

11. Kelemen P.B., Hirth G., Shimizu N., Spigelman M., Dick H.J.D. A review of melt migration processes in the adiabatically upwelling mantle beneath spreading ridges // *Phylos. Trans. R.S. London*, 1997. Ser. A. V. 335. P. 283-318.
12. Nicolas A. A melt extraction based on structural studies in the mantle peridotites // *J. Petrol.* 1986. V. 27. P. 999-1022.
13. Suhr G. Melt migration under oceanic spreading ridges: Inferences from reactive transport modeling of the upper mantle hosted dunites // *J. Petrol.* 1999. V. 40. P. 575-599.
14. Tommasi A., Vauchez A., Godard M., Belley F. Deformation and melt transport in a highly depleted peridotite massif from Canadian Cordillera: Implications to seismic anisotropy above subduction zones // *Earth Planet. Sci. Lett.* V. 252. 2006. P. 245-259.

## **УЛЬТРАОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ СОВРЕМЕННЫХ ОКЕАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ**

**Савельева Г.Н.\* , Бонатти Э.\*\***

*\*Геологический институт РАН, Москва, Россия*

*e-mail: savelieva@ginras.ru*

*\*\*Институт морских наук (ISMAR), Болонья, Италия*

*e-mail: enrico.bonatti@bo.ismar.cnr.it*

## **ULTRAMAFIC ROCKS OF THE RECENT OCEANIC BASINS**

**Savelieva G.N.\* , Bonatti E.\*\***

*\*Geological Institute RAS, Moscow, Russia*

*e-mail: savelieva@ginras.ru*

*\*\*Institute of Marine Sciences (ISMAR), Bologna, Italy*

*e-mail: enrico.bonatti@bo.ismar.cnr.it*

A fundamental tenets characterizing ultramafic rocks of the World Ocean were established at the boundary of current century. The composition of ultramafics varies in a very large diapason from the ultra depleted harzburgites of the trench to the fertile high-Al lherzolites of slow-spreading centre. Variations of different scale are found against that background. Along the mid-oceanic ridge and in different oceanic spreading centres variations are caused by a) diverse conditions of the upwelling mantle (spreading rate, temperature, initial depth of mantle diapir, thickness of the lithosphere) and b) planetary heterogeneity of the upper mantle supported by new isotopic-geochemical data. Specific features of mineral and geochemical composition of the ultramafics may also result from the rock/melt interaction process. The formation of focused melt transport channels through the mantle provides small-scale isotopic heterogeneity of the ultramafic rocks.

Ультраосновные породы вместе с габброидами и базальтами слагают кристаллический фундамент дна Мирового океана. Они составляют значительную часть драгированных пород в Атлантическом, Индийском, Тихом и Северном Ледовитом океанах, а также в желобах западной Пацифики и западной Атлантики. Исследования океанских ультрамафитов на протяжении 50-60 лет внесли огромный вклад в понимание процессов планетарной тектоники, магматизма и рождения эмбриональной мафической коры. Накопленные факты и выводы мы рассмотрим в следующих блоках: (1) петрохимический и минералогический состав ультраосновных пород; (2) деформационные структуры; (3) изотопно-геохимические характеристики; (4) метаморфизм (гидратация).

(1) Состав ультрамафитов изучен во всех четырех океанах; наиболее полно – в Атлантике, где проведен огромный объем драгировок, глубоководного бурения и опробования с подводных аппаратов как в рифтовой долине САХ, так и вдоль крупнейших трансформных разломов [1-3, 6-13, 16, 19-20]. Лерцолиты шпинелевые и плагиоклаз-шпинелевые, гарцбургиты (иногда плагиоклаз-содержащие) и небольшое количество дунитов подняты в центрах спрединга и разло-

