

ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БУЛКИНСКОГО И СЫДЫГСКОГО ПЕРИДОТИТ-ГАББРОВЫХ МАССИВОВ (ЗАПАДНЫЙ САЯН)

Бородина Е.В.*, Изох А.Э.*, Монгуш А.А.**

**Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия
e-mail: borev@igm.nsc.ru, izokh@igm.nsc.ru*

***Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия
e-mail: amongush@inbox.ru*

PETROLOGICAL FEATURES OF BULKINSKII AND SYDYGSKII PERIDOTITE-GABBROIC INTRUSIONS (WEST SAYAN)

Borodina E.V.*, Izokh A.E.*, Mongush A.A.**

**Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
e-mail: borev@igm.nsc.ru, izokh@igm.nsc.ru*

***Tuva Institute of Complex Development of Natural Resources SB RAS, Kyzyl, Russia
e-mail: amongush@inbox.ru*

Bulkinskii and Sydygskii layered intrusions, situated in the West Sayan, are the intrusions of bulkinskii ultramafic-gabbro complex. Mineral composition variations in Bulkinskii intrusion are: olivine – $Fo_{77,8}$ - $Fo_{71,8}$, plagioclase – $An\% = 94,4$ - $56,4$, clinopyroxene – $En_{44,1-42,2}$ - $Fs_{14,3-9,5}$ - $Wo_{46,5-43,5}$, $Mg\# = 84,0$ - $76,2$, orthopyroxene – $En_{76,2-64,1}$ - $Fs_{33,5-22,2}$ - $Wo_{2,4-1,5}$, $Mg\# = 78,2$ - $66,5$. Mineral composition variations in Sydygskii intrusion are: olivine – $Fo_{81,1}$ - $Fo_{65,6}$, plagioclase – $An\%=88,0$ - $41,6$, clinopyroxene – $En_{48,4-40,3}$ - $Fs_{17,1-7,4}$ - $Wo_{46,0-39,7}$, $Mg\# = 87,5$ - $71,4$. The typical cumulus associations sequence from base to top of Bulkinskii intrusion was: Ol → Pl → Cpx → Opx → Amf+Mag and the sequence in Sydygskii intrusion was: Ol → Pl+Cpx → Opx → Amf. Geological and petrological features of Sydygskii intrusion suggest that the intrusion appear to be the part of basal unit of Bulkinskii intrusion.

Булкинский массив [2, 3] расположен в северо-восточной части Западного Саяна, в осевой части хребта Ергак-Таргак-Тайга, в междуречье рр. Амыл и Систиг-Хем и тектонически примыкает к сочленению Куртушубинского и Северо-Саянского офиолитовых поясов [4]. Булкинский массив является эталонным массивом одноименного комплекса, к которому также относятся Сыдыгский, Хангинский и Устреньский массивы [2]. Согласно данным Д.М. Орлова [3], Булкинский массив прорывает терригенные отложения аласугской свиты, а его возраст соответствует раннему ордовику (495 ± 20 млн. лет).

Породы расслоенной серии Булкинского массива имеют полосчатые, массивные и такситовые текстуры. Структура пород габбровая, от мелкозернистой до крупнозернистой. Ритмическая расслоенность в Булкинском массиве имеет сложный характер и обусловлена переслаиванием пород более меланократовых в основании ритмов и более лейкократовых вышележащих. Расслоенная серия Булкинского массива представлена оливинитами (Ol 93-95%, Pl 5-7%), меланотроктолитами (Ol 80%, Pl 18%, Amf 2%), троктолитами (Ol 50-65%, Pl 33-50%, Amf 0-2%), оливиновым габбро (Ol 10-45%, Pl 35-60%, Cpx 15-30%, Opx 0-5%, Amf 0-5%, Mag 0-7%), габбро (Ol 0-5%, Pl 30-60%, Cpx 15-30%, Opx 0-5%, Amf 0-5%, Mag 0-5%), роговообманковым габбро (Ol 2%, Pl 42%, Cpx 4%, Amf 52%, Opx, Ap < 1%), оливиновым лейкогаббро (Ol 5-20%, Pl 65-70%, Cpx 5-20%, Opx 0-5%, Amf 0-5%, Mag 0-1%), оливиновыми лейкогабброноритами (Ol 7-15%, Pl 65-75%, Cpx 7-15%, Opx 0-5%, Amf 0-5%, Mag 0-1%), лейкогаббро (Ol 0-4%, Pl 70-90%, Cpx 10-30%, Opx 0-1%, Mag 0-3%), роговообманковым лейкогаббро (Pl 85-90%, Cpx 0-1%, Amf 5-15%, Mag 0-1%), лейкотроктолитами (Ol 10-30%, Pl 65-90%, Cpx 0-5%), анортозитами (Pl 90-100%, Cpx 0-10%), плагиоклазсодержащими горнблендитами (Pl 0-5%, Cpx 0-1%, Amf 95-100%). Породы массива секутся дайками амфиболовых лампрофиров. Магнезиальность пород ($Mg\# = 100 * Mg / (Mg + Fe)$) варьирует от 75,6 в перидотитах (38,2 вес.% MgO) до 34,3 в анортозитах (2,2 вес.% MgO).

