

ПОЗДНЕМЕЛОВЫЕ-РАННЕПАЛЕОГЕНОВЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ (ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ)

© 2024 Н.В. Цуканов¹, П.И. Федоров², Д.В. Коваленко³

¹ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия, 117997;
e-mail: kambear2011@yandex.ru

²ФГБУН Геологический институт РАН, Москва, Россия, 119017; e-mail: pi_fedorov@mail.ru

³ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Москва, Россия, 119017; e-mail: Dmitry@igem.ru

Поступила в редакцию 07.02.2024 г.; после доработки 17.04.2024 г.; принята в печать 25.06.2024 г.

Приведены новые и ранее опубликованные данные об изотопно-геохимических характеристиках верхнемеловых и раннепалеогеновых комплексов Озерновско-Валагинского сегмента Ачайваям-Валагинской палеодуги. Установлено, что вещественный состав пород Ачайваям-Валагинской палеодуги (террейна), слагающих отдельные вулканические поля в пределах террейна, различен. Так, на о-ве Карагинский распространены вулканы умеренно-калиевой известково-щелочной и шошонитовой серий. На п-ове Озерной преимущественно развиты низкокалиевые базальты толеитовой серии. Среди пород хребта Кумроч выделяются: низкокалиевая базальт-андезит-базальтовая, среднекалиевая известково-щелочная и высококалиевая шошонитовая серия. Вулканические породы хребта Тумрок представлены: низкокалиевыми пикритами и высококалиевыми трахибазальт-трахиандезитами. В хребте Валагинский выделяются низкокалиевая толеитовая, умеренно-калиевая известково-щелочная и шошони-латитовая серии, а также пикриты и лампроитиды. Изотопный (Sr, Nd и Pb) и геохимический состав пород свидетельствует об их формировании из обедненного мантийного источника в пределах энсиматической вулканической дуги. Показано, что при отсутствии существенных различий в вещественном составе пород проявлены региональные различия. Обогащение вулканических пород крупноионными литофильными элементами объясняется ролью флюидов, привнесенных в расплавы в ходе плавления надсубдукционного мантийного клина. Рассмотрены вопросы геодинамики региона.

Ключевые слова: Камчатка, вулканизм, геохимия, изотопия, островодужные системы, геодинамика.

ВВЕДЕНИЕ

В аккреционной структуре активной окраины Камчатки выделяется несколько тектоно-стратиграфических террейнов. Анализ строения и состава, слагающих их вещественных комплексов, позволяет реконструировать переходную зону океан-континент для мелового-эоценового времени (Аккреционная..., 1993; Цуканов, 2013; Чехович, Сухов, 2019; Шапиро, Соловьев, 2009; Alexeiev et al., 2006). Террейны Восточной Камчатки сложены, преимущественно, образованиями, которые формировались в пределах вулканических дуг, задуговых и окраинномор-

ских бассейнов. Островодужные комплексы, развитые в Озерновско-Валагинском (южный сегмент Ачайваям-Валагинской вулканической дуги) и Кроноцком (Кроноцкая вулканическая дуга) террейнах, разделены породами Ветловского тектоно-стратиграфического террейна, сформировавшимися в окраинноморских условиях (рис. 1).

Возрастной диапазон вещественных ассоциаций, слагающих Озерновско-Валагинский и Кроноцкий островодужные террейны, определяется как сантон-кампан-раннепалеогеновый и коньяк-эоценовый соответственно, а Ветловского террейна — в интервале поздний

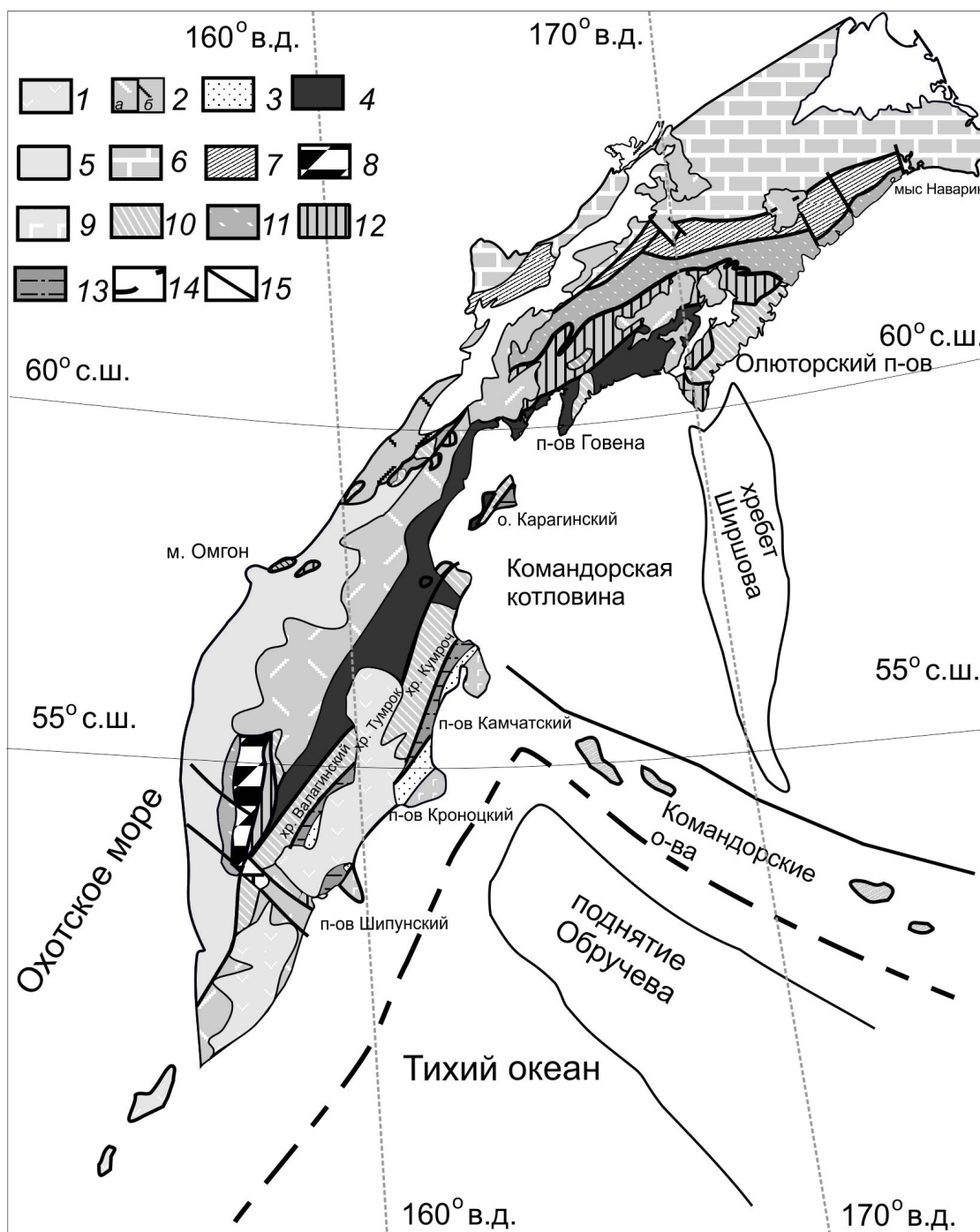


Рис. 1. Схема тектонического районирования Олюторско-Камчатской аккреционной области по (Государственная..., 2006) 1–2 — Вулканические пояса: 1 — Восточно-Камчатский (N_2-Q), 2а — Центрально-Камчатский-Олюторский (P_3-N_2), 2б — Западно-Камчатско-Корякский (P_2); 3–5 — наложенные впадины и прогибы: 3 — Тюшевский, 4 — Центрально-Камчатский, 5 — Западно-Камчатский; 6–7 — аккреционные комплексы Азиатской окраины: 6 — Западно-Корякский, 7 — Восточно-Корякский; 8 — метаморфические комплексы Срединно-Камчатского массива; 9–13 — тектоно-стратиграфические террейны: 9 — Кроноцкий, 10 — Ачайваям-Валагинский, 11 — Ирунейский (Западно-Камчатско-Укэляятский), 12 — Ватынский, 13 — Ветловский; 14 — оси глубоководных желобов; 15 — разрывные нарушения.

Fig. 1. Tectonic map of the Olyutorka-Kamchatka accretionary zone according to (State..., 2006). 1–2 — volcanic belts: 1 — East Kamchatka (N_2-Q), 2a — Central Kamchatka-Olyutorka (P_3-N_2), 2b — West Kamchatka-Koryaksky (P_2); 3–5 — superimposed depressions and troughs: 3 — Tyushevka, 4 — Central Kamchatka, 5 — West Kamchatka; 6–7 — accretionary complexes of Asian margin: 6 — West Koryaksky, 7 — East Koryaksky; 8 — metamorphic complexes of the Sredinny Kamchatka massif; 9–13 — tectonostratigraphic terranes: 9 — Kronotsky; 10 — Achaivayam-Valaginsky, 11 — Iruney (West Kamchatka-Ukelayat), 12 — Vatyn, 13 — Vetlovsky; 14 — axes of deep-water trenches; 15 — faults.

мел (кампан-маастрихт) — средний эоцен (Аккреционная..., 1993 и цитируемая в этой работе литература).

Предыдущими исследованиями (Бадрединов и др., 2022; Коваленко и др., 2009; Сухов и др., 2016; Федоров, Богомолов, 2018; Цуканов, 2014; Цуканов и др., 2008а, 2018; Цуканов, Сколотнев, 2010; Цуканов, Федоров, 2023; Gaedicke et al., 2000; Kutuyev et al., 2021; Portnyagin et al., 2008; Tsukanov et al., 2007 и др.) было установлено, что вещественный состав вулканических комплексов, слагающих отдельные вулканические поля в пределах Озерновско-Валагинском террейна, различен. Так, на о. Карагинский распространены вулканиды умеренно-калиевой известково-щелочной и шошонитовой серий; на п-ове Озерной преимущественно развиты низкокалиевые базальты толеитовой серии. Среди пород хребта Кумроч выделяется три ассоциации: низкокалиевая базальт-андезибазальтовая, среднекалиевая известково-щелочная и высококалиевая шошонитовая. Вулканические породы хребта Тумрок образуют две петрохимические ассоциации: низкокалиевых пикритов в составе хребтовской толщи и высококалиевых трахибазальтов-трахиандезитов в составе хапицкого комплекса; в хребте Валагинский — низкокалиевая толеитовая, умеренно-калиевая известково-щелочная и шошунит-латитовая серии в составе хапицкого комплекса, а также пикриты и лампроитоиды в составе хребтовской толщи.

Изотопно-геохимические данные по породам изученных комплексов свидетельствуют, что они формировались из обедненного мантийного источника в пределах энсиматических вулканических дуг (Цуканов, Сколотнев, 2010).

Вулканиды Кроноцкого террейна относятся к нескольким магматическим сериям: толеитовой, плагиотолеитовой и известково-щелочной. В различных сегментах дуги вулканизм различался, что обуславливает продольную гетерогенность и сегментированность дуги (Цуканов, 2018).

Эоценовый вулканизм для Кроноцкой дуги имеет более однородный состав и представлен преимущественно толеитовой серией пород. Вещественные комплексы этого этапа формировались во фронтальной зоне вулканической дуги (Цуканов, 2013).

Вещественные комплексы Ветловского бассейна обнажаются фрагментарно в отдельных изолированных структурах Восточной Камчатки (рис. 1): в восточных частях хребтов Кумроч и Валагинский, в бассейне р. Вахиль (Шипунский п-ов). Вулканические породы Ветловского бассейна представлены базальтами и трахибазальтами и значительно реже андезибазальтами и трахиандезибазальтами (Цуканов, 2018).

В настоящей работе проведено обобщение нового и опубликованного ранее изотопно-геохимического материала по верхнемел-нижнепалеогеновым вулканическим комплексам Озерновско-Валагинского сегмента Ачайвайм-Валагинской палеодуги с целью определения компонентного состава мантийных или коровых источников для выяснения общих закономерностей развития глубинного магматизма.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

По строению и составу вещественных комплексов Озерновско-Валагинский террейн разделяется на несколько сегментов — Валагинско-Тумрокский, Кумрочско-Озерновско-Карагинский и Ганальский (последний в настоящей работе не рассматривается) (Аккреционная..., 1993). Комплексы обнажены в пределах неотектонических поднятий Восточных хребтов Камчатки и на восточном склоне Срединного хребта и сложены меловыми — палеогеновыми образованиями, имеющими сложную покровно-складчатую структуру (Аккреционная..., 1993; Государственная..., 2006; Шапиро, Соловьев, 2009 и др.). Неоавтохтонный чехол представлен верхнеэоценовыми-миоценовыми преимущественно терригенными отложениями и плиоценовыми вулканогенно-туфогенными породами Восточно-Камчатского вулканического пояса (Государственная..., 2006). Покровная структура с серпентинитовым полимиктовым меланжем и массивами ультраосновных пород характерна для п-ова Озерного, хребтов Кумроч и Валагинский, а в пределах хребта Тумрок развиты слабо деформированные вулканогенные и туфогенно-осадочные образования и крупные массивы субвулканических пород ультраосновного-основного состава. Вулканогенно-туфогенные комплексы перекрываются туфо-терригенными и флишоидными образованиями палеоценового возраста (тальниковская, дроздовская, кирганикская свиты) (Аккреционная..., 1993). В Срединном хребте Камчатки вулканогенные комплексы надвинуты на метаморфические образования Срединно-Камчатского массива и на терригенные отложения лесновской серии поздний мел — палеогенового возраста. Восточная граница образована системой чешуйчатых надвигов на кремнисто-терригенные и вулканогенные образования Ветловского террейна. Наблюдается определенная смена характера вулканизма как вверх по разрезу, так и по простиранию структур. Наряду с вулканическими породами в разрезах присутствуют крупные тела субвулканических пород основного и среднего составов.

