„А"

ISSN 1816-5524

ВЕСТНИК КРАУНЦ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

БИБЛИОТЕКА
Института вулканологии
и сейсмологии ДВО РАН

2013 № 1
выпуск 21

ВЕСТНИК КАМЧАТСКОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ
«УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»
Серия: НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Журнал основан в декабре 2002 г. Выходит 2 раза в год
г. Петропавловск-Камчатский

ISSN 1816-5524

2013 г. № 1. Выпуск № 21

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА
«ВЕСТНИК КРАУНЦ. НАУКИ О ЗЕМЛЕ»:

главный редактор*: *Н.И. Селиверстов, зам. директора ИВиС ДВО РАН, зав. кафедрой географии, геологии и геофизики КамГУ им. Витуса Беринга, д.г.-м н.;
заместитель главного редактора: И.Ф. Делемень, в.н.с. ИВиС ДВО РАН, доцент КамГУ им. Витуса Беринга, к.г.-м.н.;
ответственный секретарь: В.А. Рашидов, с.н.с. ИВиС ДВО РАН, к.т.н.;
члены редколлегии:
Г.П. Авдейко, зав. лабораторией ИВиС ДВО РАН, профессор КамГУ им. Витуса Беринга, д.г.-м.н.;
А.А. Булычев, зав. кафедрой геофизических методов исследований земной коры МГУ им. М.В. Ломоносова, д.ф.-м.н.;
А.В. Викулин, в.н.с. ИВиС ДВО РАН, д.ф.-м.н.;
Е.П. Дубинин, зав. сектором геодинамики Музея Землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н.;
А.В. Колосков, зав. лабораторией ИВиС ДВО РАН, д.г.-м.н.;
Г.Н. Копылова, зав. лабораторией КФ ГС РАН, доцент КамГУ им. Витуса Беринга, д.г.-м.н.;
В.М. Округин, зав. лабораторией ИВиС ДВО РАН, доцент КамГУ им. Витуса Беринга, к.г.-м.н.;
П.П. Фирстов, зав. лабораторией КФ ГС РАН, д.ф.-м.н.;
В.Н. Чебров, директор КФ ГС РАН, к.т.н.;
Д.А. Исаев, вед. переводчик ИВиС ДВО РАН;
Т.П. Кирсанова, вед. редактор ИВиС ДВО РАН;
И.М. Романова, вед. программист ИВиС ДВО РАН, технический редактор;
О.О. Скильский, программист ИВиС ДВО РАН, технический редактор

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
683006, Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9, тел. (4152) 29-79-15

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средств массовой информации
ПИ № ФС77-47923 от 23 декабря 2011 г.

© Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
© Редакция журнала «Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле»

СОДЕРЖАНИЕ

Современные геологические процессы

О ПРОДОЛЖЕНИИ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ В ФЕВРАЛЕ-МАРТЕ 2013 г.
Савельев Д.П. 7

СИЛЬНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 28.02.2013 г. У ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ С МАГНИТУДОЙ $M_w = 6.8$ ПО ДАННЫМ ОПЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ
Чебров В.Н., Кугаенко Ю.А., Викулина С.А., Дрознина С.Я., Иванова Е.И., Кравченко Н.М., Матвеенко Е.А., Митюшкина С.В., Раевская А.А., Салтыков В.А., Чебров Д.В. 9

ГЛУБОКОЕ ОХОТОМОРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 24.05.2013 г. С МАГНИТУДОЙ $M_w = 8.3$ – СИЛЬНЕЙШЕЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ У БЕРЕГОВ КАМЧАТКИ ЗА ПЕРИОД ДЕТАЛЬНЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ
Чебров В.Н., Кугаенко Ю.А., Викулина С.А., Кравченко Н.М., Матвеенко Е.А., Митюшкина С.В., Раевская А.А., Салтыков В.А., Чебров Д.В., Ландер А.В. 17

Научные статьи

ЭОЦЕНОВЫЙ МАГМАТИЗМ СЕВЕРНОГО СЕГМЕНТА КРОНОЦКОЙ ПАЛЕОДУГИ (п-ов КАМЧАТСКИЙ МЫС, КАМЧАТКА)
Цуканов Н.В. 25

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТА РОССЫПНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ РЕКИ ОЛЬХОВАЯ 1-Я (КАМЧАТСКИЙ МЫС, ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)
Сидоров Е.Г., Сандимирова Е.И., Чубаров В.М., Аникин Л.П., Ибрагимова Э.К., Антонов А.В. 34

О СООТНОШЕНИИ КИРГАНИКСКОГО И КИТИЛЬГИНСКОГО ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КАМЧАТКИ
Федоров П.И., Шанцер А.Е., Флеров Г.Б., Колосков А.В., Ананьев В.В. 44

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РУДАХ ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ОСТАНЦОВОЕ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТКА)
Округин В.М., Шишканова К.О. 53

ПОРАЖЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСТРОВЕ МАТУА (КУРИЛЫ, 2007 г.) ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГАЗОВОЙ ЭМИССИИ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА
Гришин С.Ю. 66

КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНОВ 2.7 И 2.8 (КУРИЛЬСКАЯ ОСТРОВНАЯ ДУГА)
Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Рашидов В.А., Трусов А.А. 77

ПРИРОДА ЗАМКНУТЫХ ДЕПРЕССИЙ НА ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ ОСТРОВА САХАЛИН
Баранов Б.В., Рукавишникова Д.Д., Прокудин В.Г., Джин Я.-К., Дозорова К.А. 86

ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ В ОСАДКАХ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ
Шакиров Р.Б., Сорочинская А.В., Обжиров А.И. 98

ВЫДЕЛЕНИЕ И ОКОНТУРИВАНИЕ ГРАВИТИРУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ СОВРЕМЕННЫМ МЕТОДОМ ПЕРЕСЧЕТА ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ В НИЖНЕЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВО
Арсанукаев З.З. 111

АККРЕЦИОННАЯ ТЕКТОНИКА И ФРАКТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРРЕЙНОВ
Захаров В.С., Вадковский В.Н. 122

ОБ ОДНОМ НЕУЧТЕННОМ ИСТОЧНИКЕ ЭНЕРГИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
Ребецкий Ю.Л. 132

СТРУКТУРА ОПАСНЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА МАЛОМ КАВКАЗЕ (В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНА)
Ализаде Э.К., Тарихазер С.А. 138

Краткие сообщения

О ДЕФОРМАЦИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ПРОРЫВА БОЛЬШОГО ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 1975-1976 гг. НА КАМЧАТКЕ
Магуськин М.А., Титков Н.Н., Демянчук Ю.В. 147

Дискуссии

МЕТОДЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ НА КРИТИЧЕСКОМ РУБЕЖЕ ПРИМЕНИМОСТИ
Короновский Н.В., Наймарк А.А. 152

