



УДК 551.21+552.11+550.42

Н. В. Горбач<sup>1</sup>, М. В. Портнягин<sup>2</sup>, И. И. Тембрел<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
г. Петропавловск-Камчатский; e-mail: n\_gorbach@mail.ru*

<sup>2</sup> *GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Киль, Германия*

<sup>3</sup> *Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН,  
Москва, 119 991*

## Первые данные по геохимии магнезиальных андезитов палеовулкана г. Шиш (хребет Кумроч, Восточная Камчатка)

В сообщении приведены первые краткие данные о составе пород палеовулкана г. Шиш в хребте Кумроч. Показано, что по содержаниям главных элементов, хрома, никеля, а также по степени обогащения лёгкими РЗЭ и обеднения тяжёлыми РЗЭ и иттрием породы г. Шиш близки к магнезиальным андезитам северного фланга Центрально-Камчатской депрессии.

### Введение

К настоящему времени на Камчатке было известно три района с проявлениями вулканических пород среднего состава с высокой магнезиальностью ( $\text{SiO}_2 > 53$  мас.%;  $\text{Mg}\# = \text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} > 0,50$ ). Наиболее крупный район расположен на северном фланге Центрально-Камчатской депрессии (ЦКД) и объединяет магнезиальные андезиты вулканического массива Шивелуч, внутрикратерные экстрезии вулкана Заречного и породы Шишейского вулканического комплекса (рис. 1 а). Магнезиальные андезиты были обнаружены недавно и на южном фланге ЦКД в междуречье рек Правая и Озерная Камчатка, где проявления таких пород ассоциируют с высоко-ниобиевыми базальтами и адакитами и имеют плиоценовый возраст [напр., 7]. В пределах Восточной Камчатки была известна лишь одна находка магнезиальных андезитов [2], которые представлены дайками позднемиоцен-раннеплиоценового возраста на территории полуострова Камчатский Мыс. Однако, при рассмотрении материалов геологической съёмки [4] было обнаружено, что андезиты и андезибазальты эоплейстоценового палеовулкана Шиш (рис. 1 а), расположенного в осевой части хребта Кумроч, обладают повышенной магнезиальностью (по результатам 13 анализов, выполненных методом мокрой химии в Центральной Лаборатории ГПИ «Камчатгеология»). На сегодняшний день эти данные представляли собой единственное свидетельство присутствия вулканических пород такого состава в пределах Восточного Вулканического пояса (ВВП) Камчатки. С целью подтверждения присутствия магнезиальных андезитов в хребте Кумроч и получения более детальной петрологической и геохимической информации в 2012 г. были проведены полевые работы и выполнено опробование вулканической постройки г. Шиш. В сообщении

приводятся первые предварительные результаты петрографического и геохимического изучения вулканических пород г. Шиш.

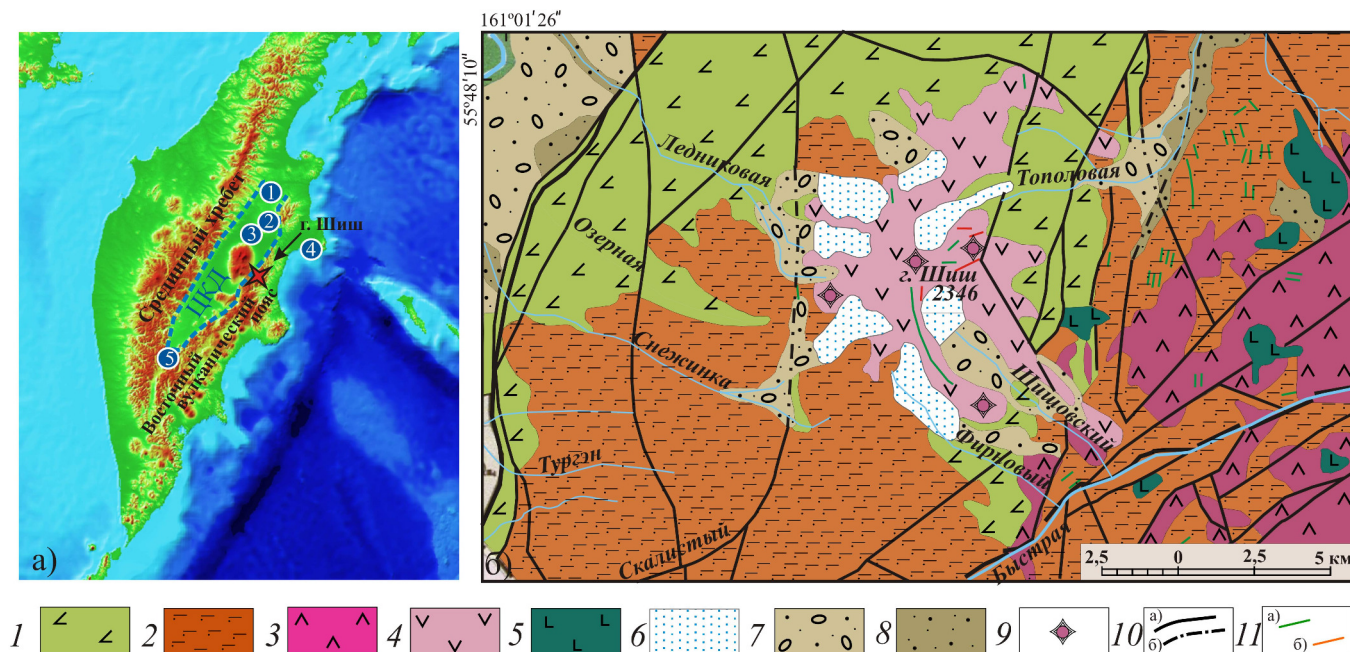
### Общие сведения о строении палеовулкана г. Шиш

