

Федеральное агентство научных организаций
Институт минералогии Уральского отделения
Российской академии наук

Министерство образования и науки РФ
Южно-Уральский
государственный университет

**МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДРЕВНИХ
И СОВРЕМЕННЫХ ОКЕАНОВ–2016**

ОТ МИНЕРАЛОГЕНЕЗА К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ
Материалы Двадцать второй научной молодежной школы

**METALLOGENY OF ANCIENT
AND MODERN OCEANS–2016**

FROM MINERAL GENESIS TO DEPOSITS
Proceedings of the XXII Scientific Youth School

Миасс
2016

УДК 553, 549

Металлогения древних и современных океанов–2016. От минералогенеза к месторождениям. Научное издание. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2016. 312 с.

ISBN 978-5-7691-2437-2

В сборник вошли материалы XXII научной молодежной школы «Металлогения древних и современных океанов–2016. От минералогенеза к месторождениям» (25–29 апреля 2016 г.). Первая глава сборника рассматривает проблемы общей геологии и металлогении, включая палеозойские и современные океанические структуры. Отдельные главы посвящены месторождениям черных, цветных и благородных металлов Урала, Сибири, Кавказа, Кольского полуострова, Ближнего Востока, Монголии, Вьетнама, ЮАР и Атлантического океана. В главе месторождений нерудного сырья и актуальных геолого-минералогических исследований приведены результаты изучения рудовмещающих комплексов и минералов России, Бразилии и Колумбии.

Проведение Школы и издание материалов осуществлено при поддержке РФФИ (проект 16-35-10041-мол_г) и Общества экономических геологов.

Илл. 72. Табл. 38.

Ответственные редакторы:

профессор, д.г.-м.н. В. В. Масленников, к.г.-м.н. И. Ю. Мелекестева

Члены редколлегии: к.г.-м.н. Н. Р. Аюпова, д.г.-м.н. Е. В. Белогуб, к.г.-м.н. Л. Я. Кабанова, к.г.-м.н. К. А. Новоселов, к.г.-м.н. Е. Е. Паленова, д.г.-м.н. В. А. Попов, к.г.-м.н. Н. П. Сафина, к.г.-м.н. П. В. Хворов

UDK 553, 549

Metallogeny of ancient and modern oceans–2016. From mineral genesis to deposits. Scientific edition. – Miass: IMin UB RAS, 2016. 312 p.

ISBN 978-5-7691-2437-2

Proceedings of the XXII Scientific Youth School “Metallogeny of ancient and modern oceans–2016. From mineral genesis to deposits” (April 25–29, 2016) include abstracts devoted to the geology, metallogeny, geodynamics, mineralogy, and geochemistry of mineral deposits from oceanic and paleoceanic structures. The individual chapters consider the results of study of ferrous, base metal, and precious metal deposits of the Urals, Siberia, Caucasus, Kola Peninsula, Middle East, Mongolia, Vietnam, Republic of South Africa, and Atlantic Ocean. The chapter on nonmetallic deposits and topical geological-mineralogical problems include the results of study of ore-hosting complexes and minerals from Russia, Brazil, and Columbia.

Holding of the School and abstract publishing is supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 16-35-10041-мол_г), and Society of Economic Geologists.

Figures 72. Tables 38.

Editors-in-Chief:

Professor V. V. Maslennikov and I. Yu. Melekesteva

Editorial board: N. R. Ayupova, E. V. Belogub, L. Ya. Kabanova, K. A. Novoselov, E. E. Palenova, Professor V. A. Popov, N. P. Safina, P. V. Khvorov

В. В. Мурзин¹, Д. А. Варламов², Г. А. Пальянова^{3,4}, Т. В. Журавкова^{3,4}

¹ – *Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург*

murzin@igg.uran.ru

² – *Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черноголовка*

³ – *Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск*

⁴ – *Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск*

Золотоносные родингиты в Агардагском массиве гипербазитов (Южная Тува)

Родингиты – широко распространенные метасоматические породы в массивах гипербазитов, однако те из них, которые несут золотую минерализацию, чрезвычайно редки. Небольшие проявления родингитов и месторождения золота в них известны в России (Южный Урал, Саяны, Корякское нагорье) и Канаде (Британская Колумбия) [Мурзин и др., 2006]. Объектом данного исследования явилось проявление медистого и серебристого золота в родингитах Агардагского массива офиолитовых гипербазитов, открытое в 1984 г. В. И. Кудрявцевым и К. С. Кужугетом [Кудрявцев, Кудрявцева, 2003]. Специфическая черта исследованных родингитов – проявление в них регрессивной щелочной ветви родингитизации, а также приконтактной амфиболизации (нефритизации) вмещающих серпентинитов. Цель исследования – выявить минералогические особенности родингитов, физико-химические условия отложения в них золота и источник родингитизирующего флюида. Образцы для исследований и фондовые материалы представлены одним из первооткрывателей проявления – В. И. Кудрявцевым (ТувИКОПР СО РАН, г. Кызыл), а также В. В. Зайковым (ИМин УрО РАН, г. Миасс).

