



УДК : 552.31+550.423

Д. П. Савельев

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
г. Петропавловск-Камчатский  
e-mail: savelyev@kscnet.ru*

## Меловые пикриты Восточной Камчатки: новые данные

В работе дано описание пикритов из двух районов — Вахильского поднятия и п-ова Камчатский Мыс. Показано отличие этих пород от островодужных пикритов Восточных хребтов Камчатки. Приведены геохимические данные, показывающие океанический генезис изученных пород, причём пикриты п-ова Камчатский Мыс образовались при влиянии мантийного плюма.

### Введение

Пикриты являются одним из наиболее интересных видов вулканических пород. Для их возникновения необходимы особые геодинамические условия, обеспечивающие высокие степени плавления мантийного субстрата. Поэтому геохимический состав пикритов во многом отражает состав мантийных источников. Непосредственно в пикритах месторождения полезных ископаемых неизвестны, однако многими исследователями предполагается связь высокомагнезиальных вулканитов с рудоносными магматическими комплексами, прежде всего с проявлениями никеля и платины. Всё это показывает важность изучения данных пород, и любая новая находка пикритов требует детальных исследований.

Среди четвертичных лав Камчатки ультрамафические вулканиты неизвестны, однако они достаточно широко распространены в меловом фундаменте Восточно-Камчатского вулканического пояса. Первоначально исследователи описывали их как меймечиты [6, 12], однако позже за этими породами закрепилось название пикритов [7]. Их наличие является одной из важных черт верхнемелового островодужного магматизма Восточной Камчатки. Достаточно хорошо изучены пикриты Валагинского хребта, Тумрока и г. Шаромский Мыс [1, 2, 5, 7, 9]. В данной работе представлены результаты изучения пикритов двух других районов — Вахильского поднятия и п-ова Камчатский Мыс (рис. 1). Пикриты Вахильского поднятия были ранее описаны при геологической съёмке А. Ф. Литвиновым [4], но в своём отчёте авторы приводят только петрографическую и петрохимическую характеристики пород, а геохимические данные отсутствуют. На п-ове Камчатский Мыс пикриты ранее не описывались. По устному сообщению Б. А. Марковского (ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург), в этом районе сотрудники ВСЕГЕИ находили породы, похожие на пикриты, однако нет ни описаний этих пород, ни информации о месте находки.