НЕЛИНЕЙНОСТЬ-ФРАКТАЛЬНОСТЬ ИЛИ РЕИДНОСТЬ-ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТЬ: КАКИЕ КАТЕГОРИИ БЛИЖЕ ГЕОЛОГИИ? (Отзыв на статью Н.В. Короновского, А.А. Наймарка «Методы динамической геологии на критическом рубеже применимости»)
Викулин А.В. 163

Работы молодых ученых

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ РАЙОНА КУЛЬДУРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД, ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ
Потурай В.А. 169

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОСАДКОВ ОХОТСКОГО МОРЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ (ПО ДАННЫМ ФОРАМИНИФЕРОВОГО АНАЛИЗА)
Романова А.В. 183

Страницы истории

ЗЕМНЫЕ ТОКИ ПОРФИРИЯ БАХМЕТЬЕВА (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ УЧЕНОГО)
Блох Ю.И. 195

Совещания

40-Я СЕССИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО СЕМИНАРА «ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГРАВИТАЦИОННЫХ, МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ» ИМЕНИ Д.Г. УСПЕНСКОГО
Блох Ю.И., Михайлов В.О., Рашидов В.А. 203

Юбилеи

К 70-летию Ларисы Ивановны Гонтовой 205
К 60-летию Сергея Николаевича Рычагова 207

Памяти ученых Камчатки

Памяти Елены Георгиевны Лупикиной 208
Памяти Екатерины Алексеевны Кравчуновской 209
Памяти Валерия Игоревича Синицына 210

Научные издания 211

Тематика журнала и правила для авторов 212

УДК 550.4:552.181(532)

О СООТНОШЕНИИ КИРГАНИКСКОГО И КИТИЛЬГИНСКОГО ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КАМЧАТКИ

© 2013 П.И. Федоров[1], А.Е. Шанцер[1], Г.Б. Флеров[2], А.В. Колосков[2], В.В. Ананьев[2]

[1]Геологический институт РАН, Москва, 119017; e-mail: pi_fedorov@mail.ru;
[2]Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Впервые изучен изотопно-геохимический состав позднемеловых – раннепалеогеновых калиевых вулканических пород китильгинской толщи Валагинского хребта Камчатки. Состав минеральных фаз, особенности распределения некогерентных элементов и изотопные отношения Sr и Nd в трахибазальтах толщи показывают их сходство с вулканитами шошонитовой серии кирганикского комплекса Срединного хребта Камчатки. Низкие концентрации тяжелых редкоземельных и высокозарядных литофильных элементов (HFSE) относительно состава MORB, низкие изотопные отношения Sr и высокие Nd предполагают формирование расплавов из источника обедненной мантии. Обогащение пород крупноионными литофильными элементами (LILE) свидетельствует о флюидной мантийной добавке, привнесенной в расплавы в ходе эволюции первичной магмы.

Ключевые слова: вулканизм, геохимия, трахибазальты, поздний мел-палеоцен, Камчатка.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о вещественном сходстве и времени формирования магматических пород кирганикского комплекса Срединного хребта Камчатки и китильгинской толщи в составе валагинской серии Ганальского и Валагинского хребтов Камчатки неоднократно поднимался в литературе (Флеров, Селиверстов, 1999, 2008; Флеров и др., 2001; Шанцер, Челебаева, 2005 и др.). К настоящему времени был собран и проанализирован представительный материал по данным образованиям, позволивший уточнить особенности состава вулканических пород китильгинской толщи и провести изотопно-геохимическое сопоставление их состава.

КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Кирганикский калиевый вулканоплутонический комплекс образован вулканогенно-осадочными породами кирганикской свиты и массивами интрузивных магматических пород, распространение которых прослеживается прерывистой полосой вдоль восточного склона Срединного хребта Камчатки на площади от верховьев реки Кирганик на севере до реки Озерная Камчатка на юге (рис. 1*а*) (Колосков и др. 1999; Флеров, Колосков, 1976; Флеров, Селиверстов, 1999, 2008; Флеров и др., 2001).

Стратифицированная часть комплекса надстраивает вулканогенно-осадочные образования ирунейской свиты позднекампан-маастрихтского возраста (Зинкевич и др., 1994; Шапиро и др., 1986) и образована агломератовыми, псефитовыми, реже псаммитовыми туфами, терригенными и кремнистыми отложениями, субщелочными и щелочными базальтоидами, трахиандезитами и латитами. Интрузивная часть комплекса представлена дунитами, пироксенитами, габбро (ранние магматические фазы), сиенитами и монцонитами (поздние фазы), слагающими полифазовые и простые массивы (Флеров, Колосков, 1976; Флеров, Селиверстов, 2008). Общая мощность вулканогенно-осадочной части разреза оценивается в 600-1200 м; возможно выклинивание вулканогенной части разреза по простиранию. В низах отдельных разрезов кирганикской свиты наблюдаются постепенные переходы вулканогенно-осадочных образований ирунейской свиты к отложениям кирганикской. Возраст кремнисто-терригенных пород кирганикской свиты по радиоляриям оценивается как маастрихт-датский (Зинкевич и др.,

