

Научные статьи

УДК 552.323.6 + 551.21

<https://doi.org/10.31431/1816-5524-2025-3-67-5-19>

ПИКРИТЫ КАМЧАТСКО-КОРЯКСКОГО РЕГИОНА

© 2025 З.Г. Бадрединов¹, Б.А. Марковский²

¹ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия, 690022;
e-mail: badre9@mail.ru

²ФГУП Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского,
Санкт-Петербург, Россия, 199106

Поступила в редакцию 30.04.2025; после доработки 18.07.2025; принята в печать 25.09.2025

Охарактеризованы особенности химического состава и условия становления ультраосновных вулканитов (пикритов) Камчатки и Корякии, с учетом новых данных о тектоническом развитии этих регионов. Установлено, что ультрамафиты изученной территории делятся на два петрохимических типа: 1) сопоставимые по геохимическим особенностям с нормальными (N-MORB) и переходными к обогащенным (T-MORB) базальтоидами океана и 2) сопоставимые с основными вулканитами надсубдукционного геохимического типа. Периоды проявления ультраосновного вулканизма охватывают четыре временных интервала: ранний силур, начало раннего мела, начало позднего мела, конца позднего мела — начало палеогена. Ультраосновной вулканизм начала раннего мела, начала позднего мела и поздний мел-раннепалеогенового времени синхронен с этапами трансформного смещения северо-западного обрамления Палеоокеана относительно Евразии, сопровождаемого формированием синдвиговых зон растяжения и активизацией глубинного магматизма.

Ключевые слова: ультраосновной вулканизм, пикриты, Камчатско-Корякский регион, геодинамический режим.

ВВЕДЕНИЕ

Цель исследований авторов статьи — петрохимическая типизация ультраосновных вулканитов Корякии и Камчатки и реконструкция геодинамических условий их становления с учетом новой тектонической модели развития восточной окраины Азиатского континента в меловой период — континентальной окраины трансформного типа (Голозубов и др., 2024; Диденко, Ханчук, 2019; Уткин, 2019; Филатова, 2015).

Рассматриваемая территория включает п-ов Камчатка, Корякское нагорье и примыкающий к Корякскому нагорью с северо-востока хребет Пекульней (рис. 1). На тектонических схемах эта территория обозначается как Корякско-Камчатская складчатая область, геологическое строение которой во многом определялось

взаимодействием океанической и континентальной плит (Сидоров, Разумный, 2020; Чехович и др., 2009).

Первые сведения о распространении на п-ве Камчатка ультраосновных вулканитов были опубликованы в 1971 г. (Эрлих и др., 1971). В настоящее время в геологической литературе охарактеризованы ультраосновные вулканиты 12 участков рассматриваемого региона с разной степенью изученности — от общих описаний до детальных геохимических исследований (рис. 1, табл. 1).

Материал, представленный в настоящей статье, дополняет работы предшествующих исследователей (Васильев, 2016; Марковский, Ротман, 1981; Савельев, Цуканов, 2018; Селиверстов и др., 1994; Симакин и др., 2015; Федоров, Богомолов, 2018) по систематизации данных по ультраосновному вулканизму Камчатки и Корякии.

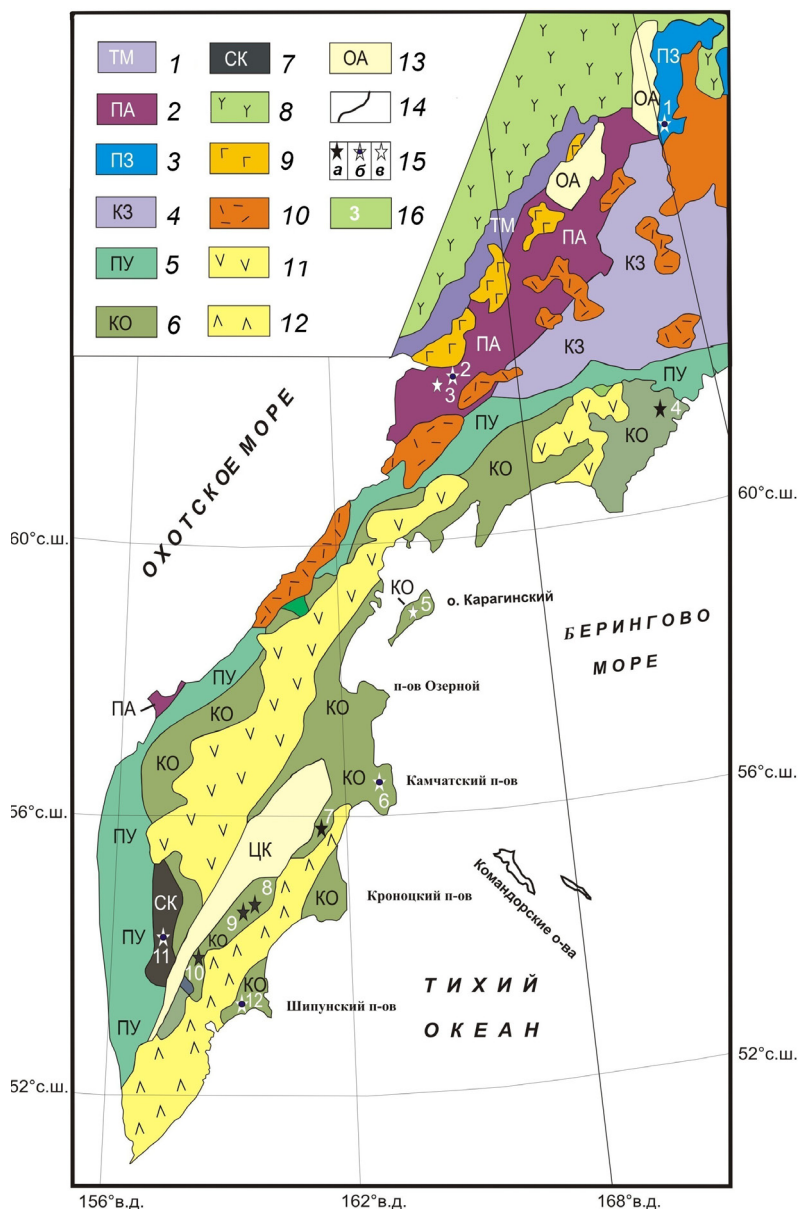


Рис. 1. Схема тектонического районирования Корьякско-Камчатского региона по (Сидоров, Разумный 2020) с указанием участков распространения ультраосновных вулканитов. 1–4 – Западно-Корьякская складчатая система: 1 – Тайгоносско-Мургалская (ТМ), 2 – Пенжинско-Анадырская (ПА), 3 – Пекульней-Золотогорская (ПЗ) и 4 – Корьякская (КЗ) складчатые зоны; 5–7 – Олюторско-Камчатская складчатая система: 5 – Приохотско-Укэлаятская (ПУ) и 6 – Камчатско-Олюторская (КО) складчатые зоны, 7 – выступ метаморфического фундамента (СК – Срединно-Камчатский). 8–13 – наложенные структуры: 8–12 – вулканогенные пояса (8 – Охотско-Чукотский, 9 – Пареньско-Анадырский, 10 – Западно-Камчатско-Корьякский, 11 – Центрально-Камчатский, 12 – Восточно-Камчатский); 13 – впадины Охотско-Анадырской (ОА) рифтогенной системы, Центрально-Камчатский рифт (ЦК). 14 – границы складчатых областей, складчатых зон и прочих структур. 15 – участки выходов ультраосновных вулканитов: с надсубдукционными (а) и океаническими (б) характеристиками химического состава, геохимически неисследованные (в). 16 – нумерация участков распространения ультраосновных вулканитов в соответствии с данными таблицы (табл. 1).

Fig. 1. Scheme of tectonic zoning of the Koryak-Kamchatka region according to (Sidorov, Razumny 2020) indicating the distribution of ultramafic volcanics. 1–4 – West Koryak folded system: 1 – Taigonos-Murgal (ТМ), 2 – Penzhinsko-Anadyr (ПА), 3 – Pekulney-Zolotogorsk (ПЗ), 4 – Koryak folded zones (КЗ); 5–7 – Olyutor-Kamchatka folded system: 5 – Priokhotsko-Ukelayatskaya (ПУ) and 6 – Kamchatka-Olyutorskaya (КО) folded zones, 7 – metamorphic basement protrusion (СК – Middle Kamchatka). 8–13 – superimposed structures: 8–12 – volcanogenic belts (8 – Okhotsk-Chukotka, 9 – Paren-Anadyr, 10 – West Kamchatka-Koryak, 11 – Central Kamchatka, 12 – East Kamchatka); 13 – basins of the Okhotsk-Anadyr (ОА) rift system, Central Kamchatka rift (ЦК). 14 – boundaries of folded regions, folded zones and other structures. 15 – areas of ultrabasic volcanic rock outcrops: with suprasubduction (а) and oceanic (б) characteristics of chemical composition, geochemically unexplored (в). 16 – numbering of areas of distribution of ultrabasic volcanics in accordance with the data in the table (Table 1).

