

УДК 551.21+ 552.3

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНОГО МАГМАТИЗМА ЮЖНОЙ ЧАСТИ СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ

А.О. Волынец¹, М.М. Певзнер², А.Д. Бабанский³

*¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-
Камчатский, 683006, e-mail: a.volynets@gmail.com*

²Геологический институт РАН, Москва

*³Институт геологии, геохимии и минералогии рудных месторождений
РАН, Москва*

Проведено региональное изучение геохимических особенностей пород южной части Срединного хребта. Показано, что для этого района характерна сложная история развития вулканизма с вовлечением в процесс магмогенерации различных типов мантийных источников.

Срединный хребет Камчатки (СХ) – крупнейшая вулcano-тектоническая структура п-ва Камчатка – состоит из древнего (мел-палеоген) метаморфического массива и вулканического пояса, сформировавшегося в неоген-четвертичное (N-Q) время. Работами М.М. Певзнер было установлено наличие голоценовых центров на всем протяжении СХ от вулкана Хангар на юге (54°45' с. ш., 157°22' в. д.) до конуса Тобельцен на севере (58° 15' с.ш., 160° 44' в.д.) [8]. Миоценовые вулканиды расположены главным образом вдоль оси основного водораздела СХ [5]. В структурно-геоморфологическом плане Певзнер М.М. [8] разделяет СХ на южную (СХюж) и северную (СХсев) части с условной границей по широтному участку р. Быстрой (Козыревской) (рис.1). СХсев представляет собой узкий хребет СВ простирания, представленный миоцен-четвертичными вулканидами [16, 9]; СХюж имеет гораздо более сложное строение. В составе СХюж можно выделить два главных структурных элемента:

- главный водораздел, представленный Козыревским и Быстринским хребтами, имеющий СВ простирание и состоящий из N-Q вулканидов (рис. 1);

- «западная ветвь», ССВ простирания (рис. 1). Западные отроги СХюж веерообразно расходятся от Срединного метаморфического массива к В-СВ и трассируются крупными вулканическими массивами – Хангар, Ичинский, Кекукнайский, Б. Кетепана, сложенными преимущественно четвертичными и плиоцен-четвертичными породами [1, 5, 7 и др.].

- Пространство между Козыревским хребтом и «западной ветвью» маркируется крупными преимущественно плиоцен-четвертичными вулканами Уксичан [6], Большой Чекчебонай [7] и другими, залегающими на плиоценовых вулканидах [4]. Однако, поскольку геохимические данные у нас имеются только по в. Уксичан, уверенно говорить о выделении этой серии вулканов в отдельную ветвь на настоящий момент преждевременно.

В наиболее широком месте СХюж достигает 100 км в поперечнике. Пространственно-временные закономерности активизации вулканических и палеосейсмических процессов, выявленные для голоценового этапа развития СХюж, позволяют предполагать наличие глубинных разломных зон, последовательно закладывавшихся все западнее [8]. Сложное строение СХюж вызывает массу вопросов и заставляет обратить особое внимание на этот регион.