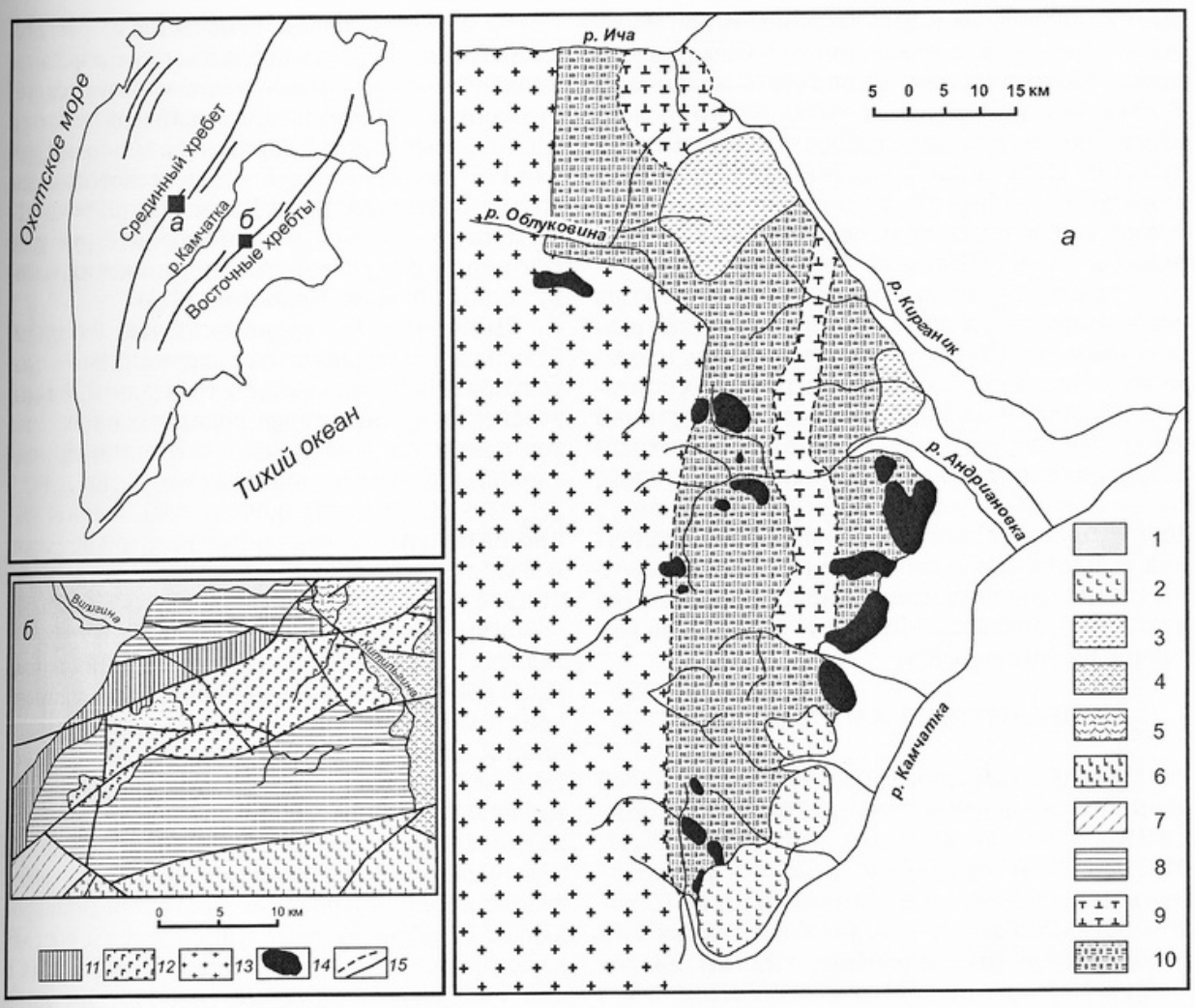

Рис. 1. Схема размещения позднемеловых-палеогеновых калиевых вулканоплутонических комплексов на территории Центральной Камчатки (Карта ..., 1999; Флеров и др., 2001). *1* – четвертичные отложения; *2* – нижнечетвертичные базальты; *3* – неогеновые вулканогенные образования; *4* – миоценовые осадочные и вулканогенно-осадочные отложения кавранской серии; *5* – олигоцен-миоценовые осадочные и вулканогенно-осадочные отложения тюшевской серии; *6* – палеоцен-эоценовые вулканогенные и осадочные образования ветловской свиты; *7* – осадочные отложения вахвинской свиты; *8* – осадочные и вулканогенно-осадочные отложения хапицкой свиты; *9* – поздемеловые-палеогеновые вулканиты кирганикской свиты; *10* – верхнемеловые вулканогенно-осадочные породы ирунейской свиты; *11-12* – китильгинская толща: *11* – осадочные и вулканогенно-осадочные отложения, *12* – вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования; *13* – метаморфизованные породы (гнейсы, кристаллические сланцы) Срединного массива; *14* – массивы интрузивного комплекса; *15* – разрывные нарушения.

1994), а габбро-пироксенитов по K-Ar датировкам – как раннеэоценовый (Флеров, Колосков, 1976; Флеров, Селиверстов, 2008).

Вулканогенно-осадочная **китильгинская** толща выделяется в составе валагинской серии Восточных хребтов Камчатки. На Валагинском хребте породы толщи прослеживаются от среднего течения реки Кавычи, по её безымянным правым притокам, через оз. Сево до левобережья р. Китильгиной. В хребте Кумроч породы толщи распространены западнее гор Острой и Шиш (бассейны рек Ледниковой, Березнячишковой, Озерной) (Государственная ..., 2006). Нами были изучены разрезы китильгинской толщи на левобережье р. Китильгиной (рис. 1*б*). В этом районе китильгинская толща имеет двучленное строение. Нижняя часть разреза, согласно залегающая на позднекампан-палеоценовых туфогенно-кремнистых отложениях голубовской свиты, образована агломератовыми, псефитовыми, псаммитовыми, алевритовыми, пелитовыми туфами базальтового, андезитобазальтового, андезитового состава, базальтами, андезитобазальтами, реже андезитами, крайне редко кремнями, полимиктовыми и вулканомиктовыми песчаниками и алевролитами (Государственная ..., 2006; Шанцер, Челебаева, 2005). Верхняя часть разреза отличается мень-

шим количеством пирокластики. В основном она сложена переслаивающимися базальтами с прослоями и пачками туфов такого же состава. В лавах и агломератовых туфах многочисленные включения габбро, габбро-пироксенитов и дунитов. Интрузивные массивы, образованные дунитами, верлитами, клинопироксенитами и габбро, вероятно, комагматичны вулканогенным породам толщи (Шанцер, Челебаева, 2005).

Стратиграфически китильгинская толща слабо охарактеризована. Из верхних частей разреза в районе г. Шиш (хр. Кумроч) выделены фораминиферы, указывающие на интервал их обитания как даний-зеландий, возможно, частично танет (Государственная ..., 2006). Абсолютный возраст базальтов, определенный K-Ar методом, составляет 68-86 млн. лет (Государственная ..., 2006). Толща согласно перекрывается осадочной тальниковской свитой раннепалеогенового (позднепалеоцен-раннеэоценового (?) (Бахтеев и др., 1994)) возраста. Мощность китильгинской толщи достигает 1300 м.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Определение породообразующих окислов выполнено классическим методом «мокрой» химии в Геологическом институте РАН, Москва. Концентрации редких и редкоземельных элементов анализировалась методом ICP-MS в Институте проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН, г. Черноголовка Московской области и в Геохимическом институте Университета Георга Августа, г. Геттингем, ФРГ, с относительной погрешностью 5-10%.

Измерения изотопного состава Nd и Sr проводились в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) по стандартной методике.

Микрозондовые определения состава минеральных фаз выполнены на микроанализаторе «Camebax» в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Представительные анализы пород китильгинской толщи и кирганикской свиты приведены в табл. 1.

КРАТКАЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Среди вулканитов **кирганикской** свиты выделяются две серии пород: плагиоклазовая субщелочная шошонитовая и бесплагиоклазовая калиевая щелочно-базальтоидная (Федоров, Дубик, 1990; Флеров, Селиверстов, 1999, 2008). Породы обеих серий развиты в пределах одних и тех же площадей и прослеживаются во всем разрезе свиты, однако, в целом, отмечается возрастание калиевой щелочности пород к верхам разреза, где преимущественным развитием пользуются субвулканические образования калиевой щелочной серии. Завершается щелочной базальтовый вулканизм позднемелового - палеогенового этапа развития Центральной Камчатки широкомасштабным калиевым метасоматозом, структурно связанным с жерловинами кирганикских палеовулканов (Флеров, Колосков, 1976).