ПИКРИТЫ КАМЧАТСКО-КОРЯКСКОГО РЕГИОНА

Таблица 1. Ультраосновные вулканиды Камчатско-Корякского региона

Table 1. Ultramafic volcanics of the Kamchatka-Koryak region

	Место нахождения	Геология, возраст	Характеристика химического состава	Геодинамические условия формирования по данным цитируемых авторов
1	Хребет Пекульней (граница Корякии и Чукотки)	Лавы, туфы и дайковые тела пикритов в составе толщи базальтов и пикритов K ₁	SiO ₂ = 38–45 мас. % MgO = 17–31 мас. % TiO ₂ = 0.3–0.6 мас. % K ₂ O + Na ₂ O = 0.1–0.87 мас. % CaO/Al ₂ O ₃ = 0.7–1.1 Th/Yb = 0.1–0.3 Nb/Yb = 0.7–1.6 Nb/Ta = 14–15 La _(N) /Sm _(N) = 0.4–0.8 La _(N) /Yb _(N) = 0.4–0.9 Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ = 0.7029	1. Интрадуговой спрединг, сформировавшийся на завершающей стадии эволюции островной дуги (Морозов, 2001) 2. Шовная зона глубинной магматической проницаемости в зоне сочленения континентального и океанического блоков земной коры (Марковский, Богданов, 1985)
2	Пенжинский кряж (Центральная Корякия)	Лавы, туфы и дайковые тела пикритов в составе толщи базальтов и пикритов S ₁	SiO ₂ = 42–44 мас. % MgO = 16–21 мас. % TiO ₂ = 1.5–1.9 мас. % K ₂ O + Na ₂ O = 0.32–0.95 мас. % CaO/Al ₂ O ₃ = 0.6–0.9 Th = 1.1–2.1 ppm Nb = 9–18 ppm Rb = 2.2–17.8 ppm Sr = 27–95 ppm Ba = 23–89 ppm Y = 17–20 ppm	Тектонически обдуцированный фрагмент океанической коры (Государственная..., 2015; Добрецов, 1974)
3	Ганычаланское поднятие (Центральная Корякия)	Свал делювия (20×1.5 м) K ₁	SiO ₂ = 37–38 мас. % MgO = 24–32 мас. % TiO ₂ = 0.7–1.5 мас. % (K ₂ O + Na ₂ O) = 0.05–0.09 мас. % CaO/Al ₂ O ₃ = 0.4–0.6 Данные по геохимии отсутствуют	Дайка в толще базальтов офиолитового комплекса (Белый, Гельман, 1980)
4	Олюторская зона Корякского нагорья Восточная Корякия)	Лавы и туфы пикритов в составе толщи базальтов и пикритов K ₂	SiO ₂ = 45–49 мас. % MgO = 11–16 мас. % TiO ₂ = 0.5–0.6 мас. % K ₂ O + Na ₂ O = 3.10–3.52 мас. % CaO/Al ₂ O ₃ = 0.8–1.2 Th = 1.1–2.1 ppm Nb = 9–18 ppm Rb = 21–28 ppm Sr = 200–720 ppm Ba = 415–420 ppm Y = 15–18 ppm La _(N) /Yb _(N) = 2.6–2.9	Внутриокеанская энсиматическая островная дуга (Федоров, Казимиров. 1989)
5	о. Карагинский (Восточная Камчатка)	Силл пикрита (единичный образец) K ₂	SiO ₂ = 44.87 мас. % MgO = 26.72 мас. % TiO ₂ = 0.18 мас. % (K ₂ O + Na ₂ O) = 0.66 мас. % CaO/Al ₂ O ₃ = 0.76 Данные по геохимии отсутствуют	Тектонически обдуцированный фрагмент офиолитового комплекса океанической коры (Сидоров, 1987)
6	П-ов Камчатский (Восточная Камчатка)	Глыбы пикритовых вулканидов в зоне меланжа K ₂	SiO ₂ = 41–42 мас. % MgO = 22–26 мас. % TiO ₂ = 0.5–0.6 мас. % CaO/Al ₂ O ₃ = 0.4–0.5 Th/Yb = 0.14–0.18 Nb/Yb = 2.4–2.6 Nb/Ta = 18–20 La _(N) /Sm _(N) = 1.0–1.1 La _(N) /Yb _(N) = 1.24–1.42	Совмещение геодинамической обстановки срединно-океанического хребта и мантийного плюма (Савельев, 2014; Савельев, Цуканов, 2018)

Таблица 1. Окончание

Table 1. Continued

	Место нахождения	Геология Возраст	Характеристика химического состава	Геодинамические условия формирования по материалам цитируемых авторов
7 8 9 10	Хребты: Тумрок, Валагинский, Широкий. Гора Шаромский Мыс (Восточная Камчатка)	Толща пикритовых вулканитов мощностью около 500 м (туфы, лавы, силлы и дайковые тела) K ₂	SiO ₂ = 36–42 мас. % MgO = 25–34 мас. % TiO ₂ = 0.2–0.4 мас. % K ₂ O = 0.2–3.5 мас. % CaO/Al ₂ O ₃ = 1.2–1.5 Th/Yb = 0.7–1.8 Nb/Yb = 0.4–0.9 Nb/Ta = 7–10 La _(N) /Sm _(N) = 1.2–1.7 La _(N) /Yb _(N) = 0.8–1.5 Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ = 0.7028–0.7030 εNd = 7.6–9.0	1) Периокеанический вулканический пояс (Марковский, Ротман, 1981) 2) Внутриокееанская энсиматическая островная дуга (Каменецкий и др., 1991; Савельев, Цуканов, 2018; Селиверстов и др., 1994; Федоров, Богомолов, 2018)
11	Срединный хребет (Центральная Камчатка)	Линзы и силлы, реже туфы пикритов среди терригенных отложений K ₂	SiO ₂ = 41–45 мас. % MgO = 18–24 мас. % TiO ₂ = 0.2–0.4 мас. % (K ₂ O + Na ₂ O) = 0.14–1.46 мас. % CaO/Al ₂ O ₃ = 0.9–1.2 Th/Yb = 0.01–0.03 Nb/Yb = 0.1–0.4 Nb/Ta = 14–18 La _(N) /Sm _(N) = 0.1–0.5 La _(N) /Yb _(N) = 0.01–0.2 Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ = 0.7053–0.7054 εNd = 8.1–10.2	Окраинный морской бассейн с проявлением мантийного плюма (Симакин и др., 2015; Тарарин и др., 2015)
12	Вахильское поднятие, (Восточная Камчатка)	Валуны и глыбы пикритов среди обломков базальтов K ₂	SiO ₂ = 40 мас. % MgO = 28–29 мас. % TiO ₂ = 0.5 мас. % K ₂ O = 0.09–0.11 мас. % CaO/Al ₂ O ₃ = 0.4–0.5 Th/Yb = 0.06–0.09 Nb/Yb = 0.8 (среднее значение) La _(N) /Sm _(N) = 0.6 La _(N) /Yb _(N) = 0.6–0.7	Задуговой или междуговой спрединг (Савельев, Цуканов, 2018)

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее крупные поля ультраосновных вулканитов Камчатско-Корякского региона установлены в северной части Валагинского хребта (Восточная Камчатка), в Срединном хребте (Центральная Камчатка) и в хребте Пекульней, расположенном на границе Корякии и Чукотки (Марковский, Ротман, 1981; Морозов, 2001; Тарарин и др., 2015). Эти объекты выбраны в качестве основных для исследований. При их характеристике использовались оригинальные данные авторов. Для описания остальных объектов привлекались материалы, заимствованные из геологической литературы.

Определения содержаний главных, примесных и редкоземельных элементов в ультрамафитах Центральной и Восточной Камчатки выполнены в Аналитическом центре Дальнево-

сточного геологического института (ДВГИ) ДВО РАН. Содержания SiO₂, H₂O и п.п.п. определены методом гравиметрии, остальных петрогенных элементов — методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе ICP-6500. Ряд рассеянных элементов определен рентгенофлуоресцентным методом на автоматическом спектрометре S4 Pioneer, а содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) — методом ICP-MS на приборе Agilent 7500c по стандартной методике.

Ультраосновные вулканиты хребта Пекульней исследовались в лабораториях аналитического центра Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Содержания петрогенных элементов, а также Ba, Cr, V, установлены рентгеноспектральным флуоресцентным методом (прибор — ARL-9800); Rb, Sr, Zr, Y, U, Pb, Nb, Th (прибор — АРФ-6); содержания

Co, Ni, Cr, Cu, V, Sc, La, Yb определены методом атомно-эмиссионной спектроскопии (ICP-AES) на приборе OPTIMA-4300); содержания РЗЭ определены методом масс-спектропии (ICP-MS) на приборе ELAN-DRC6100. Исследования изотопов Sr и Nd в ультрамафиях Валагинского и Пекульнейского хребтов произведено на многоколлекторном масс-спектрометре Finnigan MAT 262 в аналитическом центре ВСЕГЕИ.

Определения химических составов минералов выполнено в лаборатории рентгеновских методов ДВГИ ДВО РАН на электронно-зондовом микроанализаторе JXA-8100, фирмы JEOL (Япония) с энергодисперсионным спектрометром INCA x-sight (OXFORD Instruments, Англия) по стандартной методике.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Пикриты и пикробазальты северной части Валагинского хребта (Восточная Камчатка) приурочены к выходам позднемиоценовых вулканогенно-осадочных отложений, формирующим надвиговые структуры в геологическом строении Восточно-Камчатского горстантиклинория (Государственная..., 2006). Автохтоном надвиговых структур служат терригенно-вулканогенные отложения, обозначенные на геологической карте, как голубовская толща, а аллохтоном — основные и ультраосновные вулканические породы, объединенные в попутновскую толщу. В нижней части (800 м) разреза, автохтона (голубовская толща) участвуют полимиктовые песчаники, алевриты, аргиллиты, реже зеленокаменные туфы, а в верхней (700 м) — пачки кремней, туфов и туффитов андезибазальтового и андезитового составов. Возраст отложений автохтона датирован кампан-маастрихтом по находкам микрофауны (Государственная..., 2006).

Аллохтон — попутновская толща — состоит из (снизу-вверх): подтолщи магнезиальных базальтов, переслаивающихся с туфами агломератовой размерности мощностью 1000 м, согласно залегающей на ней подтолщи ультраосновных вулкаников (пикритов) мощностью 500 м и подтолщи лав и грубообломочных туфов трахиабазальт-трахиандезитового состава мощностью 600 м, согласно залегающей на ультраосновных вулканиках. Возраст попутновской толщи оценивается по радиоляриям интервалом поздний мел — ранний палеоген (Государственная..., 2006).

