

**ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ И ИЗОТОПНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ
ИСТОЧНИКОВ ВЕЩЕСТВА ПРОМЫШЛЕННО-РУДОНОСНЫХ УЛЬТРАМАФИТ-
МАФИТОВЫХ ИНТРУЗИВОВ НОРИЛЬСКОГО РЕГИОНА (РОССИЯ)**

Малич К.Н., Туганова Е.В.

*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ),
Санкт-Петербург, Россия
e-mail: dunite@yandex.ru*

**PETROLOGIC, GEOCHEMICAL AND ISOTOPIC HETEROGENEITY
OF SUBSTANCE SOURCES IN ECONOMIC ULTRAMAFIC-MAFIC INTRUSIONS
OF THE NORIL'SK REGION (RUSSIA)**

Malitch K.N., Tuganova E.V.

*All-Russian Geological Research Institute (VSEGEI), St. Petersburg, Russia
e-mail: dunite@yandex.ru*

New mineralogical, geochemical and isotope-geochemical data for different rock lithologies of the Noril'sk-type ore-bearing intrusions have been presented for the first time. The results obtained imply that economic ultramafic-mafic intrusions are comprised by distinct lithological units, which derived from different sources. Close relationship of ultramafic rocks and PGE-Cu-Ni deposits imply that ultramafic materials are intrinsic to petrogenesis of the Noril'sk-type ultramafic-mafic intrusions.

Несмотря на длительное изучение расслоенных интрузивов, с которыми ассоциирует различное по масштабу комплексное сульфидное платиноидно-медно-никелевое оруденение, проблемы генезиса их пород и руд, источников силикатного и рудного вещества остаются предметом непрекращающихся дискуссий на протяжении XX столетия и до настоящего времени.

Генетическая связь сульфидного (платиноидно-медно-никелевого) оруденения с ультраосновным магматизмом признается многими исследователями. Вместе с тем, некоторые разделяют представление о единой исходной магме толеитового состава, из которой в процессе кристаллизационно-гравитационной дифференциации образовались промышленно-рудноносные интрузивы, в том числе норильского типа. В то же время представления о природе связи, времени и способе формирования оруденения трактуются по-разному. Есть сторонники ликвационно-магматической, гидротермальной или гидротермально-метаморфогенной точек зрения. Некоторые исследователи связывают формирование платиноидно-медно-никелевых месторождений с процессами метасоматоза, регионального метаморфизма и т.д. Каждая из гипотез имеет свои положительные стороны и те или иные недостатки. Выполненные исследования с применением комплекса общегеологических, петролого-геохимических и изотопно-геохимических подходов позволяют считать, что образование талнахско-норильских интрузивов и месторождений не является одноактным событием, а связано с достаточно длительной эволюцией в процессе мантийно-корового взаимодействия с участием глубинных флюидов.

В разрезе промышленно-рудноносных интрузивов Норильского региона различаются два основных мегагоризонта: вверху габброидный (габбро-диориты, безоливиновые, оливинсодержащие и оливиновые габбро) и внизу – ультрамафитовый (так называемый «пикритовый», сложенный плагиооливинитами, плагиоверлитами, рудными оливинитами, частично меланотроктолитами) и перекристаллизованными ультрамафитами – «такситами».

Расслоенность верхнего мегагоризонта обусловлена характерной дифференциацией интрузивов – производных базальтовой магмы. По составу габброиды насыщены SiO_2 , обогащены Al_2O_3 , CaO , TiO_2 и щелочами, содержат парагенезис пород и рудных минералов, свойственный толеитам (плагиоклаз An_{50-65} , клинопироксен с повышенной титанистостью, оливин, содержащий 30-50% фаялитового компонента, обычно замещенный илдингситом; среди рудных минералов – титаномагнетит, ильменит, пирит, редко пирротин). Содержания меди, никеля, кобальта в породах ничтожны, платиноиды отсутствуют.