Шошонитовая серия включает базальты, базальты с повышенным содержанием титана, трахибазальты, трахиандезитобазальты, латиты, эссекситы и дайки порфировидных пироксенитов. Базальтоиды сложены вкрапленниками плагиоклаза, салита и диопсида ($Wo_{44.5-50}En_{35-50}Fs_{4-17}$; K_{mg}=67-93; Cr_2O_3=0-0.60 мас.%), магнетита, иногда биотита и очень редко роговой обманки. В базальтах повышенной титановости встречены также единичные зерна железистых ортопироксенов ($Wo_2En_{59-60}Fs_{38-39}$), а в трахибазальтах – единичные зерна хромшпинелидов (Cr_2O_3=49-51 мас. %). Основная масса сложена лейстами натриевого и калиевого полевого шпата, микролитами клинопироксена, магнетита, зернами хлорита, эпидота, гидробиотита. Латиты отличаются наличием парагенезиса вкрапленников ортоклаза и биотита, а также повышенным содержанием плагиоклаза среди фенокристаллов и полевых шпатов среди микролитов. Порфировидные пироксениты состоят из вкрапленников диопсида, погруженных в диопсид-магнетитовую матрицу, интерстиции которой заполнены альбит-эпидот-хлоритовым агрегатом. В них, как и в трахибазальтах отмечены включения диопсидитов, где в качестве минерала-узника присутствуют гранаты гроссулярового ряда (Флеров, Селиверстов, 1999).

Бесплагиоклазовая калиевая щелочная серия включает потоки абсарокитов, дайки и силлы шонкинитов, лейцит-содержащих анальцимовых шонкинит-порфиров, субвулканические тела эпилейцитовых шонкинитов и силлы ортоклазовых пироксенитов. Абсарокиты сложены вкрапленниками салита ($Wo_{45-48.5}En_{39-47}Fs_{4-19}$; K_{mg}=65-90; Cr_2O_3=0-0.45 мас. %), реже магнетита; основная масса содержит микролиты клинопироксена, ортоклаза, магнетита, реже биотита. Шонкиниты и шонкинит-порфиры по минеральному составу близки абсарокитам, обладают высокой степенью раскристаллизованности, вплоть до полнокристаллических разностей. К последним относятся и эпилейцитовые шонкиниты субвулканических тел, которые, кроме того, содержат эпилейцит в порфировидных выделениях, а также гастингсит. В лейцит-содержащих анальцимовых шонкинит-порфирах фенокристаллы сложены анальцимом (псевдо-

Таблица 1. Представительные анализы калиевых вулканических пород Центральной Камчатки.

Компо-ненты	Толща/свита							
	Китильгинская		Кирганикская					
	10189	10189a	270	279	281	g95-7a	K95-14g	3445
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	41.77	47.32	44.59	53.86	56.89	49.96	47.46	48.70
TiO_2	1.49	1.32	1.94	0.59	0.54	0.69	1.09	0.56
Al_2O_3	15.76	13.41	15.16	18.04	16.30	15.33	11.14	12.99
Fe_2O_3	3.01	3.64	4.19	3.43	3.52	6.55	6.26	5.96
FeO	5.68	4.01	6.00	3.34	4.06	3.62	5.90	5.26
MnO	0.14	0.06	0.17	0.17	0.14	0.14	0.22	0.25
MgO	10.57	9.27	7.65	3.31	4.50	5.12	8.70	5.42
CaO	11.65	9.02	12.74	7.58	6.94	8.76	10.74	10.16
Na_2O	1.85	1.95	1.61	5.25	2.95	2.10	1.71	1.58
K_2O	3.36	3.66	2.06	3.97	3.80	4.80	4.01	6.84
P_2O_5	0.11	0.46	0.49	0.45	0.38	0.50	0.52	0.79
H_2O^-	0.15	0.25	0.43	-	-	0.54		0.22
H_2O^+	2.25	3.37	2.68	-	-	2.12	1.91	1.69
CO_2	-	-	0.50	-	-	-	-	-
П.П.П.	2.34	2.46	-	-	-	-	-	-
Сумма	100.13	100.20	100.21	99.99	100.02	100.23	99.66	100.42
Cr	366.6	395.2	86.4	15.1	28.9	106.0	190.0	45.0
Ni	177.3	224.7	28.4	10.3	21.6	51.0	41.0	16.0
Co	34.1	32.3	34.3	14.8	20.3	30.0	45.0	39.0
Sc	27.0	26.8	51.0	14.1	33.3	37.0	39.0	29.0
V	212.6	208.5	379.7	248.6	276.3	352.0	365.0	-
Li	10.65	10.23	24.54	7.49	12.86	-	-	-
Be	0.86	0.93	0.59	0.89	0.89	-	-	-
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cs	4.51	4.40	0.61	0.48	0.61	1.10	0.70	1.82
Rb	104.79	102.85	38.28	23.28	65.59	81.00	65.00	109.00
Ba	337.73	301.24	822.70	455.16	798.13	1445.00	792.00	1102.00
Sr	355.49	264.95	780.30	1336.68	1356.10	478.00	846.00	730.00
U	0.89	1.08	0.23	0.76	0.45	0.42	0.30	0.66
Th	3.50	4.08	0.67	1.48	0.42	1.00	0.70	1.21
Pb	1.28	1.36	2.99	7.06	5.94			
Ta	0.73	0.76	0.59	0.31	0.15	0.17	0.20	0.15
Nb	10.14	10.81	8.72	5.59	1.91	3.10	2.80	2.20
Hf	2.33	2.48	2.05	2.25	1.40	1.01	1.65	1.52
Zr	72.82	91.77	41.28	60.58	33.64	36.00	42.00	-
Y	22.16	19.69	18.30	14.15	15.41	14.00	20.00	16.00
La	18.25	19.01	5.45	7.75	3.32	4.97	4.60	7.20
Ce	45.84	45.87	14.39	16.69	7.69	9.90	12.40	16.30
Pr	6.05	5.91	2.14	2.34	1.10	1.33	2.00	2.50
Nd	29.09	27.03	11.41	10.81	5.71	6.62	10.30	12.00
Sm	6.54	5.91	3.47	2.82	1.77	2.53	3.30	3.43
Eu	1.94	1.64	1.17	0.91	0.64	1.00	1.10	1.20
Gd	6.26	5.60	3.95	2.80	2.37	2.22	3.60	3.50
Tb	0.88	0.79	0.61	0.45	0.39	0.37	0.69	0.63
Dy	4.73	4.27	3.62	2.68	2.61	2.20	3.95	3.40
Ho	0.89	0.80	0.71	0.54	0.55	0.46	0.80	0.60
Er	2.42	2.23	1.99	1.64	1.69	1.38	2.40	1.70
Tm	0.33	0.31	0.26	0.24	0.24	0.21	0.37	0.20
Yb	2.17	2.00	1.70	1.67	1.66	1.35	2.15	1.70
Lu	0.30	0.29	0.23	0.24	0.25	0.20	0.32	1.30

Примечание: 1-6 – шошонитовая серия: 1-4, 6 – трахибазальты, 5 – латит, 7-8 – калиевая щелочная серия, шонкиниты. 6-8 – из (Флеров и др., 2001). Оксиды даны в мас. %, редкие элементы – в ppm.

