



Материалы
Всероссийской
конференции
с международным
участием

Петрология магматических и метаморфических комплексов

Выпуск 9



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Петрология магматических и метаморфических комплексов

Выпуск 9

Материалы IX Всероссийской конференции
с международным участием

28 ноября – 2 декабря 2017 года

Томск 2017

УДК 551.24
ББК 26.303

Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 9. Материалы IX Всероссийской петрографической конференции с международным участием. – Томск: Изд-во Томского ЦНТИ. 2017. – 475 с.

В сборнике представлены материалы 9-й научной конференции по проблемам генезиса, моделирования условий формирования, структурной организации и минерагении магматических и метаморфических комплексов. Рассмотрены вопросы их геохронологической корреляции и формационной типизации.

Для специалистов в области петрографии, геологической съемки и прогноза месторождений полезных ископаемых.

Редакционная коллегия: Эрнст Р.Э., Кузьмин М.И., Врублевский В.В., Гуттиерез-Алонсо Г., Крук Н.Н., Цыганков А.А., Тишин П.А., Гертнер И.Ф., Краснова Т.С., Владимиров А.Г., Вологодина И.В., Чернышов А.И.

Технические редакторы – Гертнер И.Ф., Дугарова Н.А.

Оригинал-макет – А. Бакшаева

Кафедра петрографии Томского государственного университета

Petrology of magmatic and metamorphic complexes. Issue 9 Proceeding of science meeting. – Tomsk: Tomsk CSTI Publishing house. 2017. – 475 p.

The collection includes reports from the 9th science meeting according petrology of magmatic a metamorphic rocks and their metallogeny and structural construction. Questions of their correlation and formation type are discussed.

The book is interesting for specialists in the field of petrography and geological survey and proposal of ore deposits.

Scientific editors: R.E. Ernst, M.I. Kus'min, V.V. Vrublevskii, G. Gutierrez-Alonso, N.N. Kruk, A.A. Tsygankov, P.A. Tishin, I.F. Gertner, T.S. Krasnova, A.G. Vladimirov, I.V. Vologdina, A.I. Chernyshov.

Technical editors – I.F. Gertner, N.A. Dugarova.

Original design – A. Bakshaeva

Petrography department of Tomsk State University

ISBN 978-5-89702-432-2

ВУЛКАНИЗМ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ В НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНОЕ ВРЕМЯ

Волынец А.О.¹, Певзнер М.М.², Толстых М.Л.³, Бабанский А.Д.⁴

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: a.volynets@gmail.com

² Геологический институт РАН, Москва

³ Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

⁴ ИГЕМ РАН, Москва

NEOGENE-QUATERNARY VOLCANISM OF THE SOUTHERN PART OF SREDINNY RANGE, KAMCHATKA

Anna Volynets¹, Maria Pevzner², Maria Tolstykh³, Andrey Babansky⁴

¹ Institute of volcanology and seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

² Geological Institute RAS, Moscow, Russia

³ Vernadsky Geochemical Institute RAS, Moscow, Russia

⁴ IGEM RAS, Moscow, Russia

Sredinny Range of Kamchatka (SR), the largest volcano-tectonic structure of the peninsula, is composed by the old (Cretaceous-Paleogene) metamorphic massif and the volcanic belt, built in Neogene-Quaternary times. According to its structure and geomorphology, the SR volcanic belt can be divided to the northern and southern parts. SR_N (northern part of SR) is a narrow range stretching from Alney volcanic massif to the NE (to Tobeltzen cone or even further); it is composed by Miocene-Quaternary volcanic rocks. Neogene plateau-effusives of the SR_N are characterized by strong depletion of all HFSE and high Ba/Nb (and other fluid-mobile/immobile element ratios), which is typical for the arc front rocks. Quaternary rocks in SR_N have increased K, HFSE contents and low Ba/Nb ratios (Volynets et al., 2010). Due to the combination of island-arc and intraplate geochemical signatures in these rocks, we call rocks of this type hybrid.

