

Исакович И. З. Значение ореолов нерудной прожилковой минерализации при поисках золото-сульфидно-кварцевого оруденения // Советская геология, 1987. № 7. С. 89–94.

Некрасов Е. М. Сходство и коренные различия крупных и рядовых трещинных месторождений золота // Руды и металлы, 1999. № 3. С. 48–62.

Рафаилович М. С., Федоренко О. А., Старова М. М. Крупные месторождения золота Казахстана: метасоматическая, минеральная и геохимическая зональности // Руды и металлы, 2001. № 3. С. 5–14.

Реддер Э. Флюидные включения в минералах. М.: Мир, 1987. Т. I. 558 с.

Чекваидзе В. Б. Поисковая минералого-геохимическая модель штокверкового золото-сульфидно-кварцевого оруденения // Советская геология, 1987. № 1. С. 121–126.

Philip E. B., Steffen G. H. MacFkinCor and its application to fluids in Archean lode-gold deposits // Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995. Vol. 59. № 19. P. 3943–3952.

Н. М. Чернышов, А. Ю. Альбеков, М. Н. Чернышова, В. В. Абрамов
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
sashaalb@list.ru

Основные критерии и этапность работ по прогнозированию и поискам золото-платинометалльных руд тимского типа черносланцевой формации Воронежского кристаллического массива (Центральная Россия)

Высокоуглеродистые металлоносные (Mo, W, Au, U, V, Ni, Zn, Cu, Ag, TR) стратифицированные толщи и их метасоматиты выступают в качестве нового глобального крупнообъемного источника металлов платиновой группы (МПГ) и золота в XXI столетии [Додин и др., 2007; Золоев и др., 2001; Чернышов, 2004; 2007]. Их широкое развитие, значительная протяженность (до первых тысяч километров), многоуровневый стратифицированный характер размещения, значительные содержания рудных компонентов определяют их высочайший приоритет для проведения поисковых и исследовательских работ. В пределах Воронежского кристаллического массива (ВКМ) высокие концентрации благородных металлов (Au до 20.2 г/т, МПГ до 5.4 г/т) связаны с полигенными и полихронными высокоуглеродистыми терригенно- и вулканогенно-осадочными породными ассоциациями оскольской и курской серий раннепротерозойских интракратонных складчато-глыбовых структур (тимской, старооскольской, кшенский типы) [Чернышов, 2004; 2007; Чернышов и др., 2008].

Этапность проведения работ по прогнозированию и поискам золото-платинометалльных руд подчиняется закономерным строго иерархичным критериям, позволяющим решать поставленные задачи при минимальных затратах средств и времени. Одной из целей является установление критериев диагностики оруденения с последующей проверкой теоретических разработок на практике.

Технология прогнозирования и поисков золото-платинометалльных руд состоит из трех последовательных этапов – прогноза рудоносных площадей, поисковых и поисково-оценочных работ, каждый из которых включает ряд стадий со специфическим набором операций [Чернышов, 2007]. Завершающей стадией работ является разноранговая количественная оценка благороднометалльного оруденения в пределах

перспективных участков. Опыт проведения детальных исследований черносланцевых образований с целью разработки поисковых критериев распределения золото-платинометального оруденения, диагностики форм распределения благородных металлов (что крайне важно для определения технологии отработки) и подсчета ресурсов и запасов, показывает необходимость выделения двух различных уровней работ с установлением соответствующих критериев для каждого из них.

Региональный уровень направлен на идентификацию потенциально рудоносных объектов черносланцевого типа в пределах структурно-формационных зон первого порядка (геоблоков), эволюция которых предполагает существование геодинамических режимов, воспроизводящих благоприятные условия, как для формирования углеродистых формаций, так и для насыщения их благородными металлами. Локальный (крупномасштабный) уровень предполагает выделение комплекса критериев, позволяющих однозначно идентифицировать рудоносные участки с дальнейшим оконтуриванием наиболее перспективных зон и проведением работ по установлению особенностей и форм распределения благородных металлов.

В качестве примера ниже приводятся разноуровневые критерии прогнозирования и поисков благородных металлов тимского типа, сосредоточенных в высокоуглеродистых образованиях территории КМА.