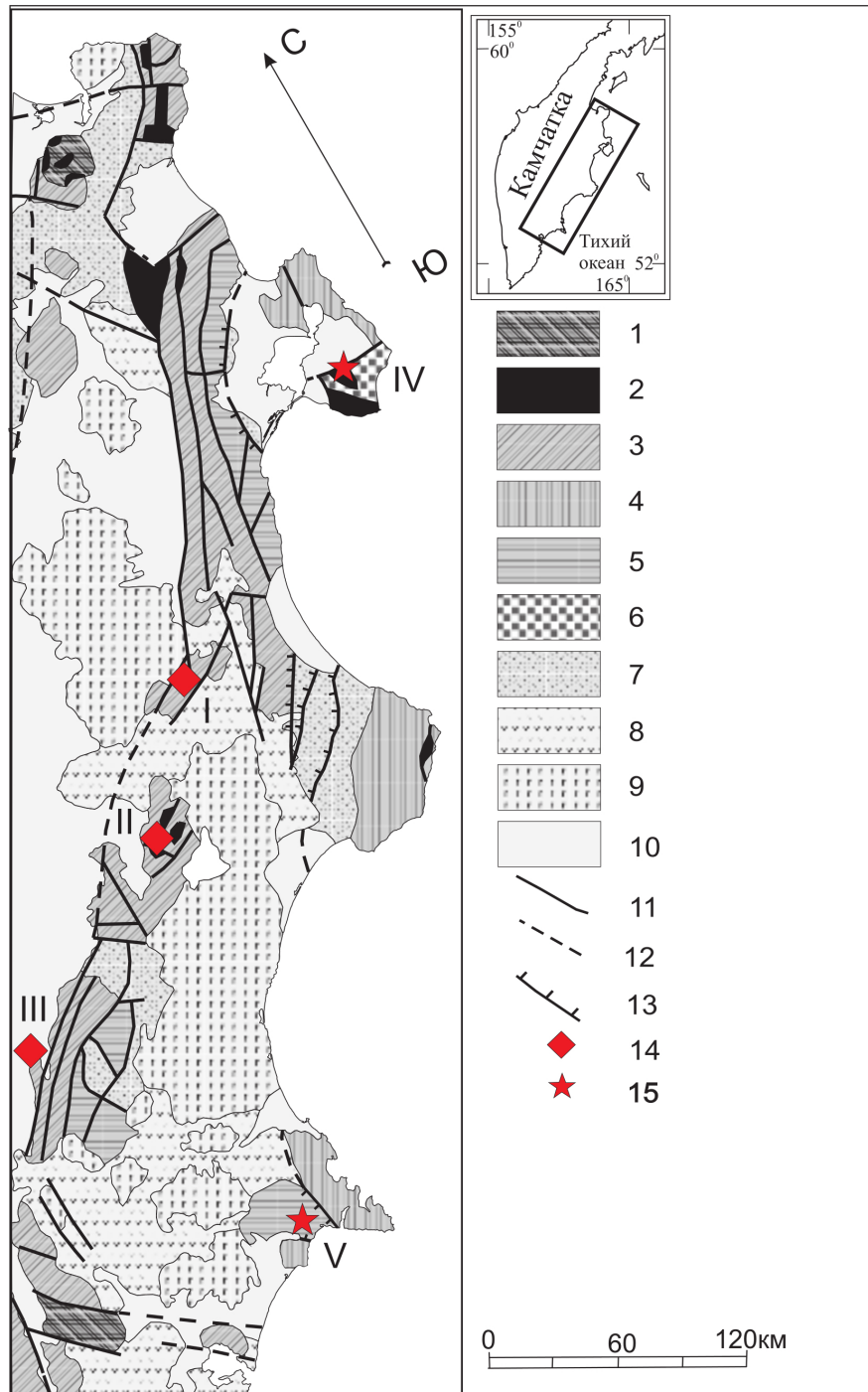
### Методы исследования

Для аналитических исследований были отобраны пробы массой около 200 г — три образца пикритов Вахильского поднятия и 9 образцов пикритов п-ова Камчатский Мыс. Пробы были издроблены до размера частиц 5 мм и затем истёрты до пудры в корундовых стаканах на планетарной мельнице. Содержание петрогенных окислов было определено рентгенофлуоресцентным методом в Аналитическом центре ГИН РАН (аналитик С. М. Ляпунов) (12 проб), содержание редких и редкоземельных элементов определено в 8 пробах методом ICP-MS в ИГГН РАН (г. Черноголовка) (аналитик — В. К. Карандашев).

### Места отбора образцов и результаты аналитических исследований

**Пикриты Вахильского поднятия.** В районе Вахильского поднятия пикриты описаны А. Ф. Литвиновым [4] в двух точках — на берегу оз. Островного и вблизи сопки Варзинской. Породы встречены только в тектонических блоках и глыбах в поле базальтовой ассоциации ветловского тектоногенного комплекса. По данным Т. Н. Палечек (в печати), из кремнистых прослоев в базальтах этого комплекса выделены радиолярии мелового (кампанского) возраста. Базальты ветловского комплекса имеют геохимические характеристики океанических базальтов (N-MORB) [11]. В этой же статье [11] приведён анализ породы, названной авторами пикритом, однако, судя по содержанию петрогенных окислов ( $\text{SiO}_2 = 47,85\%$ ,  $\text{MgO} = 12,31\%$ ), порода является основным пикробазальтом.

Изученные в данной работе образцы из этого района были отобраны автором во время полевых работ Петрологического отряда Лаборатории подводного вулканизма в 2010 г. из валунов и глыб на берегу оз. Островного. Коренных выходов пикритов найти не удалось, однако они несомненно являются местными породами, поскольку их развалы