морфоза по лейциту), салитом, магнетитом и диопсидом. В пироксенах обнаружены включения лейцита, а также поликомпонентные расплавные и газово-расплавные включения высококалиевого состава. Основная масса породы скрытокристаллическая и представлена девитрифицированным стеклом, в которое заключены многочисленные розеточки анальцима, микролиты клинопироксена, магнетита, калиевого полевого шпата, биотита (Флеров, Селиверстов, 1999). Ортоклазовый пироксенит содержит клинопироксен (85-90 об. %), магнетит. Интерстиции выполнены агрегатом ортоклаза, биотита, магнетита. Во всех типах пород присутствует акцессорный хлорапатит.

Исследованные нами трахибазальты китильгинской толщи, – порфировые, миндалекаменные породы, содержащие большое количество ксенолитов габбро-пироксенитов. Вкрапленники (25-35%) представлены диопсидом и салитом, сходными по составу базальтам кирганикского комплекса ($Wo_{44.3-49.1}En_{43.8-46.2}Fs_{5.4-14}$; K_{mg}=69-89; Cr_2O_3=0.07-0.68 мас. %), плагиоклазом (An_{73-56}), магнетитом, редко роговой обманкой. Основная масса состоит из лейст и микролитов плагиоклаза (An_{4-24}), клинопироксена ($Wo_{29-45}En_{44.5-49}Fs_{13-16}$), калиевого полевого шпата и биотита. Трахибазальты частично изменены. По основной массе развиваются хлорит, эпидот, альбит, андрадит, редко актинолит.

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОРОД

Породы вулканогенной части кирганикского комплекса, относящиеся как шошонитовой, так и к калиевой щелочной серий, образуют непрерывные ряды соответственно от базальтов (абсарокитов) до трахиандезитов, латитов (шонкинитов) (табл. 1) (Флеров, Селиверстов, 1999, 2008; Флеров и др., 2001). На диаграмме (Na_2O+K_2O) - SiO_2 вулканиты располагаются в области субщелочных пород (рис. 2*а*), а на диаграмме K_2O - SiO_2 – практически полностью в поле составов шошонитовой серии (рис. 2*б*). Отношение K_2O/Na_2O в лавах шошонитовой серии изменяется от 0.7-0.8 до 2.5, а в породах калиевой щелочной серии достигает 5. Породы обеих серий отличаются низкими содержаниями титана. Исключение составляет группа базальтов

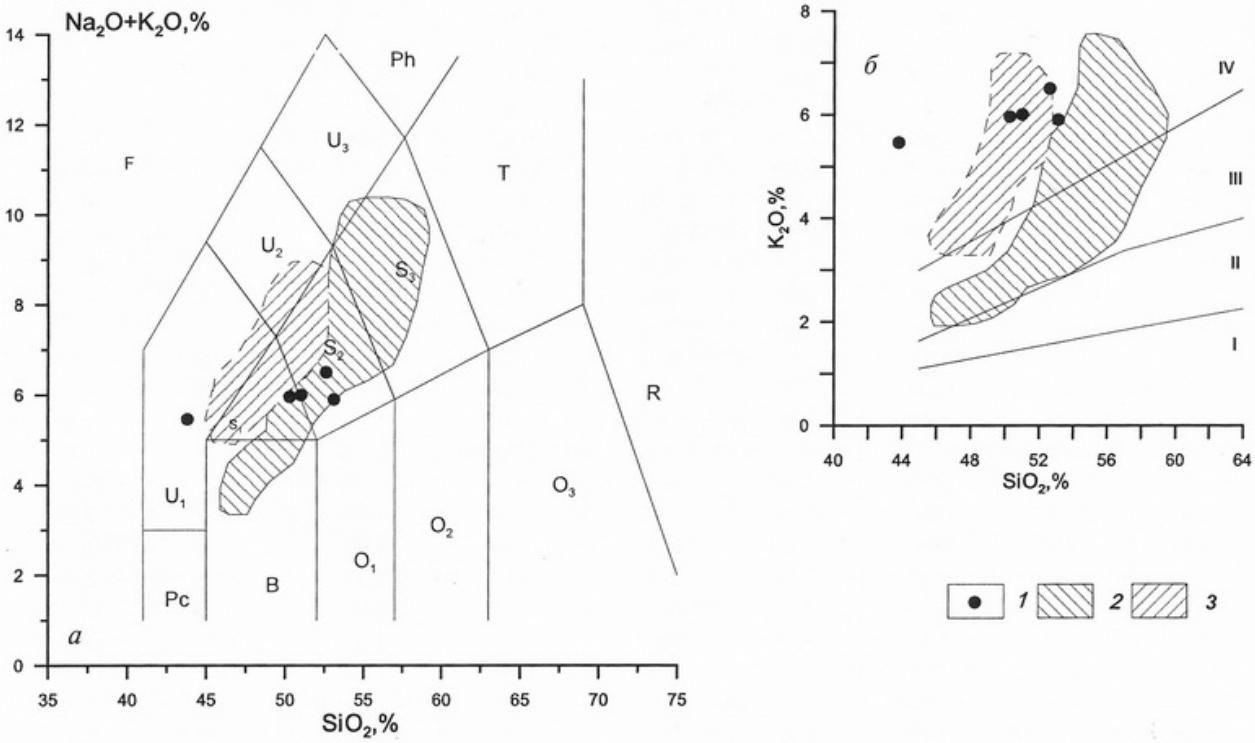

Рис. 2. TAS (*а*) и SiO_2-K_2O (*б*) диаграммы для позднемеловых-палеогеновых калиевых пород Центральной Камчатки: *1* – трахибазальты китильгинской толщи Валагинского хребта; *2-3* – кирганикская свита Срединного хребта (Флеров и др., 2001, 2008 и наст. работа): *2* – трахибазальты шошонитовой серии, *3* – шонкиниты калиевой щелочной серии. TAS диаграмма (Le Bas et al., 1986). F – фоидиты, Pc – пикритобазальты, B – базальты, O_1 – андезитобазальты, O_2 – андезиты, O_3 – дациты, R – риолиты, S_1 – трахибазальты, S_2 – трахиандезитобазальты, S_3 – трахиандезиты, T – трахиты и трахидациты, U_1 – базаниты и тефриты, U_2 – фонотефриты, U_3 – тефрифонолиты, Ph – фонолиты. SiO_2-K_2O. Разделительные линии по (Peccerillo, Taylor, 1976). Вулканические серии: I – известково-щелочная, II – высококалиевая известково-щелочная, III – шошонитовая, IV – калиевая.

повышенной титановости, содержание TiO_2 в которых достигает 1.6-1.7 мас. %. Учитывая, что клинопироксены в них также характеризуются повышенным содержанием титана, предполагается (Флеров, Селиверстов, 1999), что исходные для данных пород расплавы изначально могли быть обогащены этим элементом.