мах во всех океанах; в глубоководных желобах известны только гарцбургиты и дуниты. Основное различие состава ультрамафитов определяется их мерой деплетирования и, соответственно, количеством диопсида в породе, количеством алюминия и хрома в пироксенах и хромистостью аксессуарного шпинелида. Вариации этих компонентов рассмотрены по простиранию САХ [6, 20, 23], вдоль трансформных разломов [9] и сопоставлены в различных океанах [3, 8]. Выявленные существенные вариации состава интерпретированы следующим образом. Глобальные вариации состава ультрамафитов Мирового океана зависят от скорости спрединга: при медленном спрединге на поверхность выводятся лерцолиты (Атлантика, Красное море), при быстром – гарцбургиты (Тихий океан, ВТП). Э. Бонатти выделил пять типов ультрамафитов, различающихся степенью деплетирования, которые обнажены в зонах с разной скоростью спрединга; наиболее деплетированы ультрамафиты желобов [8]. В свою очередь, скорость спрединга прямо связывалась с температурой поднимающейся мантии. Было также высказано предположение, что различия состава ультрамафитов в разных океанах обусловлены планетарными неоднородностями мантии [3]. Как правило, ультраосновные породы сильно серпентинизированы. В Центральной Атлантике (САХ) и на хребте Гаккеля встречены гарцбургиты, степень серпентинизации которых не превышает 5-10%. [4, 15, 18]. Содержания и ковариации петрогенных элементов в свежих гарцбургитах САХ характеризуют их как истощенные мантийные реститы, с высокой магниальностью минералов и пород в целом ( $Mg^{\#} = 87,7-89,9$ ), низкими содержаниями  $CaO$ ,  $Al_2O_3$  и  $TiO_2$  и низкими отношениями  $Al_2O_3/SiO_2 = 0,01-0,02$  и  $Al_2O_3/CaO$  – примерно 1,0. В преобладающих гарцбургитах протогранулярной и профирокластической структуры присутствуют две основные генерации минералов: первая, составляющая основной объем породы –  $Ol_{89,8-90,4} + En_{90,2-90,8} + Di_{91,8} + Chr$  ( $Cr^{\#} 32,3-36,6$ ,  $Mg^{\#} 67,2-70,0$ ) и вторая, развитая в тончайших ветвящихся прожилках –  $Pl An_{32-47} + Ol_{74,3-77,1} + Orx_{55,7-71,9} + Crx_{67,5} + Amph_{53,7-74,2} + Plm$ . Синдеформационные необласты оливина в зонах рекристаллизации имеют высокомагнезиальный состав. Эти гарцбургиты значительно обогащены редкими высокозарядными и редкоземельными элементами – Zr, Hf, Y, LREE, и концентрациями REE в целом. Специфика минерального и геохимического состава гарцбургитов связывается с процессом взаимодействия мантийных реститов с импрегнировавшими их водосодержащими и сильно фракционированными расплавами [4, 22, 24]. Минеральный состав прожилков в гарцбургитах и минералого-геохимические характеристики ассоциирующих плагиогранитов и габброноритов дают основание предполагать, что плагиограниты формировались из расплавов, остаточных после кристаллизации габброноритов. Окончательный облик этих гарцбургитов сформирован в ходе: а) частичного плавления вещества мантии, сопровождаемого субсолидусными деформациями, б) хрупко-пластических высокотемпературных деформаций, сопровождаемых катакластическим течением и рекристаллизацией, в) просачивания расплава вдоль зон максимальной разрядки напряжений и взаимодействия его с высокомагнезиальным мантийным реститом.