**Рис. 1.** Тектоническая схема Восточной Камчатки. 1-6 – мел-палеогеновые аккреционно-складчатые комплексы: 1 – выступы метаморфических пород, 2 – гипербазиты и габбро офиолитовой ассоциации, 3 – мел-палеоценовые аллохтонные образования Озерновско-Валагинской палеодуги, 4 – верхнемеловые-эоценовые образования Кроноцкой палеодуги, 5 – палеоцен-эоценовые образования ветловского аккреционного комплекса, 6 – меловые океанические образования смагинского комплекса; 7 – олигоцен-миоценовые молассовые образования Тюшевского и Литкенского прогибов; 8-9 – образования Восточно-Камчатского вулканического пояса: 8 – миоцен-плиоценовые и плиоцен-эоплейстоценовые комплексы, 9 – четвертичные вулканиты; 10 – рыхлые отложения четвертичных депрессий, 11-13 – разрывные нарушения: 11 – достоверные, 12 – предполагаемые под рыхлыми отложениями, 13 – надвиги; 14 – выходы пикритов Восточных хребтов (I – хр. Тумрок, II – Валагинского хр., III – г. Шаромский Мыс), 15 – выходы пикритов, описанных в данной работе (IV – п-ова Камчатский Мыс, V – Вахильского поднятия).

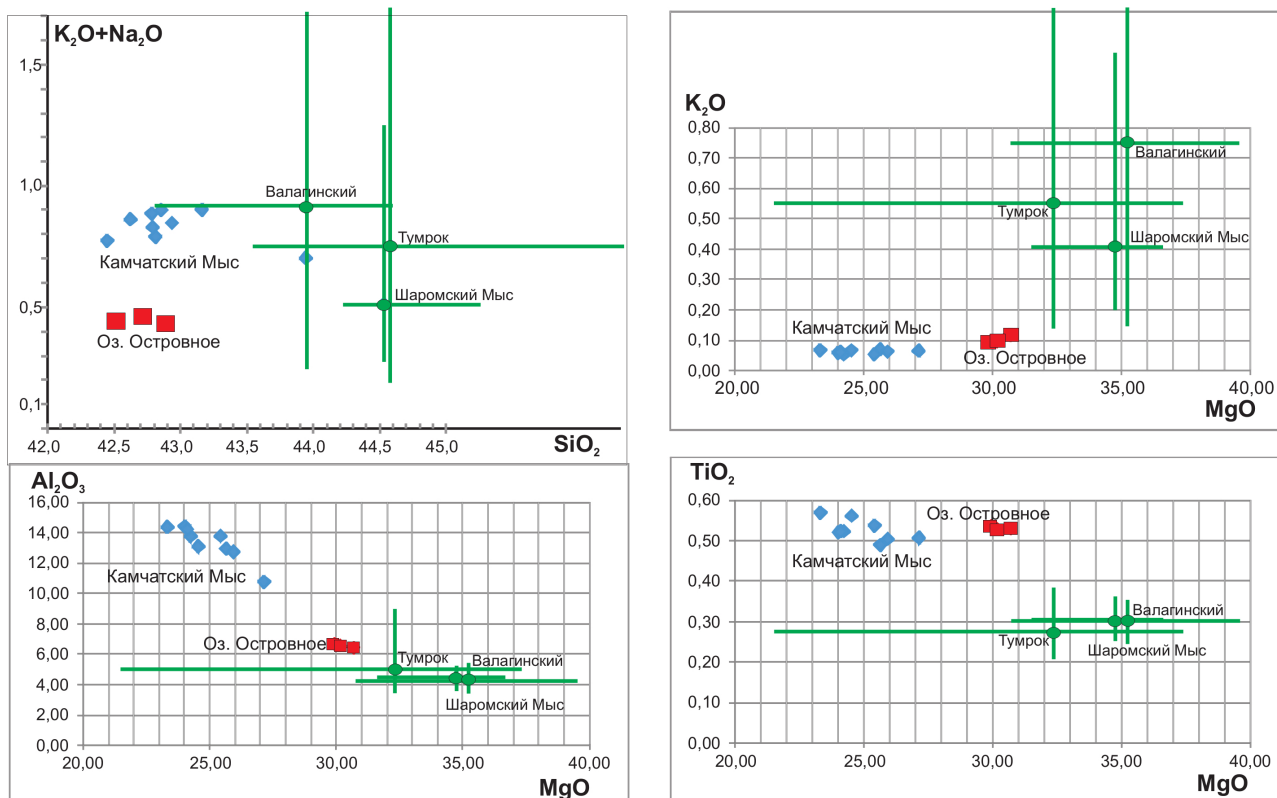
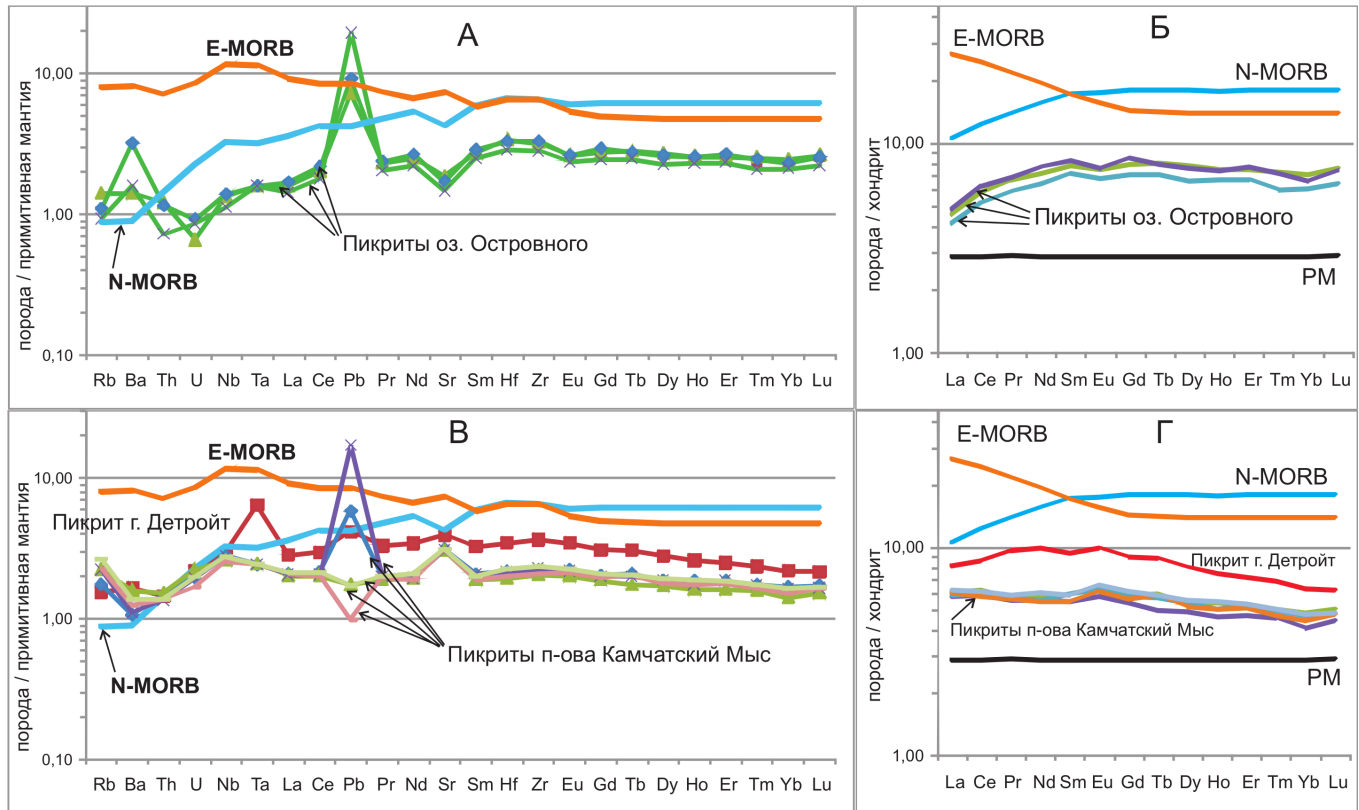


