

ЛИТЕРАТУРА

1. *Немцович В.М.* Булкинская габброидная интрузия верховьев р. Амыл (Западный Саян) // Информ. сб. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-та. 1959. 21. С. 117-124.
2. *Немцович В.М.* Базитовые интрузии Тувы и их титаноносность. Дисс. ... к.г.-м.н. Л., 1973. 218 с.
3. *Орлов Д.М.* Петрология расслоенных титаноносных интрузий Алтае-Саянской складчатой области. Л.: Недра, 1975. 199 с.
4. *Монгуш А.А., Агафонов Л.В., Тунай Г.О.* Минералогия верхней части Булкинского расслоенного габброидного массива (Западный Саян) // Ультрамафит-мафитовые комплексы складчатых областей докембрия: Мат-лы международной конференции. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2005. С. 62-64.

**СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗИТ-ГИПЕРБАЗИТОВЫХ
КОМПЛЕКСОВ ВОСТОЧНОГО ОБРАМЛЕНИЯ МАССИВА СЫУМ-КЕУ
(ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**

Бурмако П.Л., Душин В.А., Козьмин В.С., Фролова Е.В.
Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия
e-mail: snige.dep@ursmu.ru

**COMPOSITION AND CONDITIONS OF THE FORMATION OF BASITE-ULTRABASITE
COMPLEXES OF EAST EDGING OF THE SYUM-KEU MASSIVE (POLAR URAL)**

Burmako P.L., Dushin V.A., Kozymin V.S., Frolova E.V.
**Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia*
e-mail: snige.dep@ursmu.ru

On modern geological maps the Syum-Keu massive presents a narrow body elongated in submeridional direction, consisting of five segments of ultrabasite composition, separated by zones of large tectonic disturbances.

The internal structure of the area is characterized by presence of four groups of rocks replacing each other in the section from west to east and downwards-upwards.

As for the time of formation, the earliest are formations of the malyk complex which formed the base for pushing forward complexes of younger composition. The Syum-Keu massive presents an ultrabasite part of the ophiolite association thrusting over the ancient base in the form of a plate. The origin of rocks of the malokhadatinsky complex is connected with the contact interaction of ultrabasic rocks with gabbro-norites of the kharampaysko-maslovsky complex and the gabbro-norites present root parts of ancient volcanic formations and correspond to uralite of the early island arc stage.

Сыумкеуский массив на современных геологических картах представляет собой вытянутое в субмеридиональном направлении узкое тело шириной до 10-12 км при длине около 60 км, состоящее из пяти, отделенных друг от друга зонами крупных тектонических нарушений, сегментов гипербазитов. С севера на юг выделяются Гердизшорский, Сыумкеуский, в свою очередь состоящий из Няропейского, Пусьерского и Хадатинского, а на самом юге – Харчерузьский массивы. Данные образования с запада контактируют по Главному уральскому надвигу с глубоко метаморфизованными породами няровейской серии (R_{1-2}) рифейского возраста, а также с харбейским гнейсо-амфиболитовым комплексом (PR_1). С востока гипербазиты, тектонически сменяются магматическими и осадочными комплексами Щучинского блока, которые изменены в условиях регионального метаморфизма от зеленосланцевой до гранулитовой ступени [4].

Внутреннее строение восточной периферии Сыумкеуского массива характеризуется наличием четырех групп пород, которые сменяют друг друга с запада на восток:

1. Гарцбургиты, иногда лерцолиты с жилами и неправильными телами дунитов – дунит-гарцбургитовый и дунит-лерцолитовый комплексы (сыумкеуский комплекс);

2. Чередующиеся субпараллельные тела, сложенные дунитами, клинопироксенитами, вебстеритами, иногда верлитами – полосчатая серия (малохадатинский комплекс);

3. Метаморфизованные основные породы, представленные гранатовыми и цоизитовыми амфиболитами и габбро-амфиболитами, характерной особенностью которых является уменьшение степени метаморфизма с запада на восток от уровня гранулитовой до зеленосланцевой (диафторез) фации (малыкский комплекс);

4. Слабоизмененные габбронориты, образующие ряд массивов изометричной формы к востоку от Сыум-Кеу, и располагаются среди метаморфизованных амфиболитов и габброамфиболитов малыкского комплекса (харампейско-масловский комплекс).