Поля ультраосновных вулканических образований северной части Валагинского хребта являются фрагментом региональной вулканической структуры, включающей в себя выходы основных и ультраосновных пород поздний мел-

раннепалеогенового возраста, обнажающиеся в хребтах Тумрок, Широкий и на горе Шаромский Мыс (рис. 1), что позволяет характеризовать ультраосновной вулканизм отмеченных участков на примере пикритов Валагинского хребта.

В строении подтолщи ультраосновных вулкаников (ранее эта подтолща обозначалась на геологических картах как хребтовская свита (Марковский, Ротман, 1981) преобладают горизонты грубообломочных акватуфов агломератовой и глыбовой размерности, прорываемые силлами, дайками и трубками взрыва ультрамафитов, а также дайками трахибазальтов, трахиандезитов и мелкими штоками сиенито-диоритов, принадлежащих вышезалегающей подтолще трахибазальтов и трахиандезитов. Лавовые потоки распространены в подчиненном количестве и выделяются шаровой отдельностью, указывающей на подводный характер излияния ультраосновной магмы. Для некоторых потоков и силлов ультрамафитов свойственна плоскопараллельная ритмичная расслоенность (Бадрединов и др., 2022). По данным К-Аг датирования слюд возраст формирования толщи ультраосновных вулкаников составляет 70, 80 и 89 млн лет (Марковский, Ротман, 1981)

Ультрамафиты лавовых потоков, силлов и даек имеют крупнопорфировую структуру и миндалекаменную текстуру. Порфиновые вкрапления представлены высокомагнезиальным оливином ($X_{Mg} = 0.85-0.90$), объемные количества которого варьируют от 10 до 30 %. Основная масса породы состоит из вулканического стекла с погруженными в него мелкими кристаллами флогопита, диопсида, хромшпинели и магнетита. Ассоциация вторичных минералов включает: хлорит, серпентин (по оливину), цеолиты, ± актинолит. Специфичен состав хромшпинели. Он имеет предельно низкое для ультраосновных вулканических пород содержание алюминия.

Особенностями химического состава пикритов Валагинского хребта (табл. 2) являются высокие концентрации магния ($MgO = 28-35$ мас. %), пониженные титана и преобладание кальция над алюминием ($CaO/Al_2O_3 > 1$). Содержания K_2O варьируют от низких значений ($0.02 \leq K_2O \leq 0.3$ мас.%) до повышенных и высоких (7.0 мас.%) (Федоров, Богомолов, 2018), что обусловлено перераспределением калия между флюидом и расплавом на этапе его кристаллизации (Бадрединов и др., 2022).

В поведении малых элементов (рис. 2) характерно преобладание легких РЗЭ над тяжелыми ($Lan/Ybn = 5.1-7.6$), небольшая сумма всех РЗЭ (18–30) и наличие Ta и Nb минимумов на мультиэлементной диаграмме. Концентрации примесных элементов (рис. 2), а также значения $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.7028-0.7030$ в валагинских

Таблица 2. Химические составы типовых пикритов ультраосновных комплексов хребтов Валагинский, Срединный и Пекульней (петрогенные элементы в мас. %, микроэлементы в ppm)

Table 2. Chemical compositions of typical picrites of ultramafic complexes of the Valaginsky, Sredinny and Pekulney Ridges (petrogenic elements in wt.%, microelements in ppm)

№ п.п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	39.22	39.20	38.00	42.63	41.18	44.31	42.17	37.29	41.98
TiO ₂	0.27	0.28	0.19	0.27	0.43	0.19	0.41	0.31	0.38
Al ₂ O ₃	4.42	4.77	3.41	8.60	11.35	10.01	7.32	5.85	7.53
Fe ₂ O ₃	10.25	9.80	8.32	12.08	14.61	10.43	10.94	10.61	10.34
MnO	0.14	0.13	0.13	0.16	0.18	0.14	0.12	0.12	0.18
MgO	30.12	28.27	33.92	21.35	22.46	20.03	23.12	31.00	24.57
CaO	7.18	5.66	1.48	8.48	7.61	8.68	7.03	5.29	8.02
Na ₂ O	0.14	0.14	0.10	0.17	0.63	1.36	0.80	0.34	0.32
K ₂ O	0.27	0.04	0.07	0.01	0.01	0.10	0.07	0.02	0.03
P ₂ O ₅	0.21	0.21	0.17	0.03	0.03	0.02	0.05	0.10	н/о
ППП	8.32	10.48	14.11	5.72	1.23	4.28	6.55	8.88	6.40
Σ	100.1	99.63	99.58	99.50	99.72	99.55	98.20	99.32	99.05
Ni	1250	922	1250	1273	1057	1043	931.0	1110.0	975.0
Co	74.6	61.1	77.5	91.11	96.86	77.71	79.4	84.2	82.4
Rb	13.5	2.54	3.46	<0.1	0.11	0.1	4.49	2.47	<2
Sr	126.8	93.50	141.5	6.90	32.44	11.80	41.40	21.50	21.60
Y	5.13	3.95	3.77	7.80	9.97	7.99	8.57	6.34	8.62
Zr	20.2	12.6	16.1	8.14	14.39	6.72	31.50	22.30	30.20
Nb	0.423	0.201	0.212	0.17	0.15	0.45	1.11	0.66	1.20
Ba	191.5	95.1	83.8	2.33	6.31	18.25	н.о.	н.о.	н.о.
La	4.14	3.16	3.24	0.08	0.03	0.03	1.62	0.82	1.72
Ce	8.76	6.83	7.18	0.33	0.52	0.31	3.63	1.73	3.81
Pr	1.29	0.97	1.14	0.10	0.16	0.08	0.50	0.28	0.53
Nd	7.43	5.37	5.79	0.93	1.32	0.70	2.55	1.52	2.93
Sm	1.53	1.23	1.43	0.58	0.93	0.39	0.97	0.69	0.71
Eu	0.482	0.406	0.339	0.18	0.43	0.11	0.37	0.24	0.33
Gd	1.54	1.44	1.52	0.98	1.66	0.88	1.13	0.74	1.16
Tb	0.168	0.16	0.124	0.19	0.29	0.17	0.22	0.15	0.22
Dy	0.951	1.01	0.739	1.61	2.13	1.44	1.42	0.93	1.36
Ho	0.187	0.204	0.144	0.34	0.42	0.32	0.32	0.22	0.32
Er	0.596	0.462	0.472	0.95	1.14	1.02	0.93	0.55	0.96
Tm	0.076	0.061	0.050	0.16	0.15	0.17	0.12	0.11	0.12
Yb	0.635	0.411	0.313	1.05	1.07	1.22	0.75	0.62	0.76
Lu	0.075	0.072	0.059	0.16	0.19	0.18	0.14	0.05	0.16
Hf	0.606	0.437	0.548	0.24	0.40	0.21	0.71	0.38	0.56
Ta	0.045	0.028	0.027	0.01	0.01	0.02	0.1	0.10	0.11
Pb	5.25	4.51	8.55	1.26	1.01	0.5	н.о.	н.о.	н.о.
Th	0.71	0.447	0.343	0.01	0.01	0.03	0.41	0.10	0.13
U	0.484	0.269	0.323	0.03	0.01	0.02	0.15	0.14	0.16

Примечание. Анализы: 1–3 — Валагинский хребет; 4–6 — Срединный хребет; 7–9 — хребет Пекульней. Все железо пересчитано на окисное. н.о. — не определялось.

Note. Analyses: 1–3 — Valaginsky Ridge; 4–6 — Sredinny Ridge; 7–9 — Pekulney Ridge. All iron was recalculated to oxide. н.о. — not determined.

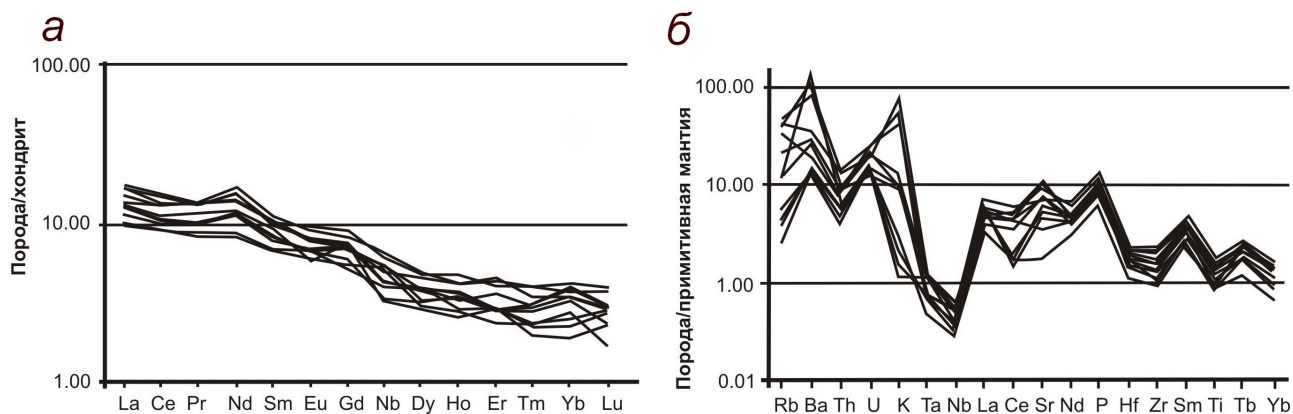


Рис. 2. Распределение содержаний РЗЭ, нормированных по хондриту — *а*, и малых элементов, нормированных по примитивной мантии — *б*, в пикритах Валагинского хребта. Здесь и на рис. 3 и 4 значения нормализации хондрита взяты из (McDonough, Sun, 1995). Значения нормализации примитивной мантии (PM) взяты из (Sun, McDonough, 1989).

