

УДК 550.4+552.1+549:553.33(282.257.21)

## БАЗАНИТЫ ГОРЫ ХУХЧ – ПЕРВЫЕ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО НЕОГЕНОВОМУ К–Na-ЩЕЛОЧНОМУ МАГМАТИЗМУ ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

© 2006 г. А. Б. Перепелов, М. Ю. Пузанков, А. В. Иванов, Т. М. Философова

Представлено академиком М.И. Кузьминым 13.07.2005 г.

Поступило 25.10.2005 г.

Геолого-тектонические реконструкции формирования кайнозойской структуры Западной Камчатки указывают на широкое развитие здесь в палеогене и неогене рифтогенных процессов [1]. При этом магматические комплексы пород, свойственные таким геодинамическим обстановкам, до настоящего времени на Западной Камчатке известны не были. При проведении геолого-геохимических исследований калиевого щелочного магматизма в бассейне р. Быстрая на Западной Камчатке в 2001 г. обнаружено неогеновое субвулканическое тело базанитов (гора Хухч). По данным минералого-геохимического изучения пород и анализа результатов предшествующих исследований установлено, что базаниты горы Хухч являются первым достоверным свидетельством проявления типичных внутриплитных К–Na-щелочных магм в тыловой области островодужной системы Камчатки.

Базаниты горы Хухч слагают небольшое субвулканическое тело (60–80 м<sup>2</sup>) на правом берегу р. Быстрая (рис. 1) среди других широко развитых в районе палеоген-неогеновых субвулканических проявлений калиевых щелочных и субщелочных базальтоидов (абсарокиты, трахибазальты, шонкиниты). Субвулканическое тело базанитов с интрузивными контактами вмещается вулканогенно-осадочной толщей нерасчлененных вивентекской и кулувенской свит нижнего миоцена, входящих в состав среднеэоцен-нижнемиоценовой ваямполь-

ской серии. Возраст формирования базанитов горы Хухч по данным К–Ar-датирования ассоциирующих с ними в районе трахибазальтов (17–8 млн. лет) [5] и их геолого-стратиграфической позиции оценивается как средне-позднемиоценовый.

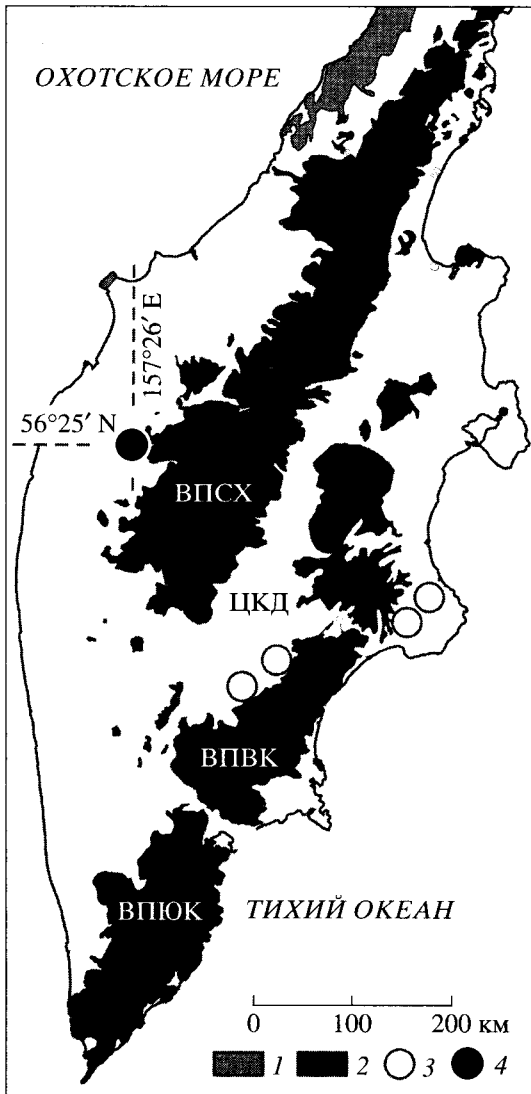
Базаниты представляют собой серовато-черные и темно-серые сливные породы достаточно свежего облика. Мелкопорфировая структура базанитов определяется развитием многочисленных идиоморфных и резорбированных вкрапленников ОI и редких Срх в тонкокристаллической микроделеритовой основной массе. Вкрапленники оливинов содержат включения шпинелей. В основной массе базанитов могут быть выделены две последовательно сформированные фазы субфенокристаллов, микролитов и интерстиционных выделений. Первая и наиболее ранняя генерация микролитов представлена субфенокристаллами (лейстами) Pl, микролитами Срх и титаномангнетита (TiMgt). Заключительная, поздняя фаза кристаллизации базанитов представлена на уровне основной массы тонкими игольчатыми микролитами апатита, а также микролитами и интерстиционными выделениями нефелина, лейцита, кислого Pl и анальцима. Средние оценки объемных содержаний главных минеральных фаз в базанитах по данным минералого-петрографических подсчетов и баланса составов составляют: вкрапленники, субфенокристаллы и микролиты – ОI 22%; субфенокристаллы и микролиты – Срх 34%, Pl 21%, TiMgt 4%; интерстиционные фазы – Ne 16%, Lc 3%, Ar и Anc < 1%.