Малыкский метагаббро-амфиболитовый комплекс объединяет разгнейсованные гранатовые метагаббро, габброамфиболиты, метатроктолиты и метагабброанортозиты. Породы картируются на востоке и юге массива Сыум-Кеу, и фрагментарно встречаются в западном его обрамлении.

По химическому составу они соответствуют габбро с повышенным содержанием алюминия, магния и кальция (табл. 1). Главной особенностью структурного плана габброамфиболитов является дискордантное их положение по отношению к породам дунит-верлит-клинопироксенитового (малохадатинского) и габброноритового (харампейско-масловского) комплексов. Кроме того, наблюдается приуроченность гранатовых разностей пород к контакту с гипербазитами. Далее к востоку гранатовые амфиболиты сменяются безгранатовыми, что является следствием понижения степени метаморфизма. Состав амфиболитов свидетельствуют об очень значительном сходстве их с гранатовыми разностями пород, за исключением некоторых анализов, где наблюдается относительно повышенное количество щелочей. Среди этих пород чаще встречаются кварцсодержащие разности с содержанием кремнезема до 60-67 %, что по валовому составу соответствует гранодиоритам. Такие химические составы с повышенным количеством кремнезема и относительно высоким содержанием магнезии (до 12 %) характерны для древних дифференцированных базитовых формаций.

Гранатовые габброамфиболиты и габброамфиболиты этого района могут быть фрагментом Марункеусского древнего блока, которые в результате выдвигания ультраосновных пород в коровые условия были оторваны от материнского субстрата.

Малохадатинский дунит-верлит-клинопироксенитовый комплекс представлен дунитами, верлитами, клинопироксенитами и вебстеритами, в том числе оливиновыми. Выделен из

Таблица 1

Средние составы пород базит-гипербазитовых комплексов
 восточного обрамления массива Сыум-Кеу

комплекс	малохадатинский			малыкский			харампейско-масловский
	1 (9)	2 (15)	3 (14)	4 (6)	5 (13)	6 (3)	
элементы							7 (23)
SiO ₂	41,67	36,39	49,65	42,42	46,62	62,52	44,78
TiO ₂	0,55	0,07	0,15	0,33	0,65	0,44	0,60
Al ₂ O ₃	15,31	1,33	3,12	15,19	16,49	17,09	16,72
Fe ₂ O ₃	7,68	6,22	2,69	4,03	4,56	3,47	5,14
FeO	7,67	5,42	4,54	6,26	5,65	2,30	7,26
MnO	0,23	0,16	0,17	0,14	0,17	0,09	0,21
MgO	11,37	39,42	21,63	15,33	8,05	1,99	9,26
CaO	11,74	0,52	15,4	11,11	9,23	8,17	12,52
Na ₂ O	0,58	0,09	0,29	0,53	1,56	2,01	0,88
K ₂ O	0,03	0,03	0,04	0,14	0,39	0,12	0,11
P ₂ O ₅	0,02	0,01	0,02	0,16	0,09	0,09	0,06
п.п.п.	2,56	9,44	1,70	2,57	3,68	1,51	1,36
S _{общ}	0,14	0,06	0,08	0,07	0,05	0,10	0,11
Сумма	99,73	99,81	99,63	99,36	99,18	99,90	99,04
CO ₂	0,19	0,71	0,21	0,36	2,02	0,1	0,21

Примечание: 1 – дуниты; 2 – пироксениты; 3 – верлиты; 4-6 – габброамфиболиты; 5 – гранатовые; 6 – кварцсодержащие; 7 – габбронориты.