Fig. 2. *a* — chondrite-normalized REE patterns, and *б* — primitive mantle-normalized multi-element patterns of the Valaginsky Ridge picrites. Here and in Figs. 3 and 4, the chondrite normalization values are from (McDonough, Sun, 1995). PM normalization values are from (Sun, McDonough, 1989).

пикритах указывают на отсутствие воздействия на ультраосновной расплав корового субстрата и компонентов морской среды. Изотопия неодима ($\epsilon Nd = 7.6-9.0$) и низкое суммарное содержание РЗЭ подчеркивают деплетированный характер мантийного источника, из которого выплавлялись пикриты.

Химический состав базальтов и трахибазальт-трахиандезитов, пространственно ассоциирующихся с пикритовой толщей, характеризуется повышенной магниальностью, калиестью, наличием тантал-ниобиевого минимума, на фоне пониженных концентраций оксида титана (Цуканов и др., 2008). Эти признаки отвечают базальтоидам надсубдукционного геохимического типа. Вместе с тем, в строении попутной толщи присутствуют тектонические блоки пород, состоящие из переслаивания радиолариевых кремней и базальтов, сопоставимых с нормальными толеитами MORB (Цуканов, Сколотнев, 2005).

Геодинамическая обстановка формирования пикритов Валагинского хребта дискуссионна (Марковский, Ротман, 1981; Федоров, Богомолов, 2018; Чехович, 2011; Шапиро и др., 2008). В большинстве работ приводится модель «накачивания» (Шапиро и др., 2008), согласно которой ультрамафиты Восточно-Камчатского горстантиклиория (хребты Широкий, Тумрок, Валагинский, гора Шаромский Мыс) образовались в обстановке энсиматической Ачайваям-Валагинский островной дуги, сформировавшейся в центральной части Палеоокеана (30° с. ш.) и перемещенной к окраине Азиатского континента в процессе надвигания одной части океанической плиты на другую. Недостатком этой модели, критически рассмотренной в работе

В.Д. Чеховича (2011), является ее несоответствие геологическим данным.

Альтернативной по отношению к модели, разработанной (Шапиро и др., 2008), является модель периодических вулканических поясов, согласно которой базальт-ультрамафитовый вулканизм Восточной Камчатки объясняется формированием в позднемиоценовое время на восточной окраине Азиатского континента и в ее океаническом обрамлении серии синхронных периодических вулканических поясов рифтогенной природы. Первый вариант такой модели, опирающийся на учение о геосинклиналях, был предложен В.К. Ротманом и Б.А. Марковским (1979). В дальнейшем Н.И. Филатова (1988) разработала модель периодических поясов на основе теории плитной тектоники.

Пикриты и пикробазальты Среднего хребта (Центральная Камчатка). Особенностью геологического строения Центральной Камчатки является присутствие здесь крупных выступов метаморфических пород, обнажающихся в разрезах Среднего и Ганальского хребтов. Геологические данные позволяют объединить метаморфические породы Среднего и Ганальского хребтов в один метаморфический комплекс с возрастом протолитов не древнее 100 млн лет и временем метаморфизма 52 ± 2 млн лет (Тарарин и др., 2015). В качестве материнских пород метаморфических образований реконструируются терригенные отложения (колпаковская, камчатская, малкинская и ганальская серии), с подчиненной ролью вулканогенных пород (алисторская, андриановская толщи, химкинская, барабская, вахталкинская и дьявольская свиты). Неметаморфизованные и слабометаморфизованные породы Центральной Камчатки

представлены поздний мел-раннепалеогеновыми флишoidalными отложениями, выделенными в хозгонскую свиту и лесновскую серию и толщами позднемеловых вулканитов основного состава (ирунейская, кирганикская свиты), имеющих с метаморфическими породами тектонические контакты.

Ультраосновные вулканиты установлены в разрезах метаморфических образований алисторской и андриановской толщ пикрит-базальтового состава (Симакин и др., 2015; Тарарин и др., 2015). Некоторые исследователи рассматривают андриановскую и алисторскую толщи, как фациальные разности единого стратона (Симакин и др., 2015). В настоящей статье характеристика пикритов Срединного хребта Камчатки представлена на примере ультрамафитов алисторской толщи, распространенной в районе истоков реки Левая Коль.

Толща ультрамафитов состоит из преобладающих пачек гиалокластитов и гиалокластитовых брекчий метапикритов и метапикробазальтов, отдельных горизонтов лав и силлов, переслаивающихся с метатерригенными отложениями и метавулканитами основного состава (Тарарин и др., 2015). Мощность горизонтов ультрамафитов достигает 300 м, при суммарной мощности алисторской толщи около 1000 м. Возраст отложений алисторской толщи принимается верхнемеловым на основании датирования цирконов (100–107 млн лет) из метатерригенных пород переслаивающихся с ультраосновными вулканитами (Hourigan et al., 2009). В среднем эоцене (52 ± 2 млн лет) породы толщи претерпели региональный метаморфизм зеленосланцевой фации с пиковыми значениями $P = 2-4$ кбар и $T = 500$ °C (Тарарин и др., 2015).

Метапикриты состоят из порфировых вкрапленников оливина ($X_{Mg} = 0.75-0.85$), моноклинного пироксена (салита и авгита), хромистой шпинели и реже бурого амфибола среди магнетит-серпентин-хлорит-тремолит-акти-

нолитового спутанно-волокнутого агрегата основной массы.

Химический состав пикритов характеризуется низкими концентрациями щелочей, особенно калия ($K_2O < 0.3$ мас. %), а также пониженными в сравнении с хондритовыми содержаниями Rb, Sr и Th (табл. 2). Отношение CaO/Al_2O_3 , варьирует в пределах 0.6–1.2 с преобладанием ультрамафитов, в которых величина $CaO/Al_2O_3 < 1$. Спектры РЗЭ (рис. 3) обеднены лантаноидами ($La_{(N)}/Sm_{(N)} = 0.1-0.5$; $La_{(N)}/Yb_{(N)} = 0.01-0.2$) при содержаниях средних и тяжелых РЗЭ в 7–9 раз выше чем в хондрите. Часть спектров выделяется наличием европиевого минимума. По характеру распределения РЗЭ изученные метапикриты сопоставимы с пикритами офиолитовых комплексов.

Ассоциирующиеся с пикритами базальты сопоставимы с нормальными толеитами MORB (Тарарин и др., 2015). Геологические данные указывают на то, что становление пикрит-базальтового комплекса Срединного хребта происходило в условиях окраинного осадочного бассейна в зонах глубинных разрывных нарушений, сформировавшихся в пределах этого бассейна (Симакин и др., 2015).

Пикриты хребта Пекульней. Ультрамафиты хребта Пекульней распространены в его южной приосевой части в виде вулканитов различных фациальных типов — массивных, подушечных и шаровых лав, вулканических брекчий и гиалокластитов, а также силлов и даек. В геологических разрезах ультраосновные вулканиты тесно ассоциируют с базальтами, формируя единую пикрит-базальтовую толщу мощностью около 400 м, согласно залегающую среди осадочных отложений кремнисто-терригенно-вулканогенного комплекса с фауной валанжин-готеривского возраста (Марковский, Богданов, 1985; Морозов, 2001). Интенсивная тектоническая раздробленность и меланжированность пикрит-базальтовой толщи затрудняют составление

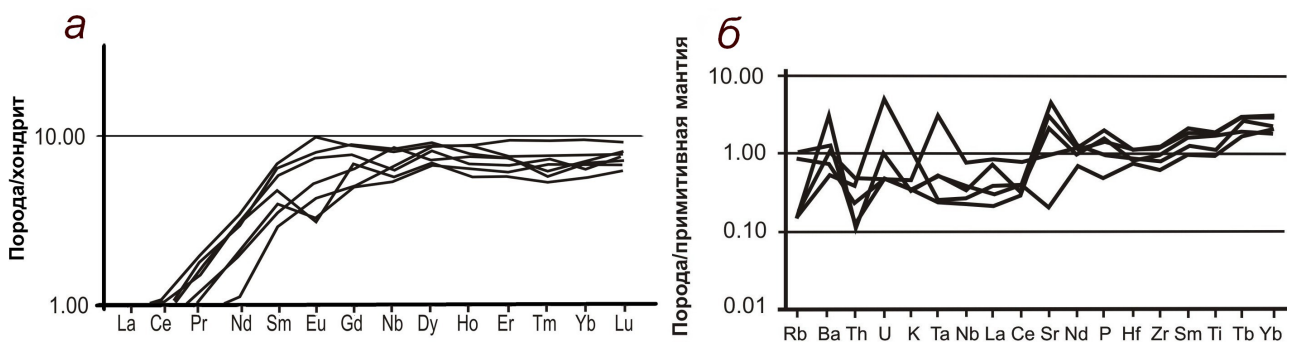


Рис. 3. Распределение содержаний РЗЭ, нормированных по хондриту — *а*, и малых элементов, нормированных по примитивной мантии — *б*, в пикритах Срединного хребта (алисторская толща)

Fig. 3. *a* — chondrite-normalized REE patterns, and *б* — primitive mantle-normalized multi-element patterns of the Sredinny Range picrites (Alistor thickness).

ее геологического разреза, однако по геологическим наблюдениям можно констатировать, что пикриты слагают нижнюю часть толщи.

Подстилающим по отношению к толще пикритов и базальтов является позднеюрско-раннемеловой вулканоплутонический комплекс, включающий вулканиды основного, среднего и кислого составов, переслаивающиеся с осадочными породами (известняки, алевролиты, песчаники, конгломераты) фации континентального склона. Этот комплекс пород, рассматривается как автохтон по отношению к аллохтону, разрез которого начинается с горизонта пикритов.