Рис. 2. Петрохимические диаграммы с составами пикритов Вахильского поднятия и п-ова Камчатский Мыс в сравнении с пикритами Восточных хребтов по [2]. Составы пород пересчитаны на 100% сухого вещества.

расположены очень компактно среди обломков базальтов и габброидов ветловского комплекса. Породы имеют полнокристаллическую, местами пойкилитовую структуру, состоят из оливина, клино- и ортопироксена и амфибола. Редко встречаются также биотит и плагиоклаз (по данным [4] до 15%). Часто более крупные кристаллы амфибола включают в себя идиоморфные кристаллы оливина. Магнезиальность оливина 80–82 мол. % Fo. Рудный минерал представлен ильменитом, хромшпинелидом и пентландитом. Наблюдался большой разброс содержаний титана в хромшпинелиде (0,2–10%  $TiO_2$ ). По структуре изученные разности близки к амфиболовым перидотитам — шприсгеймитам. Содержание петрогенных окислов в трёх проанализированных образцах  $MgO$  — 28–29%,  $SiO_2$  — 40%,  $TiO_2$  — 0,5%,  $K_2O$  — 0,09–0,11%. От пикритов Восточных хребтов ультрамафиты оз. Островного отличаются меньшим содержанием  $SiO_2$ ,  $K_2O$  и  $MgO$ , но более высоким содержанием  $TiO_2$  (рис. 2). Геохимические характеристики:  $Zr/Y = 3,1$ ,  $Th/Yb = 0,06 - 0,09$ ,  $Nb/Yb = 0,8$ ,  $La_{(N)}/Sm_{(N)} = 0,57 - 0,59$ ,  $La_{(N)}/Yb_{(N)} = 0,64 - 0,73$ . На рис. 3А показан многоэлементный график распределения редких элементов в породах оз. Островного, нормированных к составу примитивной мантии [17]. Если учитывать только элементы, устойчивые к вторичным процессам, то кривые

распределения данных пород параллельны кривой N-MORB. Сильное обогащение рубидием, барием и свинцом по сравнению с океаническими базальтами можно объяснить вторичными изменениями изученных пород, поскольку эти элементы могут мигрировать при низкотемпературном метаморфизме, связанном с серпентинизацией оливина. Другой вариант объяснения — влияние мантийного плюма, если этими элементами был обогащён мантийный источник. Спектры редкоземельных элементов, нормированных к составу хондрита [17], параллельны спектрам N-MORB, отличаясь от них более низкими (в 2,5 раза) содержаниями (рис. 3Б). Среди пикритов Восточных хребтов Камчатки встречаются пикриты со сходным распределением РЗЭ, близким хондритовому [3]. На диаграмме  $Nb/Yb-Th/Yb$  [15] пикриты оз. Островного попадают в поле N-MORB (рис. 4), что говорит об отсутствии субдукционной компоненты в составе пород. Однако не получается полностью сопоставить данные породы с образованиями нормальных СОХ, поскольку этому противоречит высокая титанистость шпинелей в пикритах с оз. Островного, что может быть связано с влиянием плюмового источника [14]. Да и сам факт образования высокомагнезиальных пород требует объяснения.

Полученные данные не позволяют однозначно судить о генезисе ультрамафитов Вахильского под-



**Рис. 3.** Мультиэлементные (А, В) и редкоземельные (Б, Г) спектры пикритов Вахильского поднятия и п-ова Камчатский Мыс. Нормирование выполнено к составам примитивной мантии (А, В) и углистого хондрита C1 (Б, Г) по [17].

нятия, можно только сказать, что они имеют характеристики океанических пород, в отличие от островодужных пикритов Восточных хребтов Камчатки.

**Пикриты п-ова Камчатский Мыс.** В данном районе пикриты изучены впервые. Они найдены автором в зоне серпентинитового меланжа на восточной границе Солдатского гипербазитового массива при проведении полевых работ в 2012 г. По минеральному составу породы соответствуют плагиоклазовым пикритам — океанитам. Вкрапленники оливина (50–60% объёма породы), хромшпинелида и единичные вкрапленники плагиоклаза погружены в долеритовую основную массу, состоящую из плагиоклаза, клинопироксена, рудных минералов и разложенного стекла. Содержание петрогенных окислов: MgO — 22–26%, SiO<sub>2</sub> — 40,8–41,8%, TiO<sub>2</sub> — 0,47–0,54%, K<sub>2</sub>O — 0,047–0,065%. Так же как и ультрамафиты Вахильского поднятия, пикриты п-ова Камчатский Мыс отличаются от пикритов Восточных хребтов меньшим содержанием SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O и MgO, но более высоким содержанием TiO<sub>2</sub>, и, кроме того, большим содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (рис. 2). Это отражает их минеральный состав (наличие плагиоклаза и долеритовой основной массы). Геохимия: Zr/Y = 3,1, Th/Yb = 0,14 – 0,18, Nb/Yb = 2,4 – 2,6, La<sub>(N)</sub>/Sm<sub>(N)</sub> = 1,0 – 1,1, La<sub>(N)</sub>/Yb<sub>(N)</sub> = 1,24 – 1,42. На спайдерграмме (рис. 3В) спектры пикритов п-ова Камчатский Мыс параллельны спектрам E-MORB