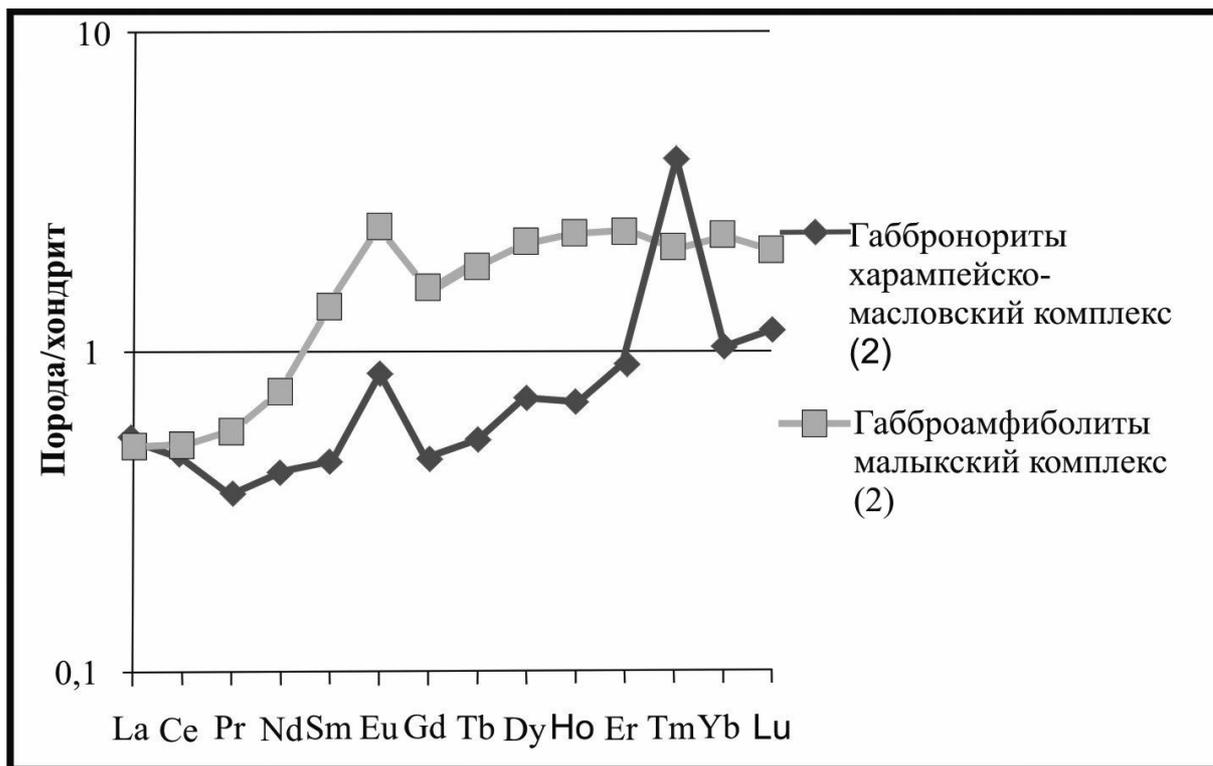


Рис. 1. Средние содержания РЗЭ в габброамфиболитах и габброноритах восточного обрамления массива Сьум-Кеу.

состава харампэйско-масловского в качестве северного аналога кэршорского комплекса. Породы протягиваются вдоль всего восточного контакта в виде полосы шириной до 2-3 км, иногда образуя крупные поля северо-восточного простирания, располагаются на контакте Сьумкеуского массива с породами малькского и харампэйско-масловского комплексов.

Комплекс представлен чередованием малых тел дунитов, верлитов, клинопироксенитов, в том числе оливиновых, различной мощности (от первых сантиметров до 100-150 метров и более). Эти тела и полосчатость пород комплекса имеет преимущественное направление вдоль контакта с ультраосновными породами, либо по предпочтительному простиранию пород в отдельных блоках.

Верлиты выделяются в центральных частях выходов полосчатого комплекса в виде шлировидных и жилородных образований среди пироксенитов с постепенными переходами через оливиновые клинопироксениты. Дуниты здесь слагают согласные маломощные тела внутри верлитов и пироксенитов. С вмещающими породами они связаны постепенными переходами и общностью парагенезисов, но иногда встречаются и самостоятельные тела мощностью до нескольких десятков и даже сотен метров. Иногда будинообразные тела пироксенитов включены в оливиновую массу, что, скорее всего, связано с более поздней их эволюцией.

Харампэйско-масловский габброноритовый комплекс представлен габброноритами и метагабброноритами. Характерной особенностью комплекса является изометричная морфология тел. Располагаются эти образования к востоку от малохадатинского дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса среди пород малькского метаморфического комплекса. Породы слагают прерывистую цепочку изометричных тел к востоку от гипербазитов Сьумкеуского массива, имеющих размеры до 6×8 км, и прослеживаются вплоть до р. Халатальбей, где сменяются образованиями халатальбейского комплекса параллельных даек.