Критерии регионального прогнозирования. Степень продуктивности черносланцевых комплексов и масштабы оруденения определяются их геотектонической позицией, в первую очередь приуроченностью к линейным структурам рифтогенного типа, пространственно наложенным на позднеархейские коматиитсодержащие зеленокаменные пояса – Михайловский, Белгородский, Тим-Ястребовский и др. Значительные по мощности (свыше 2000 м) полицикличные и многостадийные структурно-вещественные комплексы в объеме оскольской серии (2300–2100 млн лет [Чернышов, 2004]) включают ряд в разной мере обогащенных углеродистым веществом осадочных и вулканогенно-осадочных горизонтов, а также вулканических и интрузивно-дайковых образований различного возраста и формационной принадлежности от ультраосновного и основного субщелочного до среднего и кислого состава.

Геотектоническое строение рудоносных объектов обусловлено широким проявлением разноранговых складчатых и складчато-глыбовых структур, широким распространением разрывных нарушений – надвигов, взбросов, взбросо-сдвигов и зон интенсивного расслаивания, сформировавшихся вследствие процессов глобальной тектоники – надвига Хоперского мегаблока на Курский при сочленении Сарматии и Волго-Уралии. Рудовмещающие участки сосредоточены в зонах интенсивных пликативных дислокаций, осложненных продольными интенсивно-рассланцованными структурами позднекладчатого этапа. Интенсивные тектонические процессы обуславливали термодинамические преобразования пород, с формированием региональной метаморфической зональности от амфиболитовой фации в центрах максимального стресса до зеленосланцевой на удалении. Метаморфические процессы определяли мобилизацию благородных металлов в зонах высоких температур и давлений и их перераспределение и концентрирование в участках низких температур и давлений высокоуглеродистой рудообразующей системы в зеленосланцевой фации, включающей хлорит-серицитовую, хлорит-серицит-альбитовую, биотит-стильпномелановую и хлорит-биотитовую субфации (зоны).

Комплекс критериев **локального прогнозирования** ориентирован на оценку площадей развития углеродистых стратифицированных образований и их метасоматитов на конкретные типы золото-платинометального оруденения. Работы проводят-

ся в пределах зон, выделенных при региональном прогнозировании, и направлены на выявление характерных признаков и факторов, отражающих процессы мобилизации, миграции и локализации рудного вещества. В качестве определяющих критериев выступают особенности состава рудоносных и рудовмещающих формаций, характер их метаморфических преобразований, типы рудоконтролирующих структур, минералого-геохимические и рудно-геохимические параметры оруденения.

Определяющим для тимского золото-платинометального рудного типа является комплекс критериев, включающий: а) формационную принадлежность рудовмещающей породной ассоциации, определяющей становление всей полихронной и полигенной по своей природе рудообразующей системы; б) положение рудоносных зон в латеральной структуре и стратиграфическом разрезе; в) особенности их литологического состава и условий метаморфических и метасоматических преобразований; г) минералого-геохимическая характеристика золото-платинометального оруденения (формы существования благородных металлов, ведущие типы рудообразующих минеральных парагенезисов, ассоциация сопутствующих индикаторных элементов, изотопные соотношения S, C и др.).

Подобный системный анализ позволяет выделить следующие граничные признаки для локального прогнозирования золото-платинометального оруденения тимского типа [Чернышов и др., 2008]:

1. Локализация максимальных содержаний МПГ и Au происходит в нижнетимской углеродисто-терригенной подсвите, характеризующейся: а) ритмичным строением и исключительно широким развитием (от 30–70 до 80 % в низах разреза) высокоуглеродистых ($C_{орг.} > 10\%$) сланцев, обогащенных (от 5–10 до 40 % и более) сульфидами; б) отчетливой корреляцией количества сульфидов с содержанием углеродистого вещества; в) низкоградиентным типом метаморфизма.

2. Благороднометальное оруденение концентрируется в неоднократно повторяющихся в разрезе (от трех до семи раз) слоях и горизонтах мощностью от первых до 15–30 м. Рудоносные участки отличаются: а) отчетливой корреляционной связью МПГ и Au с серой, углеродом и рядом петрогенных (Al_2O_3 , K_2O и др.) и малых (Ni, Cu, Co, Pb, Zn, Ag, Cr, Ti, V, Se, As, Sb, Cd, Te, Bi, Ba, B) элементов; б) преимущественно базальтоидным типом распределения МПГ ($Pd \geq Pt > Rh > Ru > Ir \geq Os$); в) высокой степенью насыщения благородными металлами в наиболее тонкозернистой (<0.06 мм) сульфидно-углеродистой фракции, где их в 5–16 раз больше чем в валовых пробах.

