

22. Kelemen P.B., Hirth G., Shimizu N., Spiegelman M., Dick H.J.B. A review of melt migration processes in the adiabatically upwelling mantle beneath oceanic spreading ridges // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1997. 355(1723). P. 283-318.

23. Seylier M., Bonatti E. Na, AlIV and AlVI in clinopyroxenes of subcontinental and suboceanic ridge peridotites: A clue to different processes in the mantle? // *Earth Plan. Sci. Lett.* 1994. N. 123. P. 281-289.

24. Tartarotti P., Susini S., Nimis P., Ottolini L. Melt migration in the upper mantle along the Romanche Fracture Zone (Equatorial Atlantic) // *Lithos*. 2002. V. 63. P. 125-149.

ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ, АССОЦИИРОВАННОЕ С АЛЬПИНОТИПНЫМИ УЛЬТРАБАЗИТАМИ (НА ПРИМЕРЕ УРАЛА)

Сазонов В.Н.*, Огородников В.Н., Поленов Ю.А.****

**Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

e-mail: sazonov@igg.uran.ru

***Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия*

GOLD MINERALIZATION ASSOCIATED WITH ALPINOTYPE ULTRABASITES (ON THE EXAMPLE OF THE URALS)

Sazonov V.N.*, Ogorodnikov V.N., Polenov Yu.A.****

**Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia*

e-mail: sazonov@igg.uran.ru

***Urals State Mining University, Ekaterinburg, Russia*

The six gold object's types in the Urals alpinotype ultrabasites are divided: antigorite serpentinites, chlogropites, talcites (and nephrites), listvenites, quartz veins located in them, carbonate-asbestos veins (and veinlets). Types 3-6 were formed in connection with granitoid fluid. Alpinotype ultrabasites were in this case wall rocks only. Their metasomatic transformation, for example listvenitisation, accompanied by extraction of gold and its migration into an ore forming fluid. The first and second types are the products of multistage metamorphic-metasomatic transformation alpinotype ultrabasites in conditions of the earth crust.

The Au clark in ultrabasites is really low. Its high concentrations (for level of small deposits) were conditioned by such processes as pyroxenization, amphibolization, antigoritisation, chlograpitization etc.

Пространственная связь золотого оруденения, представленного шестью типами (табл. 1) с гипербазитами, известна давно [6]. Она устанавливается при анализе мелкомасштабных геологических и тектонических карт, построенных на геодинамической основе с использованием разнообразных геофизических данных (прежде всего грави-, магнито- и сейсмометрических) относительно легко, так как последние также, как и массивы ультрабазитов, контролируются, как правило, одними и теми же разломами (обычно это шовные зоны). Генетическая же природа этих месторождений различными исследователями понимается по-разному. Некоторые из них (А.П. Карпинский, 1898; Н.К. Высоцкий, 1900; В.Н. Лодочников, 1936; П.П. Желобов, 1979, 2002; и др.) полагали, что все золотооруденение связано генетически с «ультраосновной магмой». Основанием для такого заключения первоначально послужили данные об очень частой сопряженности золотой минерализации с ультрабазитами, а позднее – материалы, согласно которым содержание Au в магматитах возрастает по мере увеличения их основности (Ю.Г. Щербаков, 1964), достигая максимума в ультрабазитах. Последнее было подтверждено результатами исследований по распределению Au в различных геологических образованиях (R.S. Jones, 1969), в том числе в уральских ультрабазитах (К.К. Золоев, Р.О. Берзон, 1976). Согласно первой работе, среднее содержание Au в дунитах составляет 8,2, а второй – 11,4 мг/т, что действительно выше значений этого параметра в кислых (1,9), средних (3,6) и основных (3,7 мг/т) магматитах Урала [4]. Одна-

Таблица 1

Типы золотого оруденения, сопряженного с массивами альпинотипных ультрабазитов Урала. По [6]

Золотоносные образования	Условия локализации	Рудные минералы	Проба	Типовые объекты
Антигоритовые серпентиниты	Зоны разломов преимущественно в контактах массивов ультрабазитов	Магнетит, халькопирит, борнит, золото	900 в рассланцованных серпентинитах, 300-900 в магнетитовых рудах	Каганское, Кировское месторождения, Крестовское и Ю.-Наилинское проявления
Хлограпиты	То же	Магнетит, миллерит, никелин, хромит, гематит, халькозин, золото, медь, аргентит, брейтгауптит	Низкопробное, обогащенное Hg и Cu	Месторождения Мелентьевское, Золотая гора
Талькиты и нефриты	Локальные зоны трещиноватости, расланцевания, часто в ассоциации с дайками гранитоид-порфиров	Пирит, халькопирит, золото, медь	Высокая (?)	Проявления гор Бикиляр, Рапшковой и Мурашкиной, рудник Первопаваловский
Листвениты	То же	То же	Больше 9000	Месторождения Мечниковское, Козьмо-Демьяновское, Мурашкина гора
Кварцевые жилы, сопряженные с лиственитами	Эндо- и экзоконтактовые зоны гранитоидов тоналит-гранодиоритовой формации, дайки гранитоид-порфиров	<i>Минеральные ассоциации:</i> Пиритовая Пирит-полиметаллически-блеклорудная Полиметаллически-сульфидная Сульфидно-никелевая	940-980 840-900 890-930	Месторождения Березовское, Благодатные I-IV, Мечниковское, Первомайско-Зверевское
Карбонат-асбестовые жилы и прожилки	Маломощные зоны дробления и расланцевания в небольших массивах антигоритовых серпентинитов	Магнетит, хромит, гематит, халькозин, миллерит, золото	820,92	Месторождение Кировское, проявления гор Крестовой, Богородской, Россыпнинской

