

**УЛЬТРАМАФИТЫ И МАФИТЫ ПЕКУЛЬНЕЙСКОГО КОМПЛЕКСА (ЧУКОТКА):
ВЫСОКОБАРИЧЕСКИЕ ОСТРОВОДУЖНЫЕ КУМУЛЯТЫ**

Леднева Г.В.*, Базылев Б.А., Кононкова Н.Н.**, Ишиватари А.*****

**Геологический институт РАН, Москва, Россия*

e-mail: ledneva@ilran.ru

***Институт геохимии и аналитической химии РАН, Москва, Россия*

e-mail: bazylev@geoki.ru

****Центр исследований северо-востока Азии, Университет г. Тохоку, Тохоку, Япония*

e-mail: geoishw@cneas.tohoku.ac.jp

**ULTRAMAFIC AND MAFIC ROCKS OF THE PEKUL'NEY COMPLEX (CHUKOTKA):
HIGH-PRESSURE ISLAND-ARC CUMULATES**

Ledneva G.V.*, Bazylev B.A., Kononkova N.N.**, Ishiwatari A.*****

**Geological Institute RAS, Moscow, Russia*

e-mail: ledneva@ilran.ru

*** Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow, Russia*

e-mail: bazylev@geoki.ru

****Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, Tohoku, Japan*

e-mail: geoishw@cneas.tohoku.ac.jp

Compositions of associated minerals and an order of their crystallization were defined in rocks of the deep-seated Pekul'ney complex of cumulate ultramafic and mafic rocks. This complex was originated from a parent boninitic melt in a suprasubduction setting. As magma differentiated, the olivine-chromian spinel-clinopyroxene assemblage was accompanied by hornblende and orthopyroxene. When olivine and orthopyroxene crystallization was seized, a hercynite and garnet joined a clinopyroxene. More evolved magmas produced an epidote along with garnet and hornblende. A plagioclase appeared only at the latest stage of magma differentiation, and it was resulted in anomalously high Al_2O_3 (up to 14.3 wt %) contents in clinopyroxene. The comparison of our and experimental data suggests the Pekul'ney complex generation at pressure of ~12-13 kbars. Thus, the Pekul'ney complex is probably the deepest subduction-related cumulate complex, which is known up to date, and reflects composition of the deepest horizons of the island-arc lower crust.

Дифференциация примитивных расплавов мантийного происхождения в глубинных магматических очагах рассматривается как один из принципиальных механизмов формирования нижней коры островных дуг. При этом парагенезисы и составы кумулятивных минералов и остаточных расплавов зависят от составов материнских расплавов и условий их кристаллизации (температуры, давления, содержания воды) [10] и принципиально отличаются от продуктов дифференциации магм при низком давлении. Вместе с тем, высокобарические плутонические комплексы – редкие геологические объекты в аккрецированных палеодугах. Они описаны в мезозойских дугах Кохистан в Пакистане и Талкитна на Аляске. В настоящей работе мы представляем результаты исследования глубинного кумулятивного Пекульнейского ультрамафит-мафитового комплекса.

Пекульнейский комплекс расположен на центральной Чукотке в пределах одноименного хребта, выделяемого при тектоническом районировании в самостоятельный сегмент Западно-Корякской складчатой системы. В структуре хребта различают автохтон, аллохтон и неоавтохтон, рассматриваемые в различном объеме [1, 2, 11]. Изученный ультрамафит-мафитовый комплекс является по данным наших геологических наблюдений частью автохтона, где он представлен несколькими тектоническими блоками линзовидной формы, выстраивающимися в цепочку субмеридионального простирания протяженностью свыше 100 км. Автохтон сложен позднеюрскими-раннемеловыми вулканогенными и осадочными отложениями разных стадий эволюции островной дуги и более древними пара- и ортогнейсами [1], возраст метаморфизма которых составляет 246 ± 68 (Sm-Nd изохронный возраст, [3]) и $236,7 \pm 8,6$ млн. млн. (монацит, CHIME, [7]). Возраст пород Пекуль-

нейского комплекса принимается как позднепалеозойский (~290-300 млн. лет) на основе датирования валовых проб из пачек дунитов-пироксенитов и пироксенитов-метагаббро и валовых проб и минералов гранатовых и гранат-шпинелевых пироксенитов Sm-Nd изо-хронным методом [3].

