

Земле Российской Академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2008. № 7(33). С. 133-143.

4. Волкова М.Г., Мехоношин А.С. Геохимия постколлизийных габброидов Южного Прибайкалья // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей. Мат-лы международной конференции. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. С. 139-143.

5. Полтавец А.Ю. Обсуждение титаномагнетитового геотермометра Баддингтона-Линдсли на основе сравнительного анализа равновесий шпинелидов магнетитовой серии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1975. № 6. С. 63-72.

6. Buddington A.F., Lindsley D.H. Iron-titanium oxide minerals and synthetic equivalents // Journ. of Petrology. 1964. V. 5. № 2. P. 310-357.

## **ПОЛИЗОНАЛЬНОСТЬ И ДИСКРЕТНОСТЬ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ УРАЛЬСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА**

**Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Нестерова С.И.**

*Институт геологии и геохимии УрО РАН Екатеринбург, Россия*

*e-mail: volchenko@igg.uran.ru*

## **POLYZONATION AND DISCRETENCY OF MAFITE-ULTRAMAFITE COMPLEXES OF THE URALS MOBILE BELT**

**Volchenko Yu.A., Koroteev V.A., Nesterova S.I.**

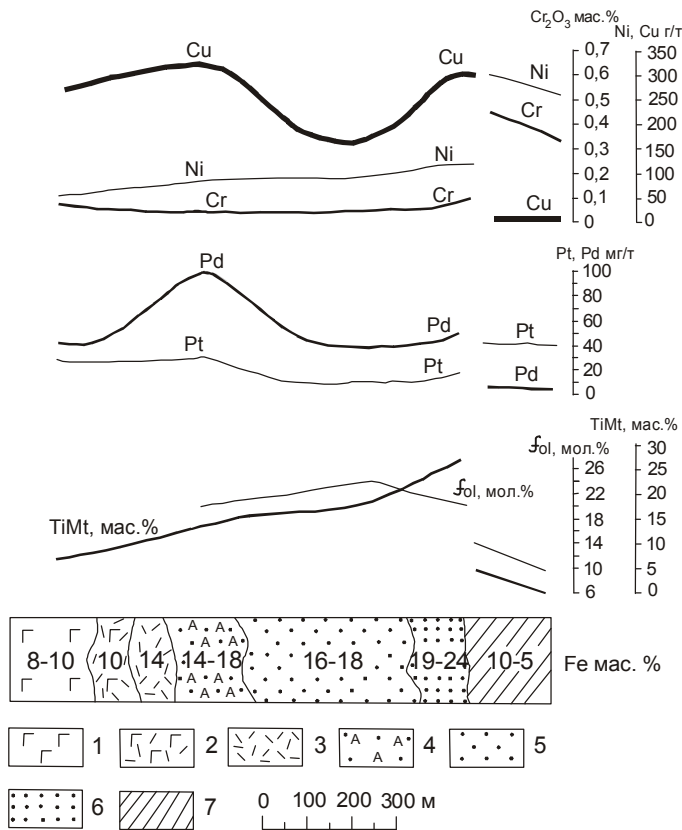
*Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Russia*

*e-mail: volchenko@igg.uran.ru*

Two different types of natural associations and ores which formation occurred in subcrustal and crustal conditions have been mapped and distinguished. For the first dunite-verlite-olivine-clinopyroxenite-tilaite association it was established single-type geochemical specialization on platinum with a following series of noble metal content decrease: Pr, Ru, Os, Ir, Pd, Rh, Au. For the second olivine-ferropyrroxenite-hornblendite-metagabbroid natural association it was established a through palladium (gold-platinum-palladium)specialization with a characteristic series of noble metal content decrease: Pd, Pt, Au, Ru, Os, Rh, Ir. Just spatial position of these two series of ore formation in the mafite-ultramafite complexes determines in general regional metallogenic zonation of the Urals mobile belt.