Нижний мегагоризонт дискретно отличается от верхнего химическим, минералогическим и геохимическим составом [6-8 и др.]. Породы сложены оливином, достигающим 70-80% (Fe_{15-26}), присутствуют клинопироксен и ортопироксен (до 15-20%) и незначительное количество ксеноморфного плагиоклаза (An_{90-100}), заполняющего промежутки между оливином, реже клинопироксенами. Характерно присутствие хромита (до 7%), образующего скопления и прерывистые цепочки, что роднит эти породы с дунитами. Отличительной особенностью ультраосновных пород является их структура – панидиоморфнозернистая, пойкилитовая, сидеронитовая, катакласическая. Катаклиз является следствием сильного давления, вероятно при перемещении ультрамафитов в твердопластичном состоянии со значительных глубин. Сильная трещиноватость ультрамафитов отмечалась ранее В.В. Золотухиным [3] и М.К. Ивановым с соавторами [4]. К нижнему мегагоризонту приурочено вкрапленное сульфидное оруденение платиноидно-медно-никелевого состава с кондиционными содержаниями этих элементов. Породы имеют всегда высокие содержания H_2O (3.5-5.6%) и недосыщены SiO_2 (40-44%).

Нижняя часть ультрамафитового горизонта подверглась неравномерно проявленному метасоматозу (дебазификации) с образованием так называемых «такситов», характеризующихся широко варьирующим химическим и минералогическим составом. На принадлежность к ультрамафитам указывает недосыщенность SiO_2 (40-44%), повышенное количество хрома (до 0.08%) и реликты плагиоперидотитов. Породы также содержат богатую вкрапленность сульфидов никеля и меди с платиноидами.

Нижний мегагоризонт (перидотиты и дебазифицированные «такситы») не могли образоваться при кумуляции оливина и являются продуктом прямой консолидации вещества ультрамафитового состава или «отторженцами» глубоких частей мантии, богатой сульфидами, платиной, палладием, золотом, никелем, кобальтом и хромом. Они раньше, чем породы верхней части интрузивов (производных толеитовой магмы) взаимодействовали с земной корой. Кроме геохимического и петрологического состава пород об этом свидетельствуют и изотопно-геохимические данные [8-13 и др.]. Анализ Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb и Lu-Hf систематик позволяет считать, что условия образования верхнего и нижнего мегагоризонтов, слагающих интрузивы, различны.

Данные Rb-Sr систематики выявили изотопную неоднородность породных мегагоризонтов, что позволяет предположить существование различных источников вещества, сформировавших промышленно-рудноносные интрузивы. Все породы интрузивов значительно превышают начальные отношения $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.7035-0.7045) недеплетированной мантии [1]. При этом, увеличение начального изотопного состава стронция контролируется следующей вещественной последовательностью: плагиоклаз – пироксен – порода в целом – вкрапленная сульфидная руда – массивная сульфидная руда. Наиболее радиогенный состав стронция выявлен в сульфидном веществе (26 образцов), в котором ($^{87}Sr/^{86}Sr$)₀ варьирует от 0.7085 до 0.7112. Избыток радиогенного стронция в породах этих интрузивов над мантийными значениями подчеркивает сложность процесса их образования, что связано, видимо, с существованием промежуточного магматического очага (на границе кора-мантия или в пределах земной коры), обогатившего магму радиогенным стронцием. Неоднородность содержания стронция в интрузивах связана как со взаимодействием с земной корой, так и с наложенными сопутствующими процессами (концентрированным потоком тепла, энергии разноглубинного вещества, глубинных флюидов).

U-Pb изотопные данные, базирующиеся на изучении цирконов из пород промышленно-рудноносных интрузивов, позволили выявить ранее неизвестные стадии магматической активности в регионе [11,12 и др.], которые предшествовали толеит-базальтовому магматизму Сибирской платформы, имеющему возраст ~250 млн. лет [14]. В частности, для Хараелахского интрузива было установлено четыре группы цирконов, которые характеризуются различными морфологическими, геохимическими, U-Pb и Hf-изотопными параметрами. Существенный промежуток времени, представленный различными группами U-Pb возрастов (347±16, 265,7±11, 253,8±1,7 и 235,7±6,1 млн. лет) демонстрирует длительную временную эволюцию пород Хараелахского интрузива – с середины Палеозоя до раннего Мезозоя [12]. По начальному «радиогенному» изотопному составу гафния (ϵHf в диапазоне от +5 до +19) подавляющее количество цирконов промышленно-рудноносных Норильского, Талнахского и Хараелахского интрузивов обладают параметрами, которые свойственны или близки таковым для «ювенильного» мантийного источника

[5, 12 и др.]. При этом цирконы ультрамафитового мегагоризонта характеризуются несколько менее радиогенным изотопным составом гафния по сравнению с таковым цирконов габброидного мегагоризонта.