Трахибазальты китильгинской толщи, принадлежащие шошонитовой серии, близки по петрохимическим характеристикам аналогичным породам кирганикской свиты. Породы характеризуются высокими K_2O/Na_2O (1.8-1.9) отношениями, повышенными содержаниями TiO_2 (1.3-1.5 мас. %), сближающими их с титанистыми базальтами (Флеров и др., 2001) кирганикской серии.

Сходство и различие пород шошонитовой серии китильгинской толщи и кирганикской свиты наглядно демонстрируют спайдерграммы (рис. 3*а*, *б*), построенные по значениям содержаний некогерентных элементов, нормированных к хондриту (рис. 3*а*) (Pallister, Knight, 1981) и примитивной мантии (рис. 3*б*) (Sun, McDonough, 1989). Трахибазальты характеризуются умеренным обогащением легкими лантаноидами и низкими, по сравнению с MORB, нормированными концентрациями тяжелых редкоземельных элементов и иттрия (рис. 3*а*). Отмечается увеличение La_n/Sm_n и La_n/Yb_n отношений от кирганикских трахибазальтов к китильгинским (от 1.1-1.6 и 1.8-3.9 до 1.7-2.0 и 5.7-6.5, соответственно).

«Пилообразное» распределение несовместимых элементов на спайдерграмме (рис. 3*б*), а именно положительные аномалии крупноионных элементов (LILE) и отрицательные высокозарядных литофильных элементов (HFSE), резкий Nb-Ta минимум, указывают, с одной стороны, на определенное сходство состава кирганикских и китильгинских трахибазальтов, с другой – обычно рассматривается как присутствие субдукционной компоненты в составе источника. Вместе с тем, абсолютные концентрации HFSE, Ba, Th, U, как и La_n/Yb_n отношения в породах китильгинской толщи и кирганикской свиты существенно ниже, чем в типичных надсубдукционных шошонитах, указывая на их сходство с калиевыми вулканитами ранних стадий интрадугового рифтогенеза (Gill, Whelan, 1989).

Сходство и различия в составе трахибазальтов китильгинской толщи и кирганикской свиты

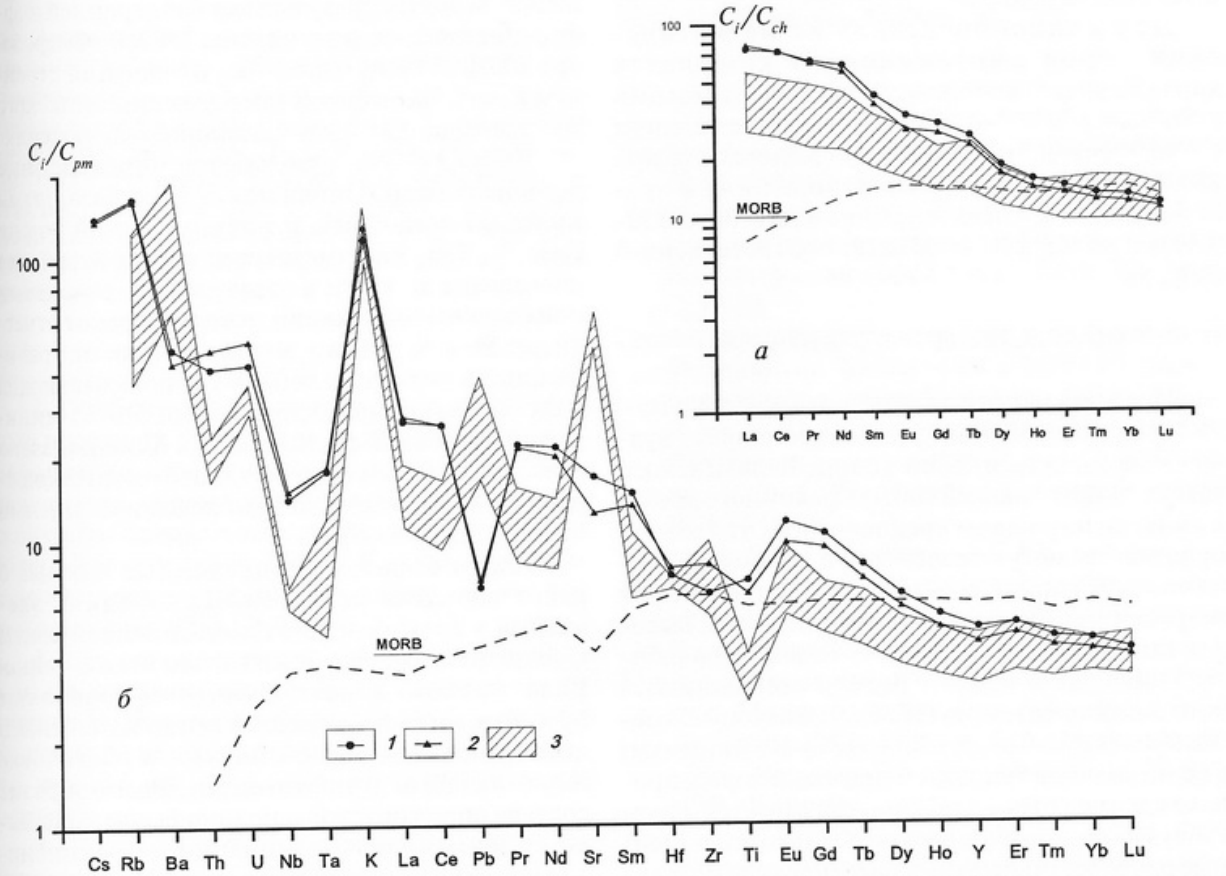

Рис. 3. Распределение редкоземельных (*а*) и редких (*б*) элементов в позднемеловых-палеогеновых калиевых породах Центральной Камчатки: *1-2* – трахибазальты китильгинской толщи Валагинского хребта: *1* – обр. 10189, *2* – обр. 10189а; *3* – трахибазальты кирганикской свиты Срединного хребта (Флеров и др., 2001 и наст. работа). Содержания некогерентных элементов в породах нормированы по примитивной мантии (pm) (Sun, McDonough, 1989) и хондриту (ch) (Pallistern, Knight, 1981), состав MORB по (Sun, McDonough, 1989).

Таблица 2. Межэлементные отношения в позднемеловых-раннепалеогеновых калиевых вулканических породах Срединного и Валагинского хребтов Камчатки.