ко, более поздними прецизионными анализами установлено, что кларк золота в альпинотипных ультрабазитах не превышает 2,0 [1], а в тех же образованиях зональных комплексов он равен 2,3 мг/т (Ю.А. Волченко, 1987). Причину столь значительных расхождений оценок концентрации Au в одних и тех же образованиях можно видеть в совершенствовании методик определения этого элемента в минералах и горных породах в последние два десятилетия, или же в том, что повышенные величины оценок были получены для трансформированных в той или иной мере ультрабазитов – в работах (Ю.А. Волченко, 1987; [1, 4] и др.) приведены примеры возрастания содержания золота в ультрабазитах в результате развития в них антигоритовой серпентинизации, актинолитизации, хлоритизации и др. К сказанному уместно добавить, что на Урале золо-

торудные объекты кварц-жильного типа нередко локализуются в массивах гранитоидов тоналит-гоаодиоритовой, габбро-гранитной и гранодиорит-гранитной формаций (Кочкарское, Середовинское, Айдырлинское и др.), которые никакой связи с ультрабазитами не обнаруживают, во всяком случае, они не зафиксированы геофизическими методами до глубины 5 км [6]. К тому же, в последние годы петрологическими, минералого-геохимическими, включая детальный анализ рудных минеральных парагенезисов и ассоциаций (В.Н. Сазонов, 1984; В.В. Мурзин, 1997; [3]; В.Н. Сазонов и др., 2001), а также изотопно-геохимическими (Н.С. Бортников и др., 1998] исследованиями, выполненными на золоторудных месторождениях, сопряженных с гранитоидами указанных формаций, однозначно установлена связь рудо-образующего флюида с магматическим (гранитоидным в широком смысле) источником.

В связи с последним, заострим внимание на следующем. Недавно П.П. Желобов (2002) на примере Березовского месторождения (Средний Урал) вновь вернулся к обсуждению проблемы генетической связи золотого оруденения с ультрабазитами. Он пришел к заключению о том, что продуктивность этого объекта обусловлена расположением рудных тел над двумя силлами серпентинизированных гарцбургитов (в действительности это не силлы, а тектонические пластины). Однако такое представление не вяжется с общеизвестными фактами, среди которых укажем главные. Во-первых, золотое оруденение этого месторождения имеет «гранитоидный» геохимический профиль (В.В. Мурзин, 1997; [3, 4]), во-вторых, оно сопряжено с продуктами процесса березитизации-лиственнитизации, которые образовались не только после серпентинизированных ультрабазитов, но и после шарташских адамеллитов и даек гранитоид-порфиоров (В.Н. Сазонов и др., 2001). С учетом низкого кларка Au в альпинотипных ультрабазитах, известную двухуровневую золотоносность – «промежуточные коллекторы» [4] и незначительные по масштабам местоорождения, представленные хлограпитам и антигоритовыми серпентинитами с медистым и ртутистым золотом, ассоциирующим в основном с медьсодержащими сульфидами (оруденение в целом имеет «базит-ультрабазитовый» геохимический профиль) и метаморфическим-метасоматическим магнетитом [3] – мы объясняем тектонической и метаморфически-метасоматической трансформацией ультрабазитов [4].

Нетрансформированные и трансформированные в мантийных условиях альпинотипные ультрабазиты, как отмечено выше, отличаются низким кларком Au. Золотое оруденение в связи с ними не установлено [6]. Существенная трансформация этих образований в коровых условиях (надсубдукционная обстановка) приводит к появлению золотой минерализации, представленной медистым самородным золотом, иногда ртутьсодержащим [Ю.А. Волченко и др., 1997; O.A.R. Thalhammer et al, 2001]. Причем установлена прерывисто-непрерывная (многократная) метасоматически-метаморфическая трансформация ультрабазитов [6]: высокотемпературная (900°C – орто- и клинопироксенизация), среднетемпературная (750°C – амфиболизация) и низкотемпературная (450-420°C – антигоритизация, хлограпитизация), в результате которой возникают «промежуточные коллекторы» золота (зоны развития антигоритизации и хлограпитизации в альпинотипных ультрабазитах, см. выше) и небольшие по масштабам объекты с самородным золотом (медь- и ртутьсодержащим), относящиеся к антигоритовому и хлограпитовому типам (табл. 1).