В покровно-складчатой структуре *о. Карагинский* (рис. 1), характеризующейся восточной вергентностью, участвуют верхнемеловые-нижнепалеоценовые кремнисто-вулканогенный, вулканогенно-обломочный комплексы пород, а также серпентинитовый меланж с блоками гипербазитов и кайнозойские флишоидный комплекс и комплекс осадочного меланжа (Геология..., 1990; Кравченко-Бережной, 1989).

Кремнисто-вулканогенный комплекс включает подушечные лавы миндалекаменных или массивных базальтов, реже — андезитов, вулканические брекчии, туфы, туфогравелиты, переслаивающиеся с отдельными пачками и линзами кремнистых пород с призматическими слоями раковин иноцерамов. Мощности непрерывных разрезов достигают 700 м. Возраст пород кремнисто-вулканогенного комплекса на основе радиоляриевого анализа в северной части острова определяется как кампан-мастрихтский, по иноцерамам — как позднемеловой. В центральной части острова из кремнистых пород из серпентинитового меланжа был выделен комплекс радиолярий, позволяющий датировать вмещающие породы альб-туроном (Аккреционная..., 1993; Геология..., 1990).

Вулканогенно-обломочный комплекс *о. Карагинский* в нижней части представлен пачками туфобрекчий с обломками от базальтов до дациандезитов, агломератов, лапиллиевых туфов, которые иногда включают базальтовые потоки с подушечной отдельностью. В верхней части разреза преобладают туфопесчаники и туфоалевролиты. Возраст нижней части этого комплекса установлен как мастрихт-датский на основании комплекса бентосных фораминифер, а К/Аг датировки обломков базальтов из туфобрекчий показывают 69–65 млн лет. Верхняя амагматическая часть комплекса датируется как палеоцен-эоценовая (Геология..., 1990).

Силлы андезибазальтов, андезитов и дацитов, вероятно, мастрихт-датского или палеоценового возраста (Геология..., 1990) фиксируются в образованиях кремнисто-вулканогенного и вулканогенно-обломочного комплексов.

На п-ове *Озерном* (Аккреционная..., 1993) развиты меловые и эоцен-олигоценые образования и серпентинитовый полимиктовый меланж, слагающий относительный автохтон (рис. 1). Аллохтонный комплекс представлен кампан-мастрихтскими вулканогенными, туфогенно-кремнистыми и вулканогенно-кремнистыми образованиями. Неоавтохтон сложен палеогеновыми и миоценовыми терригенными флишоидными отложениями с горизонтами микститов. Они перекрывают с несогласием верхнемеловые комплексы и серпентинитовый меланж, но местами интенсивно деформированы

и на них надвинут серпентинитовый меланж (Государственная..., 2006).

В хребте *Кумроч* вулканогенно-осадочные образования наиболее полно представлены разрезами хапицкой толщи общей мощностью более 2000 метров. Они согласно, но с размывом, перекрываются терригенными отложениями дроздовской толщи палеоценового возраста (рис. 1) (Геологическая..., 2005; Государственная..., 2006).

К востоку и юго-востоку эффузивно-пирокластические и туфогенно-осадочные образования надвинуты по системе чешуйчатых надвигов на терригенно-кремнистые и эффузивные образования ветловского комплекса окраинноморской природы (Цуканов и др., 2018). В северо-западной части хребта Кумроч картируется крупный ультрабазитовый Кротонский массив (рис. 1). В современной структуре изученные комплексы находятся в покровных взаимоотношениях, где на вулканогенно-осадочные образования хапицкой толщи надвинуты серпентинизированные гипербазиты и габброиды Кротонского массива, а на востоке, юго-востоке хапицкая и дроздовская толщи надвинуты на породы ветловского комплекса. Покровная структура «запечатывается» неоавтохтонным чехлом эоцен-миоценового возраста (Геологическая..., 2005).

Анализ строения верхнемеловых толщ (Аккреционная..., 1993) показал, что они представляют собой полифациальный комплекс вулканической зоны, где нижние и центральные части сложены базальтами, андезибазальтами, туфами с прослоями кремнистых и туфокремнистых пород, а вверх по разрезу и по латерали, сменяются грубыми туфами, туффитами и вулканогенными песчаниками с прослоями базальтов, андезибазальтов и туфосилицитов.

В хребте *Тумрок*, характеризующем среднюю часть этого террейна, широко распространены вулканогенные и туфо-терригенные образования позднемелового-раннепалеогенового возраста. По (Аккреционная..., 1993) они расчленяются снизу вверх на пикрит-базальтовую, туфогенно-осадочную, базальт-андезитовую и терригенную (флишоидную) толщи. Габброидные массивы картируются в поле развития пикрит-базальтовой и туфогенно-осадочной толщ. Нижние части разреза представлены незакономерным переслаиванием базальтов, лаво- и туфобрекчий, туфов, тонкообломочных туфогенно-осадочных пород и в верхней части разреза потоками лав пикритов. Базальт-пикритовая толща пронизана комагматическими дайками, силлами и некками основного-ультраосновного состава (Селиверстов и др., 1994). Мощность даек долеритов достигает 2–3 м, а субвулканических тел пикритов и дунитов изменяется от 5 до 50 м.

Эффузивы толщи представлены потоками шаровых и массивных порфировых лав. Предполагается тесная пространственная и временная связь ультраосновных и основных вулканических пород (Колосков и др., 2009).

О возрасте пород можно судить по находкам палеоценовых формаминифер в терригенной флишевой толще, перекрывающей пикрит-базальтовую толщу и по калий-аргоновой датировке в 76 млн лет для андезит-базальтовой толщи (Аккреционная..., 1993). Соответственно, по нашему мнению, можно предполагать для вулканогенной части разреза возраст поздний кампан-маастрихт.

На *Валагинском* хребте (рис. 1) распространены меловые — нижнепалеогеновые образования, слагающие достаточно мощный полифациальный разрез около 2000 м мощностью. Он представлен вулканогенными и кремнисто-туфогенными образованиями в северной части хребта и преимущественно терригенными и туфогенно-терригенными отложениями в южной. Эффузивы кремнисто-вулканогенного комплекса (попутновский комплекс, включающий попутновскую, темнореченскую и голубовскую толщи) (Аккреционная..., 1993; Селиверстов, 1978) северной части Валагинского хребта относятся к дифференцированной серии и сложены базальтами, андезитами, реже присутствуют трахиандезиты. Кроме этого среди блоков в меланже присутствуют афировые сильно измененные толеитовые базальты. Возраст комплекса по данным радиояриетового анализа определяется как позднеантон-маастрихтский.

Обособленно выделяется толща лав и вариолитовых туфов ультраосновного состава (хребтовская толща). Наряду с пикритами, в составе хребтовской толщи известны лампроитоиды (Селиверстов и др., 1994), формирующие отдельные потоки, дайки и трубки взрыва, а также редкие потоки нефелиновых базальтов и карбонатитов (Геохимическая..., 1990; Расс, Фрих-Хар, 1987; Селиверстов, 2009). Абсолютный возраст одной из даек лампроитоидов (К/Аг метод) равен 67 млн лет (Селиверстов, 2009).

В средней части Валагинского хребта выделяется китильгинская толща, имеющая двучленное строение (Государственная..., 2006). Нижняя часть толщи образована агломератовыми, псефитовыми, псаммитовыми, алевритовыми, пелитовыми туфами базальтового, андезитобазальтового, андезитового состава, базальтами, андезитобазальтами, реже андезитами, крайне редко кремнями, полимиктовыми и вулканомиктовыми песчаниками и алевролитами. Верхняя часть разреза отличается меньшим количеством пирокластик и, в основном сложена переслаивающимися шошонитовыми

базальтами с прослоями и пачками туфов такого же состава (Федоров и др., 2013). В лавах и агломератовых туфах известны многочисленные включения габбро, габбро-пироксенитов и дунитов. Абсолютный возраст базальтов, определенный К-Аг методом, составляет 68–86 млн лет (Государственная..., 2006).

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ВУЛКАНИТОВ ОЗЕРНОВСКО-ВАЛАГИНСКОГО ТЕРРЕЙНА

Состав вулканических комплексов различных сегментов Озерновско-Валагинского террейна ранее подробно был рассмотрен в работах (Аккреционная..., 1993; Бадрединов и др., 2022; Геохимическая..., 1990; Ескин и др., 2007; Коваленко и др., 2009; Колосков и др., 2009; Селиверстов, 2009; Селиверстов и др., 1994; Сухов и др., 2016; Федоров, Богомолов, 2018; Федоров и др., 2013; Цуканов, Сколотнев, 2010; Цуканов и др., 2008а, 2018; Цуканов, Федоров, 2023; Gaedicke et al., 2000; Kutuyev et al., 2021; Portnyagin et al., 2008; Tsukanov et al., 2007 и др.).

Вулканические породы Озерновско-Валагинского террейна по соотношению кремнезема и суммы щелочей попадают, согласно классификации Ле-Баса и др. (LeBas et al., 1986), в области пород субщелочной и щелочной серий (рис. 2а, 2в, 2д, 2ж), а по соотношениям $\text{SiO}_2\text{-FeO}^*/\text{MgO}$ и $\text{FeO}^*\text{-FeO}^*/\text{MgO}$ (Miyashiro, 1974) среди них выделяются породы толеитовой и известково-щелочной петрохимических серий (Аккреционная..., 1993; Коваленко и др., 2009; Сухов и др., 2016; Цуканов, 2014, Цуканов и др., 2008а и др.). Характерной особенностью вулканизма является широкое развитие пород повышенной щелочности (преимущественно по содержанию калия) во всех рассматриваемых районах, а также пород высокой магнезиальности (пикриты, лампроитоиды) на хребет Тумрок и Валагинский (Колосков и др., 2009).

По соотношению $\text{K}_2\text{O-SiO}_2$ (рис. 2б, 2г, 2е, 2з) составы пород Озерновско-Валагинского террейна распределены от областей низкокальциевых пород до шошонитов и лампроитоидов. Так, на о. Карагинский известково-щелочные вулканы формируют две ассоциации пород — низко- и умеренно-кальциевых базальтов-дацитов и шошонит-латитовую (Колосков и др., 2009; Кравченко-Бережной, 1989). На п-ове Озерной преимущественно развиты низкокальциевые базальты толеитовой серии (Аккреционная..., 1993).

Среди пород хребта Кумроч в составе хапицкой толщи выделяется три ассоциации: низкокальциевая базальт-андезитобазальтовая, среднекальциевая известково-щелочная и высококальциевая шошонитовая (Аккреционная..., 1993;