Completely different picture we observe in the southern part of SR (SR_S). It has more complicated structure with two principal elements: (1) "eastern" flank, or main watershed (Bystrinsky and Kozyrevsky Ridges), which is the southern continuation of SR_N; and (2) "western" flank, that has NNE strike; it begins around Sredinny metamorphic massif and continues to the N and NE. "Western" flank is marked by the large stratovolcanoes: Khangar, Ichinsky, Kekuknaysky, Bolshaya Ketepana, composed by Pliocene-Quaternary rocks; they have long history of eruptive activity (Churikova et al., 2001; Koloskov et al., 2011; Pevzner et al., 2017; Volynets et al., 2017). Volcanic rocks of these centers (including basement rocks) have hybrid-type characteristics, similar to the Quaternary volcanic rocks of SR_N (Volynets et al., 2010): increased Ti, Zr, Nb, Ta content, low Ba/Nb, U/Nb, K/Ta, etc. Plateau effusives of Urtinaya mt. (the southernmost part of SR_S) erupted 6 Ma ago, and volcanic rocks of the initial stage of activity of Khangar volcano (7 Ma) (Pevzner et al., 2017) also have hybrid-type signature. Practically all volcanic rocks, erupted within the "eastern" flank of SR_S (main watershed: Bystrinsky and Kozyrevsky ridges, Anaun monogenetic lava field) have low Ti and HFSE contents. Typical island-arc rocks were erupted 8-6 Ma ago in Kostina mt. area (plateau basalts). Their geochemistry is identical to the N₁₋₂ plateau of the SR_N; we observe similar characteristics in volcanic rocks in the basement of Akhtang volcano area (al well presumably of Late Neogene age). Younger rocks of the "eastern" flank have slightly increased HFSE contents, similar to the rocks of Alney-Chashakondja massif (Volynets et al., 2010) and some of the rocks from Ichinsky volcano (Churikova et al., 2001). Uksichan volcanic massif (situated between the eastern and western flanks) is characterized by increased alkalis' content, but its geochemical characteristics are closer to the "eastern" flank rocks.

Shapiro and Lander (2003) and Legler (1977) supposed that in Neogene SR was a frontal part of the subduction zone, which was closed due to the successive accretion of the eastern peninsulas (Shipunsky ~ 7 Ma, Kronotsky ~ 5 Ma and Kamchatsky ~ 2 Ma). Our observations (i.e. existence of the typical island-arc rocks along the main watershed of SR in Miocene-Pliocene) strongly support this hypothesis. Isotopic ages received for the plateau effusives exposed along the SR from Kostina mt. to Ozernaya river latitude confirm gradual termination of Miocene subduction from 8-6 Ma in the southern part of SR to 3 Ma in the northern part (Pevzner et al., 2009; Volynets et al., 2010). Absence of the typical island-arc rocks in the "western" part of SR might be caused by the different geodynamic conditions (higher depths of magma generation, different composition of the mantle source) and later time of formation of this zone compared to the plateau effusives of the SR main watershed.

Financial support by RFBR grant #17-05-00112.

Срединный хребет Камчатки (СХ) – крупнейшая вулканотектоническая структура п-ва Камчатка – состоит из древнего (мел-палеоген) метаморфического массива и вулканического пояса, сформировавшегося в неоген-четвертичное (N-Q) время. В строении вулканической зоны СХ геоморфологически можно выделить две части: северную (СЧ) и южную (ЮЧ) (рис. 1). Северная часть СХ представляет собой узкий хребет СВ простирания. Южная часть имеет значительно более сложную структуру. В ее пределах можно выделить два элемента: (1) «восточную» ветвь СВ простирания (главный водораздел, представленный Козыревским и

Быстринским хребтами), которая является структурным продолжением СЧ хребта; и (2) «западную» ветвь, ССВ простирания, которая веерообразно расходится от Срединного метаморфического массива к В-СВ и трассируется крупными вулканическими массивами – Хангар, Ичинский, Кекукнайский, Кетепана. Между «восточной» и «западной» ветвями расположены вулканические массивы Уксичан и Большой Чекчебонай, которые, возможно, маркируют промежуточную «центральную» ветвь ЮЧ СХ.

Ранее нами был изучен участок СЧ хребта от вулкана Алней-Чашаконджа до конуса Тобельцен. Установлено, что

в СЧ хребта для пород миоцен-плиоценового возраста, представленных платоэффузивами (далее плато), характерно типично-островодужное распределение микроэлементов: низкие концентрации HFSE и высокие отношения Ba/Nb, K/Ta, U/Nb, Th/Ta. Породы четвертичного возраста севера СХ на всех дискриминационных диаграммах образуют отдельные поля, лишь отчасти пересекающиеся с полями N плато; для них характерны повышенные содержания калия, HFSE и не-

высокие отношения Ba/Nb, K/Ta, U/Nb, Th/Ta (Volynets et al., 2010). Эти породы мы называем породами гибридного типа из-за сочетания в них геохимических признаков островодужного и внутриплитного происхождения.

Южная часть СХ до недавнего времени оставалась сравнительно малоизученной. В результате многолетних исследований нам удалось собрать представительную коллекцию вулканических пород ЮЧ СХ (рис. 1).