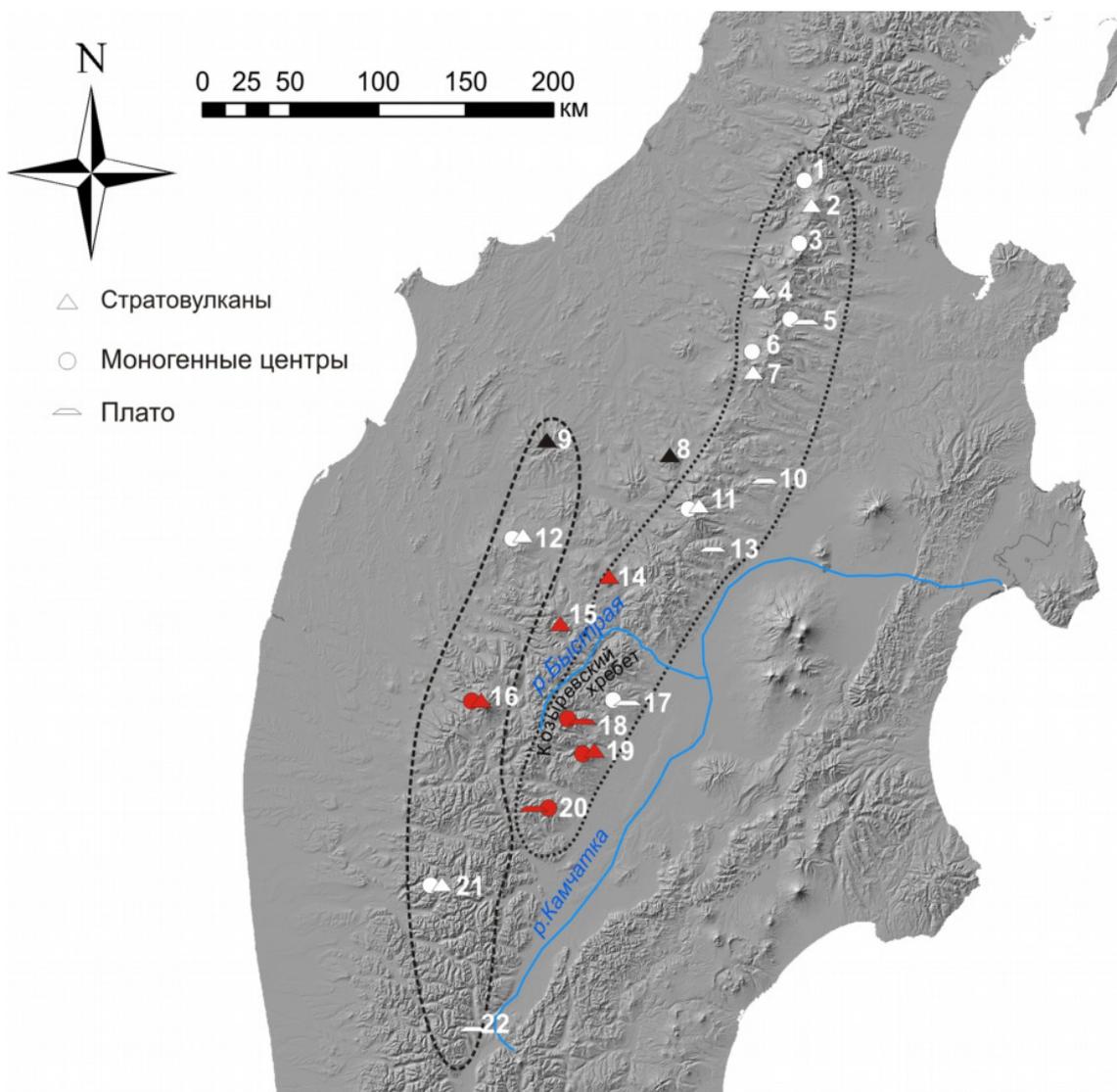


Рис. 1. Карта-схема Срединного хребта Камчатки с местоположением объектов изучения. Цифрами обозначены: 1) конус Тобельцен; 2) вулк. Спокойный; 3) конус Ныльгимелкин; 4) вулк. Теклетунуп; 5) Плато р. Правая и Левая Озерная, Озерновское поле моногенного вулканизма; 6) вулк. Титила и Седанкинское поле моногенного вулканизма; 7) вулк. Горного института; 8) вулк. Большой Чекчебонай; 9) вулк. Б. Кетепана; 10) плато Двухюрточное; 11) массив Алней-Чашаконджа; 12) вулк. Кекукнайский и поле моногенного вулканизма; 13) хребет Крюки; 14) вулк. Анаун; 15) вулк. Уксичан; 16) вулк. Ичинский и поле моногенного вулканизма; 17) плато и моногенные конуса в верховьях р. Малая Романовка; 18) плато и моногенные конуса р-на г. Козыревской; 19) вулк. Ахтанг и поле моногенного вулканизма; 20) г. Костина; 21) вулк. Хангар; 22) г. Юртиная. Красными символами обозначены объекты исследования настоящего проекта, белыми – вулканические аппараты, данные по которым опубликованы и будут использоваться в работе для сравнения, черными – вулканы, на которых не проводились детальные геолого-геохимические исследования. Контурами показано условное деление Срединного хребта на две ветви: «главную» СВ простирания и «западную» ССВ простирания.