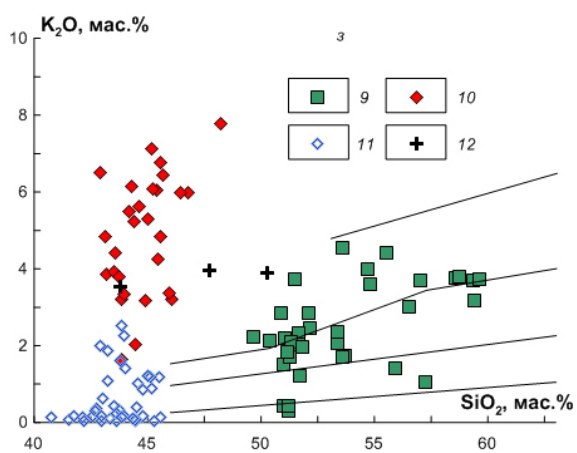
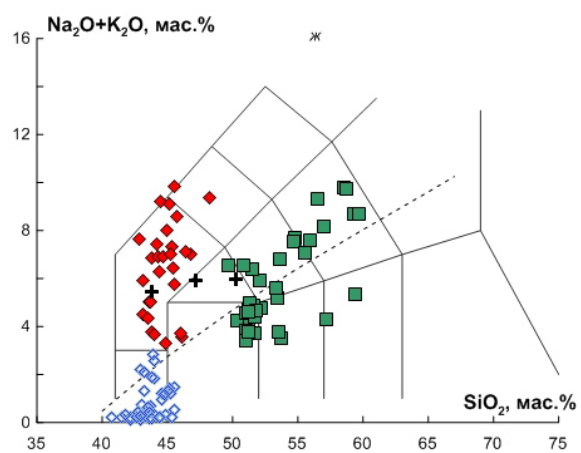
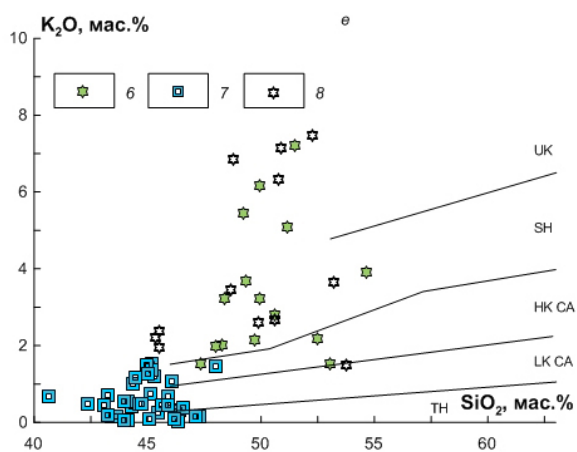
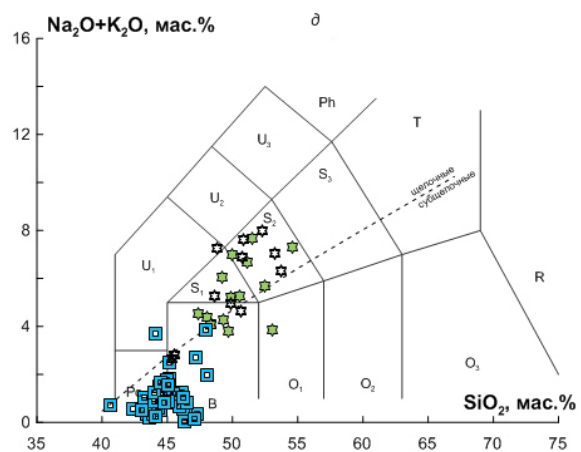
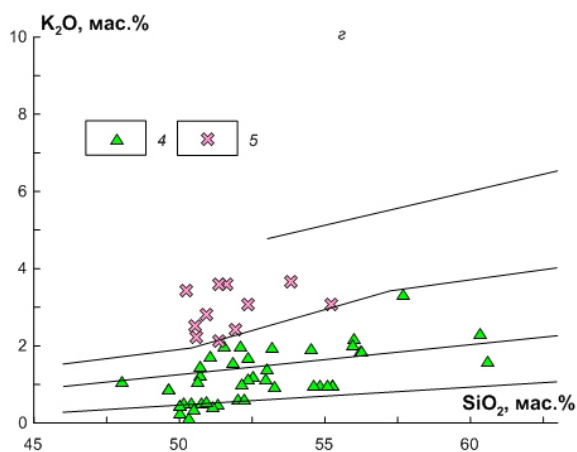
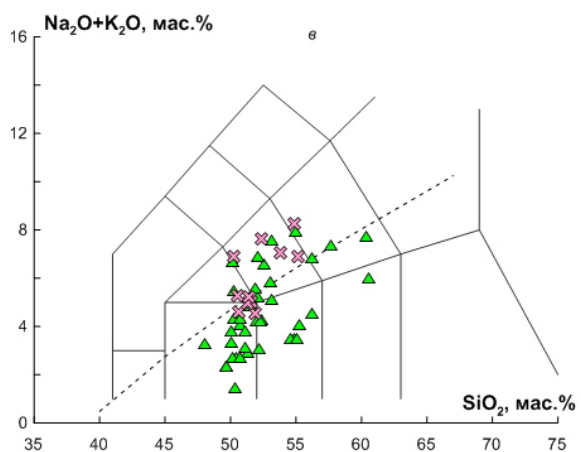
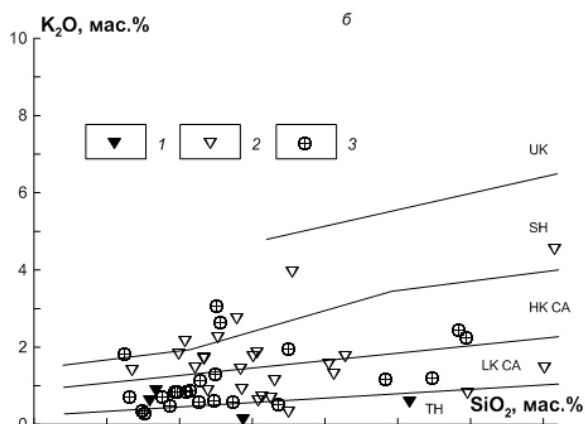
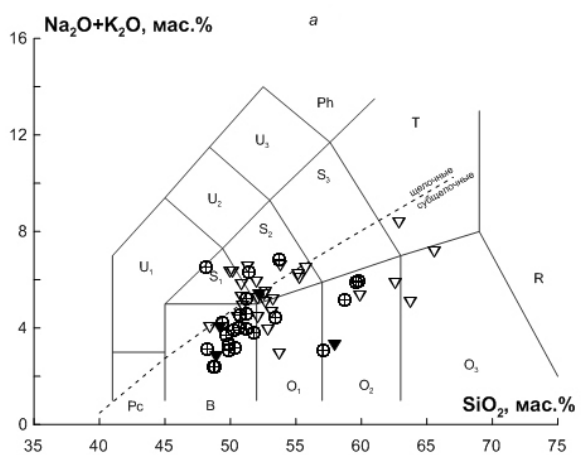


Рис. 2. Классификационные диаграммы для поздний мел-раннепалеогеновых магматических пород Озерновско-Валагинского сегмента Ачайваям-Валагинской палеодуги: *a–б* о-в Карагинский, комплексы (Коваленко и др., 2009; Кравченко-Бережной, 1989): *1* — кремнисто-вулканогенный, *2* — вулканогенно-обломочный; *3* — п-ов Озерной (Аккреционная..., 1993); *в–г* — хребет Кумроч, хапицкая толща (Коваленко и др., 2009; Сухов и др., 2016; Цуканов и др., 2008а): *4* — базальты, *5* — шошониты; *д–е* — хребет Тумрок: *б* — базальты, хапицкая толща (Колосков и др., 2009; Чайка et al., 2023), *7* — пикриты, хребтовская толща (авторские данные, также Бадрединов и др., 2022; Колосков и др., 2009; Чайка et al., 2023; Kutyrev et al., 2021); *8* — габбро и долериты Андриановского массива (Ескин и др., 2007; Цуканов, Сколотнев, 2010; Чайка et al., 2023); *ж–з* Валагинский хребет: *9* — попутновская толща (Колосков и др., 2009); *10–11* — хребтовская толща: *10* — лампроитоиды (Федоров, Богомолов, 2018), *11* — пикриты (данные авторов и (Kutyrev et al., 2021)); *12* — шошониты, китильгинская свита (Федоров и др., 2013).

SiO₂-Na₂O+K₂O диаграммы (Le Bas et al., 1986). F — фойдиты, Pc — пикробазальты, B — базальты, O₁ — андезибазальты, O₂ — андезиты, O₃ — дациты, R — риолиты, S₁ — трахибазальты, S₂ — трахиандезибазальты, S₃ — трахиандезиты, T — трахиты и трахидациты, U₁ — базаниты и тефриты, U₂ — фонотефриты, U₃ — тефрифонолиты, Ph — фонолиты. Линия раздела субщелочных и щелочных пород по (Irvine, Baragar, 1971).

K₂O-SiO₂ диаграммы (Peccherillo, Taylor, 1976): вулканические серии — TH — толеитовая, LK CA — низкокалийевая-известково-щелочная, НК CA — высококалийевая-известково-щелочная, SH — шошонитовая, UK — ультракалийевая.

Fig. 2. Classification diagrams for Late Cretaceous–Early Paleogene igneous rocks of Ozernoy-Valaginsky segment of Achaiwayam-Valaginsky paleoarc: *a–б* — Karaginsky Island complexes (Kovalenko et al., 2009, Kravchenko-Berezhnoi, 1989): *1* — siliceous-volcanogenic, *2* — volcanogenic-clastic; *3* — Ozernoy Peninsula (Accretionary..., 1993); *в–г* — Kumroch Ridge, Khapitzkaya Formation (Kovalenko et al., 2009; Sukhov et al., 2016; Tsukanov et al., 2008a); *4* — basalts, *5* — shoshonites; *д–е* — Tumrok Ridge: *б* — basalts of Khapitzkay Formation (Koloskov et al., 2009); Чайка et al., 2023), *7* — picrites of Khrebtovskaya Formation (authors' data, also from Badredinov et al., 2022; Kutyrev et al., 2021; Чайка et al., 2023; Kutyrev et al., 2021); *8* — gabbro and dolerites of Andrianovsky pluton (Чайка et al., 2023; Eskin et al., 2007; Tsukanov and Skolotnev, 2010); *ж–з* — Valaginsky Ridge: *9* — Poputnaya Formation (Koloskov et al., 2009); *10–11* — Khrebtovskaya Formation: *10* — lamproites (Fedorov, Bogomolov, 2018; Seliverstov, 2009; Seliverstov et al., 1994), *11* — picrites (authors' data, also from (Kutyrev et al., 2021)); *12* — shoshonites, Kitilginskaya Formation (Fedorov et al., 2013).

TAS diagram (Le Bas et al., 1986). F — foidites; Pc — picrobasalts; B — basalts; O₁ — andesibasalts; O₂ — andesites; O₃ — dacites; R — rhyolites; S₁ — trachybasalts; S₂ — trachyandesibasalts; S₃ — trachyandesites; T — trachytes and trachydacites; U₁ — basanites and tephrites; U₂ — fonotephrites; U₃ — terriphonolites; Ph — phonolites. Boundary line between alkaline and subalkaline rocks, after Irvine, Baragar, 1971;

K₂O-SiO₂; volcanic series according to Peccherillo, Taylor, 1976: TH — toleitic, LKCA — low-K calc-alkaline, НКCA — high-potassium calc-alkaline, SH — shoshonites, UK — ultra-K.

Коваленко и др., 2009; Сухов и др., 2016). Примечательно, что большая часть вулканических пород шошонитовой серии участвует в структуре хребта Кумроч в виде обособленных тектонических чешуй.

Вулканические породы хребта Тумрок образуют две петрохимические ассоциации: низкокалийевых пикритов в составе хребтовской толщи и высококалийевых трахибазальтов-трахиандезитов в составе хапицкого комплекса.

В хребте Валагинский среди вулканических пород выделяется несколько петрохимических ассоциаций. Среди пород попутновского комплекса (попутновская толща) известны как базальты низкокалийевой толеитовой, так и известково-щелочной серии; часть из последней представлена породами шошонит-латитовой серии (Геохимическая..., 1990; Колосков и др., 2009; Цуканов и др., 2008а). Породы шошонитовой серии известны также в составе китильгинской толщи (Федоров и др., 2013). Лавовые потоки и субвулканические тела пикритов и лампроитоидов рассматриваются в составе хребтовской толщи (Селиверстов и др., 1994; Федоров, Богомолов, 2018).

Вариации некогерентных элементов в вулканических породах Озерновско-Валагинского террейна показаны на спайдерграммах (рис. 3), нормированных к примитивной мантии (C_i/C_{pm} , (Sun, McDonough, 1989)). Характер распределения редких элементов (обогащение крупноионными и легкими редкоземельными элементами относительно высокозарядных (HFSE) и тяжелых редкоземельных (HREE), приводящие к появлению глубоких минимумов Nb, Ta, Zr, Ti и максимумов Sr, Pb) в исследованных базальтоидах калиево-натриевых (и, частично калиевых) серий свидетельствуют о формировании в надсубдукционной обстановке.

Изучение изотопного состава пород показало, что вулканические комплексы Озерновско-Валагинского террейна по составу Sr, Nd и Pb (Коваленко и др., 2009; Сухов и др., 2016; Федоров, Богомолов, 2018; Цуканов, Сколотнев, 2010 и др.) в целом близки друг другу (рис. 4, 5). Так, значения $\epsilon Nd_{(T)}$ в базальтах хапицкой толщи хребта Кумроч изменяются в пределах 6.7–10.0, хребта Тумрок — 8.4–9.6, Валагинского хребта — 9.7–11.2 при близких значениях отношений ($^{87}Sr/^{86}Sr$)₀, варьирующих в пределах 0.70356–0.70410 и свинцов,

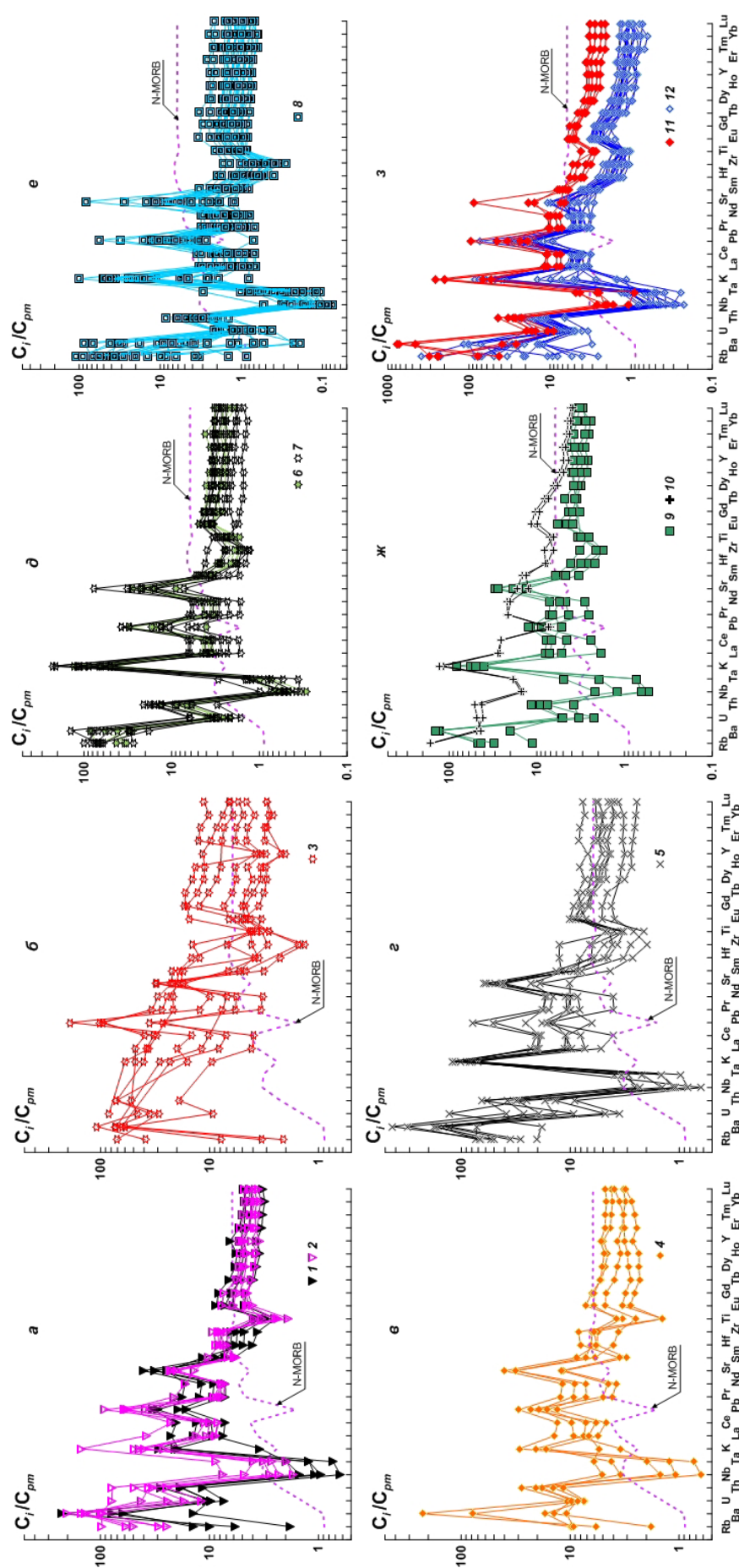


Рис. 3. Распределение редких и редкоземельных элементов в позднекапан- раннепалеогеновых вулканических породах Озерновско-Валагинского сегмента Ачайвайам-Валагинской палеодуги, нормированных к примитивной мантии (C_i/C_{pm}): а — о-в Карагинский, б — п-ов Озерной, в — хр. Кумроч, д, е — хр. Тумрок, ж, з — Валагинский хр. Условные обозначения представлены на рис. 2. Штриховой линией показан средний состав N-MORB по (Sun, McDonough, 1989).