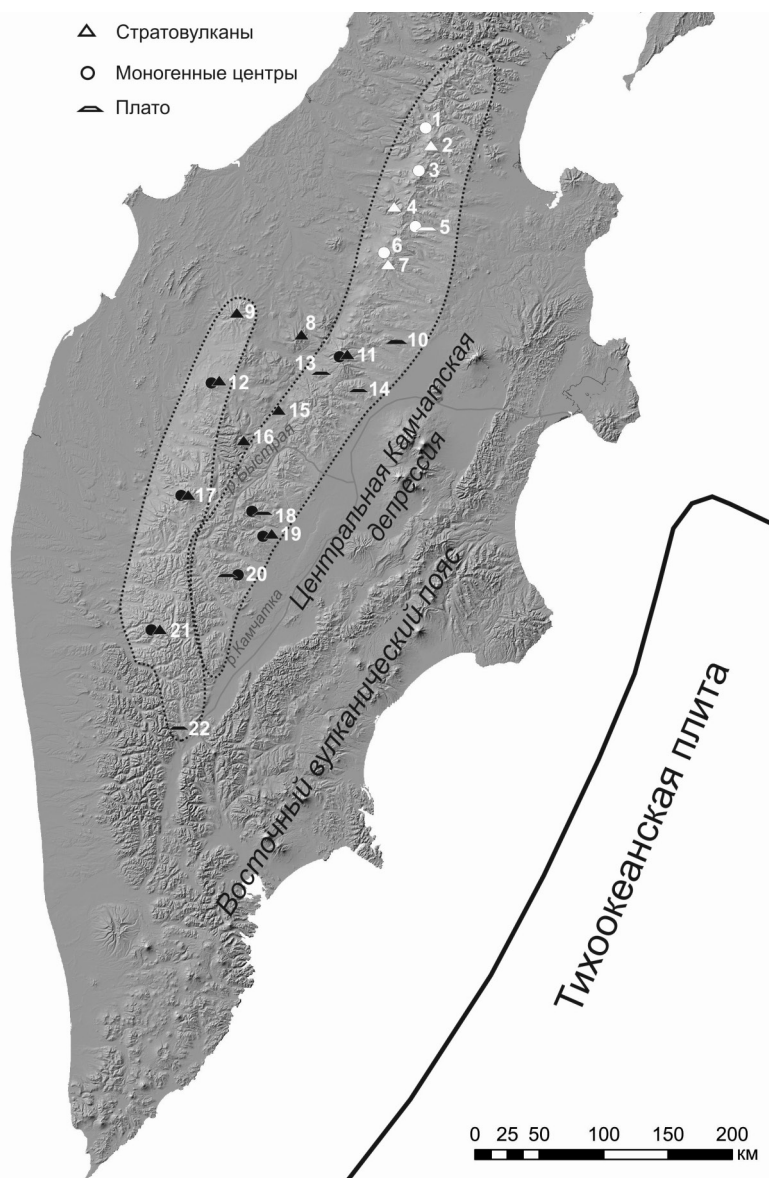


Рис. 1. Карта-схема Срединного хребта Камчатки с местоположением объектов изучения. Цифрами обозначены: 1) конус Тобельцен; 2) вулк. Спокойный; 3) конус Нильгимелкин; 4) вулк. Теклетунуп; 5) Плато р. Правая и Левая Озерная, Озерновское поле моногенного вулканизма; 6) вулк. Титила и Седанкинское поле моногенного вулканизма; 7) вулк. Горного института; 8) вулк. Большой Чекчебонай; 9) вулк. Б. Кетепана; 10) плато Двухюрточное; 11) массив Алней-Чаиаконджа; 12) вулк. Кекукнайский и поле моногенного вулканизма; 13) Быстринский хребет; 14) хребет Крюки; 15) вулк. Анаун; 16) вулк. Уксичан; 17) вулк. Ичинский и поле моногенного вулканизма; 18) плато и моногенные конуса в р-не г. Козыревка; 19) вулк. Ахтанг и поле моногенного вулканизма; 20) р. Ага и г. Костина; 21) вулк. Хангар; 22) г. Юртиная. Черными символами обозначены объекты исследования настоящего проекта, расположенные в южной части СХ, белыми – вулканические аппараты северной части СХ (Volynets et al., 2010). Пунктиром показано условное деление Срединного хребта на две ветви: «главную» СВ простирающуюся и «западную» ССВ простирающуюся.