Геохимические особенности вулканизма СХюж рассматривались в работах Т.Г. Чуриковой с соавторами [14, 15], где было показано, что в районе вулкана Ичинский развиты проявления четвертичного вулканизма двух геохимических типов, названных авторами островодужным (IAB) и внутриплитным (WPT); породы обоих типов несут явные признаки участия островодужного флюида и по аналогии с работой [16] могут быть отнесены к породам с гибридным типом распределения микроэлементов, образованных при участии различного количества обогащенной мантии (от 5 % в породах IAB-типа до 35 % в породах WPT-типа). В работе [16] отмечена геохимическая однородность четвертичного вулканизма на всем протяжении СХ с юга на север от вулкана Ичинский до конуса Тобельцен. Вместе с тем, в западных отрогах СХюж островодужные породы, сходные по типу с платоэффузивами неогенового возраста, широко распространенными в северной части хребта, не описаны. Имеющиеся сведения по постройкам северного фланга Ичинского вулканического массива (плиоцен-четвертичные вулканы Белоголовский [12], Большой Паялпан и Носичан [10, 13]) свидетельствуют о том, что в плиоцене для этого района был характерен магматизм гибридного типа. Дочетвертичные вулканы южной части Ичинского массива и Козыревского хребта описаны только в объяснительной записке к Государственной геологической карте [2, 3]. Последние годы мы целенаправленно собирали материал в СХюж с целью установить пространственно-временное положение пород гибридного и островодужного типа. При опробовании каждого из перечисленных районов равное внимание уделялось как породам стратовулканов и моногенных центров позднечетвертичного возраста, так и породам, слагающим основания вулканических аппаратов и имеющим предположительно неоген-раннечетвертичный возраст.

В настоящей работе рассматриваются петролого-геохимические характеристики неоген-четвертичных вулканических пород СХюж, в том числе его восточные фланги (районы вулканов Ахтанг, Анаун, Козыревский и г. Костиной) и западные фланги (массив Ичинский), а также вулкан Уксичан, расположенный между ними (рис. 1). В основу регионального анализа положены концентрации главных петрогенных оксидов и микроэлементов, определяемых методом РФА, так как этот подход позволяет охватить максимально возможное количество объектов; на настоящий момент, результатами ИСП и изотопного анализа у нас охарактеризованы не все перечисленные районы. Из всех элементов, доступных в нашей базе данных для каждого объекта, для целей этого исследования наиболее показательными являются содержания калия и титана, а также Nb, Zr и отношения Ba/Nb.

Сравнение с ранее опубликованными данными показывает, что в пределах СХюж отсутствует четкое возрастное разделение пород на две геохимические группы (типично-островодужные и гибридные), характерное для территории СХсев [16]. В северной части хребта для неогеновых пород типично сильное обеднение всеми высокозарядными элементами, и высокие отношения Ba/Nb. Несмотря на то, что частично эти породы относятся по составу к высококалийным базальтам, концентрации титана, ниобия, циркония и других HFSE в них очень низкие, характерные для пород фронтальных частей островной дуги. Породы четвертичного возраста СХсев на всех дискриминационных диаграммах образуют отдельные поля, лишь отчасти пересекающиеся с полями неогеновых платоэффузивов; для них характерны повышен-