3. Руды имеют сложный многокомпонентный, полиминеральный состав и характеризуются: а) ведущей ролью в рудном парагенезисе сульфидов (90–95 об. %) при крайне неравномерном их распределении и текстурно-структурной неоднородности – послойная мелкозернистая вкрапленность, прожилковые, пятнистые, линзовидные и гнездовые обособления; б) резким преобладанием среди сульфидов пирита и пирротина (до 80–95 % объема рудного вещества), характеризующихся значительным кристалломорфологическим разнообразием и существенными вариациями содержаний главных (Fe, S) и сопутствующих (Ni, Co, Cu), а также некоторых благородных элементов (Pt, Pd, Au), что отражает особенности различных стадий длительно формирующейся рудообразующей системы; в) постоянным присутствием незначительных количеств халькопирита, сфалерита, пентландита, марказита, арсенопирита, молибденита, ульманита, блеклой руды, виоларита, галенита, гетита, макинавита, буланжерита, клаусталита, теллурувисмутита, станнына, рутила, циркона, перовскита, монацита, шеелита, бадделиита, апатита, барита; г) многообразием форм распре-

деления благородных металлов в виде самородных элементов (Au, Pd, Pt, Ag, Os), металлических твердых растворов и интерметаллических соединений (палладий платиносодержащий, платина железосодержащая, золото-платина-палладий, осмистый иридий, платиридосмин, рутениридосмин, золото ртуть-теллур-серебросодержащее, амальгама золота-серебра, аркверит, станнид палладия, платина-палладий-золото-серебро-олово); сульфоарсенидов, теллуридов, антимонидов, селенидов и сульфосолей МПГ, Au и Ag (гёссит, спериллит, ирарсит, селенид палладия и платины, тестибиопалладинит, антимонид палладия, золота и др.), примесей в основных платино-палладий-золотосодержащих рудообразующих сульфидах (пирротине – Au до 0.27, Pt до 0.27 и Pd до 0.13 (здесь и далее в г/т); пирите – Pt до 0.18, Au до 0.17, Pd до 0.03; халькопирите – Pt до 0.60, Au до 0.16, Pd до 0.08; сфалерите – Pd до 0.06) и других спорадически развитых минералах (арсенопирите – Au до 0.32, Pt до 0.18; пентландите – Au – 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; теллуровисмутите – 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 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 благородными металлами в углеродистом веществе (в том числе в фуллеренах) определяют необходимость разработки принципиально новых экологически безопасных технологий извлечения всего комплекса металлов. Кроме того, в качестве надежного минералогического признака при поисках благороднометалльного оруденения тимского типа выступает тесная ассоциация минералов платиновой группы с различными по составу титанатами Ba, Ca, Sr, Nb, Zr и Bi.

Таким образом, приведенные критерии в совокупности с широким развитием черносланцевых стратифицированных комплексов в других, сходных с Тим-Ястребовской структурно-формационных зонах на территории ВКМ (в том числе в пределах Михайловского и Старооскольского железорудных районов КМА), предопределяют возможность открытия новых крупных месторождений благородных металлов в докембрийском фундаменте Центральной России.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-05-00158) и гранта Президента РФ «Ведущие научные школы» (НШ-2211.2008.5).

Литература

Додин Д. А., Золоев К. К., Коротеев В. А., Чернышов Н. М. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. М.: ООО «Геоинформмарк», 2007. 130 с.

Золоев К. К., Волченко Ю. А., Коротеев В. А., Малахов И. А., Мордиросьян А. Н., Хрытов В. Н. Платинометальное оруденение в геологических комплексах Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. 199 с.

Чернышов Н. М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004. 448 с.

Чернышов Н. М. Золото-платинометальное оруденение черносланцевого типа Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). Воронеж: Изд.-полигр. центр ВГУ, 2007. 177 с.

Чернышов Н. М., Чернышова М. Н. Закономерности размещения, состав и критерии прогнозирования и поисков золото-платинометальных руд черносланцевого типа в пределах ВКМ // Литосфера, 2008. № 6. С. 57–69.