Примечательно, что для Хараелахского интрузива подчиненная группа цирконов (цирконы второго типа), характеризуется менее «радиогенным» Hf изотопным составом, чем в других изученных цирконах (типы цирконов 1, 3 и 4), указывая на возможное взаимодействие с веществом древней коры [12]. Hf-изотопные характеристики цирконов находятся в соответствии с Nd-изотопным составом пород: и те и другие отвечают значениям «мантийной последовательности» («mantle array») в понимании [15]).

Ультрамафиты (плагиоперидотиты) выявлены только в интрузивах, с которыми ассоциирует массивное (до 20-40 м мощности) и богатое вкрапленное сульфидное платиноидно-медно-никелевое оруденение, формирующие уникальные месторождения. Присутствие таких пород является главным поисковым критерием на обнаружение крупных и уникальных месторождений. На Сибирской платформе в поле широкого развития базальтов и долеритов плагиоперидотиты не были встречены, так как они приурочены к палеорифтогенным системам [2]. О связи с глубокими горизонтами тектоносферы Земли и взаимодействии мантийного вещества различных геохимических уровней свидетельствуют не только петрологические, но и геофизические данные [7, 8 и др.]. В основании коры Норильского региона, судя по сейсмическим данным, располагается переходная зона с повышенной против оболочек земной коры скоростью продольных волн (7,3 км/с), что является, видимо, следствием инъекции ультрамафитового материала (в настоящее время разуплотненного в связи с серпентинизацией) в подкоровую часть литосферы – появление здесь «магматического подстилания». Мощность переходной зоны 5-10 км. Располагается она на глубинах 32-43 км, где, вероятно, и происходили обособление и концентрация сульфидного расплава, который вместе с ультрамафитами транспортировался в раннем триасе базальтовой магмой к поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Балашиов Ю.А.* Изотопно-геохимическая эволюция мантии и коры Земли. М.: Наука, 1985. 221 с.
2. Геология и полезные ископаемые России. Т. 3. Восточная Сибирь // Ред. Н.С. Малич, Е.П. Миронюк, Е.В. Туганова. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2002. 396 с.
3. *Золотухин В.В.* Основные закономерности прототектоники и вопросы формирования рудоносных трапповых интрузий. М.: Наука, 1964, 177 с.
4. *Иванов М.И., Иванова Т.К., Тарасов А.В., Шатков В.А.* Особенности петрологии и оруденения дифференцированных интрузий Норильского рудного поля (месторождения Норильск-1, Норильск-2, горы Черной) // Петрология и рудоносность талнахских и норильских дифференцированных интрузий. Л.: Недра, 1971. С. 197-304.
5. *Малич К.Н., Баданина И.Ю., Белоусова Е.А., Гриффин В.Л., Кнауф В.В., Петров О.В., Пирсон Н.Дж., Туганова Е.В.* Контрастные магматические источники в ультрамафит-мафитовых интрузивах Норильского региона (Россия): Hf-изотопные данные в цирконе // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Мат-лы. докл., Т. 2. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. С. 35-38.
6. *Туганова Е.В.* Генетическая модель сульфидной никелево-медной формации норильского типа // Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука, 1988. С. 197-204.
7. *Туганова Е.В.* Петролого-геодинамическая модель образования сульфидных Si-Ni месторождений // Геология и геофизика. 1991. № 6. С. 3-11.
8. *Туганова Е.В.* Формационные типы, генезис и закономерности размещения сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений. СПб: Изд. ВСЕГЕИ, 2000. 102 с.
9. *Туганова Е.В., Шергина Ю.П.* Изотопно-геохимические особенности пород интрузий норильского типа // Недра Таймыра. Сб. научн. тр. Вып. 2. Норильск, 1997. С. 114-122.
10. *Туганова Е.В., Шергина Ю.П.* Изотопно-геохимическая дискретность пород рудоносных интрузий талнахско-норильского типа и генетические следствия // Региональная геология и металлогения. 2003. № 17. С. 140-146.
11. *Malitch K.N., Badanina I.Yu., Belousova E.A., Griffin W.L., Petrov O.N., Tuganova E.V., Distler V.V., Sluzhenikin S.F., Presnyakov S.L., Rodionov N.V.* U-Pb age constraints on temporal evolution of the ore-bearing Noril'sk-1 intrusion: evidence from zircon and baddeleyite // Abstracts. 3d Intern. Conf. «Mafic-ultramafic complexes of fold belts and related deposits». V. 1. Ekaterinburg, 2009. P.24-27.