Включения Al–Cr-шпинелей в оливинах близки по составам пикотитам и хромпикотитам (табл. 1). В краевых зонах оливинов шпинели становятся более железистыми, а среди микролитов рудные минералы представлены уже титаномангнетитами. Оливины базанитов эволюционируют от форстеритовых составов центральных и промежуточных зон вкрапленников (Fo<sub>88,1–79,4</sub>) к гортонолитам их краевых зон и далее с увеличением железистости к субфенокристаллам и микроли-

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова  
Сибирского отделения Российской Академии наук,  
Иркутск*

*Институт вулканологии и сейсмологии  
Дальневосточного отделения  
Российской Академии наук,  
Петропавловск-Камчатский*

*Институт земной коры  
Сибирского отделения Российской Академии наук,  
Иркутск*



**Рис. 1.** Район локализации базанитов горы Хухч на схеме вулканических поясов Камчатки. 1 – верхнепалеогеновый вулканический пояс Западной Камчатки; 2 – олигоцен-миоценовые и плиоцен-четвертичные вулканические пояса Камчатки; 3 – средне-позднемиоценовые субвулканические тела и лавы К–Na-щелочных и субщелочных базальтоидов Восточной Камчатки [3]; 4 – место локализации субвулканического тела базанитов горы Хухч, Западная Камчатка. Сокращения на схеме: вулканические пояса Южной Камчатки (ВПЮК), Восточной Камчатки (ВПВК) и Срединного хребта (ВПСХ); ЦКД – Центральная Камчатская депрессия.

там ( $Fe_{69.6-62.8}$ ). Клинопироксены отвечают по составам салитам и фассаитам. Салиты центральных зон вкрапленников  $Srx$  ( $Wo_{46.0-47.8}Fs_{10.2-10.7}$ ) сменяются фассаитовыми составами субфенокристаллов и микролитов ( $Wo_{50.1-52.2}Fs_{13.3-15.5}$ ) (табл. 1). Лейсты  $Pl$  представлены “бескальцевыми” битовнитами и лабрадорами ( $An_{66-74}Or_0$ ), а более мелкие микролиты  $Pl$  имеют лабрадоровый

состав с заметными содержаниями ортоклазового минала ( $An_{57-66.6}Or_{1.1-2.1}$ ). Наиболее кислые  $Pl$  андезинового и олигоклазового составов ( $An_{21-50}Or_{4-12}$ ) слагают мелкие зерна в ассоциации с интерстиционными нефелинами и лейцитами. Нефелины интерстиционных фаз из основной массы базанитов обладают слабыми вариациями химизма и отвечают по составам как карнегиитам, так и нефелиновым твердым растворам (табл. 1). Точки составов  $Ne$  на диаграмме полевошпатового разреза группируются вблизи линии равновесия этих фаз. Особенности составов нефелинов из базанитов Западной Камчатки являются повышенные содержания в них  $SiO_2$  и  $K_2O$ , что отмечалось ранее и для нефелинов из щелочных базальтоидов других районов Камчатки [2, 3]. Лейциты интерстиционных фаз из базанитов близки идеально формульному составу с небольшими примесями  $Na_2O$ ,  $CaO$  и  $FeO$  (табл. 1).

Направленность изменения состава базанитовой магмы в результате кристаллизации вкрапленников  $Ol$  в парагенезисе со шпинелью, а также последующей массовой кристаллизацией субфенокристаллов и микролитов  $Ol$ ,  $Pl$ ,  $Srx$  и  $TiMgt$  отражается в увеличении щелочности и глиноземистости остаточного расплава вплоть до появления фонотефритовых составов основной массы породы (табл. 1).

