернышов Н.М. (1996б) Формационно-генетическая типизация платинометалльного оруденения и перспективы наращивания минерально-сырьевого потенциала платиновых металлов России. *Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол.* (2), 75-85.
- Чернышов Н.М. (2004) Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 448 с.
- Чернышов Н.М. (2007) Благороднометаллосодержащие парагенезисы сульфидов и их аналогов в железорудных месторождениях КМА (Центральная Россия). *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. геол.* (1), 101-114.
- Чернышов Н.М. (2007) Золото-платинометалльное оруденение черносланцевого типа Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 177 с.
- Чернышов Н.М. (2009) Минералы благородных металлов в рудах черносланцевого типа Воронежского кристаллического массива (Центральная Россия). *Зап. РМО. СХХХVI*(1), 36-51.
- Чернышов Н.М. (2010) Типы и минеральный состав золото-платинометалльного оруденения железорудных месторождений-гигантов КМА (Центральная Россия). *Докл. АН*. **430**(3), 395-399.
- Чернышов Н.М., Додин Д.А. (1995) Формационно-генетическая типизация месторождений металлов платиновой группы для целей прогноза и металлогенического анализа. *Геология и геофизика*. **36**(1), 65-70.
- Чернышов Н.М., Изойтко В.М., Петров С.В., Молотков С.П. (2003) Первые находки минеральных форм элементов платиновой группы в железистых кварцитах КМА (Центральная Россия). *Докл. АН*. **391**(1), 104-107.
- Чернышов Н.М., Кузнецов В.С. (2011) Сульфидная минерализация, содержащая благородные металлы, в межрудных сланцах Стойленского железорудного месторождения. *Изв. вузов. Геология и разведка*. (2), 17-23.
- Чернышов Н.М., Кузнецов В.С., Петров С.В. (2009) Новые данные о минеральном составе благороднометалльного оруденения Стойленского железорудного месторождения КМА (Центральная Россия). *Докл. АН*. **428**(6), 801-804.
- Чернышов Н.М., Моисеенко В.Г., Абрамов В.В. (2007) Новые минералы платиноидов в черносланцевых комплексах тимского типа (КМА). *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. геол.* (2), 152-158.
- Чернышов Н.М., Петров С.В. (2006) Новые минеральные формы платиноидов и золота в железистых кварцитах Лебединского месторождения КМА (Центральная Россия). *Докл. АН*. **408**(4), 586-589.
- Чернышов Н.М., Понамарева М.М. (2012) Роль первичных источников (продуцентов) при формировании благороднометалльного оруденения в железорудных месторождениях КМА. *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Геология*. (1), 108-115.
- Чернышов Н.М., Понамарева М.М. (2012) Новые данные о формах нахождения благородных металлов в коре выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения КМА (Центральная Россия). *Докл. АН*. **443**(3), 1-5.
- Чернышов Н.М., Чернышова М.Н. (2011) Платиноносные формации Воронежского кристаллического массива и их место в общей модели формирования докембрийской литосферы (Центральная Россия). *Платина России: сб. науч. тр. Т. VII*. Красноярск: МПР РФ, 161-181.

- Шелехов А.Н., Лючкин В.А., Ляховкин Ю.С. (1999) Месторождения железистых кварцитов и продукты их передела – новый перспективный источник золото-платинометалльного сырья в XXI в. (на примере Центральной России). *Платина России. Т. III, кн. 2*. М.: Геоинформмарк, 289-294.
- Юшин А.А., Лебедь Н.И. (1998) Платина Украины: история, состояние, перспективы. *Мин. журнал.* (1), 130-138.
- Boyle P.W. (1979) The Geochemistry of gold and its deposits. *Geol Surv. Bul.* **280**. Canada, Ottawa, 584 p.
- Cabral A.R., Lehmann B., Kwitko R., Jones P.D., Pires F.R.M., Rocha Filho O.G., Innocentini M.D. (2001) Rafael Palladium-oxygenated compounds of the Gongo Soco mine, Quadrilatero Ferrifero, central Minas Gerais, Brazil. *Miner. Mag.* **65**(2), 169-179.
- Olivo G.R., Gaunter M., Bardoux M. (1994) Palladium gold from Caue iron mine. Itabiro District, Minas Gerais, Brazil. *Miner. Mag.* **58**(4), 579-587.
- Pasava J., Loukova-Ruskeeniemi K., Chernyshov N.M. (1996) Possible roles of organic carbon in the formation of PGE accumulations on the example of Proterozoic black shales from the Czech Republic, Finland and Russia. *IGCP 357 Workshop, Denver, US*, 74-76.

Рецензент В.В. Мурзин

## Gold-platinum ores in ferruginous quartzites and shales Kursk Magnetic Anomaly (KMA) as a single ore-forming system

N. M. Chernyshov

Voronezh State University

New data on the Paleoproterozoic noble metal bearing structural-material complexes and their parageneses in ferruginous quartzites and black shales ore districts of KMA which are spatially separated and different in composition of host rocks are presented. A multi-stage formation of noble-metal types of ores is established; the same type of composition of the mineral phases in the ferruginous quartzites, shales and their metasomatites which is indicated its as a part of a single long developing ore-forming system were determined. The generalized model of the formation of the noble metal bearing 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.*