Несмотря на различные генетические пристрастия, большинство исследователей склонны рассматривать зональные, а точнее полизональные мафит-ультрамафитовые комплексы уральского подвижного пояса как единую рудно-геохимическую систему, ответственную за формирование генетически единого ряда рудных формаций от хромитовых, хромтитаномагнетитовых и иридиево-платиновых до безхромистых титаномагнетитовых, палладиевых и золото-палладиевых медно-сульфидных. При этом предполагается, что процесс накопления рудного вещества происходил перманентно в глубинных «сухих» высокотемпературных условиях, при умеренных и низких давлениях, по метаморфогенно-сегрегационной, либо кристаллизационно-дифференционной схемам. Возникновение же поздних наложенных зон и ареалов водного метаморфизма под воздействием глубинных высокотемпературных флюидов лишь усложняло общую картину процессов рудообразования, существенно не меняя первичных соотношений пород и руд. Однако еще 30 лет тому назад, после открытия в мафит-ультрамафитовых комплексах новых типов сульфидного и теллуридного платино-палладиевого оруденения [1, 2] были предприняты попытки обосновать гетерогенность и полизональность мафит-ультрамафитовых комплексов Урала на основе анализа степени неоднородности их геологических, геохимических и рудных полей. Нами были откартированы и выделены два генетически различных типа естественных ассоциаций пород и руд, формирование которых протекало соответственно в мантийно-коровых и коровых условиях. Дальнейшее изучение

состава и соотношения пород и руд в этих образованиях позволило получить новую информацию по дискретности процессов породо- и рудообразования в мафит-ультрамафитовых комплексах Уральского подвижного пояса. Для первой дунит-верлит-оливинит-клинопироксенит-тылаитовой естественной ассоциации установлена однотипная геохимическая специализация на платину при следующем характерном ряде содержаний благородных металлов: Pt, Ru, Os, Ir, Pd, Rh, Au. Выявлено закономерное возрастание средних содержаний платины от тылаитов (троктолитов) к оливиновым клинопироксенитам и дунитам (10-20-30-50 мг/т соответственно). В дунитах распределение платины и платиноидов контролируется параметрами состава и положением в разрезе дунитовых тел. Содержание платины при возрастании железистости дунитов от 6 до 12 мол.% увеличивается от 3-5 до 50-60 мг/т и в дальнейшем не растет. Среди основной массы таких «фоновых дунитов» нами впервые выявлены негативные геохимические аномалии по платине, к которым и приурочены хромит-платиновые рудные столбы и зоны, имеющие эпигенетическую природу. Из трех реально присутствующих в дунитах ассоциаций минералов платиновых металлов наиболее характерный и распространенный является ассоциация железо-платиновых сплавов с иридий, рутений и осмийсодержащими минералами – ферроплатиновый тип оруденения.



**Рис. 1. Распределение платиновых металлов (Pt, Pd), цветных металлов и хрома (Cu, Ni, Cr) по разрезу метагаббро-ферроклинопироксенитовых серий полизональных комплексов Урала.**

1 – метагаббро-нориты, 2 – амфибол-сосюритовое метагаббро, 3 – горнблендиты плагиоклазовые и безплагиоклазовые, 4 – амфиболлизированные клинопироксениты, 5 – магнетитовые клинопироксениты, 6 – оливиновые ферроклинопироксениты с участками магнетитовых оливинитов и верлитов, 7 – оливиновые клинопироксениты.

Изо-топно-геохимические и минералого-геохимические данные по ферроплатиновому типу указывают на мантийный источник генерации платиноидных элементов, конечная реализация которых в виде конкретного парагенезиса минералов происходила в условиях закрытой системы и сконцентрированного водно-щелочного флюида, отделившегося при эволюции рудно-магматической системы по той или иной модели [8, 9, 10]. Для второй оливинит-ферроклинопироксенит-горнблендит-метагаббровой естественной ассоциации установлена сквозная палладиевая (золото-платино-палладиевая) специализация при характерном ряде убывания благородных металлов: Pd, Pt, Au, Ru, Os, Rh, Ir. В магнетитовых оливинитах, магнетитовых клинопироксенитах и горнблендитах присутствует сульфидный палладиевый (высоцкитовый) тип оруденения с парагенными теллуридами, арсенидами и антимонидами палладия и минералами системы Pd-Cu. В клинопироксен-амфиболовом и двупироксеновом габбро в связи с высокосульфидной минерализацией волковского типа присутствует меренскиитовый тип палладиевого оруденения, а в низах разреза дифференцированного габбро в связи с апатитовыми оливинитами и клинопироксенитами малосульфидный меренскиит-котульскитовый тип палладиевого оруденения. Содержание ЭПГ изменяются в широких пределах от 30-70 мг/т до 500-1000 мг/т и более, но обычно в ферроклинопироксенитах не превышают 100 мг/т. В распределении ведущего ЭПГ палладия отмечаются три абсолютных максимума, приуроченных к габбро тыловых зон, горнблендитам и амфиболлизированным ферроклинопироксенитам притыловых зон, а так же к оливиновым разностям руд фронтальных зон