ные содержания калия, HFSE и невысокие отношения Va/Nb [16]. Принципиально иная картина наблюдается в «западной ветви» СХюж, Козыревском хребте и на вулкане Уксичан. Крупные вулканические центры Ичинский и Уксичан, развивавшиеся в течение длительного времени, начиная как минимум с плиоцена, демонстрируют протяженный дифференцированный ряд пород от базальтов до риолитов; для них характерно накопление щелочей с увеличением кремнекислотности (рис. 2). На классификационной диаграмме K_2O+Na_2O/SiO_2 породы этих вулканических центров отличаются преобладанием щелочных разностей – от трахибазальтов до пантеллеритов, причем такая тенденция прослеживается как в молодых вулканах, так и в породах оснований массивов. Практически во всех породах Ичинского и Уксичана, независимо от возраста, наблюдаются повышенные концентрации Ti , Zr , Nb и невысокие отношения Va/Nb , характерные для гибридных пород севера хребта, извергавшихся в четвертичное время (рис. 2). При этом, среди позднечетвертичных шлаковых конусов Уксичанского вулканического центра встречаются и низко-калиевые базальты с низкими концентрациями Nb , Zr , и повышенным Va/Nb отношением, фигуративные точки которых на диаграммах попадают в поле неогеновых платобазальтов СХсев (рис. 2); плиоцен-раннечетвертичные породы этого центра характеризуются несколько меньшими концентрациями HFSE и более высоким отношением Va/Nb , чем породы Ичинского р-на, однако выделить по геохимическим признакам две четко отличающиеся возрастные группы пород здесь также невозможно. Кекукнайский вулканический массив, расположенный у северной оконечности «западной ветви» СХ, был подробно охарактеризован в работах А.В. Колоскова с соавторами [5] и вошел в наше исследование по продольному профилю СХ [16]. Здесь также наблюдается развитие щелочных разностей пород, начиная с ранних этапов формирования комплекса, и постепенное нарастание степени обогащения HFSE во времени. Породы начальной стадии развития массива (т. наз. докальдерный и экструзивный комплексы [5]) схожи по геохимии с плиоценовыми вулканиками Уксичана и Ичи, а ареальные проявления четвертичного времени характеризуются близкими к субсинхронным образованиям Ичинского вулканического центрами Va/Nb отношениями, и такими же, или более высокими, концентрациями Ti , K , Nb , Zr . В вулканиках Кекукнайского массива более ярко проявлены «возрастные» различия в геохимических характеристиках (молодые породы имеют существенно большие концентрации HFSE, чем породы начала вулканической деятельности), однако все они, включая проявления докальдерного этапа с наименьшими концентрациями Nb и Ti , могут быть отнесены к «гибридному» типу пород, причем степень обогащения HFSE в моногенных образованиях этого района приближается к максимальной для всего СХ [5, 16].

Породы южной части главного водораздела (Козыревский хребет) имеют четкие отличия от пород «западной ветви» СХюж по содержанию главных петрогенных оксидов. Изученные вулканические центры (Анаун, Ахтанг, г. Костина, р-н р. Козыревской) демонстрируют очень близкие геохимические характеристики. Все породы относятся к умеренно-калиевой серии нормальной щелочности с невысокими концентрациями титана и HFSE (рис. 3). Здесь, так