Среди ультраосновных вулканидов пикритовой толщи преобладают вулканические брекчии. Лавы пикритов распространены в подчиненных объемах, формируя потоки мощностью 5–10 м, сложенные массивными, подушечными и шаровыми разновидностями. Субвулканические образования представлены маломощными (первые метры) силлами и дайками, секущими брекчированные туфогенные отложения.

Пикриты лав и обломки вулканических брекчий характеризуются мелко- и среднепорфировой структурами с порфировыми вкрапленниками (15–40 %) оливина (0.5–2.0 мм), который образует идиоморфные, иногда скелетные кристаллы, часто нацело замещенные серпентином или агрегатом актинолита, тремолита и магнетита. Изредка к ним присоединяются субвкрапленники диопсид-авгита. Микролитовая основная масса сложена клинопироксеном (авгитом), рудным минералом и вулканическим стеклом, обычно полностью замещенным серпентином и хлоритом, или агрегатом амфибола, серпентина и хлорита. Пикриты даек и силлов отличаются обилием (45–75 %) крупных (10–15 мм) серпентинизированных вкрапленников высокомагнезиального оливина ($X_{Mg} = 0.85–0.90$), с которым ассоциируют

(до 20–25 %) более мелкие вкрапленники клинопироксена (диопсид-авгита).

Химический состав пикритов хребта Пекульней (табл. 1, 2; рис. 4) близок к пикритам алисторской толщи Срединного хребта. Для пикритов хребта Пекульней характерно преобладание оксида алюминия над оксидом кальция ($CaO/Al_2O_3 \leq 1$), низкая сумма щелочей ($Na_2O + K_2O = 0.1–0.87$ мас. %), при более высоких концентрациях Na_2O в сравнении с K_2O . Содержания TiO_2 варьируют в пределах 0.3–0.6 мас. %, MgO — от 17 до 31 мас. %. Спектры распределения РЗЭ пикритов хребта Пекульней указывают на обеднение пород легкими элементами относительно тяжелых ($La_{(N)}/Sm_{(N)} = 0.4–0.8$; $La_{(N)}/Yb_{(N)} = 0.4–0.9$). Отношения $Nb/Ta = 14–15$ отвечают деплетированной мантии (Barth et al., 2000), при $87Sr/86Sr = 0.7029$, соответствующих мантийным значениям.

Среди базальтов, ассоциирующихся с толщей пикритов, преобладают нормальные толеиты MORB. В подчиненных количествах встречаются потоки высокотитанистых базальтов, сопоставимых по концентрациям основных и малых элементов с базальтами внутриплитного геохимического типа. Детальная характеристика базальтов хребта Пекульней приведена в работе (Морозов, 2001).

Геодинамическая обстановка формирования пекульнейских ультраосновных вулканидов интерпретируется, как интрадуговой спрединг, проявившийся на заключительных этапах эволюции Удско-Мургалской островодужной системы (Морозов, 2001). При этом наклон зоны субдукции, обеспечивавшей островодужный вулканизм, принимается близким к вертикальному.

В материалах (Марковский, Богданов, 1985) генезис пекульнейских пикритов объясняется рифтогенезом, проявленным в раннем мелу

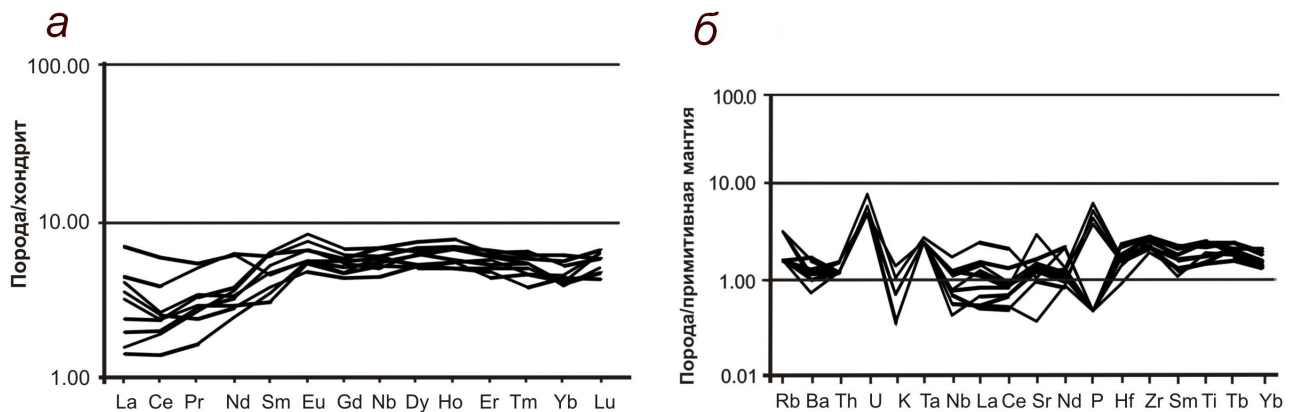


Рис. 4. Распределение содержаний РЗЭ, нормированных по хондриту — а, и малых элементов, нормированных по примитивной мантии — б, в пикритах хребта Пекульней.

Fig. 4. *a* — chondrite-normalized REE patterns, and *b* — primitive mantle-normalized multielement patterns of the Pekulney Ridge picrites.

в зоне сочленения континентального и океанического блоков земной коры.

Пикриты зоны Восточных п-вов объединяют ультрамафиты, установленные на п-ове Камчатский, на Вахильском поднятии и на о. Карагинский. Данные об их залегании, химическом составе и геодинамических условиях формирования заимствованы из работ (Савельев, 2014; Савельев, Цуканов, 2018; Сидоров, 1987). Возраст пикритов датируется интервалом поздний мел-ранний палеоген. Особенностью пикритов зоны Восточных п-овов является соответствие их химического состава океаническому типу пород (табл. 1).

В материалах предшественников (Савельев, Цуканов, 2018) предполагается, что пикриты п-ова Камчатский сформировались в геодинамической обстановке срединно-океанического хребта. Становление пикритов Вахильского поднятия связывается с обстановкой задугового или междугового спрединга. Сведения о пикритах о. Карагинский ограничены включением их в состав офиолитового комплекса океанической природы (Сидоров, 1987).

Пикриты Корякского региона. В Корякии (рис. 1), помимо хребта Пекульней, пикриты установлены в южной части Олюторской зоны — лавы и туфы в толще поздний мел-раннепалеогеновых базальтов ачайваямской свиты (Федоров, Казимиров, 1989), на Ганычаланском поднятии (Белый Гельман, 1980) — делювиальный свал среди базальтов раннемелового возраста и на Пенжинском кряже — толща базальтов и пикритов, выделенная на геологических картах в ильпинейскую свиту раннесилурийского возраста (Государственная..., 2015; Добрецов, 1974). Геохимическая характеристика пород, с данными содержания РЗЭ, имеется только для ультрамафитов Олюторской зоны (Федоров, Казимиров, 1989). Химический состав олюторских пикритов и время формирования позволили предшественникам объединять их с поздний мел-раннепалеогеновыми пикритами Восточно-Камчатского горстантиклинория в единый вулканический комплекс, сформировавшийся в геодинамических условиях внутриокеанской энсиматической дуги.

ОБСУЖДЕНИЕ

Приведенные данные по ультраосновным вулканикам Камчатско-Корякского региона подчеркивают различия химического состава исследованных пикритов. Использование диаграммы Nb/Yb — Th/Yb (рис. 5) позволяет выявить основные закономерности этих различий. Как следует из диаграммы, пикриты хребтов Пекульней (K₁) и Срединного (K₂), а также Вахильского

поднятия (K₂) и п-ова Камчатский (K₂) попадают в область мантийных океанических выплавок, сопоставимых по отношению Nb/Yb и Th/Yb с толеитовыми базальтоидами срединно-океанических хребтов нормального (N-MORB) и промежуточного (T-MORB) типов. Тогда как пикриты Валагинского хребта (K₂), Олюторской зоны Корякии (K₂) и пикриты хребтов Тумрок, Широкий и горы Шаромский Мыс (K₂) отличаются на графике от океанических пикритов высокими концентрациями тория, формируя самостоятельное поле мантийных выплавок с особенностями химического состава, определяемого на диаграмме, как надсубдукционный

Концентрации основных петрогенных компонентов (SiO₂, MgO, TiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O и ряда малых элементов: Th, Nb, Rb, Sr, Ba, Y) в раннесилурийских пикритах Пенжинского кряжа сближают их с пикритами океанического типа (табл. 1). Однако отсутствие данных по содержаниям РЗЭ не позволяет выполнить более детальную типизацию пенжинских пикритов. То же самое следует сказать о раннемеловых пикритах Ганычаланского поднятия (Белый,

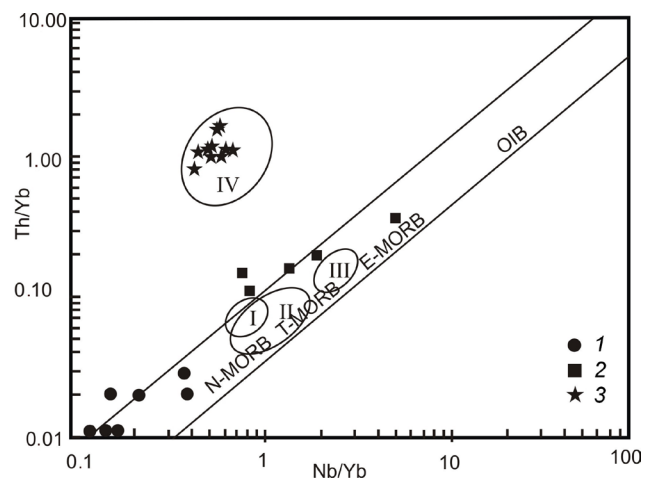


Рис. 5. Диаграмма Nb/Yb — Th/Yb (Pearce, 2008). Условные обозначения: 1–3 — пикриты хребтов Срединный (1), Пекульней (2) и Валагинский (3). Поля пикритов: I — Вахильского поднятия (Савельев, Цуканов, 2018); II — андриановской толщи Срединного хребта (Симакин и др., 2015); III — п-ова Камчатский (Савельев, 2014); IV — хребтов Широкий, Тумрок, Олюторской зоны Корякии (Федоров, Казимиров, 1989), г. Шаромский Мыс (Каменецкий и др., 1991; Савельев, Цуканов, 2018).