Габбронориты являются самыми распространенными породами на изученной территории и по валовому химическому составу сходны с пироксенитами и оливиновыми клинопироксенитами малохадатинского комплекса, отличаясь от них несколько меньшим количеством магнезии и оксида кальция, а также повышенными значениями содержания глинозема, трехвалентного железа и кремнезема. Кроме того, в некоторых пробах, наряду с повышенным количеством кремнезема до 63 %, наблюдается и высокое содержание магнезии (до 9 %), что свидетельствует о

принадлежности этих пород к бонинитовой серии характерной для островодужных андезибазальтов. Впервые подобные породы описаны в этом регионе в обрамлении Войкаро-Сыньинского массива [6] и по составу, признаны близкими к бонинитам современных энсиматических островных дуг Тихого океана.

Габбронориты харампейско-масловского комплекса характеризуются низким содержанием всех элементов и резким минимумом количества ванадия, титана и стронция, а также повышенными значениями никеля и хрома по сравнению с амфиболитами малыкского комплекса.

Характер распределения редкоземельных элементов в габброамфиболитах отвечает расслоенным «нижним» габбро массивов клинопироксенит-габбровых комплексов Приполярного Урала [7] и характеризуется, при высоком общем уровне содержаний редкоземельных элементов (рис. 1), отчетливым дефицитом легких при постоянном содержании средних и тяжелых лантаноидов ($La_N/Yb_N = 0,2$), что отмечено и для габброноритов ($La_N/Yb_N = 0,5$). В спектре РЗЭ пород обоих комплексов выделяется отчетливая положительной Eu аномалия, свидетельствующая об их формировании в процессе фракционной кристаллизации. Из наиболее характерных особенностей распределения РЗЭ в этих комплексах следует отметить, что наряду с практически идентичным уровнем содержания легких лантаноидов, количество средних и тяжелых ниже в габброноритах в 5-10 раз и на этом фоне выделяется резкая положительная Tm аномалия.

Как показали исследования, проведенные в пределах массива Сыум-Кеу и его восточного обрамления, наиболее древними здесь являются породы малыкского комплекса, которые имеют резко отличный (субширотный) структурный план и, по мнению предшественников [4], представляют собой «ущелешие» блоки докембрийского мафического фундамента доуралид. О древнем возрасте этого комплекса свидетельствуют и авторские геохронологические определения, полученные современным Sm-Nd методом: возраст кварцсодержащих габброамфиболитов составляет 2736 ± 42 млн. лет [3], что отвечает раннему протерозою. Наиболее молодые датировки (468-500 млн. лет) соответствуют времени метаморфизма вследствие выдвигания гипербазитов в коровые условия.

Породы сыумкеуского комплекса представляют ультраосновную часть офиолитов и слагают пологопадающее на восток линзовидное тело, надвинутое на протерозойское основание, геолого-структурный план которого точно соответствует «уральским» структурам субмеридионального направления. В последнее время получены новые Sm-Nd возрастные датировки [1], свидетельствующие об их возможном формировании в рифей-вендское время на уровне 604 ± 39 млн. лет. Эти породы, по всей видимости, образовались в зонах океанического спрединга в обстановках срединно-океанических хребтов.

Габбронориты харампейско-масловского комплекса, образующие изометричные по форме массивы среди габброамфиболитов, по-видимому представляют собой корневые части древних вулканических аппаратов, которые сформировались на коре океанического типа в раннесилурийское время в условиях энсиматических островных дуг на начальном этапе формирования уралид.