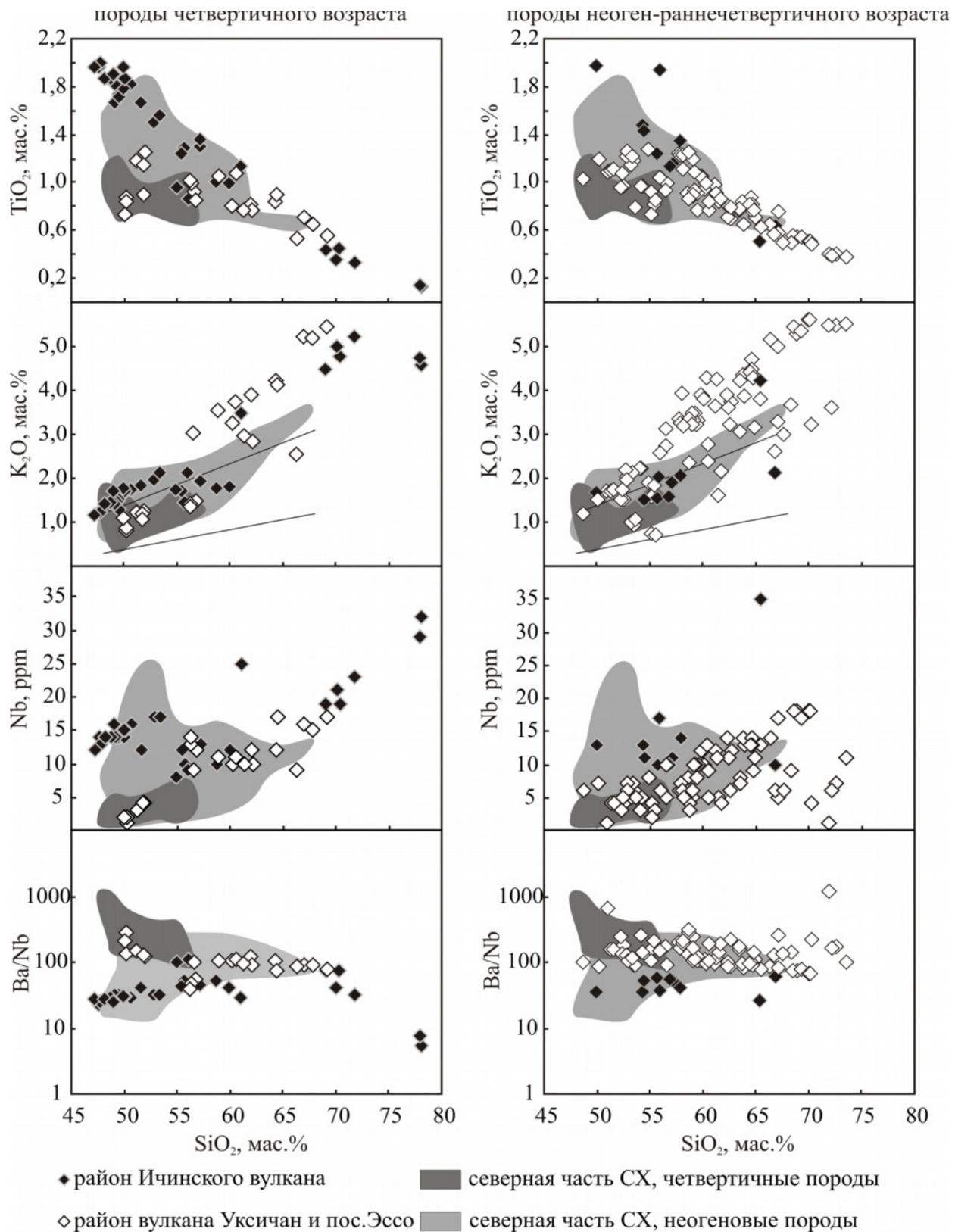


Рис. 2. Харкер-диаграммы для пород четвертичного (слева) и неоген-четвертичного (справа) возраста Ичинского и Уксичанского вулканических центров в сравнении с породами северной части СХ [16].