	1	2	3	4	5	6
$(La/Sm)_n$	1.7-2.0	0.9-2.1	0.9-1.6	0.5	4.1	1.8
$(La/Yb)_n$	5.7-6.5	1.4-4.0	1.5-3.8	0.36	10.50	3.60
Ba/La	15.8-18.5	50-330	100-250	2.9	20.2	32.4
Th/U	3.8-4.0	0.95-3.0	0.9-2.9	2.46	3.80	6.00
Ba/Zr	3.2-4.7	4.0-40	9.1-20	0.11	3.25	3.80
Dy/Yb	2.1-2.2	1.5-2.1	1.8-2.0	1.38	1.95	2.01
Th/Yb	1.6-2.1	0.25-0.91	0.3-0.8	0.021	5.250	0.800
Zr/Y	3.3-4.7	2.2-6.2	2.1-4.3	1.5	9.2	6.9
Nb/Zr	0.12-0.14	0.02-0.2	0.02-0.07	0.029	0.062	0.060
Ta/Yb	0.336-0.379	0.05-0.75	0.04-0.275	0.026	0.450	0.400

Примечание: 1 – трахибазальты китильгинской толщи; 2-3 – кирганикская свита: 2 – трахибазальты шошонитовой серии, 3 – абсарокиты и шонкиниты калиевой щелочной серии; 4 – средний состав деплетированного мантийного источника (Workman, Hart, 2005); 5-6 – средний состав коры (Rudnick, Gao, 2003): 5 – верхней, 6 – нижней.

отчетливо проявляются при анализе межэлементных отношений (табл. 2). Так, трахибазальты китильгинской толщи имеют более высокие Th/U, Dy/Yb, Th/Yb (рис. 4) отношения, более низкие Ba/La и Ba/Zr при близости Zr/Y, Nb/Zr и Ta/Yb отношений.

Для клинопироксенов из магматических пород кирганикского комплекса характерны низкие отношения стронция ($^{87}Sr/^{86}Sr$=0.703271-0.703512) и высокие неодима ($^{143}Nd/^{144}Nd$=0.51285-0.51303) (Колосков и др., 2001), при сопоставимых отношениях в трахибазальтах китильгинской толщи (0.703159-0.303190 и 0.512795-0.512828, соответственно) (рис. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Представленные в статье материалы по геологии позднемеловых-раннепалеогеновых вулканитов китильгинской толщи Валагинского хребта и кирганикской свиты Срединного хребта Камчатки позволяют предположить, что все эти проявления могут относиться к одному формационному типу. Особенности распределения петрогенных (пониженная титанистость, высокая глиноземистость) и редких элементов (обогащение LILE и легкими редкоземельными элементами относительно HFSE и тяжелых редкоземельных элементов, отчетливые Ta-Nb минимум) в калиевых базальтоидах – признаки пород, происхождение которых обычно связывается с надсубдукционной обстановкой. Однако, проведенные ранее детальные минералогические и геохимические исследования вулканитов кирганикского комплекса (Колосков и др., 1999; Флеров, Колосков, 1976; Флеров и др., 2001) дают основание рассматривать эти породы как индикаторы не субдукционного, а рифтогенного режима, отделяя их от надсубдукционных шошонитов. Пониженные концентрации тяжелых лантаноидов, Y и HFSE по сравнению с составом MORB, предполагают обедненный источник, являющейся, вероятно, результатом более ранней дифференциации источника типа MORB (Флеров и др., 2001). Низкие изотопные отношения стронция и высокие неодима в породах кирганикского комплекса не противоречат данному заключению.

Вместе с тем, отмечаются определенные региональные различия между трахибазальтами кирганикской свиты и китильгинской толщи (рис. 3). Так, китильгинские вулканиты более обогащены легкими и средними лантаноидами при сходном содержании тяжелых, имеют отчетливые Pb и Sr минимумы (в отличие от трахибазальтов кирганикской свиты, показывающих максимумы), менее выраженный Ta-Nb минимум. Трахибазальты толщи, как было показано выше, характеризуются сопоставимыми с шошонитами кирганикского комплекса изотопными отношениями Sr и Nd.

Таким образом, приведенные данные о распределении петрогенных и редких элементов в трахибазальтах кирганикской свиты Срединного хребта и китильгинской толщи Валагинского хребта Камчатки позволяют предположить их происхождение из близкого источника обедненной мантии в обстановке начинающегося рифтогенеза. Разнообразие состава пород обусловлено процессом кристаллизационной дифференциации с фракционированием клинопироксена, привносом калия в расплавы потоками трансмагматических флюидов, а также смешением расплавов, являющихся производными субщелочной и щелочной магм (Флеров и др., 2001).

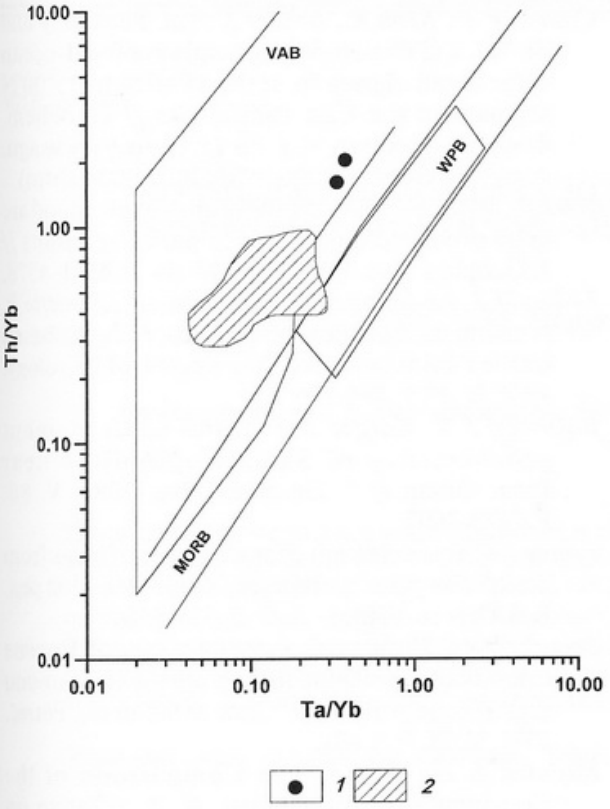

Рис. 4. Положение составов трахибазальтов на диаграмме Th/Yb – Ta/Yb: *1* – трахибазальты китильгинской толщи Валагинского хребта; *2* – трахибазальты кирганикской свиты Срединного хребта (Флеров и др., 2001 и настоящая работа). Поля базальтов различных геодинамических обстановок (Pearce, 1982): MORB – базальтов срединно-океанических хребтов; WPB – внутриплитных структур; VAB – островных дуг и активноконтинентальных окраин.

ВЫВОДЫ

1. Особенности распределения петрогенных и редких элементов, а также их межэлементные отношения в позднемеловых-раннепалеогеновых трахибазальтах кирганикской свиты Срединного хребта и китильгинской толщи Валагинского хребта Камчатки указывают на их формирование из близкого по составу источника первичной магмы.

2. Низкие концентрации тяжелых редкоземельных элементов и HFSE относительно состава MORB, низкие изотопные отношения Sr и высокие Nd предполагают формирование расплавов из источника обедненной мантии.