Fig. 3. Distribution of rare and rare-earth elements in Late Cretaceous-Early Paleogene volcanic rocks of Ozerney-Valaginsky segment of Achaivayam-Valaginsky paleoarc: а — Karaginsky Island, б — Ozerney Peninsula, в, г — Kumoroch Ridge, д, е — Tumrok Ridge, ж, з — Valaginsky Ridge. The dashed line shows the average N-MORB composition according to (Sun, McDonough, 1989).

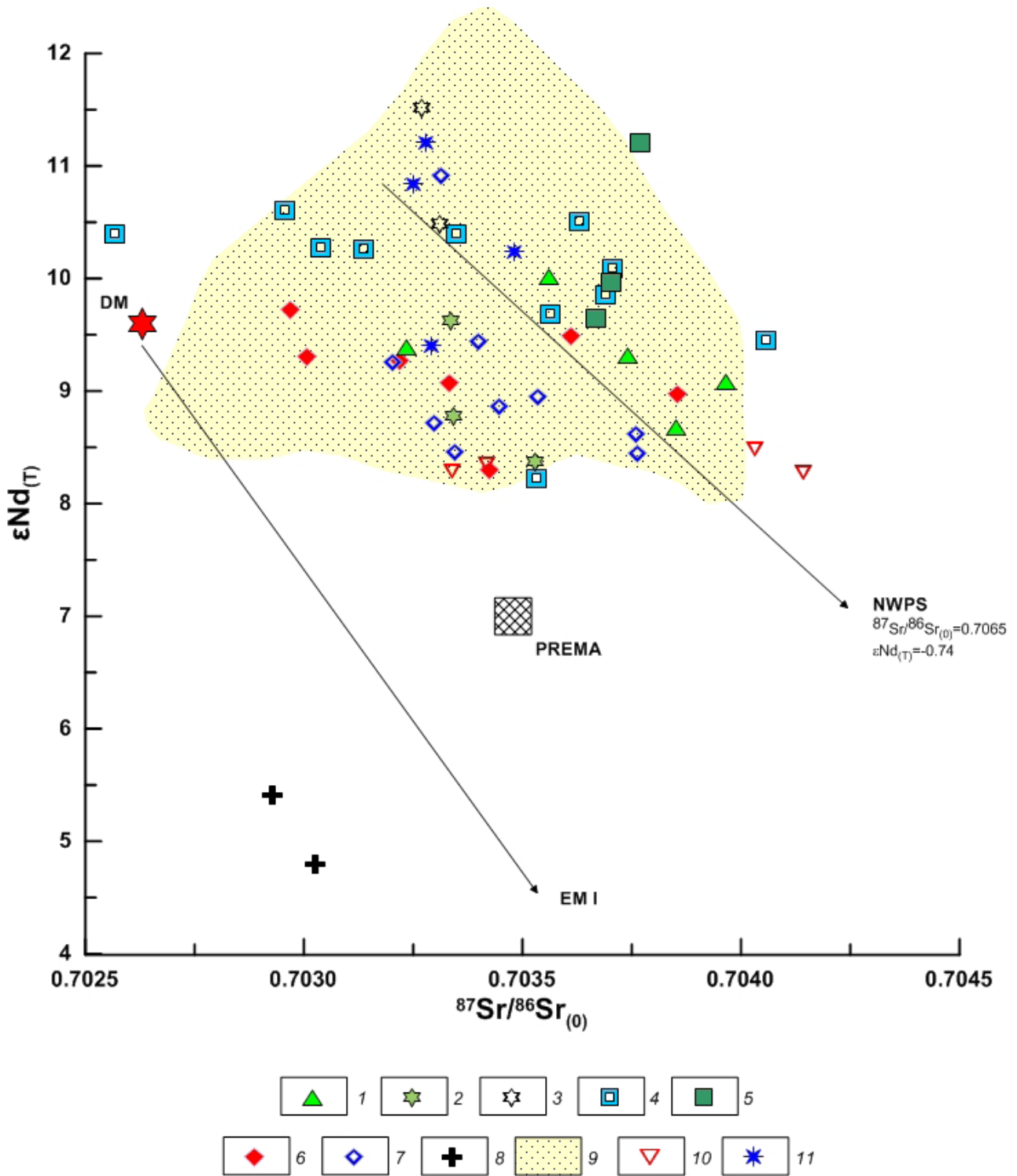


Рис. 4. Соотношение $\epsilon\text{Nd}_{(T)}$ и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ в позднекампан-раннепалеогеновых вулканических породах Восточной Камчатки. Условные обозначения 1–8 представлены на рис. 2. 9 — базальты Ветловского террейна (Цуканов и др., 2018); 10 — базальты смагинской серии Камчатского полуострова (Portnyagin et al., 2008), 11 — Кроноцкий п-ов, базальты (Цуканов, Сколотнев, 2010). Компоненты: DM по (Workman, Hart, 2005), EMI, PREMA по (Hart, 1988), NWPS — осадки северо-западной части Тихого океана (Portnyagin et al., 2015).

Fig. 4. The ratio of $\epsilon\text{Nd}_{(T)}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ in Late Cretaceous-Early Paleogene volcanic rocks of East Kamchatka. See Fig. 2 for notations 1–8; 9 — basalts of the Vetlovsky terrain (Tsukanov et al., 2018); 10 — basalts of the Smagin Formation, Kamchatsky Peninsula (Portnyagin et al., 2008); 11 — basalts in Kronotsky Peninsula (Tsukanov and Skolotnev, 2010). Components: DM according to (Workman, Hart, 2005), EMI, PREMA according to (Hart, 1988), NWPS — Northwest Pacific Sediments (Portnyagin et al., 2015).

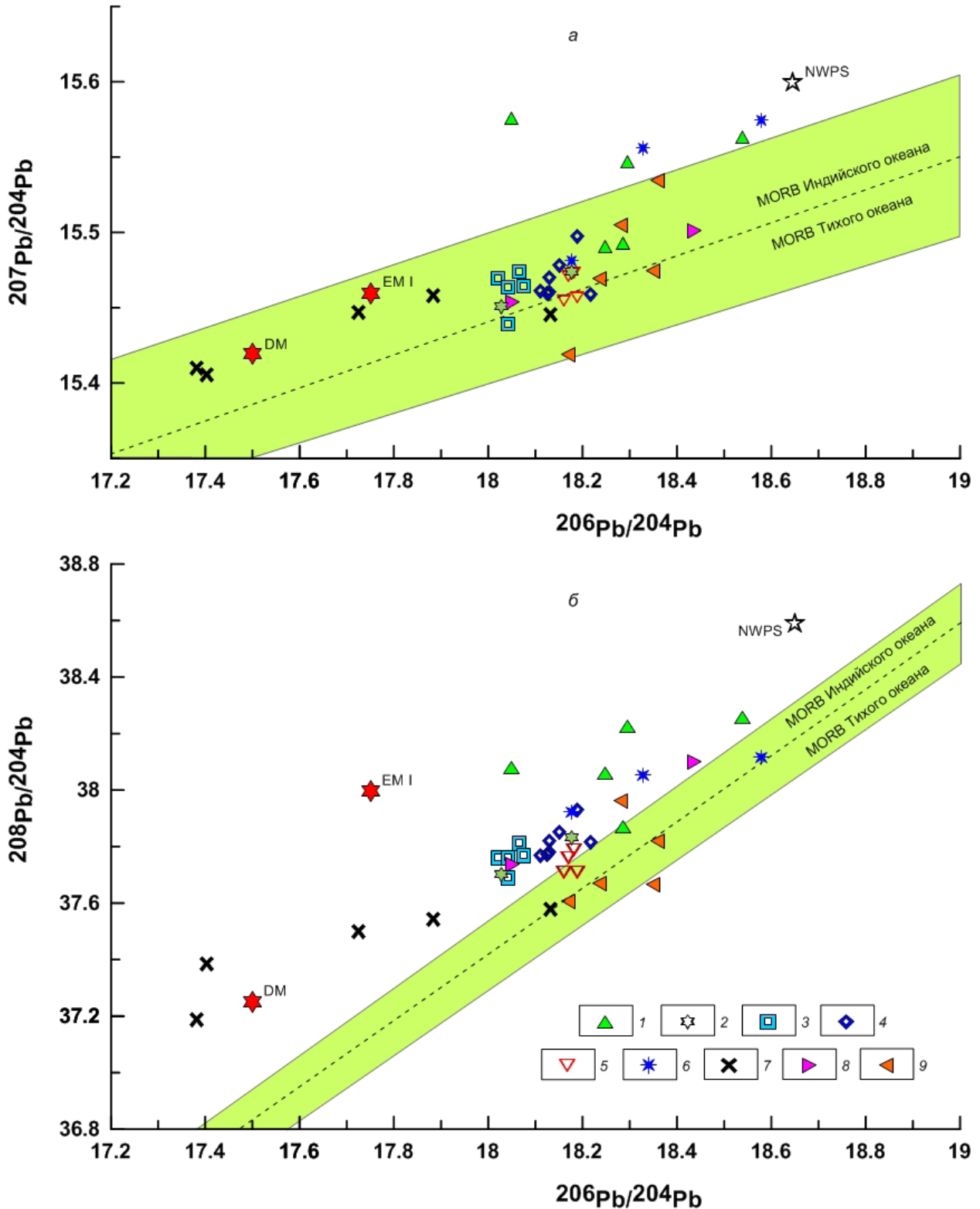


Рис. 5. Соотношения $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (а) и $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (б) в позднекампан-раннепалеогеновых вулканических породах Восточной Камчатки: Условные обозначения 1–6 представлены на рис. 2, 4; 7–9 — базальты Ветловского террейна (Цуканов, Сколотнев, 2010; Цуканов и др., 2018): 7 — хребет Кумроч, 8 — Валагинский хребет, 9 — Шипунский п-ов.

Fig. 5. The ratios of $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (a) and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (b) in Late Cretaceous-Early Paleogene volcanic rocks in East Kamchatka.

See Figs. 2 and 4 for notations 1–6. 7–9 — basalts of Vetlovsky terrain (Tsukanov, Skolotnev, 2010; Tsukanov et al., 2018): 7 — Kumroch Ridge, 8 — Valaginsky Ridge, 9 — Shipunsky Peninsula.

составляющих $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.048\text{--}18.538$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.547\text{--}15.575$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.08\text{--}38.258$. Пикриты хребтовской толщи хребет Валагинского характеризуются достаточно выдержанным изотопным составом неодима ($\epsilon\text{Nd}_{(T)} = 8\text{--}11$) и свинца ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.020\text{--}18.19$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.439\text{--}15.501$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.692\text{--}37.933$ при варьирующих отношениях $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_0$ (0.7026–0.70485). Лампроитоиды хребта Валагинского отличаются выдержанным изотопным составом $\epsilon\text{Nd}_{(T)}$ (8.3–9.7) и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_0$ (0.7030–0.70385). Для трахибазальтов китильгинской толщи характерны более низкие значения $\epsilon\text{Nd}_{(T)}$ (4.8–5.4) при сопоставимых отношениях $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_0$ (0.7029–0.7030).

Отмечаются определенные региональные различия в изотопно-геохимическом составе

пород, рассматриваемые ниже, и указывающие на гетерогенность условий частичного плавления мантийного клина в надсубдукционной области разных сегментов палеодуги.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Представленные результаты позволяют сделать ряд выводов о происхождении изученных вулканических пород и характере процессов, влиявших на состав магм.