Происхождение пород малохадатинского комплекса, скорее всего, следует связывать с контактовым взаимодействием габброноритов харампейско-масловского комплекса с ультраосновными породами массива Сыум-Кеу [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурская Л.И., Смелова Л.В. и др. Платиноиды хромитоносных массивов Полярного Урала. Вып. 16. С.Пб.: ВСЕГЕИ, 2004. 306 с.
2. Добрецов Н.Л. Петрохимические особенности океанических и раннегеосинклинальных базальтов // Геология и геофизика. № 2. Свердловск: СГИ, 1975. С. 11-25.
3. Душин В.А., Бурмако П.Л., Ронкин Ю.Л., Шишкин М.А. Состав и новые возрастные датировки метагабброидов Малыкского комплекса на Полярном Урале // Структурно-вещественные комплексы и проблемы геодинамики докембрия фанерозойских орогенов. Мат-лы междунар. науч. конф. (III Чтения памяти С.Н. Иванова). Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 2008. С. 27-30.
4. Казак А.П., Молдаванцев Ю.Е. Петрология и метаморфизм древних офиолитов (на примере Полярного Урала и Западного Саяна) // Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 368. 1977.
5. Ремизов Д.Н. Гранитоидный магматизм Щучинского района Полярного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 110 с.

6. *Симонов В.А., Куренков С.А., Тикунов Ю.В. и др.* Новые данные о возрасте офиолитов Полярного Урала / Тектоника и геодинамика: Общие и региональные аспекты. Т. 2. М.: ГЕОС, 1998. С.181-183.

7. *Шмелев В.Р.* Базит-гипербазитовые комплексы севера Урала: геохимическая специализация и петрогенезис // Геология Урала и сопредельных территорий. Сб. науч. трудов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 124-135.

ИЛЬМЕНИТОВЫЕ И ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РОССИИ В СВЯЗИ С УЛЬТРАБАЗИТОВЫМИ И БАЗИТОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ: ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ И КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Пахомов Ф.П.

*Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья, Москва, Россия
e-mail: pfpwork@gmail.com*

ILMENITE AND TITANOMAGNETITE DEPOSITES OF RUSSIA CONNECTED WITH ULTRABASIC AND BASIC MASSIVES: DISCOVERY POTENTIAL AND COMPLEX USE

Bykhovsky L.Z., Tiginov L.P., Pakhomov F.P.

*All-Russian Scientific Institute Mineral Resources, Moscow, Russia
e-mail: pfpwork@gmail.com*

More than forty deposits of titanomagnetite ores are explored, proved and substantially estimated in Russia. Ores of titanomagnetite deposits, as a rule complex iron-titan-vanadium, besides from ore concentrates, processing wastes and host rocks can get extraction Sc, Cu, Co, Ni, Au, Pt, Pd, apatite and alumina. Simple conditions of mining, technology of enrichment and extraction a lot of useful components makes these deposits more economic potential. In first time geologists and technologists get more interest in biggest deposits and mining projects like: Bolshoy Sejim, Chinejsky, Southeast Gremjaha, Harlovsky, Kool-taiga, Pudozhgorsky, Kojkarsky, deposits of Dzhugdzhursky group, etc.

Титаномagnetитовые руды в настоящее время являются одним из ведущих промышленных типов железорудных месторождений и основным видом минерального сырья для получения ванадия ильменит-титаномagnetитовый тип этих руд – важный источник получения титана. Они традиционно относятся к позднемагматическому классу магматогенных месторождений, пространственно и генетически связаны с ультрабазит-базитовыми комплексами.

Титаномagnetитовые месторождения разведаны во многих странах мира: в ЮАР, Канаде, Норвегии, КНР, Украине. В России известны в Карелии, на Кольском полуострове и Урале, в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке.

В структуре запасов, титана и ванадия титаномagnetитовые руды занимают значительную долю: за рубежом с этим промышленным типом связано 6,5% подтвержденных запасов железных руд, около 60% запасов TiO_2 и более 90% запасов V_2O_5 ; в России эти цифры составляют соответственно 13, 48 и 92%.

Руды титаномagnetитовых месторождений комплексные железо-титан-ванадиевые. Содержание и соотношение титана, ванадия и железа в них варьирует в широких пределах: они могут быть существенно титановыми или существенно железо-ванадиевыми. Промышленную ценность месторождений повышает наличие ванадия. Кроме того, в ряде месторождений выявлены извлекаемые количества Sc, Cu, Co, Ni, Au, Pt, Pd и др. В рудных и породообразующих минералах содержится скандий в ильменитах (60-80, до 500 г/т) и в пироксенах (до 240 г/т). Этот тип руд может стать основным источником большого количества сравнительно дешевого скандия. Кроме того, руды титаномagnetитовых месторождений содержащих апатит, могут обогащаться с