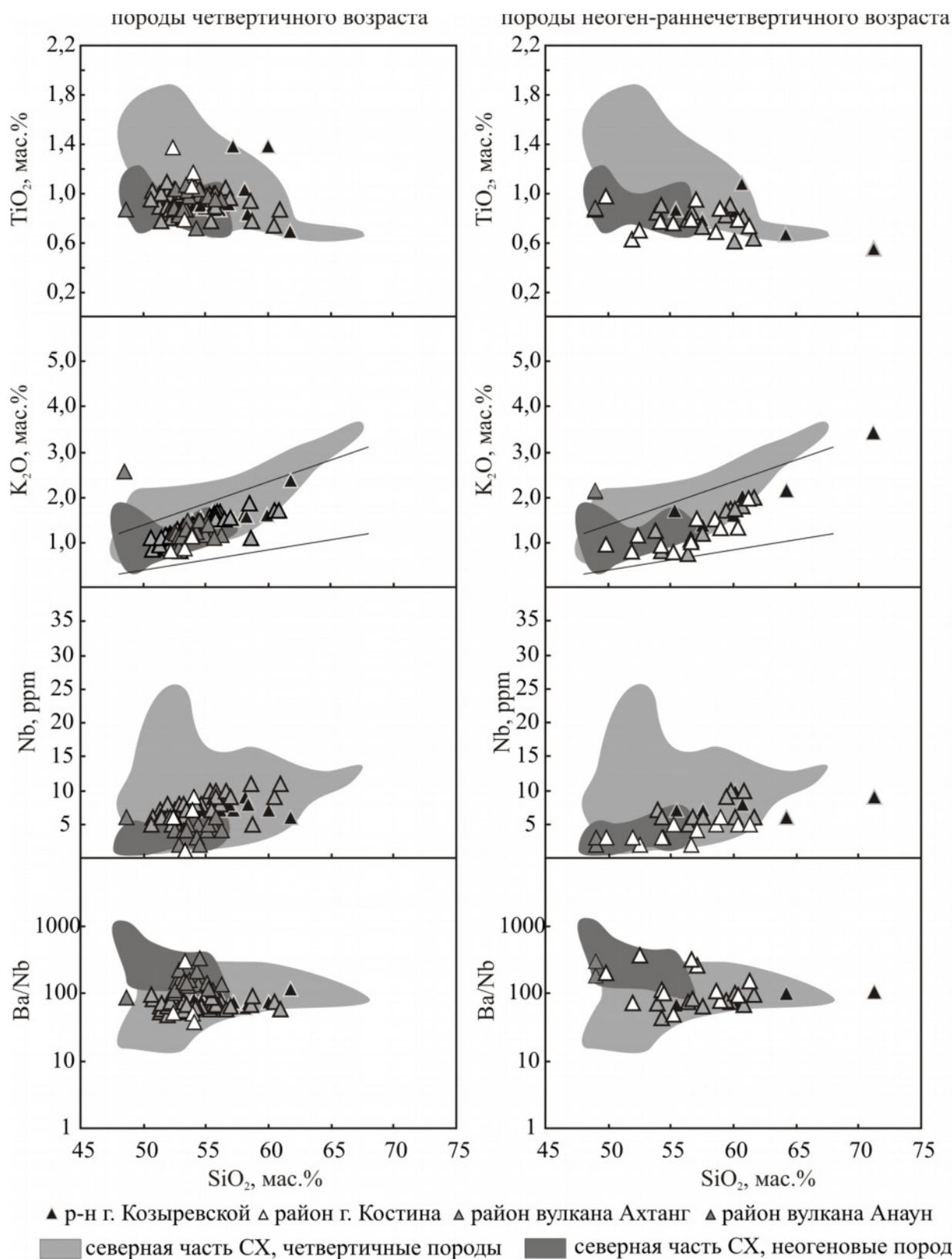


Рис. 3. Харкер-диаграммы для пород четвертичного (слева) и неоген-четвертичного (справа) возраста Козыревского хребта (южная часть главного водораздела Срединного хребта) в сравнении с породами северной части СХ [16].

же, как и в СХсев, прослеживается тенденция к возрастному расчленению пород по геохимическим признакам, однако если в СХсев это расчленение проявлено очень ярко [16], то в Козыревском хребте четвертичные породы показывают лишь слабую степень обогащения несовместимыми элементами, характерную для пород IAB-типа Ичинского вулкана [15]; при этом породы неогеновых платоэффузивов Козыревского хребта имеют еще более низкие концентрации титана и ниобия, чем породы более молодых наложенных центров; на диаграммах фигуративные точки этих платоэффузивов лежат в поле развития неогеновых платобазальтов СХсев (рис. 3). Такие же геохимические особенности были отмечены для вулканитов в верховьях р. Малая Романовка (Козыревский хребет) [11]. Из всех изученных ранее пород, близкие к описанным для четвертичных пород Козыревского хребта характеристики наблюдаются в четвертичных породах массива Алней-Чашаконджа, тогда как далее на север все молодые породы имеют более существенную степень обогащения HFSE [16].

Выводы

Предварительное региональное изучение геохимических особенностей вулканических пород южной части Срединного хребта позволяет предположить, что для этой вулкано-тектонической структуры характерна сложная история геологического развития, свидетельствующая о том, что в пространственно обособленных элементах хребта в одно и то же время процессы магмогенерации проходили с участием различных типов мантийного вещества. «Западная ветвь» хребта, в пределах которой были изучены породы г. Юртиной, вулканических массивов Хангар, Ичинского и Кекукнайского, по-видимому, еще с миоцена характеризуется обогащенным типом мантии на всем своем протяжении [см. Певзнер и др., Вольнец и др., тезисы докладов на этом совещании]. Восточная часть хребта, представленная главным водоразделом (Козыревский хребет), и охватывающая территорию от района г. Костиной до массива Алней-Чашаконджа, демонстрирует увеличение доли обогащенного вещества во времени, однако его количество остается существенно более низким, чем это характерно для северной части Срединного хребта, которую можно уверенно выделить от Седанкинского поля моногенного вулканизма до конуса Тобельцен, а возможно, и севернее.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 18. «Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики», темы ИВиС ДВО РАН № 01201354689 "Кайнозойский магматизм Курило-Камчатской островодужной системы как индикатор глубинных процессов" и темы ГИН РАН № 0135-2014-0068-01201253180 «Изотопная хронология эндогенных и экзогенных событий позднего кайнозоя российского сектора Арктики, Дальневосточного региона и прилегающих территорий».