Что касается золотооруденения остальных четырех типов (минерализованные талькиты и нефриты, листвениты, кварцевые жилы, сопряженные с лиственитами, карбонат-асбестовые жилы и прожилки – «змеевичные жилы», см. табл. 1), то, по характеру соотношений с дайками гранитоид-порфиоров, его геохимическому профилю, набору рудных минералов, пробности самородного золота и др., оно генетически связывается с гранитоидным магматизмом ([2, 3, 4]; В.Н. Сазонов и др., 2001). Золотое оруденение этих типов сформировалось при РТХ-параметрах, существенно отличных от таковых образования золотой минерализации, сопряженной с антигоритовыми серпентинитами и хлограпитам ([3]; В.Н. Сазонов и др., 2001).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аношин Г.Н. Аналитическая геохимия благородных металлов и ртути: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Новосибирск, 2000. 57 с.
2. Бородаевский Н.И. Типы золоторудных месторождений, подчиненных ультраосновным породам в Миасском и Учалинском районах Южного Урала // 200 лет золотой промышленности Урала. Свердловск, 1948. С. 316-330.

3. Мурзин В.В., Сазонов В.Н. Происхождение оруденения с самородным золотом в альпинотипных гипербазитах // Докл. РАН. 1999. Т. 366. № 6. С. 793-798.

4. Сазонов В.Н. Золото в петро- и рудогенезе // Золото Урала. Коренные месторождения. Екатеринбург, 1993. С. 41-68.

5. Сазонов В.Н., Мурзин В.В. О типах связей золоторудных месторождений с альпинотипными ультрабазитами (на примере Урала) // Ежегодник-2000 / Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 2001. С. 179-181.

6. Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Огородников В.Н. и др. Золотое оруденение, сопряженное с альпинотипными ультрабазитами (на примере Урала) // Литосфера. 2002. № 4. С. 63-77.

К ГЕОХИМИИ ГАББРОИДОВ ЗОНЫ ГЛАВНОГО УРАЛЬСКОГО РАЗЛОМА

Салихов Д.Н., Беликова Г.И.

Институт геологии УНЦ РАН, Уфа, Россия

e-mail: magm@anrb.ru

ON GEOCHEMISTRY OF GABBROIDS IN THE ZONE OF THE MAIN URAL FAULT

Salikhov D.N., Belicova G.I.

Institute of Geology USC RAS, Ufa, Russia

e-mail: magm@anrb.ru

The study involved 11 gabbroid complexes in the MUF zone 300 km long. The massifs are composed chiefly of subalkaline basic rocks with normative olivine and nepheline, olivine tholeites and calcareous alkaline basic rocks, sometimes with normative quartz. In different massifs dark minerals are represented by olivine and clinopyroxene, and passing minerals include common hornblende that grows as a reaction rim around pyroxene or forms individual segregations. The most important features of gabbroids are low-titanium content, lower values of the titanium subgroup (Zr, Hf, Th) and Nb, and also depletion of REE.

Изучено 11 габброидных комплексов в зоне Главного Уральского разлома, среди которых как широко известные – Нуралинский и Миндякский (последний разделен нами на 5 самостоятельных комплексов), так и малоизученные – Сангалыкский, Илектинский, Уральский, Чингизовский, Ивановский, рассредоточенные в трехсоткилометровой меланжевой зоне [2].

Петрохимически габброиды рассмотренных комплексов отвечают субщелочным оливиновым базитам с нормативным нефелином, иногда лейцитом, толеитовым и в меньшей степени известково-щелочным базитам, иногда с нормативным кварцем. Широко распространенным темноцветным минералом в габброидах является роговая обманка, которая образует монокристаллические зерна или реакционнозональные выделения с клинопироксеновым ядром. Наряду с клинопироксеном, в некоторых интрузивах присутствует оливин.

По химическому составу габброиды зоны ГУР близки к продуктам активных окраин континентальных областей и островодужных режимов, а габброиды, строго отвечающие составу N-MORB, отсутствуют. Индикаторным элементом, отражающим геодинамическую обстановку, является титан (рис. 1). Во всех комплексах содержание его низкое. Так, самые высокие содержания оксида титана 0,7-0,8 % (Чингизовский и Миндякский диабазовый комплексы), вдвое превышающие содержания во всех остальных комплексах, оказываются в два раза ниже, чем в N-MORB.

Другим важным петрохимическим показателем является щелочность пород, которая в рассматриваемых габброидах почти всегда повышена и, соответственно, большая часть габброидов отвечает субщелочным образованиям, а некоторые из них приближаются к щелочным бази-