Анализ пространственных и временных вариаций магматической и тектонической активности и степени частичного плавления мантии в зоне центрального спрединга за период 5-20 млн. лет проведен по простиранию трансверсивного хребта, в основании южного склона трансформной долины разлома Вима в Атлантике на расстоянии около 165 км [9]. Поднятые породы представляют все основные литологические типы стандартного офиолитового разреза (океанической коры). Реститовые ультрамафиты: шпинелевые и плагиоклаз-шпинелевые лерцолиты и гарцбургиты, а также дуниты характеризуются широкими вариациями структур и состава, которые обусловлены различной степенью частичного плавления исходных ультрамафитов, взаимодействием реститов с просачивающимся расплавом, условиями деформаций на ранних этапах остывания реститов. На основании первичного состава мантийных перидотитов, типов контакта между перидотитами и габбро и типов деформаций и метаморфизма ультрамафитов и габбро, вдоль трансверсивного хребта выделен ряд доменов протяженностью от 19 до 30 км. Различия в составе пород этих доменов образованы в результате изменений режима спрединга (скорость/температура мантийного массопотока), изменениях уровня поверхности тектонического расслоения (detachment) и также изменений интенсивности последующих деформаций, метаморфизма, гидротермальных и метасоматических процессов за период 20 млн. лет.

(2) Протогранулярные грубозернистые структуры в океанских ультрамафитах редки. В скважинах глубоководного бурения (отчеты ODP) детально охарактеризованы петроструктуры

перидотитов с кристаллооптическими ориентировками оливина и энстатита, обусловленными трансляционным скольжением дислокаций при субсолидусном твердо-пластическом течении перидотитов. Наиболее распространены порфирикластические и милонитовые структуры в шпинелевых и плагиоклаз-содержащих лерцолитах, поднятых с океанского дна в рифтовых долинах и трансформных разломах [2, 4, 12]. В мантийных реститах разлома Вима в Атлантике присутствует весь ряд структур, образованных в ходе субсолидусных деформаций, а также при последующем снижении температур и возрастающем стрессе (скорости деформаций): протогранулярные → порфирикластические → бластомилонитовые → ультрамилонитовые → сланцеватые. Порфирикластические и милонитовые структуры перидотитов формировались как в сухих условиях, так и в присутствии флюида. При появлении флюида (воды) в ходе деформации происходила рекристаллизация пород с формированием новых метаморфических парагенезисов (оливин+амфибол+шпинель) и снижалась вязкость деформируемого материала, что проявилось в образовании разномасштабных складок течения и усилении сланцеватости пород. Наблюдения над контактами милонитов и крупнозернистых протогранулярных перидотитов и прожилками габбро с амфиболом, пересекающими минеральную уплощенность милонитов, дают основание считать милонитизацию ультрамафитов предшествующей образованию хрупко-пластических и хрупких деформаций, маркированных жилами или зонами амфиболизации. Подвороты, вязкие смещения плоскостных структур и полосчатости милонитов на контактах с жилами указывают на сдвиговую компоненту при хрупких деформациях. Распространение милонитов в лерцолитах, маркирующих рассеянные линейные зоны хрупко-пластического, катакластического течения, подтверждает вывод о предпочтительном развитии высокоскоростных деформаций в лерцолитовых комплексах. Образование высокотемпературных милонитов проходит при высоких скоростях деформаций и высоком дифференциальном стрессе – от 100 до 300 МПа. Представление об основных механизмах формирования милонитов – развитии краевых дислокаций с перемещениями (переползанием) их за границы зерен (creep – climb), межзерновом скольжении дислокаций, рекристаллизации и катаклазе – дает микроструктурный анализ пород вкуче с экспериментальными данными и теорией дислокаций кристаллических сред. Слабо истощенные базальтоидными компонентами лерцолиты выводятся в кору преимущественно в низко-скоростных зонах спрединга океанической коры – там, где мощность литосферы значительна. Именно эти геодинамические обстановки наиболее часто характеризуются обилием высокотемпературных тектонических срывов на границе кора – мантия. Поскольку милониты пересекают структуры массового субсолидусного течения и приурочены к границе перехода кора-мантия, прослеживаясь как в реститовых, так и коровых комплексах, можно предполагать, что они формировались на меньших глубинах, нежели складки течения. Намечена зависимость типа и условий деформаций от скорости спрединга: максимальные величины дифференциального стресса, рассчитанные для высокотемпературных ультраосновных милонитов (100-300 МПа) типичны в лерцолитовых разрезах, соотносимых с медленно-спрединговыми зонами в океанических хребтах и рифтах, тогда как в разрезах с преобладанием гарцбургитов, соотносимых с высокоскоростными или надсубдукционными центрами спрединга, развиты хрупко-пластические и хрупкие деформации, синхронные с образованием структур субсолидусного течения, проходящего при очень низких величинах дифференциального стресса и/или высоких температурах. Роль воды возрастает в ходе деформаций мантийных и габброидных комплексов во времени и вверх по разрезу. Прямые контакты габбро с лерцолитами и гарцбургитами наблюдались на многих участках Центральной Атлантики. Они представлены жилами габбро в перидотитах, магматическими брекчиями габбро-лерцолитового состава и ксенолитами и резорбированными сростками зерен ортопироксенов или отдельными зернами хромшпинелида, ортопироксена в габбро.