и близки спектру пикрита г. Детройт из [13], отличаясь от него более низкими содержаниями элементов правой части спектра, начиная с Ta (кроме Pb). Резкие колебания по Pb связаны, видимо, с вторичным изменением пород. Спектры РЗЭ, нормированных к хондриту, почти параллельны спектру пикрита подводной горы Детройт [13] (рис. 3Г). Низкие содержания РЗЭ в пикритах п-ова Камчатский Мыс (5–6 хондритовых уровней, что всего в 2 раза превышает содержания РЗЭ в примитивной мантии) позволяют сопоставлять их с некоторыми коматиитами древних зеленокаменных поясов. Пониженные содержания тяжёлых РЗЭ относительно лёгких и средних свидетельствуют о влиянии мантийного плюма на генезис пород. На диаграмме Nb/Yb–Th/Yb [15] также видно влияние плюмового компонента (пикриты п-ова Камчатский Мыс попадают в поле E-MORB (рис. 4)). Эти результаты хорошо согласуются с данными предыдущих исследований по составу базальтов альб-сеноманской смагинской ассоциации п-ова Камчатский Мыс. Ранее было показано, что эта ассоциация включает щелочные базальты OIB-типа [8, 10] и обогащённые толеиты, формирование которых связано с меловой деятельностью Гавайского мантийного плюма [16].

Для более обоснованных заключений об условиях образования изученных пород исследования



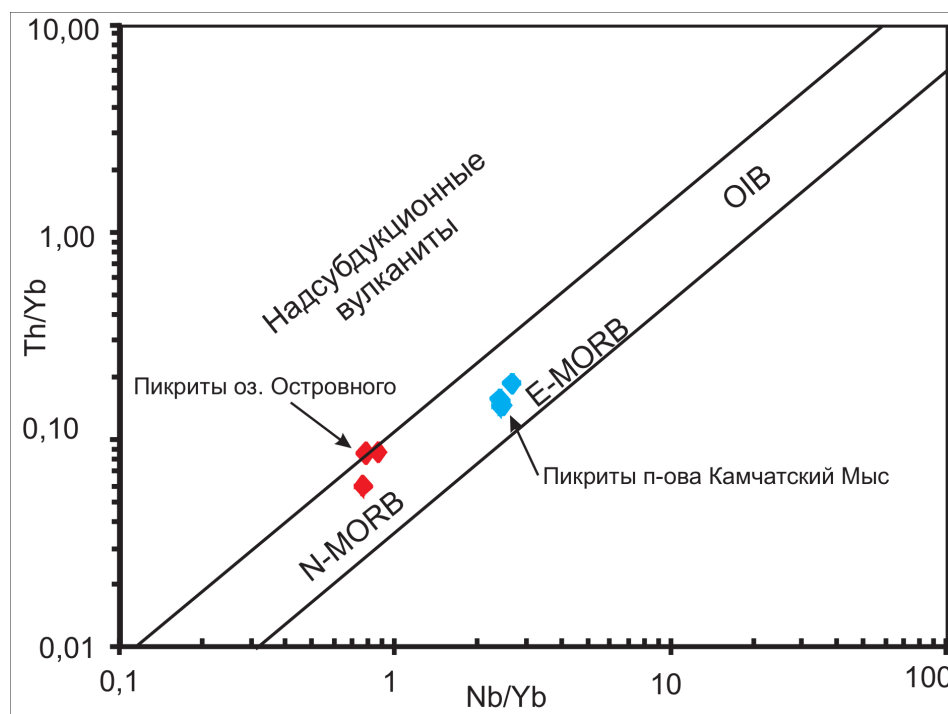


Рис. 4. Пикриты Вахильского поднятия и п-ова Камчатский Мыс на диаграмме Nb/Yb–Th/Yb [15].

будут продолжены. Чтобы выяснить состав первичных расплавов, планируется определить состав минералов пикритов, прежде всего оливина и шпинели. Предполагается также проанализировать состав расплавных включений в шпинелях.

### Выводы

Изучены высокомагнезиальные ультраосновные вулканиты Вахильского поднятия и п-ова Камчатский Мыс. Ультрамафиты Вахильского поднятия по минеральному составу и структуре близки к шристеймитам, а найденные на п-ове Камчатский Мыс породы соответствуют плагиоклазовым пикритам (океанитам).