Агардагский массив входит в состав Южно-Тувинского офиолитового пояса, разделяющего области докембрийской складчатости нагорья Сангилен и салаирских структур Центральной Тувы. Он вытянут в СВ направлении на 17.5 км и представляет собой сложно построенное линзовидное тело, круто падающее на северо-запад. Массив прорывает нижнекембрийские вулканогенно-осадочные породы и, в свою очередь, прорывается мелкими дайко- и линзообразными телами габбро, габбро-диабазов, диабазовых порфиринов, а также небольшими интрузиями плагиогранитов и гранодиоритов (D₁₋₂). В ультраосновных породах выявлено большое количество проявлений хромитов, с которыми связывается платинометальное оруденение (рис.). Первичные породы массива, преимущественно дуниты и гарцбургиты, превращены в антигоритовые и, в меньшей степени, лизардитовые и хризотилитовые серпентиниты. В эндоконтактных частях массива, а также внутри него в тектонических зонах широко развиты тела лиственитов, сложенных брейнеритом, тальком, кварцем и фукситом. Ранее установлены три генетические группы родингитов: апогабброидные, апопироксенитовые и апогипербазитовые [Ойдуп, Кужугет, 1989]. Родингиты, сложенные клиноцоизитом, эпидотом, тремолит-актинолитом и альбитом, выделены в отдельную группу [Секерин, 1982]. Для них характерны приуроченность к тектоническим зонам, наличие ореольной антигоритизации и приконтактной амфиболизации, ассоциация с телами нефритов.

Агардагское проявление золота расположено на стыке двух наиболее крупных тектонических блоков, на которые разбит массив в восточной его части. Золотоносные родингиты приурочены к субширотной зоне дробления серпентинитов. В 150–200 м к

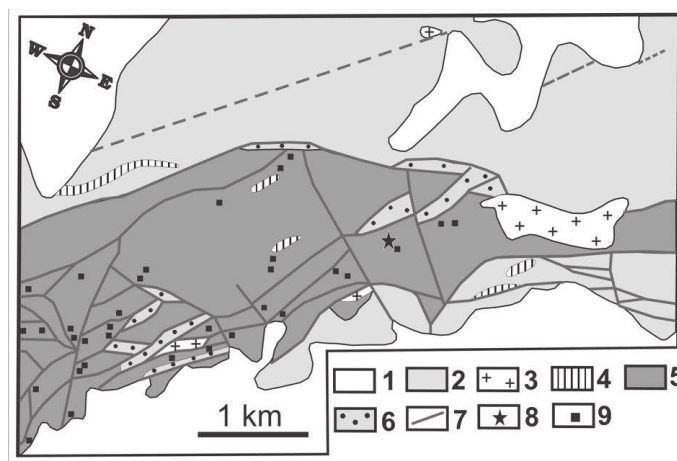


Рис. Схема геологического строения северо-восточной части Агардагского гипербазитового массива (на основе геологической карты В. И.Кудрявцева, 1980ф).

1 – четвертичные отложения; 2 – метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы (сланцы, песчаники, алевролиты, известняки, сланцы, порфириды кускунугской свиты, V–С₁); 3 – граниты, плагииграниты, гранодиориты Сютохольского комплекса (D₁₋₂); 4 – габбро, габбро-долериты, долеритовые порфириды Танноульского комплекса (С₂₋₃); 5 – дуниты, перидотиты и серпентиниты по ним Актотракского комплекса (R₃); 6 – листвениты; 7 – разломы; 8 – Агардагское проявление золота; 9 – проявления хромититов.

северу от проявления находятся крупные тела лиственитов. В пределах и вблизи зоны дробления развиты небольшие тела габбро-диоритов и апогаббровых альбититов. На контакте родингита и вмещающего антигоритового серпентинита развита зона нефритоида, представленного темно-зеленым сланцеватым тонкозернистым агрегатом амфиболов. Акцессорные минералы родингита и нефритоида – хромшпинелид, гранаты, титанит, апатит, халькозин, маухерит, самородное золото, циркон и др.