(рис. 1). Особо рассмотрим состав и строение реакционных фронтальных зон, возникающих на периферии титаномагнетитовых залежей и фиксирующих собой дискретность разрезов ультрамафитов ферроклинопироксенитовых комплексов. Мощность этих зон на ферромагнитных планах различных рудных залежей изменяется в широких пределах, но чаще всего составляет от 5 до 70 метров. Сложены они специфическими породами, одновременно обогащенными и оливином и магнетитом. Рудоносные ферроклинопироксениты фронтальных зон постоянно содержат рассеянную и повышенную вкрапленность сульфидов: халькопирита, пирита, борнита, кобальтина и др. По мере приближения к фронтальным зонам со стороны магнетитовых клинопироксенитов, составляющих основную массу руд, происходит одновременное нарастание содержания валового железа в рудах до 16-18 мас.%, количества свободного магнетита до 15-16% и более, железистость оливина и клинопироксена соответственно до 24 и 21 мол.%. Эти величины железистости сосуществующих силикатов являются предельными для титаномагнетитовых руд, и далее при переходе в область фронтальных зон железистость их в одних случаях остается постоянной, а в других даже несколько снижается (до 21 мол.% для оливина и 18 мол.% для пироксена), в то время как содержания валового железа и количества магнетита в рудах продолжают резко возрастать, достигая соответственно величин 20-24 вес.% и 20-30 вес.%, что является весьма характерным для этих фронтальных зон. Переход от фронтальных зон к оливиновым клинопироксенитам, верлитам или иным член рудовмещающей серии является резким и отчетливо ступенчатым. Содержания валового железа при этом падает до 8-10 вес.%, количество магнетита до 5 вес.% при резко отличном его составе. Железистость оливина и клинопироксена соответственно падает до 15 и 13 мол.% (рис. 1). Выявленная резкая ступенчатость многочисленных исследованных разрезов, наряду с другими структурными и минералого-геохимическими доказательствами свидетельствуют об отсутствии постепенности при переходе от оливиновых клинопироксенитов к магнетитовым клинопироксенитам. Отметим так же установленную нами впервые взаимосвязь процессов накопления железа и палладия в титаномагнетитовых рудах. Попытки придать зональности первого типа универсальный характер сопровождались, с одной стороны, стремлением отыскать постепенные взаимные переходы между всеми присутствующими типами горных пород и руд, с другой развитием представлений о нахождении в них генетически единого ряда взаимосвязанных рудных формаций. Такой подход нивелировал выявленную нами дискретность геологических разрезов ультрамафит-мафитовых комплексов, отводя их метагаббровым членам роль пассивных матриц. Однако довольно скоро выяснилось, что металлогеническая нагрузка, присущая зональности первого типа и зональности второго типа принципиально различна и тесно связана с геодинамическим режимом из формирования. Если для дунит-клинопироксенит-тылаитовых серий характерно магноферрихромитовое, хроммагнетитовое и самородное иридий-платиновое оруденение, то в ферроклинопироксенит-метагаббровых сериях присутствует безхромистое титаномагнетитовое, медносульфидно-титаномагнетитовое, сульфидное палладиевое, теллуридное палладиевое или золото-палладиевое оруденение. В первом случае выявленные типы оруденения характеризуют ряд рудных формаций, возникающих на ранних стадиях собственно геосинклинального процесса. Во втором – мы имеем дело с рудными формациями описанными в качестве типичных для габбровых комплексов платформенного типа. Очевидно, что пространственное положение этих двух рядов рудных формаций в мафит-ультрамафитовых комплексах и определяет в целом региональную металлогеническую зональность Уральского подвижного пояса. Проведенные исследования и сопоставление платиноносности ферроклинопироксенитовых ассоциаций Качканарского и Суроямского комплексов приводят к выводу об их принадлежности к разным фрагментам одного и того же Палладиеносного пояса Урала, выделение которого обосновано нами [3, 4, 5, 6, 7].

*Исследования проводятся в рамках Программы №2 ОНЗ РАН, проект «Металлогенические эпохи и провинции фанерозойских складчатых поясов: закономерности размещения различных типов минеральных месторождений в конвергентных и дивергентных геодинамических обстановках»*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волченко Ю.А., Нечухин В.М., Радыгин А.И. и др. Новый тип платиноидной минерализации в гипербазитах складчатых поясов // ДАН СССР. 1975. Т. 224. № 1. С. 182-185.