Крупные вулканические массивы, расположенные в «западной» ветви – Хангар, Ичинский, Кекукнайский – характеризуются продолжительной историей эруптивной активности (Вольнец и др., 1991; Колосков и др., 2011, 2013; Певзнер и др., 2017; Churikova et al., 2001). Для пород вулканов Ичинский и Хангар характерны протяженные тренды фракционирования, вулканиды Кекукнайского и Ичинского принадлежат к высоко-калиевой серии, а Хангара – к умеренно-калиевой. Среди пород «восточной» ветви преобладают умеренно-калиевые базальты и андезитобазальты; более кислые разности характерны главным образом для вулканидов неогенового возраста (рис. 2).

В геохимических характеристиках¹ пород «восточной» и «западной» ветвей ЮЧ хребта наблюдаются существенные

различия. Вулканические породы «западной» ветви, включая подстилающие породы основания вулканов, имеют характеристики, типичные для Q гибридных пород СЧ СХ (Volynets et al., 2010): повышенные концентрации Ti, Zr, Nb, Ta, низкое отношение Ba/Nb, Th/Ta, K/Ta, U/Nb (рис. 3, А-В). В отличие от севера хребта, где по геохимическим признакам можно четко выделить две возрастные группы пород (островодужные в миоцен-плиоцене и гибридные в четвертичное время), в пределах «западной» ветви геохимические отличия «молодых» и «древних» образований наблюдаются только в Кекукнайском районе (Колосков и др., 2011), но даже здесь все проанализированные центры имеют гибридные признаки, с возрастанием количества обогащенного компонента ОИВ-типа в более молодых породах.