Авторы благодарят В.С. Родина, М.Л. Толстых, Б.Н. Тугаринова, В.С. Захарова, Ю.Н. Новикова за помощь при проведении полевых работ, отборе образцов и пробоподготовке.

Список литературы

1. *Базанова Л.И., Певзнер М.М.* Хангар – еще один действующий вулкан на Камчатке // Доклады Академии наук. 2001. Том.377. №6 . С. 800-802.

2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Западно-Камчатская. Лист N-57-II (влк. Ичинская Сопка). Ред.: Хасанов Ш.Г., Сидоренко В.И., Сляднев Б.И., Родных Н.А., Николаева В.И. ВСЕГЕИ. 2008
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Западно-Камчатская. Лист N-57-III (Эссо). Хасанов Ш.Г., Сидоренко В.И., Боровцов А.К., Сляднев Б.И., Родных Н.А., Николаева В.И. ВСЕГЕИ. 2008
4. Геологическая карта и карта полезных ископаемых Камчатской области и Корякского автономного округа. М-б 1:1500000. Гл. ред.: Литвинов А.Ф., Марковский Б.А., Зайцев В.П. Л.:ВСЕГЕИ. 2005.
5. 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.
6. Мартынова М. Ю. Петрология и вопросы эволюции плейстоцен-голоценовых лав вулканического центра Уксичан (Срединный хребет, Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. №2. С. 159-173.
7. Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н., Важеевская А.А. и др. Вулканы и четвертичный вулканизм Срединного хребта Камчатки. М.: Наука. 1972. 191 с .
8. Певзнер М.М. Голоценовый вулканизм Срединного хребта Камчатки. Труды Геологического института, вып. 608. Отв.ред. Федонкин М.А. Москва, ГЕОС, 2015. 252 с.
9. Певзнер М.М., Головин, Д.И., Герцев Д.О. и др. Новые результаты К-Аг датирования миоцен-плиоценовых вулканических пород Срединного хребта Камчатки // Вулканизм и геодинамика: Материалы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. Т. 1. С. 445 - 448.
10. Перепелов А.Б., Чащин А.А., Мартынов Ю.А. Срединно-Камчатская зона (плиоцен-голоцен) // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 т. Владивосток: Дальнаука. 2006. Т. 1. С.382-398.
11. Родин В.С., Чурикова Т.Г., Гордейчик Б.Н. Петрохимические особенности пород моногенных конусов Козыревского хребта (Срединный хребет Камчатки) // Магматизм и метаморфизм в истории Земли. XI Всероссийское петрографическое совещание. Институт геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург. 2010. Т. 2. С. 174 - 175.
12. Флеров Г.Б., Философова Т.М., Пузанков М.Ю. Серии пород вулкана Белоголовский как отражение магмогенеза разноглубинных источников (Срединный хребет

- Камчатки) // Материалы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Петропавловск-Камчатский, 2009. Т. 1. С.208-211.
13. *Ivanov A. V., Perepelov A. B., Puzankov M. Y., et al.* Rift-and arc-type basaltic volcanism of the Sredinny Ridge, Kamchatka: case study of the Payalpan volcano-tectonic structure // *Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins*. 2004. P. 345-349.
 14. *Churikova T., Wörner G., Mironov et al.* Volatile (S, Cl and F) and fluid mobile trace element compositions in melt inclusions: implications for variable fluid sources across the Kamchatka arc // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 2007. № 154(2). P. 217-239.
 15. *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.
 16. *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.