(3) Материалы по изотопии гелия, стронция и неодама в полно кристаллических глубинных породах Центральной Атлантики, а также по составу углеводородных газов в этих же породах позволяют оценить, в определенной степени, тип мантийного компонента в источнике расплава, а также меру вовлечения этого компонента в метаморфические и гидротермальные процессы, сопровождавшие формирование океанической коры (или меру вовлечения гидратированного корового материала в магматические и постмагматические процессы) [16].

Вариации изотопного состава гелия в серии пород и минералов, обнаженных в осевой зоне САХ на 5-6° с.ш., обусловлены различной степенью смешения ювенильного гелия, типичного

для стекол базальтов СОХ (магматический источник DMM) и атмосферного гелия. Присутствие значительных количеств атмосферного (радиогенного) гелия в плутонических породах отражает вовлечение морской воды либо гидратированного материала океанической коры в магматические/постмагматические процессы. Этот вывод подтверждается существованием положительной корреляции доли мантийного гелия (R) и  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ . Нормальные для источника MORB, DMM концентрации мантийного гелия в породах и минералах Центральной Атлантики свидетельствуют об отсутствии здесь плюмовых (NIMU, обогащенных) резервуаров. Породы характеризуются устойчивым изотопным составом неодима – около 0,5130 и устойчивым изотопным составом стронция для большей части габброидов и плагиогранитов – 0,7035 [5]. Эти характеристики отражают преобладающее влияние мантийного компонента PREMA и MORB в мантийном резервуаре под этим участком зоны спрединга САХ в интервале последних 1,2-1,5 млн. лет. Таким образом, изотопные характеристики пород и минералов отражают в целом, по-видимому, смешение двух главных компонентов мантийном источнике – PREMA и DMM. Детальные изотопные ( $^{188}\text{Os}/^{187}\text{Os}$ ), петролого-минералогические исследования перидотитов хребта Гаккеля также показали смешение мантийных источников при формировании расплавов, проходящих сквозь перидотиты и существенное их влияние на образование мелкомасштабной геохимической неоднородности мантийных пород [18]. Ассоциация гарцбургит-дунит-габбро-плагиогранит формировались в открытой системе, о чем свидетельствует соотношение изотопов гелия и неодима – обогащение изотопом  $^{144}\text{Nd}$  поздних дифференциатов (плагиогранитов) при одновременном снижении доли мантийного гелия. Уменьшение концентрации мантийного гелия в поздних дифференциатах, возможно, объясняется циркуляцией флюида, обогащенного материалом океанической коры. Соотношения изотопов гелия и метана в минералах и породах из осевых зон современного спрединга возможно использовать для выделения потенциально рудоносных (сульфидная минерализация) гидротермальных полей.