Коровая контаминация. На диаграмме $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}\text{--SiO}_2$ (рис. 6) вулканические породы Озерновско-Валагинского террейна разделяются на две группы: магматические породы о. Карагинского, изотопный состав Nd которых

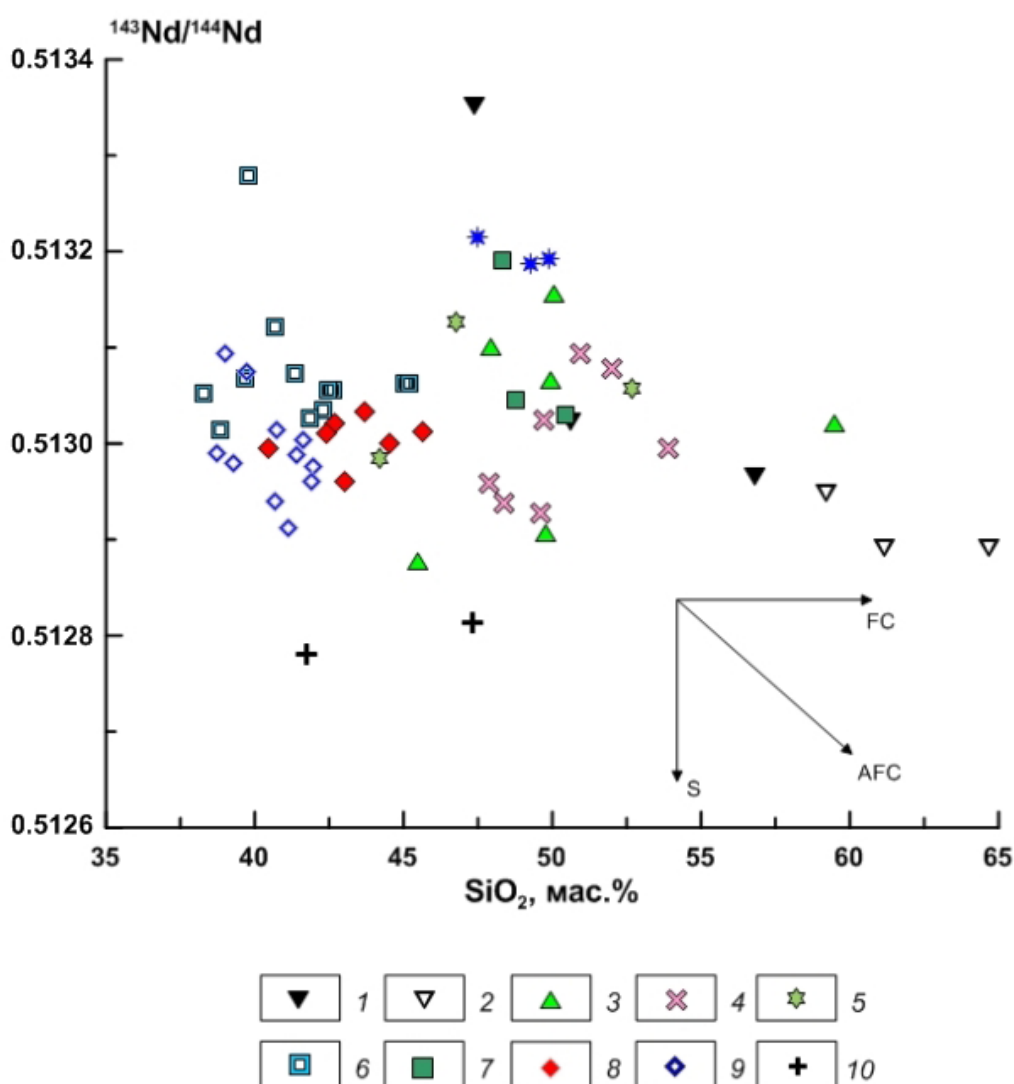


Рис. 6. Отношения $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}\text{--SiO}_2$ в поздний мел-раннепалеогеновых вулканических породах Озерновско-Валагинского сегмента Ачайваям-Валагинской палеодуги. Условные обозначения представлены на рис. 2, 4. FC — фракционная кристаллизация, AFC — фракционная кристаллизация и коровая контаминация, S — вариации составов источника.

Fig. 6. The $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ to SiO_2 ratios in Late Cretaceous–Early Paleogene volcanic rocks of Ozernoy-Valaginsky segment of the Achaivayam-Valaginsky paleoarc. See Figs. 2 and 4 for notations. FC is fractional crystallization, AFC is fractional crystallization and crust contamination, S is variations in source composition.

зависит от концентрации SiO_2 (Коваленко и др., 2009) и породы остальных рассматриваемых районов, изотопный состав которых не находится в зависимости от концентраций SiO_2 .

Величины $\epsilon\text{Nd}_{(T)}$ в породах о. Карагинского изменяются от ультрадеплетированных значений (+15) при концентрациях $\text{SiO}_2 = 47$ мас. % и $\text{MgO} = 10$ мас. % до +5 при $\text{SiO}_2 = 66$ мас. % (Коваленко и др., 2009). В цитируемой работе было высказано предположение, что магматические мантийные расплавы, сформировавшие породы о. Карагинского, были контаминированы силикатными субаркозовыми осадками, широко распространенными в структуре Камчатки.

Состав магматических источников. Данные химического состава свидетельствуют, что верхнемел-раннепалеогеновым вулканическим породам Озерновско-Валагинского террейна присущи признаки пород надсубдукционных геодинамических обстановок (Аккреционная..., 1993; Цуканов, 2014). Также, геохимические характеристики пород Озерновско-Валагинского террейна указывают, что в образовании магм могли участвовать различные компоненты — надслэбовая, OIB и N-MORB, или их соотношения. Для распознавания участия и определения вклада каждой составляющей источника использовался ряд парных отношений наиболее несовместимых элементов, слабо чувствительных к малоглубинной фракционной кристаллизации,

раскрывающих, таким образом, поведение выбранных элементов в мантийном источнике.

Характеристика обедненного или обогащенного состава источника вулканических пород основывается на сопоставлении начальных $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ отношений со значениями изотопных отношений в примитивной мантии (соответственно, 0.7045 и 0.512638 (Фор, 1989) для состава примитивной мантии). Рассматриваемые вулканические комплексы Восточной Камчатки характеризуются положительными значениями ϵNd и низкими $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$, что, в целом, позволяет говорить о деплетированном характере глубинных источников. Вместе с тем, изотопно-геохимические характеристики пород указывают, что в образовании магм участвовали различные по составу компоненты.

По изотопному составу Nd и Pb вулканыты Озерновско-Валагинского террейна отличаются меньшей гетерогенностью по сравнению с вулканиками Кроноцкого и Ветловского террейнов (Цуканов, Сколотнев, 2010), хотя и здесь проявлены региональные различия. Большая часть базальтов и пикритов хребта Тумрок и Валагинский располагается вдоль трендов смешения обогащенного источника типа EMII и «гибридного» компонента, образованного MORB-подобным источником и мантийным компонентом EM I, в то время как базальты хребта Кумроч имеют более деплетированные характеристики (рис. 7).

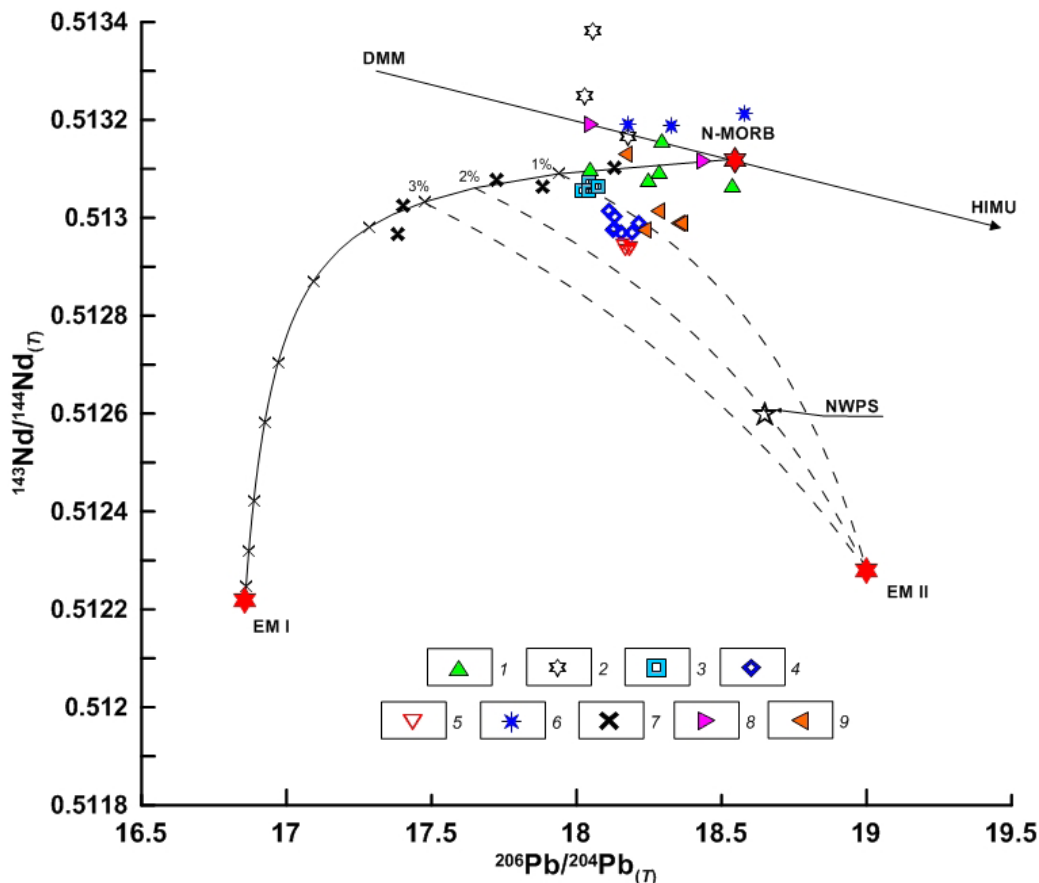


Рис. 7. Диаграмма $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ для позднекампан- раннепалеогеновых вулканических пород Восточной Камчатки. Условные обозначения представлены на рис 2, 4. Пунктир и сплошные линии — линии смешения. Компоненты: DMM, HIMU по (Workman, Hart, 2005), EM I, EM II по (Hart, 1988), NWPS — осадки северо-западной части Тихого океана (Portnyagin et al., 2015).

Fig. 7. The $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ to $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratio for Late Cretaceous–Early Paleogene volcanic rocks of East Kamchatka. See Figs. 2 and 4 for notations. Dashed and solid lines are mixing lines. Components: DMM, HIMU by (Workman, Hart, 2005), EM I, EM II by (Hart, 1988), NWPS — Northwest Pacific Sediments (Portnyagin et al., 2015).

Информативными при выделении обогащенного (мантийно-плюмового) и деплетированного мантийных источников образования базальтоидов служат межэлементные соотношения Nb, Zr, Y. Было установлено (Fitton et al., 1997), что базальты Исландии, имеющие мантийно-плюмовые изотопные характеристики, на диаграмме Nb/Y–Zr/Y занимают определенное узкое поле. Для характеристики мантийно-плюмовой компоненты было предложено использовать параметр ΔNb , который определяется как: $\Delta\text{Nb} = \log(\text{Nb}/\text{Y}) + 1.74 - 1.92 \times \log(\text{Zr}/\text{Y})$, при котором значения $\Delta\text{Nb} > 0$ соответствуют базальтам с плюмовой компонентой, а значения $\Delta\text{Nb} < 0$ отвечают базальтам, генерированным при частичном плавлении деплетированной верхней мантии. На диаграмме Nb/Y–Zr/Y (Condie, 2005) (рис. 8а) фигуративные точки базальтов и андезибазальтов Озерновско-Валагинского террейна (за исключением калиевых базальтоидов китильгинской толщи хребта Валагинского) располагаются ниже границы ΔNb , попадая в область состава деплетированных мантийных источников. Вместе с тем проявляются и определенные региональные различия в составе пород. Так, базальты хапицкой толщи хребта Тумрок характеризуются наиболее низкими Nb/Y и Zr/Y отношениями, сопоставимым с толеитами Кроноцкого террейна (Цуканов и др., 2008б). Близкий, но более обогащенный состав имеют базальты о-ва Карагинский, хапицкой толщи хребта Кумроч и попутновской толщи Валагинского хребта (рис. 8а). Трахибазальты китильгинской свиты, характеризуются более высокими Nb/Y отношениями, преимущественно располагаясь в области состава базальтов океанического ложа (OFB), тогда как трахибазальты хапицкой толщи хребта Кумроч отличаются более деплетированным составом.

Nb/Ta и Zr/Hf отношения в примитивной мантии и N-MORB близки к хондритовым (Nb/Ta ~ 17.6 и Zr/Hf = 36 – 37) (Sun, McDonough, 1989). В обстановке активной континентальной окраины вариации Nb/Ta могли быть связаны (Hofmann, 1988) с особенностями мантийного источника, взаимодействующего как с коровым материалом, так и с субдукционным компонентом, в составе которого в различных пропорциях присутствуют водный флюид и расплав. Базаль-

тоиды Озерновско-Валагинского террейна отличаются более низкими значениями Nb/Ta и Zr/Hf (рис. 8б).

На дискриминантной диаграмме Th/Yb–Ta/Yb (рис. 8в) фигуративные точки базальтоидов Озерновско-Валагинского террейна, отличающиеся низкими Ta/Yb отношениями, смещены в область пород, формирующихся за счет мантийных источников содержащих субдукционный компонент, свидетельствуя об островодужной обстановке формирования.

Субдукционные компоненты. Известно (Ishizuka et al., 2006), что индикатором низкотемпературного флюидного субдукционного компонента (SED-флюид) служат концентрации флюидномобильных элементов — Ba, U, Cs, Sr, а также их отношения к HFSE, тогда как об участии расплава, образовавшегося в результате плавления осадков (SED-расплав), можно судить по поведению Th. Во всех вулканических породах Озерновско-Валагинского террейна содержания флюидномобильных элементов превышают таковые в N-MORB, что свидетельствует об участии флюидов в процессе магмогенерации (рис. 3).

Для выяснения роли флюида и расплава, участвующих в процессе магмогенерации, был использован ряд диаграмм (рис. 9а, 9б). Так, на диаграмме La/Yb–Th/Nd (рис. 9а) фигуративные точки базальтоидов располагаются вблизи линии смешения составов N-MORB и SED-расплава, что также подтверждается и соотношением Th–Yb, где на диаграмме (рис. 9б), кроме фигуративных точек составов камчатских вулкаников, показаны рассчитанные тренды состава флюидной фазы (700 °C) и расплава (800 °C), формирующихся соответственно при дегидратации и плавлении осадочного материала (Мартынов, 2013). Фигуративные точки состава пород Озерновско-Валагинского террейна преимущественно располагаются вдоль субгоризонтального тренда, обусловленного составом океанических осадков и продуктов их плавления.