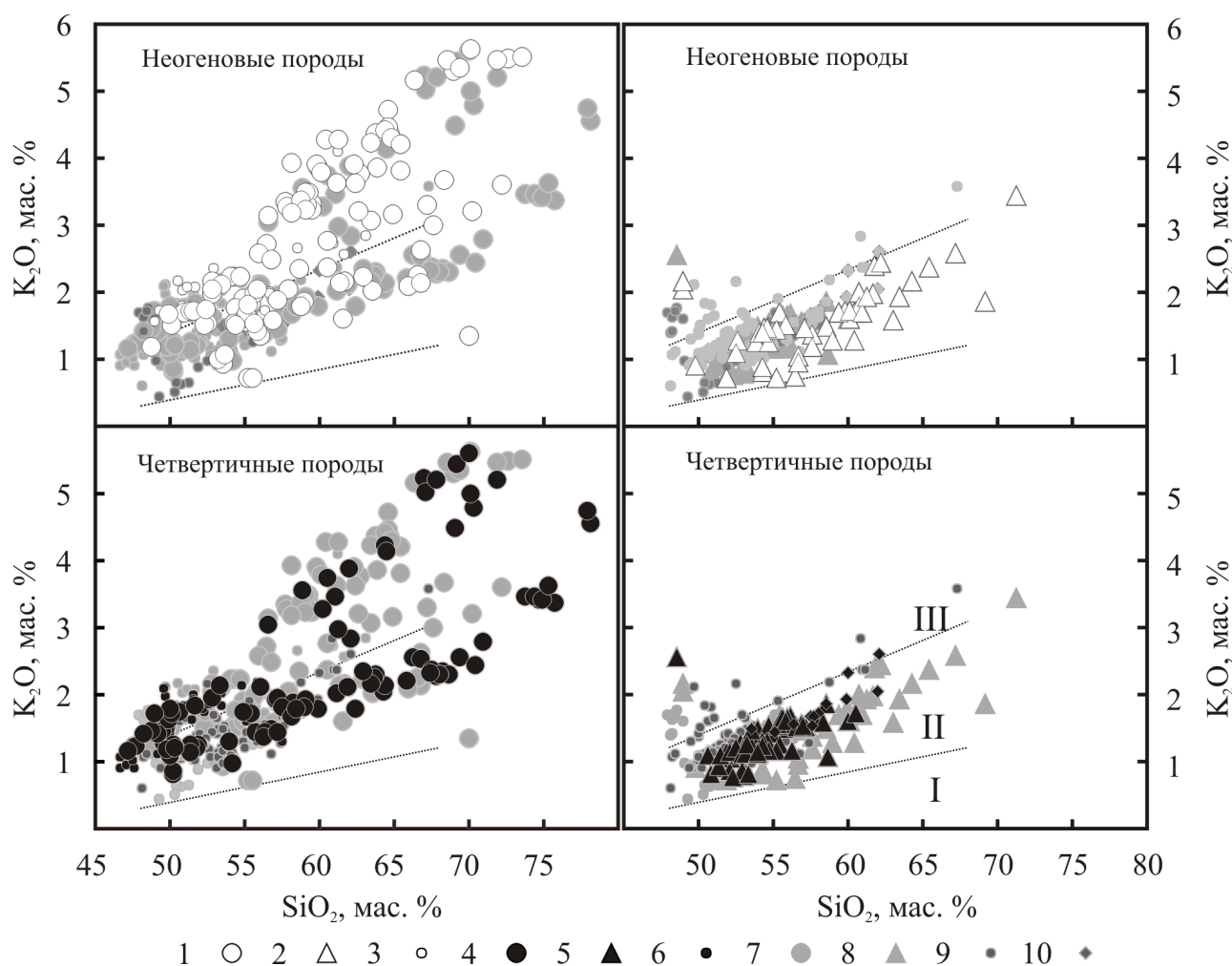


Рис. 2. Классификационная диаграмма K_2O-SiO_2 для пород Срединного хребта Камчатки. Дискриминационные линии на диаграмме по (Rollison, 1993). Поля: I – низко-K породы; II – умеренно-K породы; III – высоко-K породы. Слева – породы «западной» ветви и вулкан Уксичан, справа – «восточной». Условные обозначения: 1 – 3 – породы неогенового возраста (1 – «западной» ветви и Уксичана, 2 – «восточной» ветви, 3 – массива Кекукнайский (раннечетвертичного возраста)); 4 – 6 – породы средне-позднечетвертичного возраста (4 – «западной» ветви и Уксичана, 5 – «восточной» ветви, 6 – массива Кекукнайский); 7 – 8 – на верхней паре диаграмм – породы средне-позднечетвертичного возраста, на нижней – неогенового возраста; 9 – породы северной части СХ (на верхней паре диаграмм – неогенового возраста, на нижней – средне-позднечетвертичного возраста); 10 – породы вулканического массива Алней-Чашаконджа. Данные о составе пород массива Кекукнайский по (Колосков и др., 2011), северной части СХ – по (Volynets et al., 2010), массива Уксичан – собственные данные авторов и по (Давыдова, 2014).

Самые южные эффузивы ЮЧ хребта на г. Юртиной и в кальдере Хангар, образованные 7-6 млн л.н. (Певзнер и др., 2017), также характеризуются гибридными геохимическими признаками. При этом вулканические породы, извергнутые в пределах восточного фланга ЮЧ СХ (Быстринский и Козыревский хребты, Анаунский вулканический район) демонстрируют совсем иную картину. Все изученные породы «восточной» ветви имеют схожие геохимические характеристики с невысокими концентрациями Ti и HFSE. Типично-островодужные породы описаны нами в районе г. Костина (неогеновые платоэффузивы) и в основании вулканического массива Ахтанг (также предположительно поздне-неогенового возраста) (рис. 3, Г-Д). По своим характеристикам они идентичны $N_{1,2}$ плато СЧ СХ. Более молодые породы восточного фланга имеют лишь слегка повышенные концентрации HFSE, аналогичные ряду пород Ичинского вулкана (Churikova et al., 2001) и массива Алней-Чашаконджа

(Volynets et al., 2010). Графики отношений микроэлементов ярко демонстрируют эти особенности (рис. 4). Если для севера хребта отношения Ba/Nb , Th/Ta , K/Ta , Ba/Th , Ce/Pb и др. достаточно резко отличались в неогеновых и четвертичных породах, то в пределах южной части хребта эти отличия мы видим не среди пород разного возраста, а скорее, в породах «западной» и «восточной» ветвей. Для пород «западной» ветви характерны невысокие отношения LILE/HFSE при повышенных отношениях Ta/Yb , Nb/Yb , Ce/Pb , тогда как породы «восточной» ветви имеют противоположные характеристики. Вероятно, процессы магмогенерации в «западной» ветви СХ в значительной степени подвержены влиянию мантийного источника обогащенного типа, возможно, при участии метасоматизированного вещества литосферной мантии; влияние флюида здесь ощущается в меньшей степени, чем в породах восточного фланга, где явно прослеживается флюидный компонент источника.