Золотоносные родингиты представлены агрегатом светло-зеленых кристаллов клинопироксена, сцементированных альбитом. Альбит присутствует в породе также в виде тонких прожилков и линз. По химическому составу клинопироксен отвечает Na-содержащему диопсиду-геденбергиту (до 2.9 мас. % Na₂O). Как правило, диопсидовой компонентой обогащена центральная часть кристаллов (до 0.86 ф.е. Mg), а геденбергитовой (до 0.65 ф.е. Fe) – краевая. Содержание других примесей, обычных для клинопироксена, не превышают (мас. %) 1.1 Al₂O₃, 0.6 TiO₂ и 2 MnO. Содержание Cr₂O₃ обычно менее 0.2 мас. %, однако в некоторых образцах оно существенно выше – до 5.05 мас.%. Амфибол нефритоида представлен Na-содержащим актинолитом (до 0.27 ф.е. Na). Порода сильно деформирована и обладает сланцеватой текстурой. На контакте с родингитом нефритоид сложен слоями амфибола, перемежающимися с линзочками альбита.

В изученных породах, таким образом, присутствуют две генерации альбита. Ранняя генерация характеризуется равновесными взаимоотношениями с клинопироксеном. Для него характерно волнистое угасание и зазубренные края зерен. Поздний альбит выполняет систему тонких прожилков и линзочек в родингите или нефритоиде. Его агрегаты имеют параллельно-шестоватое строение, а отдельные зерна часто сдвойникованы. Химический состав альбита ранней и поздней генераций практически не отличается.

Хромшпинелид в родингите и нефритоиде является реликтовым минералом. Кроме того, в альбите родингита обнаружены редкие мелкие кристаллики (до 50 мкм) новообразованного Zn-хроммагнетита (до 5.7 мас. % ZnO). Состав реликтового хромшпинелида по соотношению $Cr/(Cr+Al)$ и $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ отвечает аксессуарному хромшпинелиду дунитов. Зерна его раздроблены и замещаются более железистыми фазами, содержащими до 5.4 мас. % ZnO, а также титансодержащим (до 2.7 мас. % TiO_2) гранатом уграндитового типа, зачастую зональным и обладающим широким спектром составов от уваровита до гроссуляра.

Частицы самородного золота размерами до 3 мм рассеяны в родингите и нефритоиде, часто срastaются с халькозином, иногда с маухеритом. Они сложены орторомбическим (рожковит) и тетрагональным (тетрааурикуприд) $AuCu$, редко аурикупридом $AuCu_3$. Зафиксированы также частицы серебристого ртутьсодержащего электрума (пробность 468–614, до 1.6 мас. % Hg), иногда также обрастающего частицы медистого золота. Более детальное описание химического состава самородного золота и рудных минералов можно найти в статье [Мурзин и др., 1987].

Представляется, что отложение продуктивной минерализации началось с формирования альбит-пироксенового родингита и нефритоида с рассеянными в них мелкими частицами медистого золота, ассоциирующего с маухеритом. Последующие внутрирудные тектонические деформации, проявившиеся на контакте родингита и нефритоида, привели к формированию сети тонких трещин скалывания, выполненных альбитом поздней генерации. С этим альбитом ассоциируют наиболее крупные выделения халькозина, медистого и серебристого золота. Отложение медистого золота началось при температуре не ниже 410 °С, которая фиксирует фазовый переход орторомбической модификации $AuCu$ в тетрагональную. По данным определения температур гомогенизации флюидных включений поздний альбит образовался при температуре не менее 200–250 °С.

Газовохроматографический анализ флюидных включений в минералах показал, что все члены зональной колонки (антигоритовый серпентинит – нефритоид – альбит-пироксеновый родингит) сформированы из существенно водного флюида с близкими и относительно невысокими уровнями углекислотности ($X_{CO_2} = 0.017–0.025$). При образовании родингита и нефритоида флюид был более обогащен восстановленными газами ($X_{H_2} 0.049–0.073$, $X_{CO} 0.006–0.014$, $X_{CH_4} 0.002–0.005$), чем при антигоритовой серпентинизации ($X_{H_2} 0.001$, $X_{CO} 0.004$, $X_{CH_4} < 0.001$). Степень окисленности газовых компонентов флюида ($CO_2/CO_2 + \sum \text{восст. газов}$) увеличивается в ряду родингит (0.189) – нефритоид (0.299) – антигоритовый серпентинит (0.738).