На диаграмме $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ –Th/Nd (рис. 10) показаны расчетные линии смешения состава измененной океанической коры (MORB-АОС), флюида (SED-флюид) и расплава (SED-расплав), образовавшихся в результате соответственно дегидратации и плавления осадочного материала, субдуцирующего под Камчатку, а также

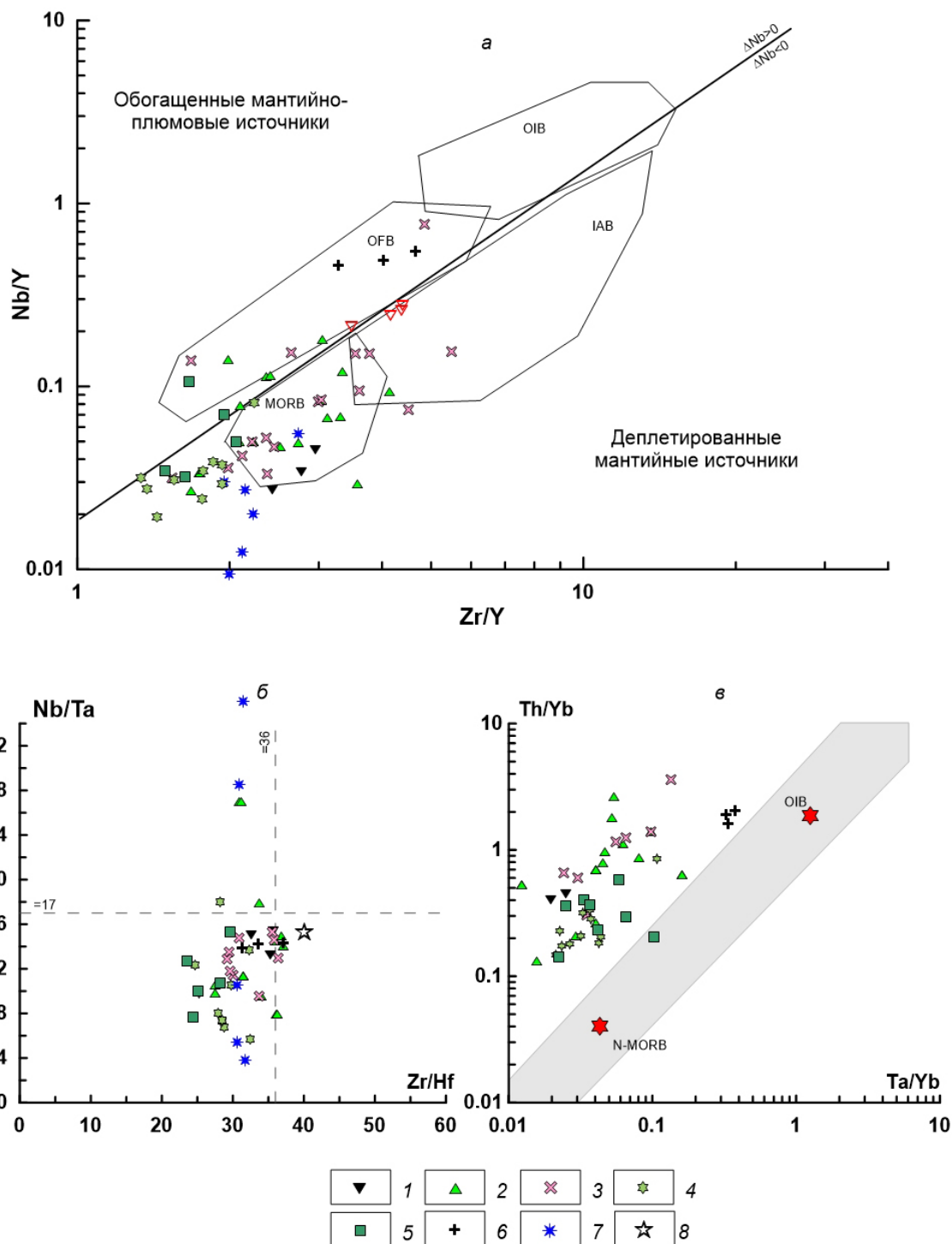


Рис. 8. Диаграммы отношений некогерентных элементов для позднекампан-раннепалеогеновых базальтоидов Озерновско-Валагинского сегмента Ачайваям-Валагинской палеодуги. Условные обозначения представлены на рис 2, 4; 8 — осадки северо-западной части Тихого океана (Portnyagin et al., 2015). а) диаграмма Nb/Y–Zr/Y. Поля составов разных типов базальтов по (Condie, 2005): N-MORB — толеиты срединно-океанических хребтов, OIB — базальты океанических островов, IAB — базальты островных дуг, OFB — базальты океанического дна; б) диаграмма Nb/Ta–Zr/Hf. Zr/Hf (~36) и Nb/Ta (~17) отношения в примитивной мантии по (Sun, McDonough, 1989); е) диаграмма Th/Yb–Ta/Yb (Pearce, 1982).

Fig. 8. Diagrams of incoherent element ratios (Nb/Y–Zr/Y (a), Nb/Ta–Zr/Hf. Zr/Hf (b) and Th/Yb–Ta/Yb (e)) for Late Campanian–Early Paleogene basaltoids of the Ozernoy-Valaginsky segment of the Achaivayam-Valaginsky paleoarc. See Figs. 2, 4 for notations 1–7. 8 — Northwest Pacific Sediments (Portnyagin et al., 2015). a) Nb/Y–Zr/Y diagrams of composition fields of different types of basalts according to (Condie, 2005): N-MORB — mid-ocean ridge basalts, OIB — ocean island basalts, IAB — island arc basalts, OFB — ocean floor basalts; б) Zr/Hf (~36) и Nb/Ta (~17) relations in primitive mantle (Sun, McDonough, 1989); е) by (Pearce, 1982).

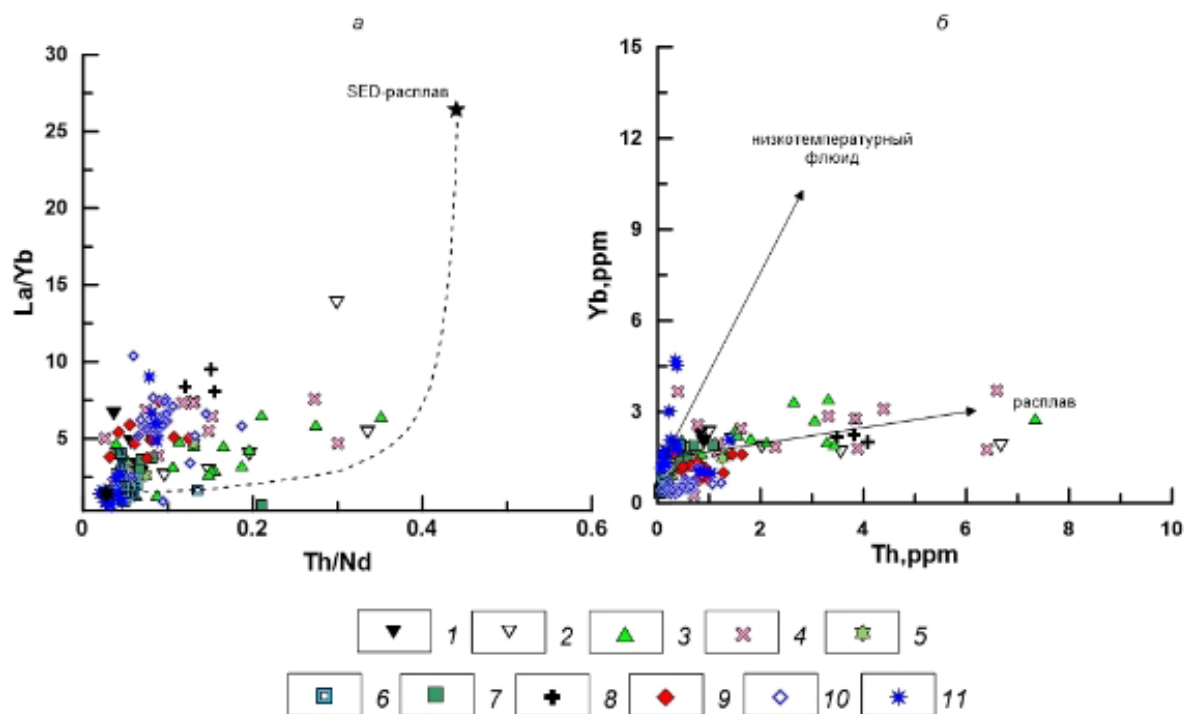


Рис. 9. Диаграммы La/Yb–Th/Nd (а) и Yb–Th (б) (Мартынов, 2013) для вулканических пород Озерновско-Валагинского сегмента Ачайваям-Валагинской палеодуги (Восточная Камчатка) (Duggen et al., 2007). Условные обозначения представлены на рис 2, 4. Пунктиром показана линия смешения состава MORB-АОС (черная звезда) и SED-расплава по (Ishizuka et al., 2006) (а). Рассчитанные тренды состава флюидной фазы (700°C) и расплава (800°C), формирующихся соответственно при дегидратации и плавлении осадочно-го материала, по (Мартынов, 2013) (б).

Fig. 9. La to Yb–Th/Nd (а) and Yb–Th (б) (Martynov, 2013) diagrams for Late Cretaceous–Early Paleogene volcanic rocks of of Ozernoy-Valaginsky segment of the Achaiwayam-Valaginsky paleoarc. See Figs. 2 and 4 for notations. Dashed lines is the mixing line between MORB/AOC (black star), average composition of altered basalts of East Kamchatka ophiolites by (Duggen et al., 2007), and SED-melt according to Ishizuka et al., 2006 (а). Calculated trends in the composition of the fluid phase (700°C) and melt (800°C), formed during dehydration and melting of sedimentary material, respectively, according to (Martynov, 2013) (б).

со средним составом осадков северо-западной части Тихого океана (NWPS) (Portnyagin et al., 2015). Фигуративные точки базальтов Озерновско-Валагинского террейна располагаются вблизи субвертикальной линии смешения флюидных компонентов, образованных при дегидратации измененных океанических базальтов и осадка. Для части базальтов наблюдается смещение фигуративных точек в область повышенных отношений Th/Nd при близких значениях $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, что свидетельствует об участии в магмогенезисе и высокотемпературного осадочного компонента — расплава или надкритического флюида.

Геодинамическая интерпретация. Анализ времени начала и окончание активного вулканизма, особенности строения фундамента, геохимическая специализация вулканических комплексов, позволяют предполагать, что заложение Озерновско-Валагинской и Кроноцкой палеодуг произошло примерно в одно время — коньяк(?)–сантон–раннекампанское и, вероятно, в это время палеодуги представляли собой единую структуру (Чехович, Сухов, 2019).

Анализ состава вулкаников и геологическая позиция вулканогенно-осадочных комплексов различных сегментов палеодуги позволяют выявить сегментированность этой структуры. Так в пределах о. Карагинского и хребет Кумроч преимущественно обнажаются комплексы фронтальной и центральной частей дуги. На п-ове Озерной, хребтах Тумрок, Валагинский мы видим центральные части этой структуры, а в восточной части Срединного хребта и в западной части хребет Валагинского обнажаются тыловые части дуги.

Вулканогенно-осадочные комплексы Озерновско-Валагинской палеодуги в современной структуре слагают самостоятельные островодужные террейны, северная граница распространения которых совпадает с Командоро-Паланской зоной поперечных дислокаций (Чехович и др., 2009).

Кдатскому времени вулканизм в Озерновско-Валагинской палеодуге практически прекращается и в раннем-среднем эоцене происходит коллизия дуги с вновь сформированной Камчатской

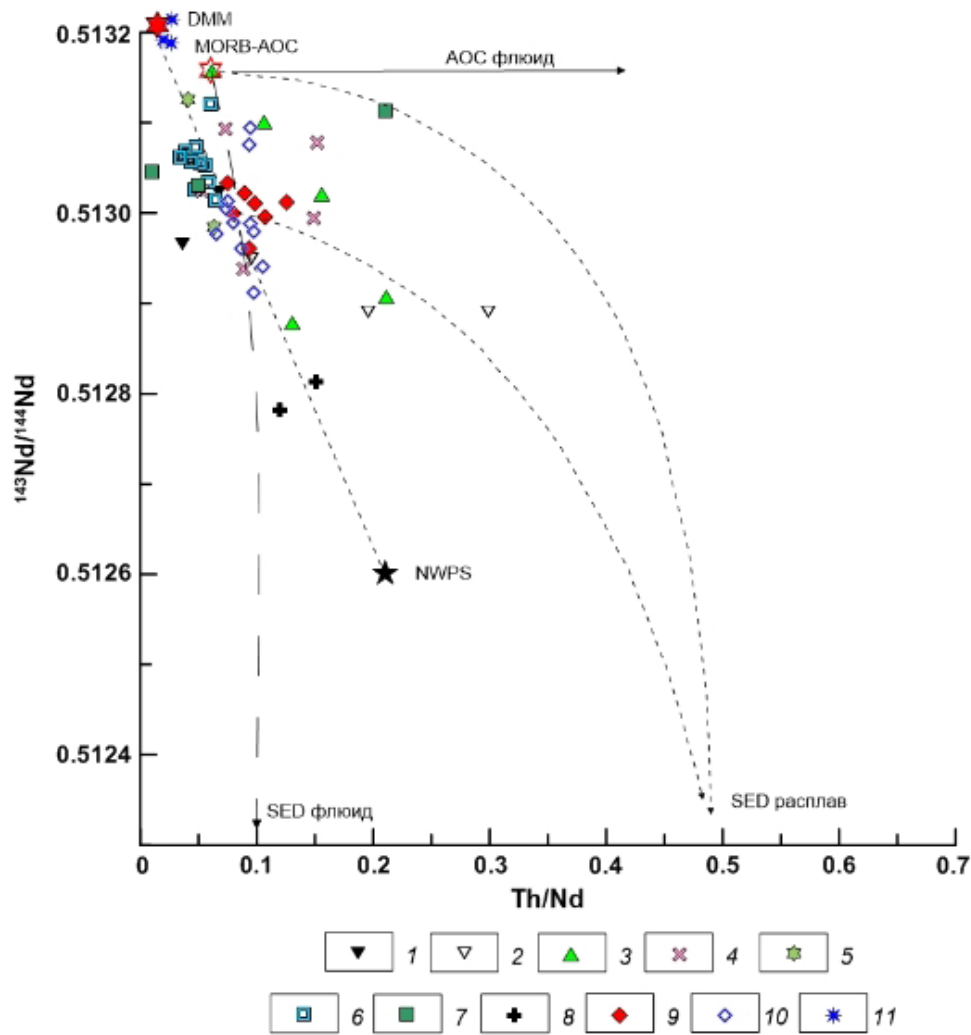


Рис. 10. Диаграмма $\epsilon Nd_{(T)}$ -Th/Nd для оценки роли субдукционных и коровых компонентов в магмогенезе вулканических пород Озерновско-Валагинского сегмента Ачайваям-Валагинской палеодуги (Восточная Камчатка). Условные обозначения представлены на рис 2, 4. Показаны рассчитанные линии смешения состава измененных базальтов Восточно-Камчатских офиолитов (MORB-AOC) по (Duggen et al., 2007) со средним составом осадков северо-западной части Тихого океана (NWPS) (Portnyagin et al., 2015), с расплавом (SED-расплав) и флюидной фазой (SED-флюид), образовавшихся, соответственно, в результате плавления и дегидратации субдукционного осадка, по (Мартынов и др., 2010).