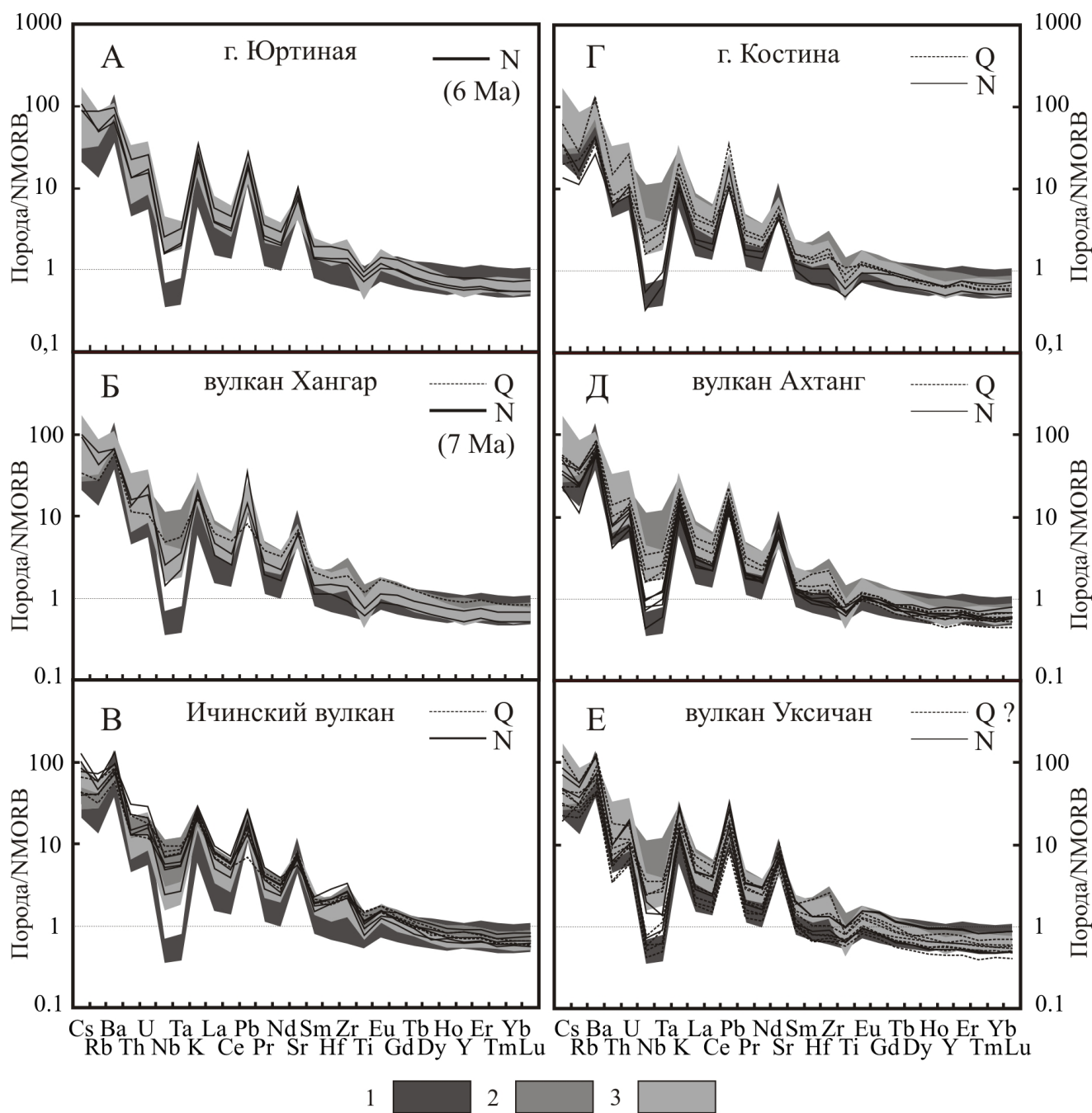


Рис. 3. Диаграммы распределения несовместимых элементов, нормированных к N-MORB (Sun and McDonough, 1989), для пород «западной» (А-В) и «восточной» (Г-Д) ветвей СХ и вулкана Уксичан (Е). Полями показаны составы: 1 – миоцен-плиоценовых плато северной части СХ (Volynets et al., 2010); 2 – пород Ичинского вулкана IAB-типа по (Chirikova et al., 2001) (согласно нашим представлениям, эти породы являются гибридными и содержат до 15 % вещества обогащенного мантийного источника); 3 – четвертичных пород гибридного типа северной части СХ (Volynets et al., 2010).