Базаниты горы Хухч относятся к группе основных фельдшпатоидсодержащих щелочных пород К–Na-ряда ( $Na_2O/K_2O$  1.5–1.9). Особенности их состава, наряду с низкой кремнекислотностью, состоят в повышенных концентрациях в них  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $Na_2O$  и  $K_2O$  (табл. 2). Базанитам характерны высокие содержания когерентных сидерофильных элементов ( $Co$ ,  $Ni$ ,  $Cr$ ), высокозарядных – HFSE ( $Nb$ ,  $Ta$ ), радиоактивных –  $Th$  и  $U$ , а также LREE, на фоне умеренных концентраций  $Zr$ ,  $Hf$  и щелочных, щелочноземельных и халькофильных редких элементов –  $Rb$ ,  $Ba$ ,  $Sr$ ,  $Pb$  и  $Cu$ . Породы обладают высоким уровнем фракционирования редкоземельных элементов  $La_N/Yb_N = 10.8-12.6$ , а значения многих маркирующих редкоэлементных отношений указывают на принадлежность базанитов Западной Камчатки к группе базальтоидов внутриплитного геохимического типа, к примеру:  $Ba/Nb = 10-12$ ;  $Sr/Nb = 17-18$ ;  $Ta/Yb = 1.3-1.6$ . Это отчетливо иллюстрируется диаграммой  $Ba/Zr-Nb/Zr$  (рис. 2), на которой точки составов базанитов находятся на линии вещественного тренда базальтоидов срединно-океанических хребтов (MORB) и внутриплитных обстановок.

В сравнении с базанитами Восточной Камчатки, исследованными ранее О.Н. Волынцом с соавторами [3], базаниты горы Хухч имеют сходные с ними графики распределения элементов на спайдердиаграммах (рис. 3). По отношению к средним

**Таблица 1.** Средние составы минералов из базанитов горы Хухч, мас. %

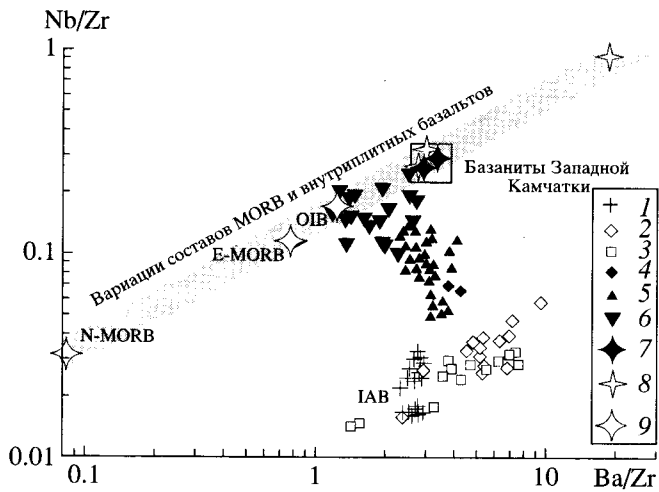
Фаза	Sp	TiMgt	Ol		Cpx		Pl		Lc	Ne	Gm
	вкл	мкр	вкр	мкр	вкр	мкр	лейсты	мкр	ом	ом	растр
SiO <sub>2</sub>	0.08	0.00	41.41	35.44	52.29	41.55	49.04	57.86	55.23	49.34	47.75
TiO <sub>2</sub>	1.04	22.26	0.00	0.04	0.73	4.05	0.08	0.09	0.04	0.03	1.80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43.36	1.87	0.00	0.00	3.88	11.24	31.85	25.60	23.75	31.37	20.59
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.44	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO*	24.63	67.63	11.75	37.69	6.46	8.49	0.73	0.52	0.52	0.64	6.16
MnO	0.06	0.62	0.10	0.97	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	15.26	2.27	46.87	24.99	14.73	10.72	0.06	0.03	0.02	0.04	3.82
CaO	0.00	0.23	0.05	0.62	22.55	22.98	14.51	7.05	0.14	0.92	10.21
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.37	3.41	6.23	0.19	14.69	6.34
K <sub>2</sub> O	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	1.62	21.16	2.68	2.80
Сумма	98.87	95.04	100.18	99.78	101.18	99.41	99.68	99.00	101.05	99.71	99.47
n	4	7	4	5	2	5	8	6	3	7	7

Примечание. FeO\* – все железо в форме FeO. n – число анализов для подсчета среднего. Минеральные фазы: Sp – шпинель, TiMgt – титаномагнетит, Ol – оливин, Cpx – клинопироксен, Pl – плагиоклаз, Lc – лейцит, Ne – нефелин, Gm – основная масса, вкл – включения шпинелей во вкрапленниках оливинов, вкр – вкрапленники, суб – субфенокристаллы (лейсты), мкр – микролиты, ом – интерстиционные выделения в основной массе. Состав основной массы приведен по результатам растрового анализа. Анализы составов минералов выполнены на рентгеноспектральном микроанализаторе "Сameбах 244" в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Режим съемки: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток мишени 40 нА, экспозиция 5 с, аналитические линии – K<sub>α</sub>. Оператор Т.М. Философова.