Сыдыгский массив расположен в 10 км восточнее Булкинского массива и представлен большей частью меланократовыми породами. Породы расслоенной серии имеют массивные, реже

полосчатые текстуры. Структура пород габбровая, от средне- до крупнозернистой. Расслоенная серия сложена оливинитами (Ol 85%, Pl 10%, Crx 5%), верлитами (Ol 40%, Pl 3%, Crx 57%), оливиновым меланогаббро (Ol 33-50%, Pl 10-25%, Crx 37%, Amf 0-3%), оливиновым габбро (Ol 20-35%, Pl 40-60%, Crx 22-27%, Amf 0-2%), роговообманковым габбро (Pl 56%, Crx 2%, Amf 42%), лейкогаббро (Ol 1%, Pl 70%, Crx 28%, Орх 1%). Породы расслоенной серии массива секутся дайками амфиболовых диабазов (Pl 40%, Amf 60%).

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД БУЛКИНСКОГО МАССИВА

Оливин в породах расслоенной серии Булкинского массива представлен изометричными зёрнами, более идиоморфными по сравнению с другими минералами, размером 0,2-2 мм, в среднем – 0,5-1 мм. В наиболее лейкократовых разностях пород наблюдается равная степень идиоморфизма оливина и других породообразующих минералов. Состав проанализированных оливинов из пород Булкинского массива соответствует хризолиту с магнезиальностью ($Mg\# = 100 * Mg / (Mg + Fe)$) от $Fe_{77,8}$ до $Fe_{71,8}$.

Плагиоклаз в оливинсодержащих породах чаще всего ксеноморфен по отношению к оливину и выполняет промежутки между его зёрнами. В лейкократовых породах плагиоклаз более идиоморфен по сравнению с пироксенами. Чаще всего плагиоклаз образует вытянутые или изометричные широкотаблитчатые кристаллы размером 0,5-1 мм, реже – неправильной формы крупные (2-5 мм) пойкилокристаллы, включающие в себя зёрна оливина и пироксенов. Кристаллизация плагиоклаза начиналась позже оливина, но раньше пироксенов, однако, часто наблюдаются признаки одновременной кристаллизации плагиоклаза и пироксенов, а иногда клинопироксен более идиоморфен, чем плагиоклаз. В троктолитах кристаллизация оливина и плагиоклаза происходила одновременно, а в оливинитах часть зерен плагиоклаза выполняет промежутки между зернами оливина, часть имеет признаки совместной кристаллизации с оливином. Плагиоклазы из пород расслоенной серии часто имеют зональное строение, что может свидетельствовать о достаточно большой скорости кристаллизации родоначальной магмы Булкинской интрузии [2]. Большая часть плагиоклазов по составу соответствует анортит-лабрадору, их основность варьирует от $An_{94,4}$ до $An_{56,5}$. Реже встречаются более кислые плагиоклазы, соответствующие олигоклазу, с содержанием анортитового компонента до $An_{23,2}$.

Клинопироксен представлен изометричными, вытянутыми, короткостолбчатыми и неправильной формы зёрнами размером 0,5-2 мм. Магнезиальность проанализированных клинопироксенов варьирует от 84,0 до 76,2, по составу они соответствуют диопсид-авгитовому ряду ($En_{44,1-42,2} Fs_{14,3-9,5} Wo_{46,5-43,5}$).

Ортопироксен в породах массива встречается достаточно редко и образует мелкие (0,5-1 мм) изометричные или неправильной формы зёрна, чаще в безоливиновых лейкократовых разностях. В виде идиоморфных зёрен ортопироксен встречается в наиболее лейкократовых разностях, а в более меланократовых породах он выделяется одним из последних, реакционно развиваясь по оливину [3]. По составу ортопироксен соответствует гиперстен-бронзиту ($En_{76,2-64,1} Fs_{33,5-22,2} Wo_{2,4-1,5}$), магнезиальность его варьирует от 78,2 до 66,5.

В условиях повышенного парциального давления воды происходило образование роговообманковых габбро и горнблендитов с первичномагматическим бурым амфиболом. Амфибол представлен изометричными и неправильной формы выделениями, выполняет промежутки между другими минералами, нередко образует крупные (до 2-3 мм пойкилокристаллы). Магнезиальность его – 74,1-61,6. Плагиоклазсодержащие горнблендиты почти нацело состоят из амфибола (98%). В этих породах амфибол представлен таблитчатыми, короткопризматическими кристаллами размером от 0,5 мм до 12 мм, в среднем – 2 мм. Крупные кристаллы часто деформированы, что проявляется в их неравномерном угасании при микроскопическом исследовании. Часто зёрна разбиты трещинами, выполненными чешуйчатыми агрегатами хлорита. Клинопироксен в таких породах почти полностью замещен амфиболом и наблюдается лишь в виде реликтов в пойкилокристаллах амфибола.