Таким образом, геохимические особенности N-Q пород ЮЧ СХ показывают, что для этой части хребта характерна сложная геологическая история, а в пределах разных структурных элементов хребта процессы магмогенерации обусловлены различными типами мантийного вещества. В северной части хребта (от широты плато Двухьюрточного до конуса Тобельцен на севере) в неогене проявлены типично-островодужные породы, а в четвертичное время – породы гибридного типа с высокой долей обогащения (до

55% мантии обогащенного типа в источнике (Volynets et al., 2010)). В южной части хребта, в пределах «восточной» ветви (от г. Костина на юге до вулкана Алней на севере) в неогене также извергались породы островодужного типа, а в плиоцен-четвертичное время – гибридные породы с невысокой долей обогащения (5-14 % мантии OIB-типа (Volynets et al., 2010)). «Западная» ветвь хребта, протягивающаяся от г. Юртиная через вулкан Хангар до Кекукнайского вулканического массива, по-видимому, характеризуется обогащенным

типом мантии на всем протяжении развития этой структуры, начиная с позднего миоцена. Вулканический массив Уксичан плиоценового возраста (Давыдова, 2014) структурно занимает промежуточное положение между «восточной» и «западной» ветвями, но по характеру источника близок к породам восточного водораздела (рис. 3Е, 4). Согласно представлениям (Леглер, 1977; Шапиро, Ландер, 2003), в неогене СХ представлял собой фронт зоны субдукции, которая закрылась в результате последовательного причленения восточных полуостровов Камчатки (Шипунского ~7, Кроноцкого ~5 и Камчатского ~2 млн л.н.). Это представление согласуется с полученными нами данными об излиянии типично-островодужных пород вдоль всего главного водораздела. Изотопные

даты, характеризующие возраст бронирующих лав плато от широты р. Аги до широты р. Озерной подтверждают последовательное закрытие миоценовой субдукции от 8-6 млн л.н. в ЮЧ до 3 млн л.н. в СЧ хребта (Певзнер и др., 2009; Volynets et al., 2010)

Отсутствие пород островодужного типа в «западной» ветви может быть связано с тем, что эта зона формировалась несколько позже и в иных геодинамических условиях (большие глубины генерации магм и иной состав мантийного субстрата), нежели платоэффузивы главного водораздела Срединного хребта Камчатки.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00112.