3. Обогащение пород легкими редкоземельными элементами и LILE свидетельствует о флюидной мантийной добавке, привнесенной в расплавы в ходе эволюции первичной магмы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 11-05-00163

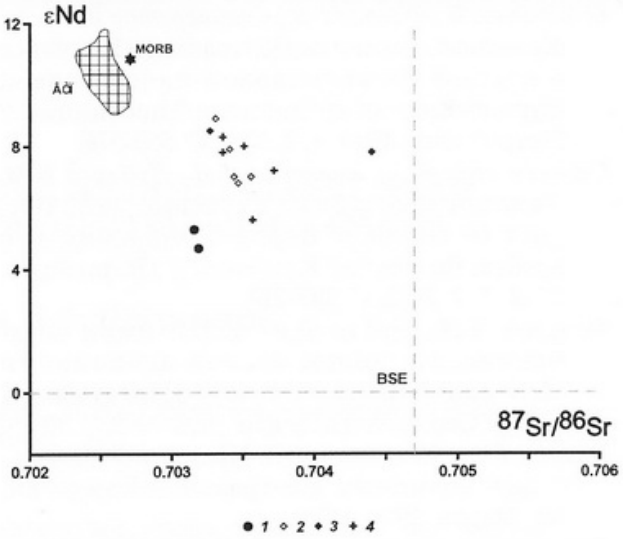

Рис. 5. Соотношение $^{87}Sr/^{86}Sr$ и εNd в магматических образованиях Центральной Камчатки: *1* – трахибазальты китильгинской толщи Валагинского хребта; *2-4* – кирганикский комплекс Срединного хребта (Колосков и др., 2001): *2-3* – клинопироксены: *2* – из вулканитов шошонитовой серии, *3* – из вулканитов калиевой щелочной серии; *4* – интрузивная ассоциация. BSE – валовый состав Земли, ВТП – Восточно-Тихоокеанское поднятие по (Castillo et al., 2000), MORB по (Sun, McDonough, 1989).

Список литературы

Бахтеев М.К., Беньямовский В.Н., Брагин Н.Ю. Новые данные по стратиграфии мезозоя–кайнозоя Восточной Камчатки (Валагинский хребет) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1994. Т.2. № 6. С. 77-84.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новое поколение). Серия Корякско-Камчатская. Лист N-57-Петропавловск-Камчатский. Объяснительная записка. Ред-ры: Б.И. Сляднев и др. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ. 2006. 376 с.

Зинкевич В.П., Колодяжный С.Ю., Брагина Л.Г. и др. // Тектоника восточного обрамления метаморфид Срединного хребта Камчатки // Геотектоника. 1994. № 1. С. 81-96.

Карта полезных ископаемых Камчатской области. Масштаб 1:500000. Глав. ред.: А.Ф. Литвтнов, М.Г. Патока, Б.А. Марковский. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ. 1999. 19 листов.

Колосков А.В., Флеров Г.Б., Голубев В.Н. Изотопный состав Sr и Nd клинопироксенов из позднемеловых-палеогеновых щелочных магматических пород Центральной Камчатки (первые данные) // ДАН. 2001. Т. 176. № 1. С. 85-88.

Колосков А.В., Флеров Г.Б., Селиверстов В.А. и др. Калиевые вулканиты Центральной Камчатки в составе верхнемеловой-палеогеновой Курило-Камчатской щелочной провинции // Петрология. 1999. Т. 7. № 5. С. 559-576.

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.

Федоров П.И., Дубик Ф.Ю. К геохимии позднемеловой шошонитовой ассоциации Центральной Камчатки // Известия АН СССР. Сер. геологическая. 1990. № 3. С. 30-39.

Флеров Г.Б., Колосков А.В. Щелочной базальтовый магматизм Центральной Камчатки. М.: Наука, 1976. 147 с.

Флеров Г.Б., Селиверстов В.А. Минералогия и петрология позднемеловых-палеогеновых вулканитов Центральной Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1999. № 6. С. 3-21.

Флеров Г.Б., Селиверстов В.А. Мел-палеогеновый магматизм Срединного хребта Камчатки: проблема источников магм // Вулканология и сейсмология, 2008. № 2. С. 1-14.

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. 185-203.

Шанцер А.Е., Челебаева А.И. Поздний мел Центральной Камчатки. М.: ГЕОС, 2005. 116 с.

Шапиро М.Н., Разницын Ю.Н., Шанцер А.Е. и др. Структура северо-восточного обрамления массива метаморфических пород Срединного хребта Камчатки // Очерки по геологии Востока СССР. М.: Наука, 1986. С. 5-21.

Castillo P.R., Klein E., Bender J. et al. Petrology and Sr, Nd, and Pb isotope geochemistry of mid-ocean ridge basalt glasses from the 11°45'N to 15°00'N segment of the East Pacific rise // Geochem. Geophys. Geosyst. V. 1. № 11. (http://www.agu.org/pubs/crossref/2000/1999GC000024.shtm)

Gill J.B., Whelan P. Early rifting of an oceanic island arc (Fiji) produced shoshonitic to tholeiitic basalts // J. Geophys. Res. 1989. V. 94. № B4. P. 4561-4578.

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 // J. of Petrology. 1986. V. 27. P. 745-750.

Pallister J.S. Knight R.J. Rare-earth element geochemistry of Samail ophiolites near Ibru, Oman // J. Geophys. Res. 1981. V. 86. P. 2673-2697.

Pearce J.A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries / Andesites. Под ред. R.S.Thorpe. Willey, 1982. P. 525-548.

Peccerillo A., Taylor S.R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Norhern Turkey // Contrib. Mineral. Petrol. 1976. V. 58. P. 63-81.

Rudnick R.L., Gao S. The Composition of the Continental Crust / Crust. V. 3. Treatise on Geochemistry. Под ред. Ed. R.L. Rudnick. Elsevier-Pergamon, Oxford. 2003. P. 1-64.

Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts // Magmatism in ocean basin / Под ред. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geological Society, Special Publications. 1989. V. 42. P. 313-345.

Workman R.K., Hart S.R. Major and trace element composition of the depleted MORB mantle (DMM) // Earth and Planet. Sci. Lett. 2005. V. 231. P. 53-72.

RELATIONS BETWEEN THE KIRGANIK AND KITILGIN HIGH-POTASSIUM VOLCANOPLUTONIC COMPLEXES IN KAMCHATKA

P.I. Fedorov[1], A.E. Shantser[1], G.B. Flerov[2], A.V. Koloskov[2], V.V. Ananiev[2]

[1]Geological Institute of RAS, Moscow, 119017; e-mail: pi_fedorov@mail.ru;
[2]Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006

The article presents the first study of isotopic and geochemical composition of Late Cretaceous - Early Paleogene kitilgin high-potassium volcanic rocks from the Valaginsky Range, Kamchatka. Mineralogic and chemistry composition as well as radiogenic isotope ratios of rocks show that they are similar to kirganik shoshonites from the Sredinny Range, Kamchatka. Low HFSE composition respectively to MORB composition, low $^{87}Sr/^{86}Sr$ and high $^{143}Nd/^{144}Nd$ suggest that melts were formed from MORB-like mantle. Rocks enriched with LILE give evidence for fluid mantle admix caused by initial magma evolution.

Keywords: volcanism, geochemistry, trachybasalt, Late Cretaceous-Palaeocene, Kamchatka.