**Таблица 2.** Содержания петрогенных (мас. %) и редких элементов (г/т) в базанитах горы Хухч

Компонент	ПП-2264	ПП-2265	Компонент	ПП-2264	ПП-2265	Компонент	ПП-2264	ПП-2265
SiO <sub>2</sub>	43.52	43.80	Rb	41	42	U	1.51	1.48
TiO <sub>2</sub>	1.96	1.96	Ba	557	558	La	34.50	34.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.39	14.55	Sr	890	890	Ce	73.63	72.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.73	4.79	Pb	2.99	2.80	Pr	9.09	8.80
FeO	7.18	7.00	Zn	76	72	Nd	33.04	32.44
MnO	0.18	0.17	Cu	42	44	Sm	6.79	6.64
MgO	10.96	11.00	Co	51	50	Eu	1.96	1.89
CaO	9.75	9.89	Ni	245	232	Gd	6.13	6.55
Na <sub>2</sub> O	3.30	3.56	Cr	356	343	Tb	0.82	0.96
K <sub>2</sub> O	2.11	1.90	V	249	239	Dy	4.56	4.69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.67	0.65	Sc	25	30	Ho	0.84	0.93
H <sub>2</sub> O	0.80	0.55	Ta	2.90	2.79	Er	2.31	2.31
CO <sub>2</sub>	0.23	0.17	Nb	51.0	49.1	Tm	0.29	0.31
Сумма	99.78	99.99	Zr	167	192	Yb	1.86	2.15
F	440	700	Hf	4.06	4.11	Lu	0.25	0.27
Cs	0.56	0.55	Th	4.43	4.44	Y	21	23

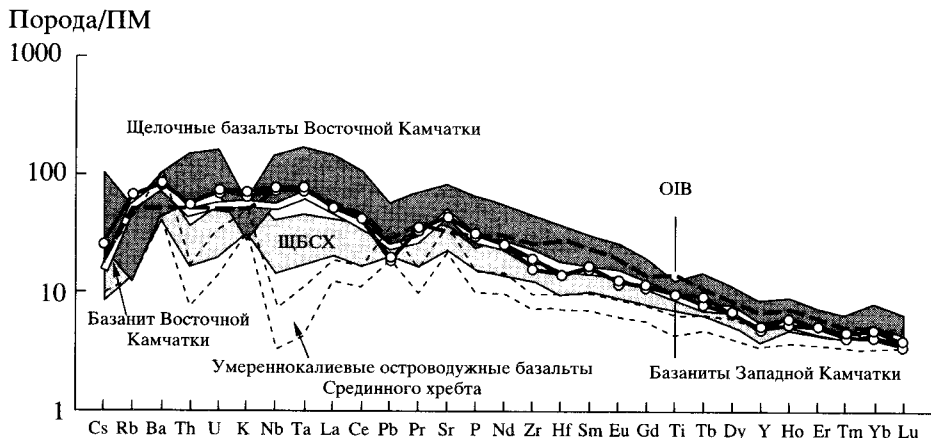
Примечание. Петрогенные оксиды определялись методом XRF, разделение железа – методом титрования (аналитики Института геохимии СО РАН: А.К. Климова, Л.П. Коваль). Содержания редких элементов определялись методом ICP-MS в Центре коллективного пользования Иркутского научного центра СО РАН: по обр. ПП-2264 на масс-спектрометре с высоким разрешением Element 2 (аналитики Института геохимии СО РАН: Л.А. Чувашова, Е.В. Смирнова, В.И. Ложкин), по обр. ПП-2265 на квадрупольном масс-спектрометре "VG Plasma Quad 2<sup>+</sup>" (аналитики Института земной коры СО РАН: М.Е. Маркова, Т.А. Ясныгина). Для аналитического контроля использовались стандартные пробы базальтов BIR-1, BHVO-1, JB-2, BCR-2.