Fig. 5. Nb/Yb — Th/Yb diagram (Pearce, 2008). Legend: 1–3 — picrites of the Sredinny (1), Pekulney (2) and Valaginsky (3) Ridges. Picrite fields: I — Vakhil Uplift (Savelyev, Tsukanov, 2018); II — Andrianovskaya Formation of the Sredinny Range (Simakin et al., 2015); III — Kamchatsky Peninsula (Savelyev, 2014); IV — Shirokiy, Tumrok ridges, Olyutorsky zone of Koryakia (Fedorov, Kazimirov, 1989), Sharomsky Cape (Kamenetsky et al., 1991; Savelyev, Tsukanov, 2018).

Гельман, 1980) и позднемеловых пикритах о. Карагинский, сведения о химическом составе которых еще более ограничены (Сидоров, 1987).

Определения времени формирования ультрамафитов Камчатско-Корякского региона делят пикриты на четыре группы. Самыми древними являются раннесилурийские пикриты Пенжинского кряжа (438 млн лет). По материалам (Государственная..., 2015; Добрецов, 1974) эти пикриты, представляют собой фрагмент палеоокеанической коры, обдуцированной в виде тектонической пластины на континентальную окраину. Данные, которыми располагают авторы настоящей работы, не противоречат этому выводу.

Следующий импульс пикритового вулканизма, фиксируемый в ультрамафитах Камчатско-Корякского региона, охватывает раннемеловой период (валанжин-готерив). В раннемеловое время происходило излияние пикритов Ганычаланского поднятия (Белый, Гельман, 1980) и пикритов хребта Пекульней, венчающих разрез вулканитов Удско-Мургалевского окраинно-континентального вулканического пояса (Морозов, 2001). Особенности химического состава раннемеловых пикритов хребта Пекульней сближают их с океаническими базальтоидами нормального и обогащенного типов (рис. 1; табл. 1, 2). Вместе с тем, на дискриминационной палеогеодинамической диаграмме (рис. 6) пикриты хребта Пекульней занимают промежуточное положение между вулканитами срединно-океанических хребтов и вулканитами островных дуг и активных континентальных окраин, что позволяет предполагать для них особые условия магмогенерации.

Третий этап формирования ультраосновных вулканитов Камчатки и Корякии датируется по данным изотопных определений началом позднего мела (100 млн лет). В этот этап в условиях окраинно-континентального бассейна происходило излияние пикритов алисторской свиты Срединного хребта, петрохимические характеристики, которых близки пикритам хребта Пекульней (рис. 5; табл. 1, 2). На дискриминационной палеогеодинамической диаграмме (рис. 6) пикриты Срединного хребта, как и пикриты хребта Пекульней, занимают промежуточное положение между вулканитами срединно-океанических хребтов и вулканитами островных дуг и активных континентальных окраин.

В завершающий четвертый этап ультраосновного вулканизма (верхи позднего мела-начало палеогена) происходило излияние пикритов распространенных в хребтах: Валагинский, Широкий, Тумрок, в Олюторской зоне Восточной Корякии, а также пикритов, установленных на Вахильском поднятии и на п-ове Камчатском (рис. 1).

При этом, близкие по времени извержения (маастрихт-дат) пикриты Валагинского хребта, хребтов Широкий, Тумрок, горы Шаромский Мыс, с одной стороны, и пикриты Вахильского поднятия и п-ова Камчатский — с другой, относятся к разным геохимическим типам — надсубдукционному и океаническому (рис. 5).

Наиболее дискуссионным в геологии пикритов Камчатско-Корякского региона является интерпретации геодинамических условий их формирования. Новые данные по региональной геологии и тектонике Камчатки и Корякии позволили исследователям (Голозубов и др., 2010, 2024; Гребенников, Ханчук, 2021; Диденко, Ханчук, 2019) выделить в истории геологического развития рассматриваемой территории два периода, когда она представляла собой континентальную окраину трансформного типа: 1) неокомовый и 2) поздний мел-палеогеновый (110–60 млн лет). В представлениях цитируемых авторов, в эти периоды Восточно-Азиатская зона перехода континент-океан характеризовалась сдвиговыми дислокациями земной коры, сопровождаемыми формированием синсдвиговых (рифтогенных) зон растяжения и серии глубинных эшелонированных сколов (Восточно-Азиатская рифтовая система по (Филатова, 2015)).

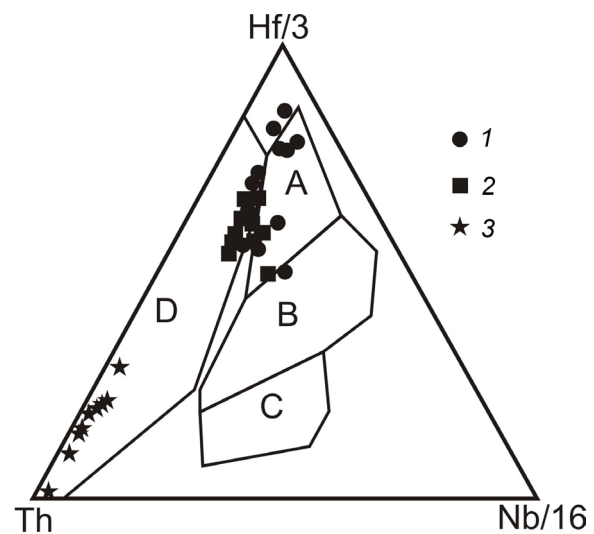


Рис. 6. Дискриминационная диаграмма Th-Hf-Nb (Wood, 1980) для пикритов хребтов: Срединный (1); Пекульней (2); и Валагинский (3). Поля базальтоидов: А — срединно-океанических хребтов; В — срединно-океанических хребтов и внутриплитных обстановок; С — внутриплитных обстановок; D — островных дуг и активных континентальных окраин.

Fig. 6. Th-Hf-Nb discrimination diagram (Wood, 1980) for picrites of the ridges: Sredinny (1); Pekulney (2); and Valaginsky (3). Basaltoid fields of: A — mid-ocean ridges; B — mid-ocean ridges and intraplate setting; C — intraplate setting; D — island arcs and active continental margins.

Геохимические критерии выделения вулканических пород геодинамических обстановок скольжения литосферных плит еще только разрабатываются, но имеющиеся данные указывают на то, что в таких условиях наблюдается сочетание вулканических надсубдукционных и внутриплитных геохимических типов (Голозубов и др., 2010, 2024; Гребенников, Ханчук, 2021; Филатова, 2015).

С периодами синсдвигового рифтогенеза совпадают раннемеловой (валанжин-готерив), начала позднего мела (100 млн лет) и поздний мел-раннепалеогеновый (маастрихт-дат) импульсы проявления ультраосновного вулканизма, фиксируемые по датированию пикритов Камчатки и Корякии. Исходя из сказанного, следует заключить, что, по меньшей мере, становление ультраосновных вулканических хребта Пикульней (K_1) и пикритов Центральной Камчатки (K_2), формирование которых связано с эволюцией тектонических структур континентальной окраины, происходило в геодинамических условиях трансформной окраины. Этим объясняется специфика химического состава рассматриваемых ультрамафитов, фиксируемая на дискриминационной палеогеодинамической диаграмме (рис. 6).

Пикриты и базальты поздний мел-раннепалеогенового возраста Восточной Камчатки и Восточной Корякии также характеризуются химическим составом пород, предполагающим особые условия магмогенерации (калиевая специфика пикритов попутновской толщи Камчатки (Федоров, Богомол, 2018) и пикритов Олюторской зоны Корякского нагорья (Федоров, Казимиров, 1989); присутствие базальтов внутриплитного типа в ассоциации с позднемеловыми пикритами п-ова Камчатский (Сколотнев и др., 2006).

Ранее было установлено, что пикритовые вулканические Восточно-Камчатского горстантиклинория, Восточных полуостровов и Олюторской зоны Корякии сформировались в условиях океанических островных дуг (Ачайваям-Валагинской и Кроноцкой), аккретированных к окраине Азиатского континента в палеоцене (Шапиро и др., 2008; Hourigan et al., 2009). Предполагалось, что зарождение энсиматических дуг происходило в центральной части Палеоокеаники на широте 30 градусов. Однако в более поздней работе (Чехович и др., 2009) на основании новых геологических данных начальное положение энсиматических дуг было приближено к восточной окраине Азиатского континента, на основании новых геологических данных. Это позволяет вернуться к модели палеоокеанических вулканических поясов. В рамках этой модели объяснимо синхронное развитие в позд-

нем мелу у восточной окраины Палеоазиатского континента Ачайваям-Валагинского и Кроноцкого вулканических поясов, геохимический тип вулканизма которых определялся глубиной заложения синсдвиговых тектонических сколов и степенью участия флюидов в магмогенерации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геологические материалы позволяют выделить четыре импульса ультраосновного вулканизма, зафиксированных в пикритах Камчатско-Корякского региона: раннесилурийский, раннемеловой, начала позднего мела, и поздний мел-раннепалеогеновый. Время формирования пикритов раннемелового, начала верхнего мела и поздний мел-палеогенового возрастов синхронно с периодами трансформного взаимодействия Палеотихоокеанской и Палеоазиатской плит, сопровождавшегося синсдвиговым рифтогенезом.