Особенностью изученных пород обеих групп является их нахождение в составе палеоокеанических комплексов (ветловского и смагинского), в отличие от пикритов Восточных хребтов Камчатки, ассоциирующих с островодужными базальтами. Геохимические характеристики пикритов подтверждают их океанический генезис.

В редкоэлементном составе пикритов п-ва Камчатский Мыс отражено влияние плюмового компонента, что хорошо согласуется с данными по составу базальтов смагинской ассоциации.

Автор благодарен С. М. Ляпунову (ГИН РАН) и В. К. Карандашеву (ИГГН РАН) за помощь в получении аналитических данных по составу пород. Спасибо также всем, кто принимал участие в полевых работах Петрологического отряда Лаборатории подводного вулканизма в 2010 и 2012 гг. на п-овах Шипунский и Камчатский Мыс.

Полевые работы и аналитические исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ №10–05–00 065а.

### Список литературы

1. Каменецкий В. С., Данюшевский Л. В., Зинкевич В. П. Новые данные о пикритах Шаромского Мыса (Восточная Камчатка) // Геохимия. 1991. № 4. С. 597–604.
2. Каменецкий В. С., Соболев А. В., Карпенко С. Ф., Портнягин М. В. Ультрамафический вулканизм Восточной Камчатки: геохимия и петрология. В сб.: Аккреционная тектоника Восточной Камчатки. М.: Наука, 1993. С. 156–196.
3. Ланда Э. А., Ляпунов С. М., Марковский Б. А. Об особенностях распределения редкоземельных элементов в вулканических ультрамафитах // Докл. АН СССР. 1983. Том. 272. № 2. С. 462–464.
4. Литвинов А. Ф., Крикун Н. Ф. Государственная Геологическая карта м-ба 1: 200 000, листы N-57-XXII, XXVIII, XXIX. Объяснительная записка. М., «Недра», 1992.
5. Магматические горные породы. Том. 5. Ультраосновные породы. М.: Наука, 1988. 512 с.
6. Марковский Б. А., Ротман В. К. О геосинклинальных меймечитах Камчатки // Докл. АН СССР. 1971. Том. 196. № 3. С. 675–678.
7. Марковский Б. А., Ротман В. К. Геология и петрология ультраосновного вулканизма. Л.: Недра, 1981. 247 с.
8. Савельев Д. П. Внутриплитные щелочные базальты в меловом аккреционном комплексе Камчатского полуострова (Восточная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 14–20.
9. Соболев А. В., Каменецкий В. С., Кононкова Н. Н. Новые данные по петрологии и геохимии ультрамафи-

- ческих вулканитов Валагинского хребта (Восточная Камчатка) // Геохимия. 1989. № 12. С. 1694–1709.
10. Федорчук А. В., Пейве А. А., Гулько Н. И., Савичев А. Т. Петрохимические типы базальтов офиолитовой ассоциации полуострова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) // Геохимия. 1989. № 12. С. 1710–1717.
  11. Цуканов Н. В., Федорчук А. В., Литвинов А. Ф. Океанический комплекс Шипунского полуострова (Восточная Камчатка) // Докл. АН СССР. 1991. Том. 318. № 4. С. 958–962.
  12. Эрлих Э. Н., Шанцер А. Е., Кутыев Ф. Ш. Меймечиты Восточной Камчатки // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1971. № 2. С. 3–10.
  13. Huang S., Regelous M., Thordarson T., Frey F. A. Petrogenesis of lavas from Detroit Seamount: Geochemical differences between Emperor Chain and Hawaiian volcanoes // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2005. Vol. 6. Q01L06, doi: 10.1029/2004GC000756.
  14. Kamenetsky V. S., Crawford A. J., Meffre S. Factors controlling chemistry of magmatic spinel: an empirical study of associated olivine, Cr<sup>2+</sup> spinel and melt inclusions from primitive rocks // J. Petrology. 2001. Vol. 42. P. 655–671.
  15. Pearce J. A. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust // Lithos. 2008. Vol. 100. P. 14–48.
  16. Portnyagin M., Savelyev D., Hoernle K. et al. Mid-Cretaceous Hawaiian tholeiites preserved in Kamchatka. Geology. 2008. Vol. 36. № 11. P. 903–906.
  17. Sun S.-S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Magmatism in the Ocean Basins. Saunders A. D., Norry M. J. (eds). 1989. Geol. Soc. Spec. Publ. Vol. 42. P. 313–345.