**Рис. 2.** Диаграмма Nb/Zr–Ba/Zr для базанитов горы Хухч и базальтоидов различных геохимических типов. 1 – островодужные умереннокалиевые базальты вулканического пояса Восточной Камчатки; 2 – островодужные умереннокалиевые и высококалиевые базальты вулканического пояса Срединного хребта Камчатки; 3 – базальтоиды калиевых щелочной и субщелочной серий Западной Камчатки (абсарокиты, трахибазальты, шонкиниты); 4 – K–Na-шонкиниты Западной Камчатки; 5 – базальты K–Na-щелочно-базальтовой и щелочно-оливин-базальтовой серий Срединного хребта; 6 – базальтоиды K–Na-щелочной и субщелочной серий Восточной Камчатки; 7 – базаниты Западной Камчатки (гора Хухч); 8 – средние составы рифтогенных щелочных базальтов и базанитов провинции Рунгве, Танзания [4] и Омана [10]; 9 – средние составы базальтов срединно-океанических хребтов нормального (N-MORB) и обогащенного типов (E-MORB) и базальтов океанических островов (OIB) по [9]. По всем геохимическим типам базальтов Камчатки здесь и далее использованы новые ICP-MS-аналитические данные авторов, а также данные из работ [3, 7, 8].

составам базальтоидов различных геодинамических обстановок миоценовые базаниты как Западной, так и Восточной Камчатки обладают значительным вещественным сходством с базанитами внутриконтинентальных рифтов [10], а также с базальтами океанических островов (OIB). От последних они отличаются несколько более высокими концентрациями Rb, Ba, K, Sr, а также пониженными содержаниями Zr, Hf, Ti и тяжелых редкоземельных элементов, что может быть следствием участия в процессе образования базанитовой магмы вещества метасоматизированной мантии.

Близкий средне-верхнемиоценовый возраст формирования базанитов Восточной и Западной Камчатки [3, 5] свидетельствует об одновременности K–Na-щелочного магмообразования как во фронтальной, так и в тыловой зоне неогеновой островодужной системы. Геодинамическая обстановка проявлений щелочно-базальтового магматизма определяется здесь условиями прекращения олигоцен-раннемиоценовой субдукции океанической плиты Кула под континентальную окраину Камчатки и развитием процессов рифтогенеза вплоть до начала новой плиоцен-четвертичной субдукции. В этот период глубокие расколы литосферы и декомпрессионное магмообразование могли определить возможность проявления мантийных базитовых магм как на фронте консолидированного континентального блока Камчатки, так и в его тыловых областях. Время проявления щелочно-базальтового магматизма на Камчатке согласуется с временем наиболее интенсивных процессов растяжения в окраинных морях на западе Тихого океана, которые маркировались вначале направленными к северу сдвиговыми дислокациями, а затем рифтогенными и спрединговыми структурами [6].



**Рис. 3.** Диаграммы распределения магматофильных элементов для базанитов горы Хухч и для базальтоидов различных геохимических типов. Содержания элементов (г/г) нормированы на их концентрации в примитивной мантии (ПМ) по [9]. ЩБСХ – Ne-нормативные базальты щелочно-базальтовой и щелочно-оливин-базальтовой серий Срединного хребта Камчатки, OIB – средний состав базальтов океанических островов по [9].

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты 04–05–64800, 05–05–64477) и СО РАН (Интеграционный проект № 6.9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов Н.А., Чехович В.Д. // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 4. С. 421–429.
2. Вольнец О.Н., Ананьев В.А. // ДАН. 1984. Т. 275. № 4. С. 955–958.
3. Вольнец О.Н., Карпенко С.Ф., Лэй Р.У., Горринг М. // Геохимия. 1997. № 10. С. 1005–1018.
4. Иванов А.В., Рассказов С.В., Бовен А. и др. // Петрология. 1998. Т. 6. № 3. С. 228–250.
5. Коваль П.А., Адамчук Г.Л. Объяснительная записка к Геологической карте 1 : 200 000. Лист № О-57-XXXII. М.: Недра. 1986. 63 с.
6. Филатова Н.И., Федоров П.И. // Геотектоника. 2003. № 1. С. 54–77.
7. Churikova T., Dorendorf F., Wörner G. // J. Petrol. 2001. V. 42. № 8. P. 1567–1593.
8. Ivanov A.V., Perepelov A.B., Puzankov M.Yu. et al. In: Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins. Vladivostok: Dalnauka, 2004. P. 345–349.
9. Sun S.S., McDonough W.F. // Geol. Soc. Austral. Spec. Publ. 1989. № 2. P. 313–346.
10. Worthing M.A., Wilde A.R. // J. Geol. Soc. London. 2002. V. 159. P. 469–483.