2. Волченко Ю.А., Бобров В.Н. Два типа зональности в платиноносных габбро-гипербазитовых комплексах геосинклиналей // III Уральское совещание «Рудоносные метасоматические формации Урала», тез. докл. Ч. 3. Свердловск, 1981. С. 6-7.
3. Волченко Ю.А., Фоминых В.Г., Нечехин В.М. Главные рудные геолого-геохимические системы Урала. М.: Наука, 1990. С. 79-96.
4. Волченко Ю.А., Золоев К.К., Коротеев В.А. и др. Новые и перспективные типы платинометалльного оруденения Урала // Геология и металлогения Урала. Кн. 1. Екатеринбург, 1998. С. 238-255.
5. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Неустроева и др. Новые золото-платино-палладиевые проявления Палладиеносного пояса Урала // Ежегодник-2006. Екатеринбург, 2006. С. 214-220.
6. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Иванов К.С. и др. Палладиеносный пояс Урала // Минералогия Урала-2007. Миасс, 2007. С. 9-14.
7. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Иванов К.С. Платиноносный и Палладиеносный пояса Урала: общие перспективы платиноносности Севера Урала // Уральская минералогическая школа-2008. Екатеринбург, 2008. С. 11-20.
8. Генкин А.Д. Последовательность и условия образования минералов платиновой группы в Нижне-Тагильском дунитовом массиве // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. № 1. С. 41-48.
9. Иоган З., Онешитеттер М. Силикатные включения в изоферроплатине из интрузивных комплексов аляскинского типа: генетическое значение // VII Международный Платиновый Симпозиум. Тез. докл. М.: Наука, 1994. С. 42-43.
10. Hattori K., Cabri L.J. Origin of platinum-group minerals nuggets inferred from osmium-isotope study // Canad. Mineralogist. 1992. V. 30. Pt. 2. P. 289-301.

## ПРЕВРАЩЕНИЕ АНТИГОРИТА В МЕТАСТАБИЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ

**Ганбаров Д.М.\*, Алиева Г.М.\*, Ширин-заде И.А.\*, Мамедова Г.А.\*, Абдуллаев З.Б.\*\***

*\*Институт химических проблем НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан*

*\*\*Институт геологии НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан*

*e-mail: zakir\_garaca@mail.az*

## TRANSFORMATION OF ANTIHORITE INTO METASTABLE CONDITION

**Ganbarov D.M.\*, Aliyeva G.M.\*, Shirin-zade I.A.\*, Mamedova G.A.\*, Abdullayev Z.B.\*\***

*\*Institute of Chemical Problems ANAS, Baku, Azerbaijan*

*\*\*Institute of Geology ANAS, Baku, Azerbaijan*

*e-mail: zakir\_garaca@mail.az*

By the method of a thermal elaboration there has been obtained metaantihorite from the antihorite mineral. By the roentgenographic and derivatographic methods of analysis it has been established that antihorite in metastable condition can be obtained at the temperature 645°C in the period of 50 minutes.

Как известно, идеальный состав минералов группы серпентина, в том числе антигорита, характеризуется химической формулой  $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$ . Однако многочисленные анализы серпентинов из различных регионов показывают, что они, кроме  $MgO$ ,  $SiO_2$  и  $H_2O$ , в большинстве случаев содержат еще  $Fe_2O_3$ . Нами по возможности были использованы образцы антигорита с минимальным содержанием окислов железа. Антигорит является одной из полиморфных модификаций минералов группы серпентина [1-4], но известны и другие его модификации, как лизардит и хризотил. Эти модификации, обладая аналогичным химическим составом и слоистой структурой, различаются между собой деформацией кристаллической решетки и морфологией кристаллов.

Комплексными физико-химическими методами выделена антигоритовая модификация среди этих разновидностей и определен химический состав использованных образцов (в вес.%):  $SiO_2$  – 40,94;  $Al_2O_3$  – 1,45;  $Fe_2O_3$  – 0,84;  $FeO$  – 2,00;  $MnO$  – 0,5;  $MgO$  – 40,48;  $CaO$  – 0,06;  $Na_2O$  – 0,64;  $K_2O$  – 0,36;  $NiO$  – 0,17;  $H_2O$  – 12,74.