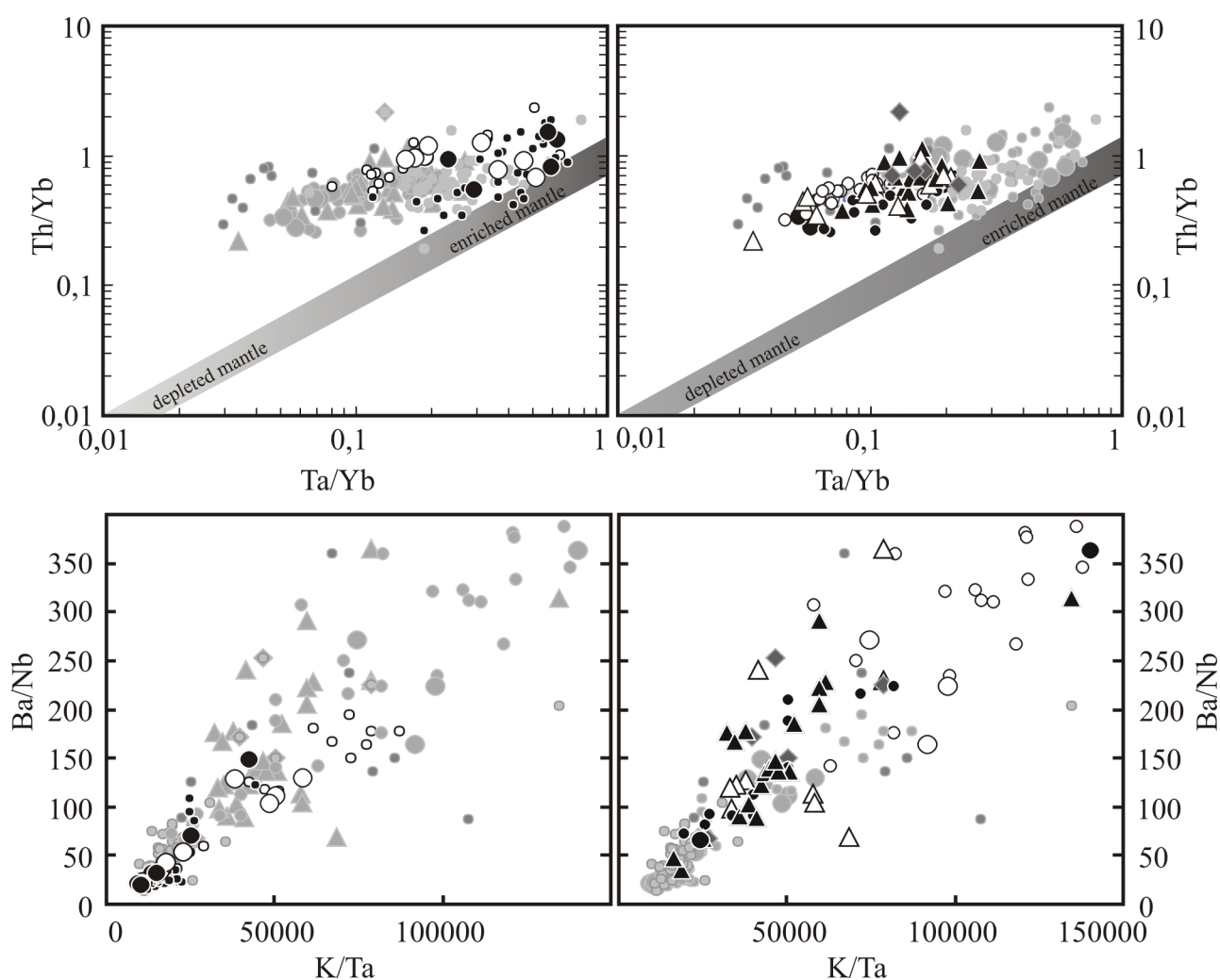


Рис. 4. Диаграммы отношений несовместимых микроэлементов для пород южной части СХ. Слева – породы «западной ветви», справа – породы «восточной» ветви (треугольники), вулкана Алней (ромбы) и массива Уксичан (кружки). Белые значки – породы неогенового возраста, черные – средне-позднечетвертичного. Серым цветом даны составы пород для сравнения (слева – «восточной» ветви, справа – «западной») и севера СХ (мелкие кружки; темно-серые – неогеновые породы, светло-серые – четвертичные). Данные о составе пород массива Кекукнайский по (Колосков и др., 2011), северной части СХ – по (Volynets et al., 2010), массива Уксичан – собственные данные авторов и по (Давыдова, 2014).

Список литературы

1. Волюнец О.Н., Патока М.Г., Мелекесцев И.В., Зубин М.И. Вулкан Ичинский // Действующие вулканы Камчатки. Т. 1. М.: Наука. 1991. – С. 282 – 294.
2. Давыдова М.Ю. Происхождение и эволюция магм вулканического центра Уксичан (Срединный хребет Камчатки). Диссертация на соискание степени канд. геол.-мин. наук., Владивосток, 2014. – 195 с.
3. Колосков А.В., Флеров Г.Б., Перепелов А.Б., и др. Этапы эволюции и петрология Кекукнайского вулканического массива как отражение магматизма тыловой зоны Курило-Камчатской островодужной системы. Часть 1. Геологическое положение и геохимический состав вулканических пород // Вулканология и сейсмология. 2011. – №5. – С. 17 – 41.
4. Колосков А.В., Флеров Г.Б., Перепелов А.Б., и др. Этапы эволюции и петрология Кекукнайского вулканического массива как отражение магматизма тыловой зоны Курило-Камчатской островодужной системы. Часть 2. Петролого-минералогические особенности, модель петрогенезиса // Вулканология и сейсмология. 2013. – №2. – С. 63 – 89.
5. Леглер В.А. Развитие Камчатки в кайнозой с точки зрения теории тектоники литосферных плит // Тектоника литосферных плит (источники энергии тектонических процессов и динамика плит). М.: Ин-т Океанологии АН СССР. 1977 – С. 137 – 169.
6. Певзнер М.М., Волюнец А.О., Лебедев В.А., и др. Начало вулканической активности в пределах Срединного метаморфического массива (Срединный хребет, Камчатка) // Доклады АН. – 2017 – Т. 475. – № 5. – С. 546 – 550. DOI: 10.7868/S0869565217230153
7. Певзнер М.М., Головин Д.И., Герцев Д.О., Кушева Ю.В., Чурикова Т.Г., Волюнец А.О., Родин В.С., Ладьгин В.М. Новые результаты К-Аг датирования миоцен-плиоценовых вулканических пород Срединного хребта Камчатки // IV Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика», Петропавловск-Камчатский, 22 - 27 сентября 2009 г. С. 445 – 448.
8. Шапиро М.Н., Ландер А.В. Формирование современной зоны субдукции на Камчатке // Очерки геофизических исследований: К 75-летию Объединенного института физики Земли им. О.Ю.Шмидта. 2003. М.: ОИФЗ РАН. С. 338 – 344.
9. Churikova T., Dorendorf F., Wörner G. Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation // Journal of Petrology. – 2001 – Vol. 42, № 8. – P. 1567 – 1593.
10. Volynets A., Churikova T., Wörner G., et. al. Mafic Late Miocene - Quaternary volcanic rocks in the Kamchatka back arc region: implications for subduction geometry and slab history at the Pacific-Aleutian junction // Contributions to mineralogy and petrology. – 2010 – № 159. – P. 659 – 687.