Породы Пекульнейского комплекса изучались в шести различных блоках. Все блоки пород Пекульнейского комплекса имеют тектонические контакты по крутопадающим разломам. В приконтактных зонах породы блоков милонитизированы, будинированы и брекчированы, интенсивно серпентинизированы и локально лиственитизированы. В центральных частях блоков породы комплекса обнаруживают расслоенное строение и включают (в сильно генерализованном виде) три пачки. Нижняя пачка, «дунит-перидотитовая» (мощностью до 500 м), сложена дунитами (в том числе клинопироксенсодержащими), верлитами (в том числе роговообманковыми и ортопироксеновыми), оливинными и оливин-клинопироксеновыми вебстеритами и оливинными и оливин-роговообманковыми клинопироксенитами. Средняя пачка, «пироксенитовая» (мощностью до 50 м), сложена роговообманково-герцинитовыми вебстеритами и клинопироксенитами и гранат-герцинит-роговообманково-клинопироксеновыми породами с сильно варьирующим минеральным составом. Верхняя пачка, «габбровая» (мощностью до 300 м), сложена клинопироксенитами, горнблендитами, плагиоклазовыми и гранатовыми разновидностями этих пород, а также метагаббро и гранатовыми метагаббро. Характер расслоенности пород на разных участках разреза различен; отмечаются как слои мощностью в десятки метров, сложенные массивными породами, так и слои мощностью в десятки метров, сложенные сантиметровым и дециметровым переслаиванием. Направление падения слоев в разных блоках на северо-восток, реже на юго-запад под крутыми углами; смена пачек пород происходит в северо-восточном направлении.

Судя по результатам исследования ультрамафитов, кристаллизация пород комплекса происходила в надсубдукционной геодинамической обстановке из примитивного расплава мантийного происхождения, близкого по составу к бонинитовому [5, 9]. На это указывают как составы наиболее ранних кумулятивных минералов в дунитах (хромистость шпинелида 0,750, магнезиальность оливина 92,3), так и геохимические особенности пород. В частности, расчетный состав исходного расплава показывает обогащение крупноионными литофильными элементами относительно высокзарядных, что типично для магм надсубдукционного происхождения [9].

Породы комплекса претерпели интенсивный и неоднократный метаморфизм, который привел к замещению первичных минералов метаморфическими. Наиболее интенсивно процессы метаморфизма повлияли на «габбровую» часть комплекса, особенно лейкократовую, в породах которой плагиоклаз полностью замещен агрегатом, эпидота, цоизита (местами с альбитом) и вторичного граната, а первичный гранат, клинопироксен и роговая обманка сохранились лишь в редких реликтах.

Однако для всех исследованных пород «дунит-перидотитовой» и «пироксенитовой» пачек из разных блоков такие параметры состава сосуществующих первичных минералов как магнезиальность, содержания глинозема, титана и хромистость хорошо коррелируют друг с другом, что свидетельствует о формировании этих пород за счет эволюции единого родоначального расплава при близких P-T-параметрах. Петрографическое и микронзондовое исследование позволило уточнить последовательность кристаллизации первичных минералов в породах комплекса.

Клинопироксен, возможно, кристаллизовался уже в составе наиболее ранней ассоциации вместе с оливинном и шпинелью. Из несколько более дифференцированных расплавов, помимо оливина, хромшпинелида и клинопироксена, начиналась кристаллизация роговой обманки и ортопироксена. Первичномагматическая природа этих фаз подтверждается их идиоморфным или округлым габитусом и наличием включений этих фаз в оливине и клинопироксене. В ходе кристаллизации этой ассоциации магнезиальность оливина постепенно понижается до 79,2, хромистость шпинелида падает до 0,04, содержание глинозема в клинопироксене повышается до 5,2 мас. %, а его магнезиальность понижается до 86,7.

Из более дифференцированных расплавов оливин не кристаллизуется, а кристаллизация клинопироксена, ортопироксена и роговой обманки сопровождается интенсивной кристаллизацией герцинита (с хромистостью ниже 0,01).