(4) Метаморфические хромшпинель-амфибол-оливиновые полосчатые породы, развивающиеся по перидотитовым бластомилонитам в условиях амфиболитовой фации метаморфизма, пространственно ассоциируют с зоной контакта ультрамафит – габбро и характеризуют пик прогрессивного метаморфического процесса в трансформных разломах. По составу и структуре эти породы сопоставимы с известными метаморфитами трансформного разлома и скал Св. Петра и Павла [17]. Формирование этих пород возможно происходило в зоне тектонического расслаивания (detachment zone) перидотитов вблизи петрологической границы Мохо под горячим габбро, с циркулирующим водным флюидом. Этот процесс тектонического расслаивания океанической литосферы, по-видимому, начинался в непосредственной близости от зоны центрального спрединга и возможно, совпадал по времени с периодом низкой магматической активности. Высокотемпературная гидратация ультраосновных пород (амфиболизация) сопровождается увеличением доли мантийного гелия, тогда как низкотемпературная – резким ее снижением (серпентинизация). Серпентинизация также сопровождается резким увеличением отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ .

Низкотемпературные метаморфиты – хлорит-серпентин-талек-актинолитовые, серпентин-талек-овые сланцы, часто плейчатые, с зеркалами скольжения, тектоническими брекчиями – прослеживаются на значительных по площади участках, разделяющих ультрамафиты, сохранившие первичные структуры и минералы. Хризотил-асбестовые, серпофитовые жилы характеризуют гидротермально-метасоматические преобразования ультрамафитов, сопровождавшие хрупкие деформации океанической коры в ходе развития трансформных зон.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные положения, характеризующие ультрамафиты Мирового океана, сводятся к следующим пунктам, которые были установлены на рубеже столетий. Состав пород и слагающих их минералов варьирует в очень широком диапазоне – от предельно деплетированных гарцбургитов в глубоководных желобах до слабо истощенных высокоглиноземистых лерцолитов в медленносрединговых зонах. На этом фоне существуют разномасштабные вариации состава, обусловленные а) разными условиями выведения мантийных пород (скорость спрединга, температура, начальная глубина подъема), т.е., условиями формирования эмбриональной океанической коры, и б) планетарной гетерогенностью верхней мантии. Последнее заключение подкрепляет-