Fig. 10. The $\epsilon Nd_{(T)}$ -Th/Nd diagram for evaluating the contribution of subduction and crustal components in genesis of volcanic rocks of the Ozernoy-Valaginsky segment of Achaivayam-Valaginsky paleoarc. See Figs. 2 and 4 for notations. The calculated mixing lines for altered Kamchatka ophiolite basalts (according to MORB-AOC) (Duggen et al., 2007) and average composition of the Northwest Pacific sediments (Portnyagin et al., 2015), and melt (SED-melt) and fluid phase (SED-fluid) formed, respectively, by melting and dehydration of subducted sediments according to (Martynov et al., 2010).

окраиной, которая маркируется в это время Корякско-Западнокамчатским вулканическим поясом (Шапиро, Соловьев, 2009).

ВЫВОДЫ

1. Позднемеловые-раннепалеогеновые вулканогенно-осадочные образования Озерновско-Валагинской палеодуги в нижних частях видимых разрезов представлены чередованием базальтовых и андезибазальтовых лав с их туфами и туфобрекчиями; в средней части

некоторых разрезов развиты мощные толщи пикритов и лампроитовидов, а верхние части сложены преимущественно туфогенно-осадочными породами с отдельными покровами базальтов и трахибазальтов. Верхние части разреза часто представлены породами повышенной щелочности и, как правило, калиевой специализации.

2. Для вулканических палеодуги характерна определенная гетерогенность состава островных вулканических пород в разных ее сегментах. Так, на о-ве Карагинский распространены вулканические породы умеренно-калиевой известково-

щелочной и шошонитовой серий; на п-ове Озерной преимущественно развиты низкокалиевые базальты толеитовой серии. Среди пород хребет Кумроч выделяется три ассоциации: низкокалиевая базальт-андезибазальтовая, среднекалиевая известково-щелочная и высококалиевая шошонитовая. Вулканические породы хребет Тумрок образуют две петрохимические ассоциации: низкокалиевых пикритов в составе хребтовской толщи и высококалиевых трахибазальтов-трахиандезитов в составе хапицкой толщи; в хребет Валагинский — низкокалиевая толеитовая, умеренно-калиевая известково-щелочная и шошонит-латитовая серии в составе попутновского комплекса, а также пикриты и лампроитоиды в составе хребтовской толщи.

3. Полученные данные позволяют говорить о деплетированном характере глубинных источников. Вместе с тем, изотопно-геохимические характеристики пород указывают, что в образовании магм участвовали различные по составу компоненты — надслэбовая, OIB и N-MORB, или их соотношения.

4. Анализ содержания флюидномобильных элементов показывает, что они превышают таковые в N-MORB, свидетельствуя об участии флюидов/расплавов в процессе магмогенерации.

Источники финансирования. Исследования выполнены за счет госубсидий по темам № FMMG-2023-0010 (Геологический институт РАН), № FMWE-2021-0004 (Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН) и гранта при финансовой поддержке РФФИ, проект № 22-17-00033.

Список литературы [References]

- Аккреционная тектоника Восточной Камчатки / Отв. ред. Пушаровский Ю.М. М.: Наука, 1993. 272 с. [Accretionary tectonic of Eastern Kamchatka / Yu. M. Pushcharovsky (ed.). M.: Nauka, 1993. 272 p. (in Russian)].
- Бадрединов З. Г., Марковский Б. А., Тарарин И. А. Генезис высококалиевых 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-Potassium Picrites in Eastern Kamchatka // *Volcanology and Seismology*. 2022. № 1. P. 3–17. <https://doi.org/10.1134/S074204632201002X>].
- Геологическая карта и карта полезных ископаемых Камчатской области и Корякского автономного округа. Масштаб 1:1 500 000 / Гл. редакторы: Литвинов А.Ф., Марковский Б.А., Зайцев В.П. СПб.: ВСЕГЕИ, 2005. [Geological map and map of mineral resources of the Kamchatka region and Koryak Autonomous Okrug. Scale 1:1 500 000 / Eds: Litvinov A.F., Markovsky B.A., Zaitsev V.P. Saint Petersburg: VSEGEI, 2005 (in Russian)].
- Геология западной части Берингово моря / под ред. С.Ф. Соболева. М.: Наука, 1990. 159 с. [Geology of the western Bering Sea / Sobolev S.F. (ed.). Moscow: Nauka, 1990. 159 p. (in Russian)].
- Геохимическая типизация магматических и метаморфических пород Камчатки / Отв. ред. А.П. Кривенко. Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1990. 259 с. [Geochemical typification of igneous and metamorphic rocks of Kamchatka / Krivenko A.P. (ed.). Novosibirsk: Institute of Geology and Geophysics Siberian Branch of USSR, 1990. 259 p. (in Russian)].
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Камчатская. Лист N-57 – Петропавловск-Камчатский. Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2006. 376 с. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000 (third generation). Koryak-Kamchatka series. Sheet N-57. Petropavlovsk-Kamchatsky. Explanatory letter. Saint Petersburg: VSEGEI, 2006. 376 p. (in Russian)].
- Ескин А.Е., Сколотнев С.Г., Цуканов Н.В. Новые данные о составе и строении плутонических комплексов хребта Тумрок (Восточная Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 1. Выпуск № 9. С. 61–72. [Eskin A.E., Skolotnev S.G., Tsukanov N.V. The new data on composition and structure of Kumroch plutonic complexes (Eastern Kamchatka) // *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*. 2007. № 1 (9). P. 61–72. (in Russian)].
- Зинкевич В.П., Колодяжный С.Ю., Брагина Л.Г. и др. // Тектоника восточного обрамления метаморфид Срединного хребта Камчатки // Геотектоника. 1994. № 1. С. 81–96 [Zinkevich V.P., Kolodyazhnyi S.Yu., Bragina L.G. et al. Tectonics of the eastern framing of the metamorphides of the Sredinny Range of Kamchatka // *Geotektonika*. 1994. № 1. P. 81–96 (in Russian)].
- Коваленко Д.В., Колосков А.В., Цуканов Н.В., Федоров П.И. Геодинамические условия формирования и магматические источники позднемеловых-раннепалеогеновых комплексов Северной Камчатки // Геохимия. 2009. № 4. С. 348–377 [Kovalenko D.V., Koloskov A.V., Tsukanov N.V., Fedorov P.I. Geodynamic settings and magma sources of the Late Cretaceous-Early Paleocene magmatic complexes of Northern Kamchatka // *Geochemistry International*. 2009. V. 47. № 4. С. 329–357. <https://doi.org/10.1134/S0016702909040028>].
- Колосков А.В., Флеров Г.Б., Селиверстов В.А. и др. Калиевые вулканы Центральной Камчатки в составе верхнемеловой-палеогеновой Курило-Камчатской щелочной провинции // Петрология. 1999. Т. 7. № 5. С. 559–576 [Koloskov A.V., Flerov G.B., Seliverstov V.A. et al. Potassic volcanics of Central Kamchatka and the Late Cretaceous and Paleogene Kuril-Kamchatka alkaline Province // *Petrologiya*. 1999. V. 7. № 5. P. 559–576 (in Russian)].
- Колосков А.В., Флеров Г.Б., Коваленко Д.В. Позднемеловые-палеогеновые магматические комплексы Центральной Камчатки: геологическое положение, особенности вещественного состава // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28. № 4. С. 16–34 [Koloskov A.V., Flerov G.B., Kovalenko D.V. Late Cretaceous – Paleocene

- magmatic complexes of Central Kamchatka, magmatic sources, and geodynamic conditions of their formation // *Tikhookeanskaya geologiya*. 2009. V. 28. № 4. P. 16–34. <https://doi.org/10.1134/S1819714009040022>.
- Кравченко-Бережной И.Р.* Геологическое положение магматических комплексов западного обрамления Командорской котловины / Дисс... кандидата геолого-минералогических наук. Москва. Ин-т литосферы АН СССР, 1989. 270 с. [*Kravchenko-Berezhnoi I.R.* Geological position of igneous complexes of the western frame of the Commander Basin / Candidate's Dissertation in Geology and Mineralogy. Moscow: Inst. Litospere Akademii. Nauk SSSR, 1989 (in Russian)].
- Мартынов А.Ю.* Роль задуговых процессов в формировании поперечной геохимической зональности вулканитов ранних этапов становления о-ва Кунашир // *Петрология*. 2013. Т. 21. № 5. С. 517–534. <https://doi.org/10.7868/S0869590313040055> [*Martynov A.Yu.* Role of backarc processes in the origin of across-arc geochemical zoning in volcanics of early evolutionary stages in Kunashir island // *Petrology*. 2013. V. 21. № 5. P. 471–488. <https://doi.org/10.1134/S086959111304005X>].
- Мартынов Ю.А., Ханчук А.И., Кимура Д.И. и др.* Геохимия и петрогенезис четвертичных вулканитов Курильской островной дуги // *Петрология*. 2010. Т. 18. № 5. С. 512–535 [*Martynov Y.A., Khanchuk A.I., Kimura J.I. et al.* Geochemistry and petrogenesis of volcanic rocks in the Kuril island arc // *Petrology*. 2010. V. 18. № 5. P. 489–513. <https://doi.org/10.1134/S0869591110050048>].
- Расс И.Т., Фрих-Хар Д.И.* О находке карбонатитов в верхнемеловых ультраосновных вулканитах Камчатки // Доклады Академии наук СССР. 1987. Т. 294. № 1. С. 182–186 [*Rass I.T., Frikh-Khar D.I.* On the discovery of carbonatites in the Upper Cretaceous ultramafic volcanics of Kamchatka // *Doklady Akademii nauk USSR*. 1987. V. 294. № 1. P. 182–186 (in Russian)].
- Селиверстов В.А.* Термобарофильные минеральные парагенезисы алмазоносного щелочно-ультраосновного вулканического комплекса Восточной Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 1. Вып. № 13. С. 10–30 [*Seliverstov V.A.* Thermobarophyllitic mineral parageneses of diomondiferous alkaline ultramafic volcanic complex in Eastern Kamchatka // *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*. 2009. № 1 (13). P. 10–30 (in Russian)].
- Селиверстов В.А., Колосков А.В., Чубаров В.М.* Лампроитоподобные калиевые щелочно-ультраосновные породы Валагинского хребта, Восточная Камчатка // *Петрология*. 1994. Т. 2. № 2. С. 197–213 [*Seliverstov V.A., Koloskov A.V., Chubarov V.M.* Lamproite-like potassium alkaline-ultrabasic rocks of the Valagin Ridge, Eastern Kamchatka // *Petrologiya*. 1994. V. 2. № 2. P. 197–213. (in Russian)].
- Сухов А.Н., Цуканов Н.В., Беляцкий Б.В., Рукавишников Д.Д.* Вулканические комплексы тыловой части позднемеловой Ачайваям-Валагинской палеодуги в структуре хребта Кумроч (Восточная Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. № 4. Выпуск 32. С. 20–34 [*Sukhov A.N., Tsukanov N.V., Belyatsky B.V., Rukavishnikova D.D.* Back arc volcanic complexes of Late Mesozoic Achayvayam-Valagin paleoarc in the Kumroch range structure (Eastern Kamchatka) // *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*. 2016. № 4 (32). P. 20–34 (in Russian)].
- Федоров П.И., Дубик Ф.Ю.* К геохимии позднемеловой шшонитовой ассоциации Центральной Камчатки // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1990. № 3. С. 30–39 [*Fedorov P.I., Dubik F.Yu.* On the geochemistry of the Late Cretaceous shoshonitic association of Central Kamchatka // *Izvestiya Acad. Nauk USSR. Seriya Geologicheskaya*. 1990. № 3. P. 30–39 (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 Valagin Ridge, Kamchatka // *Petrology*. 2018. Vol. 26. № 1. P. 65–81. <https://doi.org/10.1134/S0869591118010034>].
- Федоров П.И., Шанцер А.Е., Флеров Г.Б. и др.* О соотношении кирганикского и китильгинского вулканоплутонических комплексов Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. № 1. Выпуск № 21. С. 16–24 [*Fedorov P.I., Shantser A.E., Flerov G.B. et al.* Relations between the Kirganik and Kitilgin high-potassium volcanoplutonic complexes in Kamchatka // *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*. 2013. № 1 (21). P. 16–24 (in Russian)].
- Флеров Г.Б., Колосков А.В.* Щелочной базальтовый вулканизм Центральной Камчатки. М.: Наука, 1976. 145 с. [*Flerov G.B., Koloskov A.V.* Alkali Basaltic Volcanism of Central Kamchatka. Moscow: Nauka, 1976. 145 p. (in Russian)].
- Флеров Г.Б., Селиверстов В.А.* Минералогия и петрология позднемеловых-палеогеновых калиевых вулканитов Центральной Камчатки // *Вулканология и сейсмология*. 1999. № 6. С. 3–21 [*Flerov G.B., Seliverstov V.A.* Mineralogy and Petrology of Late Cretaceous–Paleogene Potassic Volcanics in Central Kamchatka // *Journal Volcanology and Seismology*. 1999. № 6. P. 3–21 (in Russian)].
- Флеров Г.Б., Федоров П.И., Чурикова Т.Г.* Геохимия позднемеловых-палеогеновых калиевых пород ранней стадии развития Камчатской островной дуги // *Петрология*. 2001. Т. 9. № 2. С. 189–208 [*Flerov G.B., Fedorov P.I., Churikova T.G.* Geochemistry of Late Cretaceous–Paleogene Potassic Rocks of the Early Evolutionary Stage in the Kamchatka Island Arc // *Petrologiya*. 2001. V. 9. № 2. P. 161–178 (in Russian)].
- Флеров Г.Б., Селиверстов В.А.* Мел-палеогеновый магматизм Срединного хребта Камчатки: проблема источников магм // *Вулканология и сейсмология*. 2008. № 2. С. 83–96 [*Flerov G.B., Seliverstov V.A.* Cretaceous–Paleogene Magmatism of the Sredinnyi Range of Kamchatka: Magma Sources // *Journal Volcanology and Seismology*. 2008. № 2. P. 71–82 (in Russian)].
- Фор Г.* Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1989. 590 с. [*Faure G.* Principles of isotope geology. Moscow: Mir, 1989. 590 p.].
- Цуканов Н.В.* Эоценовый магматизм северного сегмента Кроноцкой палеодуги (п-ов Камчатский Мыс, Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о