12. Malitch K.N., Griffin W.L., Badanina I.Yu., Petrov O.V., Tuganova E.V., Belousova E.A., Pearson N.J., Knauf V.V., Presnyakov S.L. Zircon from the economic ultramafic-mafic Kharaelakh intrusion (Russia): first U-Pb and Hf-isotope constraints on timing and source composition // Abstracts. Int. Conf. «Geochemistry of magmatic rocks-2009». Moscow: GEOKHI RAS, 2009. (in press).

13. Petrov O.V., Malitch K.N., Pushkarev Yu.D., Bogomolov E.S. Isotope-geochemical criterion in search for the Noril'sk-type massive PGE-Cu-Ni sulphide ores: constraints from Pb, Nd and Sr isotope data // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2007. V. 71. № 15S. P. A782-A782.

14. Reichow M.K., Pringle M.S., Al'mukhamedov A.I., Allen M.B., Andreichev V.L., Buslov M.M., Davies C.E., Fedoseev G.S., Fitton J.G., Inger S., Medvedev A. Ya., Mitchell C., Puchkov V.N., Safonova I.Yu., Scott R.A., Saunders A.D. The timing and extent of the eruption of the Siberian Traps large igneous province: Implications for the end-Permian environmental crisis // *Earth and Planetary Science Letters*. 2009. V. 277. P. 9-20.

15. Vervoort J.D., Patchett P.J., Blichert-Toft J., Albarede F. Relationships between Lu-Hf and Sm-Nd isotopic systems in the global sedimentary system // *Earth and Planetary Science Letters*. 1999. V. 168. P. 79-99.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ПОЗДНЕОРОГЕННОГО И ВНУТРИПЛИТНОГО ГАББРОИДНОГО МАГМАТИЗМА ЧАТКАЛО-КУРАМИНСКОГО РЕГИОНА И ЕГО РУДОНОСНОСТЬ (ЗАПАДНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)

Мамарозиков У.Д.

*Институт геологии и геофизики АН РУз, Ташкент, Узбекистан
e-mail: udmamarozikov@rambler.ru*

BASIC FEATURES OF THE LATE OROGENIC AND INTRA-PLATE GABBROID MAGMATISM OF CHATKALO-KURAMA REGION AND ITS ORE-BEARING (WESTERN TIEN SHAN)

Mamarozikov U.D.

*Institute of Geology and Geophysics UzAS, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: udmamarozikov@rambler.ru*

Are carried out materials on the petrographical, petrochemical, mineralogical, geochemical special features and the ore-bearing of late orogenic and intra-plate gabbroids of the Chatkalo-Kurama region of Western Tien Shan.

В Чаткало-Кураминском регионе Западного Тянь-Шаня вслед за известково-щелочными гранитоидными батолитами (C_2) формируются субщелочные малые порфировые интрузивы ($C_3 - P_1$), сложенные породами монцогаббро-сиенодиорит-адамеллитовой формации. Габброиды представлены субщелочными габбро, анортоклазовыми габбро, монцогаббро, в редких случаях шаровыми габбро. Образуют небольшие штокообразные тела, сформировавшихся в условиях малых глубин. Для них характерны следующие особенности: а) высокая магнезиальность цветных минералов ($f=23-36\%$); б) наличие ортоклаза, анортоклаза, микрогранофировых прорастаний криптопертитового ортоклаза и кварца; в) высокотемпературный парагенезис минералов – энстатит, диопсид, салит, авгит (табл. 1), лабрадор, битовнит; г) гипабиссальный облик пород, что в краевых и апикальных частях массивов подчеркивается переходами от крупнокристаллических к средне- и мелкозернистым разновидностям. В химизме пород отмечаются калиево-натриевый и повышенно калиевый тип щелочности, высоко- и весьма высокоглиноземистый характер, что сближает их с производными оливиновых щелочных базальтов (табл. 2). В субщелочных габброидных интрузивах повышенными содержаниями характеризуются Ti, Cu, Pb, Ba, Ag, Au, платиноиды, Bi, Sn, Mo, U. Максимальные концентрации титана в монцогаббро превышают кларк более чем в два раза. Он концентрируется в аксессуарном ильмените, сфене, магнетите, а также в темноцветных породообразующих минералах. Содержание меди в породах превышает кларк