ся новейшими изотопно-геохимическими исследованиями. Установлено также, что специфика минерального и геохимического состава ультрамафитов очень часто обусловлена процессом взаимодействия их с расплавами, поднимающимися из глубинных очагов плавления. Существование изолированных каналов транспортировки расплавов в мантии (сфокусированного течения расплавов) обуславливает мелкомасштабную изотопно-геохимическую неоднородность мантийных ультраосновных пород.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-05-00151.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев Л.В., Уханов, А.В., Шараськин А.Я. Петрохимические типы перидотитов мантии // Геохимия. 1976. № 8. С. 1160-1166.
2. Пейве А.А., Савельева Г.Н., Сколотнев С.Г., Симонов В.А. Тектоника и формирование океанической коры в области «сухого» спрединга Центральной Атлантики (7°10'-5° с.ш.) // Геотектоника. 2003. №2. С. 3-251.
3. Савельева Г.Н. Неоднородность верхней мантии в составах ультрабазитов офиолитов континентов и океанов // Твердая кора океанов (Проект «Литос»). 1987. М.: Наука, С. 19-27.
4. Савельева Г.Н., Бортников Н.С., Пейве А.А., Сколотнев С.Г. Ультраосновные породы впадины Маркова, рифтовая долина Срединно-Атлантического хребта // Геохимия, 2006. № 9. С. 1-17.
5. Савельева Г.Н., Бортников Н.С., Баянова Т.Б., Икорский С.И., Каменский И.Л. Изотопные Sm-Nd, Rb-Sr системы, захваченный He и углеводородные газы как маркеры источников расплава и флюидного режима при формировании океанической коры Срединно-Атлантического хребта в районе 5-6° с.ш. // Геохимия. 2008. № 8, С. 803-817.
6. Силантьев С.А. Вариации геохимических и изотопных характеристик реститовых перидотитов вдоль простираания Срединно-Атлантического хребта как отражение природы мантийных источников магматизма // Петрология. 2003. Т. 11. № 4, С. 334-362.
7. Силантьев С.А., Базылев Б.А., Доссо Л. и др. Связь плюмового магматизма и мантийного метасоматизма под Срединно-Атлантическим хребтом: петрологические и изотопно-геохимические свидетельства в породах перидотит-габбро-трондлемитовой ассоциации // Петрология. 2004. Т. 12. № 1. С. 3-21.
8. Bonatti E., Michael P.J., Mantle peridotites from continental rift to ocean basins to subduction zones // Earth Planet. Sci. Lett. 1989. 91. P. 297-311.
9. Bonatti E., Ligi M., Brunelli D., Cipriani A. et al. Mantle thermal pulses below the Mid-Atlantic Ridge and temporal variations in the formation of oceanic lithosphere // Nature. 2003. V. 423. P. 499-505.
10. Cannat M., Seylier M. Transform tectonic, metamorphic plagioclase and amphibolization in ultramafic rocks of Vema transform fault (Atlantic Ocean) // Earth and Planet. Sci. Lett. 1995. V. 133. P. 283-298.
11. Cannat M., Lagabrielle Y., Bougault H., Case J. et al. Ultramafic and gabbroic exposures at the Mid-Atlantic Ridge: geological mapping in the 15° N region // Tectonophysics. 1997. V. 279. P. 193-213.
12. Cannat M., Mevel K., Maia M., Deplus C. et al. Thin crust, ultramafic exposures, and rugged faulting patterns at the Mid-Atlantic Rige (22°-24°N) // Geology. 1995. V. 23. N 1. P. 49-52.
13. Dick H. J. Abyssal peridotites, very slow spreading ridges and ocean ridge magmatism // Saunders A.D., Noris M.J., eds., Magmatism and ocean basins. Geol. Soc. of London, Spec. Publ. 1989. V. 42. P. 71-105.
14. Dick H.J.B., Natland J.H. Late-stage melt evolution and transport in the shallow mantle beneath the East Pacific Rise // Proceedings of the Ocean Drilling Program. 1996. 147. P. 103-134.
15. Dick H.J.B., Lin J., Schouten H. An ultraslow spreading class of ocean ridge // Nature. 2003. V. 426. P. 405-412.
16. Dosso L., Hanan B.B., Bougault H. et al. Sr-Nd-Pb geochemical morphology between 10° and 17° on Mid-Atlantic Ridge: a new MORB isotope signature // Earth Planet. Sci. Lett. 1991. V. 6. P. 29-43.
17. Hekinian R., Juteau T., Gracia E et al. Submersible observations of Equatorial Atlantic mantle: The St. Paul Fracture Zone region // Marine Geophys. Res. 2000. V. 21. P. 529-560.
18. Hellebrand E., Snow J., Dick H., Handt A. Inherited depletion in the oceanic mantle. // 2008 AGU Chapman Conference on Dhallow mantle Composition and Dynamics. 5-Lherzolite Conference, 2008. Mount Shasta, CA, USA, P. 32.
19. Johnson K.T.M., Dick H.J.B., Shimizu N. Melting in the oceanic upper mantle - an ion microprobe study of diopsides in abyssal peridotites // Journal of Geophysical Research-Solid Earth and Planets. 1990. 95(B3). P. 2661-2678.
20. Michael P.J., Bonatti E., Peridotite composition from north Atlantic: regional and tectonic variation and implications for partial melting // Earth Plan. Sci. Lett. 1985. No 73. P. 91-104.
21. Michael P.J., Langmur G.H., Dick H., Snow J., Goldstein S.N. et al. Magmatic and amagmatic seafloor generation at the ultraslow spreading Gakkel ridge, Arctic ocean // Nature. 2003. V. 423. P. 956-961.

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-