Геологические данные и петрохимия пикритов и ассоциирующихся с ними базальтов хребта Пекульней (K_1) и пикритов Среднего хребта (K_2), приуроченных к континентальной окраине, согласуется с моделью трансформного скольжения плит.

Геодинамические условия пикритового вулканизма поздний мел-раннепалеогенового возраста также предположительно обусловлены сдвиговой тектоникой, при трансформном взаимодействии Палеоазиатского континента и Палеоокеана в позднемеловой период, но обоснование этого вывода требует дополнительных исследований.

Список литературы [References]

- Бадрединов З.Г., Марковский Б.А., Тарарин И.А.* Генезис высококальциевых пикритов Восточной Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2022. № 1. С. 3–17. <https://doi.org/10.31857/S0203030622010023> [*Badredinov Z.G., Markovsky B.A., Tararin I.A.* Genesis of High K Picrites in Eastern Kamchatka // Journal of Volcanology and Seismology. 2022. V. 16. № 1. P. 1–14. <https://doi.org/10.1134/s074204632201002x>].
- Белый В.Ф., Гельман М.Л.* Меймечиты в Пензенском хребте // Доклады академии наук СССР. 1980. Т. 250. № 4. С. 928–930 [*Bely V.F., Gelman M.L.* Meimechites in the Penzhensky Range // Doklady Akademii Nauk SSSR. 1980. V. 250. № 4. P. 928–930 (in Russian)].
- Васильев Ю.Р., Гора М.П.* Особенности формирования разновозрастных меймечит-пикритовых ассоциаций из регионов Сибири и Дальнего Востока // Тихоокеанская геология. 2016. Т. 35. № 1. С. 81–91 [*Vasiliev Yu.R., Gora M.P.* The peculiarities of the formation of different aged meimechite-picrite associations in the regions with diverse structure (Siberia and the Far East) // Tikhookeanskaya Geologiya. 2016. V. 35. № 1. P. 81–91 (in Russian)].

- Голозубов В.В., Фунг Ван Фать, Ле Дык Ань. Рифтогенезы окраинных морях Западной Пацифики // Тихоокеанская геология. 2024. Т. 43. № 1. С. 3–26. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2024-43-1-3-26> [Golozubov V.V., Phach P.V., Anh L.D. Rifting in marginal seas of the Western Pacific // Russian Journal of Pacific geology. 2024. V. 18. №. 1. P. 1–22. <https://doi.org/10.1134/s1819714024010032>].
- Голозубов В.В., Ханчук А.И., Симаненко В.П. Геодинамика восточной окраины Азии в мел-палеогеновое время // Материалы XLIII Тектонического совещания «Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя». М.: ГЕОС, 2010. С. 172–174 [Golozubov V.V., Khanchuk A.I., Simanenko V.P. Geodynamics of the eastern margin of Asia in the Cretaceous-Paleogene time // Proceedings of the XLIII Tectonic Conference «Tectonics and Geodynamics of Folded Belts and Platforms of the Phanerozoic». Moscow: GEOS Publishers, 2010. P. 172–174 (in Russian)].
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист N-57 – Петропавловск-Камчатский. Объяснительная записка / Сляднев Б.И., Шаповаленко В.Н., Крикун Н.Ф. и др. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2006. 376 с. [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1.000.000 (third generation). Koryak-Kuril Series. Sheet N-57 – Petropavlovsk-Kamchatsky. Explanatory Note / Slyadnev B.I., Shapovalenko V.N., Krikun N.F. et al. St. Petersburg: Cartographic Factory VSEGEI, 2006. 376 p. (in Russian)].
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист Р-58 – Пенжинская губа. Объяснительная записка / Сляднев Б.И., Сидоренко В.И., Сапожникова Л.П. и др. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 384 с. [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1.000.000 (third generation). Koryak-Kuril Series. Sheet R-58 – Penzhina Bay. Explanatory Note / Slyadnev B.I., Sidorenko V.I., Sapozhnikova L.P. et al. St. Petersburg: Cartographic Factory VSEGEI, 2015. 384 p. (in Russian)].
- Гребенников А.В., Ханчук А.И. Геодинамика и магматизм трансформных окраин тихоокеанского типа. Основные теоретические аспекты и дискриминантные диаграммы // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40. № 1. С. 3–24. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2021-40-1-3-24> [Grebennikov A.V., Khanchuk A.I. Geodynamics and magmatism of the Pacific-type transform margins. Aspects and discriminant diagrams // Tikhookeanskaya Geologiya. 2021. V. 40. № 1. P. 3–24 (in Russian)].
- Диденко А.Н., Ханчук А.И. Смена геодинамических обстановок в зоне перехода Тихий океан–Евразия в конце раннего мела // Доклады академии наук. 2019. Т. 487. № 4. С. 405–408. <https://doi.org/10.31857/S0869-56524874405-408> [Didenko A.N., Khanchuk A.I. Change in geodynamic settings in the Pacific Ocean–Eurasia transition zone at the end of the Early Cretaceous // Reports of the Academy of Sciences. 2019. V. 487. № 2. P. 873–876. <https://doi.org/10.1134/s1028334x19080026>].
- Добрецов Н.Л. Глаукофансланцевые и эклогит-глаукофансланцевые комплексы СССР. Новосибирск: Наука, 1974. 429 с. [Dobretsov N.L. Glaucophane-Schistose and Eclogite-Glaucophane Complexes in the USSR. Novosibirsk: Nauka, 1974. 429 p. (in Russian)].
- Каменецкий В.С., Данюшевский Л.В., Зинкевич В.П. Новые данные о пикритах Шаромского Мыса (Восточная Камчатка) // Геохимия. 1991. № 4. С. 597–604 [Kamenetsky V.S., Danyushevsky L.V., Zinkevich V.P. New data on picrites of the Sharomsky Cape (Eastern Kamchatka) // Geochemistry. 1991. № 4. P. 597–604 (in Russian)].
- Марковский Б.А., Богданов Г.В. Провинция ультрамафических вулканитов хребта Пекульной (Северо-Восток СССР) // Советская геология. 1985. № 6. С. 117–126 [Markovsky B.A., Bogdanov G.V. Province of ultramafic volcanics of the Pekulney ridge (North-East USSR) // Sovetskaya Geologiya. 1985. № 6. P. 117–126 (in Russian)].
- Марковский Б.А., Ротман В.К. Геология и петрология ультраосновного вулканизма. Л.: Недра, 1981. 247 с. [Markovsky B.A., Rotman V.K. Geology and Petrology of Ultrabasic Volcanism Leningrad: Nedra, 1981. 247 p. (in Russian)].
- Морозов О.Л. Геологическое строение и тектоническая эволюция Центральной Чукотки // Труды ГИН РАН. М.: Издательство ГЕОС, 2001. Вып. 523. 201 с. [Morozov O.L. Geological structure and tectonic evolution of Central Chukotka // Proceedings of the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences. Moscow: Publishers GEOS, 2001. V. 523. 201 p. (in Russian)].
- Ротман В.К., Марковский Б.А. Базальтовые вулканические пояса окраинно-океанического типа и связанные с ними палеовулканологические реконструкции // Советская геология. 1979. № 4. С. 74–80 [Rotman V.K., Markovsky B.A. Basaltic volcanic belts of marginal-oceanic type and associated paleovolcanological reconstructions // Sovetskaya Geologiya. 1979. № 4. P. 74–80 (in Russian)].
- Савельев Д.П. Плагиоклазовые пикриты п-ова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2014. № 4. С. 43–53. <https://doi.org/10.7868/S020303061404004X> [Saveliev D.P. Plagioclase picrites of the Kamchatsky Mys Peninsula (Eastern Kamchatka) // Volcanology and Seismology. 2014. V. 8. № 4. P. 239–249. <https://doi.org/10.1134/S0742046314040046>].
- Савельев Д.П., Цуканов Н.В. Три геохимических типа пикритов в меловых и палеогеновых комплексах Восточной Камчатки // Материалы I Всероссийской конференции по петрологии и геохимии зон перехода «океан-континент» «Волынцовские чтения». 2018 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. 2018. С. 34–36 [Saveliev D.P., Tsukanov N.V. Three geochemical types of picrites in the Cretaceous and Paleogene complexes of Eastern Kamchatka // Proceedings of the I All-Russian Conference on Petrology and Geochemistry of Ocean-Continent Transition Zones «Volynstov Readings». 2018. Petropavlovsk-Kamchatsky: IVS FEB RAS. 2018. P. 34–36 (in Russian)].