Изотопный состав кислорода, водорода и серы для минералов серпентинита, родингитов и нефритоида (пироксен, альбит, амфибол, серпентин, халькозин) составил соответственно: $\delta^{18}O = 6...10.4\text{‰}$ ($n = 4$), $\delta D = -67.6...-78.5\text{‰}$ ($n = 2$), $\delta^{34}S = 8.4\text{‰}$ ($n = 1$). Изотопный состав родингитизирующего флюида, рассчитанный для 400–500 °С, составил $\delta^{18}O_{\text{фл}} = 8...9.9\text{‰}$ и $\delta D_{\text{фл}} = -39...-46\text{‰}$. Его изотопные характеристики отвечают метаморфогенному флюиду, равновесному с магматическими породами при незначительном участии изотопно тяжелого кислорода, прошедшего осадочный цикл.

Проведенное исследование пока не дало полные ответы на все вопросы, связанные с происхождением родингита и источником Na и рудных компонентов, в том числе золота. Тем не менее, установлено, что согласно температурному режиму (500–200 °С), низкой доле углекислоты во флюиде и восстановительному характеру флюида изученные родингиты и нефритоиды соответствуют условиям формирования типичных аподайковых биметасоматических родингитов [Плюснина и др., 1993].

В аподайковых родингитах появление Na связывается с его высвобождением при замещении плагиоклаза исходных пород среднего-основного состава, однако обычно зоны Na-метасоматоза пространственно разобщены с родингитами [Леснов и др., 1976; Плюснина и др., 1993].

В изученном проявлении Агардагского массива устанавливается синхронность отложения золота с образованием как ранних, так и поздних парагенезисов родингитов и нефритоида. Субстратом при формировании нефритоида и, возможно, родингита был серпентинит, о чем свидетельствует присутствие в них реликтового хромшпинелида. Микропрожилки позднего альбита с наиболее крупными выделениями золота и халькозина образовались путем выполнения открытых трещин.

Исследование осуществлялось при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 16-05-00407 и 16-35-00241).

Литература

Кудрявцева А. И., Кудрявцев В. И. Проявление медистого и серебристого золота в благороднометальном оруденении Южно-Тувинского гипербазитового пояса // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2003. С. 45–48.

Леснов Ф. П., Агафонов Л. В., Кузнецова И. К. Щелочной амфибол группы кросит-родусит из альбититов Южно-Шмидтовского гипербазитового массива // Материалы по генетической и экспериментальной минералогии. Том X. Труды ИГГ СО АН СССР. Вып. 305. Новосибирск: Наука, 1976. С. 85–92.

Мурзин В. В., Кудрявцев В. И., Берзон Р. О., Сустанов С. Г. Медистое золото в зонах родингитизации // Геология рудных месторождений. 1987. № 5. С. 96–99.

Мурзин В. В., Сазонов В. Н., Варламов Д. А., Шанина С. Н. Золотое оруденение в родингитах массивов альпинотипных гипербазитов // Литосфера. 2006. № 1. С. 113–134.

Ойдун Ч. К., Кужугет К. С. О генезисе родингитов Агардагского гипербазитового массива // Гипербазитовые ассоциации складчатых областей. Вып. 5. Петрохимия, минералогия, геохимия. Новосибирск: ИГГ СО АН СССР, 1989. С. 100–111.

Плюснина Л. П., Лихойдов Г. Г., Зарайский Г. П. Физико-химические условия формирования родингитов по экспериментальным данным // Петрология. 1993. Т. 1. № 5. С. 557–568.

Секерин А. П. Петрология родингитов Саяно-Байкальской горной области // Доклады АН СССР. 1982. Т. 262. № 1. С. 175–177.

В. В. Меркулов

*Сибирский научно-исследовательский институт геологии,
геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), г. Новосибирск
pebstit05@mail.ru*

Структурно-геохимические особенности строения западной части Деспенского медно-железо-золоторудного района (Республика Тыва) (научный руководитель А. И. Черных)

Деспенский медно-железо-золоторудный район расположен в южной части Республики Тыва на границе с Монголией и приурочен к хребту Восточный Танну-Ола. На его территории установлены золоторудная кварцевая, магнетитовая скарновая, медно-скарновая, медно-порфировая, медно-эпидотовая, молибден-порфировая и кол-