Рудные минералы. Булкинского массива представлены титаномagnetитом со структурой распада твердого раствора и ильменитом, их среднее содержание в породах составляет около 3,3 % [3]. Вместе с тем, в Булкинском массиве установлено присутствие рудных габбро с содер-

жанием титаномагнетита до 25% [1]. Рудные минералы в шлифах образуют изометричной формы выделения и агрегаты размером до 0,5 мм в краевых частях зерен оливина, пироксена и плагиоклаза. Но чаще всего рудные минералы отчетливо ксеноморфны по отношению к этим минералам и образуют каемки вокруг их зерен и неправильной формы выделения в промежутках между ними и по трещинам. Взаимоотношения рудных минералов с титанистой роговой обманкой свидетельствуют об одновременной или почти одновременной их кристаллизации. Нередко роговая обманка образует неполные каймы вокруг зерен рудных минералов [3].

В соответствии с характером взаимоотношений минералов в шлифах можно проследить основную последовательность кристаллизации ликвидусных минералов в процессе формирования расслоенной серии Булкинского массива: $Ol \rightarrow Pl \rightarrow Crx \rightarrow Orx \rightarrow Amf+Mag$.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД СЫДЫГСКОГО МАССИВА

Основными породообразующими минералами Сыдыгского массива являются оливин, клинопироксен и плагиоклаз, в меньшем количестве в породах присутствуют ортопироксен и амфибол.

Оливин. Чаще всего в породах массива оливин имеет равную степень идиоморфизма с клинопироксеном и плагиоклазом, что свидетельствует об их совместной кристаллизации, или быть более идиоморфным по отношению к плагиоклазу. Реже оливин является наиболее идиоморфным по отношению к другим минералам представлен хорошо ограненными зернами. В других случаях оливин представлен изометричными выделениями или неправильной формы. Размер кристаллов оливина варьирует от 0,2 мм до 5 мм, но обычно не превышает 0,5-1 мм. По составу оливины Сыдыгского массива отвечают хризолитам. Их магнезиальность варьирует от $Fo_{81,1}$ до $Fo_{65,6}$.

Плагиоклаз. В породах массива плагиоклаз кристаллизуется как совместно с оливином и клинопироксеном, так и позже этих минералов. Обычной формой выделения плагиоклаза являются длиннопризматические кристаллы, полисинтетически двойники, неправильной формы зерна и короткостолбчатые кристаллы. Плагиоклаз нередко пелитизирован, размер кристаллов 0,3-3 мм, чаще – до 0,5-1 мм. Крупные кристаллы деформированы (имеют признаки неравномерного угасания), что свидетельствует о кристаллизации пород в условиях тектонической нагрузки. Состав плагиоклаза Сыдыгского массива отвечает битовниту-андезину. Его основность в породах расслоенной серии варьирует от $An_{88,0}$ до $An_{41,6}$.

Клинопироксен представлен короткопризматическими, изометричными кристаллами и зернами неправильной формы. Часто клинопироксен пелитизирован и амфиболитизирован, нередко встречаются сдвойникованные кристаллы. Размер кристаллов клинопироксена – до 0,5-5 мм, обычно – 1-2 мм. Его состав соответствует диопсид-авгитовому ряду ($En_{48,4-40,3}$ $Fs_{17,1-7,4}$ $Wo_{46,0-39,7}$), магнезиальность варьирует от 87,5 до 71,4.

Ортопироксен в Сыдыгском массиве встречается редко – только в лейкократовых разновидностях пород. Для ортопироксена характерны мелкие (до 0,5 мм) изометричные кристаллы, имеющие признаки совместной кристаллизации с плагиоклазом.

Амфибол. В Сыдыгском массиве буро-зеленый первичный амфибол является позднемагматическим и кристаллизуется последним из породообразующих минералов лейкократовых пород массива. Амфибол представлен пойкилокристаллами, ксеноморфными по отношению к другим минералам кристаллами, выполняющими промежутки между зернами, а также каймами замещения клинопироксена. В роговообманковом габбро кристаллы амфибола изометричные, пластинчатые, размером до 1-3 мм.

Согласно взаимоотношениям минералов в шлифах, наблюдается следующая последовательность кристаллизации ликвидусных минералов в процессе формирования расслоенной серии Сыдыгского массива: $Ol \rightarrow Pl+Crx \rightarrow Orx \rightarrow Amf$.

Учитывая пространственную сближенность обоих массивов, последовательность кристаллизации ликвидусных минералов, сходство петрографического и минералогического состава, можно предположить, что Сыдыгский массив, вероятно, представляет собой часть смещенного по разлому базального горизонта Булкинского массива.

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 Suym-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);