- Селиверстов В.А., Колосков А.В., Чубаров В.М.* Лапротоподобные калиевые щелочно-ультраосновные породы Валагинского хребта, Восточная Камчатка // Петрология. 1994. Т. 2. С. 197–213 [*Seliverstov V.A., Koloskov A.V., Chubarov V.M.* Lamproite-like potassium alkaline-ultrabasic rocks of the Valagin Range, Eastern Kamchatka // *Petrologiya*. 1994. V. 2. № 2. P. 197–213 (in Russian)].
- Сидоров Е.Г.* Пикриты острова Карагинский (Берингово море) // Доклады академии наук. 1987. Т. 297. № 3. С. 681–683 [*Sidorov E.G.* Picrites of Karaginsky Island (Bering Sea) // *Doklady Akademii Nauk SSSR*. 1987. V. 297. № 3. P. 681–683 (in Russian)].
- Сидоров М.Д., Разумный А.В., Исаева Е.П.* Модель земной коры и тектоническое районирование переходной зоны континент-океан Чукотско-Корякско-Камчатского сектора Тихоокеанского складчатого пояса // Региональная геология и металлогения. 2020. № 82. С. 69–82 [*Sidorov M.D., Razumny A.V., Isaeva E.P.* Model of the earth's crust and tectonic zoning of the continent-ocean transition zone of the Chukotka-Koryak-Kamchatka sector of the Pacific Fold Belt // *Regional Geology and Metallogeny*. 2020. № 82. P. 69–82 (in Russian)].
- Симакин А.Г., Конников Э.Г., Бухтияров П.Г., Шапошников О.Ю.* Эоценовая аккреция на Камчатке и всплеск мантийного плюмового магматизма // Геохимия. 2015. № 4. С. 357–374. <https://doi.org/10.7868/S0016752515020077> [*Simakin A.G., Konnikov E.G., Bukhtiyarov P.G., Shaposhnikova O.Yu.* Eocene accretion in Kamchatka and a surge of mantle plume magmatism // *Geochemistry International* 2015. V. 53. № 4. P. 341–357. <https://doi.org/10.1134/S001670291502007X>].
- Тарарин И.А., Бадрединов З.Г., Чубаров В.М.* Петрология и рудоносность метаморфических и магматических комплексов Центральной и Восточной Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 2015. 302 с. [*Tararin I.A., Badredinov Z.G., Chubarov V.M.* Petrology and ore mineralization of metamorphic and magmatic complexes from Central and Eastern Kamchatka. Vladivostok: Dal'nauka, 2015. 302 p. (in Russian)].
- Уткин В.П.* Сдвиговый структурный парагенез и его роль в континентальном рифтогенезе Восточной окраины Азии // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32 № 3. С. 21–43 [*Utkin V.P.* Strike-slip-related structural paragenesis and its role in continental riftogenesis of the eastern margin of Asia // *Russian Journal of Pacific geology*. 2013. V. 7. № 3. P. 167–188. <https://doi.org/10.1134/s181971401303007x>].
- Уткин В.П.* Сдвиговый тектогенез и структурообразующее течение коровых масс Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода // Литосфера. 2019. Т. 19. № 5. С. 780–799. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-5-780-799> [*Utkin V.P.* Strike-slip tectogenesis and structure-forming flow of crustal masses of the Asian-Pacific transition zone // *Lithosphere (Russia)*. 2019. V. 19. № 5. P. 780–799 (in Russian)].
- Федоров П.И., Богомолов Е.С.* Ультракалиевый вулканизм Валагинского хребта, Камчатка // Петрология. 2018. Т. 26. № 1. С. 72–91. <https://doi.org/10.7868/S0869590318010041> [*Fedorov P.I., Bogomolov E.S.* Ultrapotassic volcanism of the Valaginsky Range, Kamchatka // *Petrology*. 2018. V. 26. № 1. P. 65–81. <https://doi.org/10.1134/S0869591118010034>].
- Федоров П.И., Казимиров А.Д.* Минералогия и геохимия островодужных пикритов (на примере юга Олюторской зоны Корякского нагорья) // Доклады АН СССР. 1989. Т. 306. № 2. P. 456–460 [*Fedorov P.I., Kazimirov A.D.* Mineralogy and geochemistry of island-arc picrites (on the example of the south of the Olyutor zone of the Koryak Highlands) // *Doklady Akademii Nauk of USSR*. 1989. V. 306. № 2. P. 456–460 (in Russian)].
- Филатова Н.И.* Периокеанические вулканогенные пояса. М.: Недра, 1988. 264 с. [*Filatova N.I.* Periоceanic volcanogenic belts. Moscow: Nedra, 1988. 264 p. (in Russian)].
- Филатова Н.И.* Краинно-континентальный синсдвиговый маастрихт-палеогеновый магматизм Востока Азии (к проблеме «поясов» Корякско-Западнокамчатского региона) // Петрология. 2015. Т. 23. № 4. С. 363–385. <https://doi.org/10.7868/s0869590315040020> [*Filatova N.I.* Transform Margin Maastrichtian-Paleogene Magmatism in East Asia: the Problem of «Belts» in the Koryak-Western Kamchatka Region // *Petrology*. 2015. V. 23. № 4. P. 331–352. <https://doi.org/10.1134/S0869591115040025>].
- Чехович В.Д.* Оправдана ли гипотеза субдукции «накатывания» при формировании внутриокеанских островных дуг? // Материалы Всероссийской конференции «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит». Владивосток, 2011. С. 55–57 [*Chekhovich V.D.* Is the hypothesis of «rolling» subduction justified in the formation of intraoceanic island arcs? // *Proceedings of the All-Russian conference «Geological processes in subduction settings. Collisions and sliding of lithospheric plates»*. Vladivostok, 2011. P. 55–57 (in Russian)].
- Чехович В.Д., Сухов А.Н., Кононов М.В., Паланджан С.А.* Геодинамика северо-западного сектора Тихоокеанского подвижного пояса в позднемеловое-раннепалеогеновое время // Геотектоника. 2009. № 4. С. 37–62 [*Chekhovich V.D., Sukhov A.N., Kononov M.V., Palandzhyan S.A.* Geodynamics of the northwestern sector of the Pacific mobile belt in the Late Cretaceous-Early Paleogene time // *Geotectonics*. 2009. V.43 № 4. P. 111–132. <https://doi.org/10.1134/S0016852109040049>].
- Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г.* Офиолиты Валагинского хребта Восточной Камчатки: новые данные о составе и геодинамической природе // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2005. № 5. С. 78–93 [*Tsukanov N.V., Skolotnev S.G.* Ophiolites of the Valaginsky Ridge of Eastern Kamchatka: new data on the composition and geodynamic nature // *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*. 2005. № 5. P. 78–93 (in Russian)].
- Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г., Коваленко Д.В.* Новые данные о составе островодужных вулканизов Восточных хребтов Камчатки // Доклады Академии наук. 2008. Т. 418. № 3. С. 372–377 [*Tsukanov N.V., Skolotnev S.G., Kovalenko D.V.* New data on the composition of island arc volcanics in the Eastern mountain range, Kamchatka // *Doklady*

- Earth Sciences. 2008. V. 418. № 1. P. 56–61. <https://doi.org/10.1134/s1028334x08010133>.
- Шапиро М.Н., Соловьев А.В., Хоуреган Дж. К.* Латеральная изменчивость тектонических структур в зоне эоценовой коллизии островной дуги с континентом (Камчатка) // Геотектоника. 2008. № 6. С. 70–91 [*Shapiro M.N., Soloviev A.V., Houregan J.K.* Lateral Structural Variability in Zone of Eocene Island-Arc–Continent Collision, Kamchatka // Geotectonics. 2008. V. 42. № 6. P. 469–487. <https://doi.org/10.1134/S0016852108060046>].
- Эрлих Э.Н., Шанцер А.Е., Кутыев Ф.Ш.* Меймечиты Восточной Камчатки // Изв. АН СССР Сер. Геол. 1971. № 2. С. 3–9 [*Erlich E.N., Shantzer A.E., Kutuyev F.Sh.* Meimechites of Eastern Kamchatka // Izvestia Akademii Nauk SSSR. Seria geologicheskaya. 1971. № 2. P. 3–9 (in Russian)].
- Barth M.G., McDonough W.F., Rudnick R.L.* Tracking the budget of Nb and Ta in the continental crust // Chemical Geology. 2000. № 165. P. 197–213. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(99\)00173-4](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(99)00173-4)
- Hourigan J.K., Brandon M.T., Soloviev A.V. et al.* Eocene arc-continent collision and crustal consolidation in Kamchatka, Russian Far East // Amer J Sci. 2009. V. 309. № 5. P. 333–396. <https://doi.org/10.2475/05.2009.01>
- McDonough W.F., Sun S.S.* The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120. № 3–4. P. 223–253.
- Pearce J.A.* Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust // Lithos. 2008. № 100. P. 14–48. <https://doi.org/10.1016/J.LITHOS.2007.06.016>
- Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes Magmatism in the ocean basins // Geol Soc London Spec Publ. 1989. V. 42. № 1. P. 313–345. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
- Wood D.A.* The application of Th-Hf-Ta diagram to problem of tectonomagmatic classification and to establish the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province // Earth and Planetary Science Letters. 1980. № 50. P. 11–30. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(80\)90116-8](https://doi.org/10.1016/0012-821X(80)90116-8)

PICRITES OF THE KAMCHATKA-KORYAK REGION

Z.G. Badredinov¹, B.A. Markovsky²

¹*Russian academy of sciences Far eastern branch Far East Geological Institute, Vladivostok, Russia*

²*Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint-Petersburg, Russia*

Received April 30, 2025; revised July 18, 2025; accepted September 25, 2025

Based on new data on tectonic evolution of Kamchatka and Koryakia (NE Russia) chemical composition of ultramafic volcanics (picrites) are characterized. Ultramafic rocks of the studied territory are divided into two petrochemical types: 1) comparable with normal (N-MORB) and transitional to enriched (T-MORB) basaltoids of the ocean and 2) comparable with basic volcanics of the suprasubduction geochemical type. Ultramafic volcanism covers four time intervals: Early Silurian, the very Early Cretaceous, beginning of the Late Cretaceous, and the end of the Late Cretaceous with the early Paleogene. Ultramafic volcanism of the beginning of the Early Cretaceous, beginning of the Late Cretaceous and Late Cretaceous- Early Paleogene periods is synchronous with the stages of transform movement of the northwestern paleo Pacific relative to Eurasia, accompanied by the formation of syn-shear extension zones and activation of deep magmatism.

Keywords: Ultramafic volcanism, picrites, Kamchatka-Koryak region, geodynamic regime.