Затем к данной минеральной ассоциации добавляется гранат альмандин-гроссулярового ряда с содержанием 7,7 мас. % CaO и 12,7 мас. % MgO. В ходе дифференциации содержание

кальция в гранате увеличивается, а содержание магния понижается. Первичномагматический гранат содержит мелкие округлые включения роговой обманки, клинопироксена и герцинита, и сам присутствует в виде идиоморфных включений в клинопироксене и роговой обманки. Кристаллизация ортопироксена прекращается вскоре после начала кристаллизации граната.

Кристаллизация герцинита и граната совместно с клинопироксеном и роговой обманкой продолжается с понижением магнезиальности клинопироксена по крайней мере до 64,0. На некоторой стадии к этой минеральной ассоциации добавляются плагиоклаз и эпидот. Присутствие первичного плагиоклаза в виде интерстициальных или короткопризматических зерен устанавливается по характерным эпидот-цоизитовым псевдоморфозам, присутствие первичномагматического эпидота – по пойкилитовым срастаниям его с гранатом и роговой обманкой, по присутствию округлых идиоморфных включений роговой обманки в пойкилитовых зернах эпидота, по концентрической зональности в крупных короткопризматических зернах эпидота.

Последовательность кристаллизации клинопироксена, ортопироксена, герцинита, граната, плагиоклаза в породах Пекульнейского комплекса, а также составы минералов в данных ассоциациях близки к полученным в экспериментальных работах по высокобарической кристаллизации водосодержащих расплавов состава глиноземистых базальтов и андезитов [10] при 12 кбар в интервале температур 1230-1030°C при содержании воды порядка 5-6%. Совместная кристаллизация граната и эпидота (в ассоциации с роговой обманкой) из тоналитового (андезитового) расплава в водонасыщенных условиях, по экспериментальным данным, происходит при 13-14 кбар и 790°C [12]. Эти данные свидетельствуют о вероятной изобарической кристаллизации изученных пород и позволяют оценить давление формирования Пекульнейского комплекса как 12-13 кбар.

Максимальное содержание глинозема в клинопироксенах надсубдукционных кумулятивных комплексов является показательным индикатором глубины их формирования. В клинопироксенах из пород комплекса Чилас в Пакистане оно составляет 6 мас. % (в одном образце зафиксировано содержание 7,28 мас. %) при оценке давления кристаллизации в 6-7 кбар [8]; в клинопироксенах из пород комплекса Тонзина на Аляске – 8,85 мас. % при оценках давления в 9,5-11 кбар [6]. В породах Пекульнейского комплекса были установлены клинопироксены с содержаниями Al_2O_3 до 10,9 мас. % [4], а в одном из исследованных нами образцов – 14,3 мас. %.

Таким образом, Пекульнейский комплекс, по-видимому, представляет собой наиболее глубинный из известных на настоящее время кумулятивных комплексов, сформированных в надсубдукционной обстановке.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 09-05-92103 и 09-05-01054).

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов О.Л. Геологическое строение и тектоническая эволюция центральной Чукотки. М.: ГЕОС, 2001. 201 с.
2. Некрасов Г.Е. Новые данные о тектоническом строении хребта Пекульней (левобережье р. Анадырь) // Докл. АН СССР. 1978. Т. 238. № 6. С. 1433-1436.
3. Некрасов Г.Е., Журавлев Д.З. Sm-Nd изотопная систематика в породах нижней коры южной части хребта Пекульней (поздние мезозоида Чукотки) // ДАН. 2000. Т. 372. № 3. С. 373-377.
4. Перцев А.Н. Плутонические ультрамафиты хребта Пекульней и их минеральные ассоциации (дисс. ... канд. геол.-мин. наук). Магадан: СВКНИИ, 1988. 194 с.
5. Bazylev B.A., Ledneva G.V., Pertsev A.N., Ishiwatari A., Hayasaka Ya., Sokolov S.D. Petrology of the ultramafic-mafic complex of the Pekulney Range // Тектоника и металлогения северной Циркум-Пацифики и Восточной Азии: Материалы всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти Л.М. Парфенова. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2007. С. 29-31.
6. DeBari S.M., Coleman R.G. Examination of deep levels of an island arc: evidence from Tonsina ultramafic-mafic assemblage, Tonsina, Alaska // J. Geophys. Res. 1989. V. 94. No B4. P. 4373-4391.
7. Ishiwatari A., Hayasaka Y., Koizumi K., Ledneva G.V., Bazylev B.A., Palandzhyan S.A., Morozov O.L., Sokolov S.D. Garnet metagabbro-ultramafic complexes in the Pekulney Range, northeast Russia: their age and geological significance // JSPS. 2007. K129-006.
8. Jagoutz O., Mьntener O, Ulmer P., Pettke T., Burg J.-P., Dawood H., Hussain S. Petrology and mineral chemistry of lower crustal intrusions: the Chilas complex, Kohistan (NW Pakistan) // J. Petrol. 2007. V. 48. No 10. P. 1895-1953.