- Земле. 2013. № 1. Вып. № 21. С. 25–33 [Tsukanov N.V. Eocene magmatism of the northern segment of the Kronotsky paleoarc, Kamchatka Mys peninsula, Kamchatka // Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle. 2013. № 1 (21). P. 25–33 (in Russian)].
- Цуканов Н.В. Островодужные террейны Камчатки: строение, состав и геодинамика / Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит. Матер. Второй Всерос. конф. с международным участием. Владивосток, 17–20 сентября 2014 г. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 134–137 [Tsukanov N.V. Geological processes in the lithospheric plates subduction, collision, and slide environments. Proc. of Second Russian sci. conf. with foreign participants. Vladivostok. Russia: 17–20 September 2014. Vladivostok: Dalnauka, 2014. P. 134–137 (in Russian)].
- Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г. Новые данные по изотопному составу магматических комплексов палеодуг Восточной Камчатки // ДАН. 2010. Т. 434. № 5. С. 656–660 [Tsukanov N.V., Skolotnev S.G. New data on the isotopic composition of igneous complexes from Eastern Kamchatka paleoarcs // Doklady Earth Sciences. 2010. V. 434. № 2. P. 1306–1310 (in Russian)].
- Цуканов Н.В., Федоров П.И. Вещественные комплексы палеоокраинноморских бассейнов Олюторско–Камчатского региона (особенности строения, состава и геодинамика // Океанология. 2023. Т. 63. № 3. С. 447–466. <https://doi.org/10.31857/S0030157423030140> [Tsukanov N.V., Fedorov P.I. Complexes of Marginal Sea Paleobasins of the Olyutorka–Kamchatka Region (Structure, Composition and Geodynamics) // Oceanology. 2023. V. 58. № 1. P. 447–466. <https://doi.org/10.1134/S0001437023030141>].
- Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г., Коваленко Д.В. Новые данные о составе островодужных вулканитов Восточных хребтов Камчатки // ДАН. 2008а. Т. 418. № 3. С. 372–377 [Tsukanov N.V., Skolotnev S.G., Kovalenko D.V. New data on the composition of island-arc volcanic rocks in the Eastern mountain range, Kamchatka // Doklady Earth Sciences. 2008a. V. 418. № 1. P. 56–61 (in Russian)].
- Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г., Лучицкая М.В., Беляцкий Б.В. Новые данные по Nd-, Pb-изотопным характеристикам офиолитовых комплексов Кронцкой палеодуги (Восточная Камчатка) // ДАН. 2008б. Т. 421. № 5. С. 662–665 [Tsukanov N.V., Skolotnev S.G., Luchitskaya M.V., Belyatskii B.V. New Nd and Pb isotope data on the ophiolite complexes of the Kronotskii paleoarc, Eastern Kamchatka // Doklady Earth Sciences. 2008b. V. 421. № 2. P. 893–896 (in Russian)].
- Цуканов Н.В., Савельев Д.П., Коваленко Д.П. Магматические комплексы ветловского окраинно-морского бассейна (Камчатка): состав и геодинамические условия формирования // Океанология. 2018. Т. 58. № 1. С. 102–117. <https://doi.org/10.7868/S0030157418010100> [Tsukanov N.V., Saveliev D.P., Kovalenko D.V. Magmatic complexes of the Vetlovaya marginal sea paleobasin (Kamchatka): Composition and geodynamic setting // Oceanology. 2018. V. 58. № 1. P. 92–106. <https://doi.org/10.1134/S0001437018010162>].
- Чехович В.Д., Сухов А.Н., Кононов М.В., Паланджян 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 // Geotectonics. 2009. V. 43. № 4. P. 111–132. <https://doi.org/10.1134/S0016852109040049>].
- Чехович В.Д., Сухов А.Н. Геодинамическая природа и модели становления офиолитовых аллохтонов в структуре аккрецированных островодужных систем Северо-западного обрамления Тихого океана // Известия ВУЗов. Геол. И разведка. 2019. № 2. С. 5–11. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-2-5-11> [Chekhovich V.D., Sukhov A.N. Geodynamic setting and models of the emplacement of ophiolitic allochthons in the structure of accreted island arcs of the Pacific North-western framing // Izvestiya. VUZov. Geologiya I razvedka. 2019. № 2. С. 5–11 (in Russian)].
- Шаниро М.Н., Соловьев А.В. Кинематическая модель формирования Олюторско-Камчатской складчатой области // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 8. С. 863–880 [Shapiro M.N., Solov'ev A.V. Formation of the Olyutorsky–Kamchatka fold belt: a kinematic model // Russian Geology and Geophysics. 2009. V. 50. pp. 668–681 <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2008.10.006>].
- Alexeiev D.V., Gaedicke Ch., Tsukanov N.V., Freitag R. Collision of the Kronotskiy arc at the NE Eurasia margin and structural evolution of the Kamchatka–Aleutian junction // International Journal of Earth Sciences (Geol. Rundsch). 2006. V. 95. Iss. 6. P. 977–993. <https://doi.org/10.1007/s00531-006-0080-z>
- Chayka I.F., Baykov N.I., Kamenetsky V.S. et al. Volcano–Plutonic Complex of the Tumrok Range (Eastern Kamchatka): An Example of the Ural-Alaskan Type Intrusion and Related Volcanic Series // Minerals. 2023. № 13. P. 126. <https://doi.org/10.3390/min13010126>
- Condie K. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. 2005. V. 79. P. 491–504. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2004.09.014>
- Duggen S., Portnyagin M., Baker J. et al. Drastic shift in lava geochemistry in the volcanic-front to rear-arc region of the Southern Kamchatkan subduction zone: Evidence for the transition from slab surface dehydration to sediment melting // Geochimica et Cosmochimica Acta 2007. V. 71. P. 452–480 <https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.09.018>
- Fitton J.G., Saunders A.D., Norry M.J. et al. Thermal and chemical structure of the Iceland plume // Earth and Planetary Science Letters. 1997. P. 153. P. 197–208. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(97\)00170-2](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(97)00170-2).
- Gaedicke C., Baranov B., Seliverstov N. et al. Structure of an active arc-continent collision area: the Aleutian–Kamchatka junction // Tectonophysics. 2000. V. 325. P. 63–85. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(00\)00131-1](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(00)00131-1)
- Hart S.R. Heterogeneous mantle domains: signatures, genesis and mixing chronologies // Earth Planet. Sci. Lett. 1988. V. 90. P. 273–296. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(88\)90131-8](https://doi.org/10.1016/0012-821X(88)90131-8)

- Hofmann, A.W.* Chemical differentiation of the Earth: The relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1988. V. 90. P. 297–314. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(88\)90132-X](https://doi.org/10.1016/0012-821X(88)90132-X)
- Irvine T.N., Baragar W.R.A.* A guide to the chemical classification on the common volcanic rocks // *Canadian Journal of Earth Sciences.* 1971. V. 8. P. 523–548 <https://doi.org/10.1139/e71-055>.
- Ishizuka O., Kimura J.-I., Li Y.B., Stern R.J. et al.* Early stages in the evolution of Izu–Bonin arc volcanism: New age, chemical, and isotopic constraints // *Earth and Planetary Science Letters.* 2006. V. 250. P. 385–401. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2006.08.007>
- Kutyrev A.V., Kamenetsky V.S., Park J.-W. et al.* Primitive high-K intraoceanic arc magmas of Eastern Kamchatka: Implications for Paleo-Pacific tectonics and magmatism in the Cretaceous // *Earth-Science Reviews.* 2021. V. 220. № 103703. P. 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103703>
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin B.* A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram // *Journal of Petrology.* 1986. V. 27. Iss. 3. P. 745–750. <https://doi.org/10.1093/petrology/27.3.745>
- Miyashiro A.* Volcanic rock series in island arc and active continental margins // *American Journal of Science.* 1974. V. 274. № 4. P. 321–355. <https://doi.org/10.2475/ajs.274.4.321>
- Pearce J.A.* Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries / In: Thorpe R.S. (Ed.), *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks.* 1982. John Wiley and Sons Publ. P. 252–548 <https://doi.org/10.1126/science.218.4570.368>
- Peccerillo A., Taylor S.R.* Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey // *Contributions to Mineralogy and Petrology.* 1976. V. 58. P. 63–81. <https://doi.org/10.1007/BF00384745>
- Portnyagin M., Savelyev D., Hoernle K. et al.* Mid-Cretaceous Hawaiian tholeiites preserved in Kamchatka // *Geology.* 2008. V. 36. № 11. P. 903–906. <https://doi.org/10.1130/G25171A.1>
- Portnyagin M., Duggen S., Hauff F et al.* Geochemistry of the Late Holocene rocks from the Tolbachik volcanic field, Kamchatka: Quantitative modelling of subduction-related open magmatic systems // *Journal of Volcanology and Geothermal Research.* 2015. V. 307. P. 133–155. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.08.015>
- Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts. In: *Magmatism in ocean basin.* Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geol. Soc. Spec. Publ. London. 1989. V. 42. P. 313–345. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
- Tsukanov N. V., Kramer W., Skolotnev S. G. et al.* Ophiolites of the Eastern Peninsulas zone (Eastern Kamchatka): Age, composition, and geodynamic diversity // *The Island Arc.* V. 16. № 3. P. 431–456. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1738.2007.00579.x>
- Workman R.K., Hart S.R.* Major and trace element composition of the depleted MORB mantle (DMM) // *Earth and Planetary Science Letters.* 2005. V. 231. P. 53–72. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.12.005>

ПОЗДНЕМЕЛОВЫЕ-РАННЕПАЛЕОГЕНОВЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ
**LATE CRETACEOUS-EARLY PALEOGENE VOLCANIC ROCKS
OF EASTERN KAMCHATKA
(COMPOSITION AND ISOTOPIC-GEOCHEMICAL HETEROGENEITY)**

N.V. Tsukanov¹, P.I. Fedorov², D.V. Kovalenko³

¹*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, 117997;
e-mail: kambear2011@yandex.ru*

²*Geological Institute RAS, Moscow, Russia, 119017; e-mail: pi_fedorov@mail.ru*

³*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry,
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, 119017*

Received February 7, 2024; revised April 17, 2024; accepted June 25, 2024

New and previously published isotope-geochemical material on the Upper Cretaceous-Lower Paleogene volcanic complexes of the Ozernovskiy-Valaginskiy segment of the Achayvayam-Valaginskiy paleoarc are presented. It is found that composition of rocks composing separate volcanic fields within the Achayvayam-Valagin paleoarc (terrane) is different. On Karaginskiy Island, volcanics of the moderate-potassium calc-alkaline and shoshonite series are widespread. On Ozernaya Peninsula, low-potassium basalts of the tholeiitic series are predominantly developed. The rocks of the Kumroch Ridge include low-potassium basalt-basaltic andesite, medium-potassium calc-alkaline and high-potassium shoshonitic. Volcanic rocks of the Tumrok Ridge are represented by low-potassium picrites and high-potassium trachybasalt-trachyandesites. In the Valaginskiy Ridge, low-potassium tholeiitic, moderate-potassium calc-alkaline and shoshonite-latitude series, as well as picrites and lamproitoids are distinguished. Isotopic (Sr, Nd and Pb) and geochemical composition of the rocks indicate their formation from a depleted mantle source within an ensimatic volcanic arc. It is shown that in the absence of significant differences in the material composition of rocks, regional differences are manifested. It is suggested that large-ion lithophile elements enrichment of volcanics may relate to fluids introduced into the melts during the melting of the supra-subduction mantle wedge. Issues of geodynamics of the region are considered.

Keywords: Kamchatka, volcanism, geochemistry, isotopy, island arc systems, geodynamics.