9. *Ledneva G.V., Bazylev B.A., Ishiwatari A., Hayasaka Y., Sokolov S.D.* Ultramafic-mafic complex of the Pekulney Range (Chukotka, NE Russia): The evaluation of the initial melt composition // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2008. V. 72. No 12S. P. A522.

10. *Müntener O., Kelemen P.B., Grove T.L.* The role of H₂O during crystallization of primitive arc magmas under uppermost mantle conditions and genesis of igneous pyroxenites: an experimental study // *Contrib. Miner. Petrol.* 2001. V. 141. P. 643-658.

11. *Palandzhyan S.A.* Ophiolite belts of the Koryak Upland, northeast Asia // *Tectonophysics*. 1986. V. 127. P. 341-360.

12. *Schmidt M.W., Thompson A.B.* Epidote in calc-alkaline magmas: An experimental study of stability, phase relationships, and role of epidote in magmatic evolution // *American Mineralogist*. 1996. V. 81, P. 462-474.

СТРУКТУРА И СОСТАВ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ МАССИВОВ КАК СВИДЕТЕЛЬСТВО ИХ ПОЛИГЕННОГО ФОРМИРОВАНИЯ

Леснов Ф.П.

*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия
e-mail: felix@uiggm.nsc.ru; lesnovf@academ.org*

STRUCTURE AND CONSTITUTION OF MAFIC-ULTRAMAFIC MASSIFS AS EVIDENCE THEIR POLYGENIC ORIGIN

Lesnov F.P.

*Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
e-mail: felix@uiggm.nsc.ru; lesnovf@academ.org*

Author's own and literature materials on the structural position, internal pattern and material constitution of mafic-ultramafic massifs located in the folded regions being mainly ophiolite associations, had been generalized. Ultramafites represented by mantle restites (lherzolites, harzburgites, dunites), form protrusions that later were intruded by gabbroid intrusions, mainly composed by gabbro and gabbronorites. Contact-reaction zones located along the borders between gabbroid intrusive and ultramafic protrusions are composed by hybrid gabbroids (taxitic olivine gabbro, troctolites, etc.) and hybrid ultramafites (wehrlites, clinopyroxenites, websterites, their olivine- and plagioclase-bearing varieties, etc.). Polygenic and polychronic formation model had been substantiated for such complex mafic-ultramafic massifs that are widely spread both in folded and platform regions.

На протяжении последних десятилетий нами обсуждались различные аспекты геологии, петрологии, петрохимии, геохимии, минералогии и металлогении разнотипных мафит-ультрамафитовых массивов, распространенных в складчатых областях и преимущественно относимых к офиолитовым ассоциациям. На основе этих материалов была предложена полигенная модель формирования подобных массивов [1-16,18]. Ниже эти материалы суммированы и несколько дополнены.

Мафит-ультрамафитовые массивы (МУМ), расположенные в пределах, как складчатых областей, так и на платформах, характеризуются широкими вариациями всех своих параметров. На мелкомасштабных структурно-геологических картах обычно наблюдается более или менее отчетливо выраженное линейное расположение МУМ, что хорошо видно, в частности, на глобальной схеме расположения офиолитовых МУМ [17]. Это свойство МУМ обусловлено их тесной структурной связью с зонами долгоживущих глубинных разломов. Большинство МУМ имеют в плане удлиненно-линзовидную форму и трассируют как главные, так и опережающие разломы. Массивы, приуроченные к узлам пересекающихся разломов, нередко имеют субизометричные в плане формы. Первоначальная форма многих массивов осложнена более поздними блоковыми деформациями. Линейные размеры МУМ колеблются от сотен метров до сотен километров по длинной оси, и от десятков метров до десятков километров – по короткой, а площади