Постройка палеовулкана г. Шиш ( $55^\circ 45'$  с. ш.;  $161^\circ 10'$  в. д.; абсолютная высота 2346 м) занимает площадь около  $30 \text{ км}^2$  в осевой части хребта Кумроч (рис. 1 б). Фундаментом постройки являются мел-палеогеновые вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования хапцовой свиты и палеоценовые терригенные толщи дроздовской свиты [4]. Возраст палеовулкана соответствует эоплейстоцену, однако не исключается и более позднее время его формирования — поздний плейстоцен [4].

В центральной части палеовулкана, сильно эродированной плейстоценовыми и современными ледниками, обнажаются фрагменты крупных экстрезивных тел. На восточных привершинных склонах сохранились мощные (до 200–300 м) толщи грубообломочных туфов и лавобрекчий. В северо-восточном секторе постройки присутствуют потоки андезибазальтовых лав, а в юго-восточном секторе многочисленны нежки и дайки. Наиболее крупной и примечательной является дайка северо-западного простирания, которая в виде отпрепарированных фрагментов следует по водораздельному гребню на протяжении 3 км до вершины г. Шиш. Дайка прорывает вершинные экстрезии и окружающие их грубообломочные туфы и, вероятно, связана с наиболее поздним этапом активности палеовулкана.

### Краткая петрография пород

Породы палеовулкана г. Шиш дифференцированы от андезибазальтов ( $2\text{Px} - \text{Pl} \pm \text{Ol}$ ) до андезитов ( $2\text{Px} - \text{Pl} \pm \text{Ol} \pm \text{Hbl}$ ) и дацитов ( $\text{Hbl} - \text{Pl} \pm \text{Q}$ ). Породы имеют порфировые, серийно-порфировые и гломеропорфировые структуры. Отличительной чертой



**Рис. 1.** Позиция и строение палеовулкана г. Шиш: а — региональная позиция объекта; дополнительно показаны ранее известные районы проявления Mg# андезитового вулканизма Камчатки: 1 — Шишейский вулканический комплекс [8, 9, 11], 2 — вулканический массив Шивелуч [3, 5, 6, 10, 11 и др.], 3 — вулкан Заречный [3], 4 — дайки полуострова Камчатский мыс [2], 5 — район междуречья рек Правая и Озерная Камчатка [7]; б — схема геологического строения района г. Шиш (согласно [4] с упрощениями): 1 — вулканогенно-осадочные отложения хапицкой свиты,  $K^2$ -P1; 2 — терригенные отложения дроздовской свиты, P1; 3 — вулканические образования тумрокского и быстринского вулканических комплексов,  $N_2$  QE; 4 — вулканические образования палеовулкана г. Шиш, QE; 5 — вулканические образования ажабачского вулканического комплекса, QIII-IV; 6 — ледники; 7 — морены; 8 — аллювиальные и пролювиальные отложения; 9 — экструзии; 10 — разломы (а — проявленные на дневной поверхности, б — скрытые под рыхлыми четвертичными отложениями); 11 — дайки (а — базальтов и андезибазальтов, б — андезитов и дацитов).

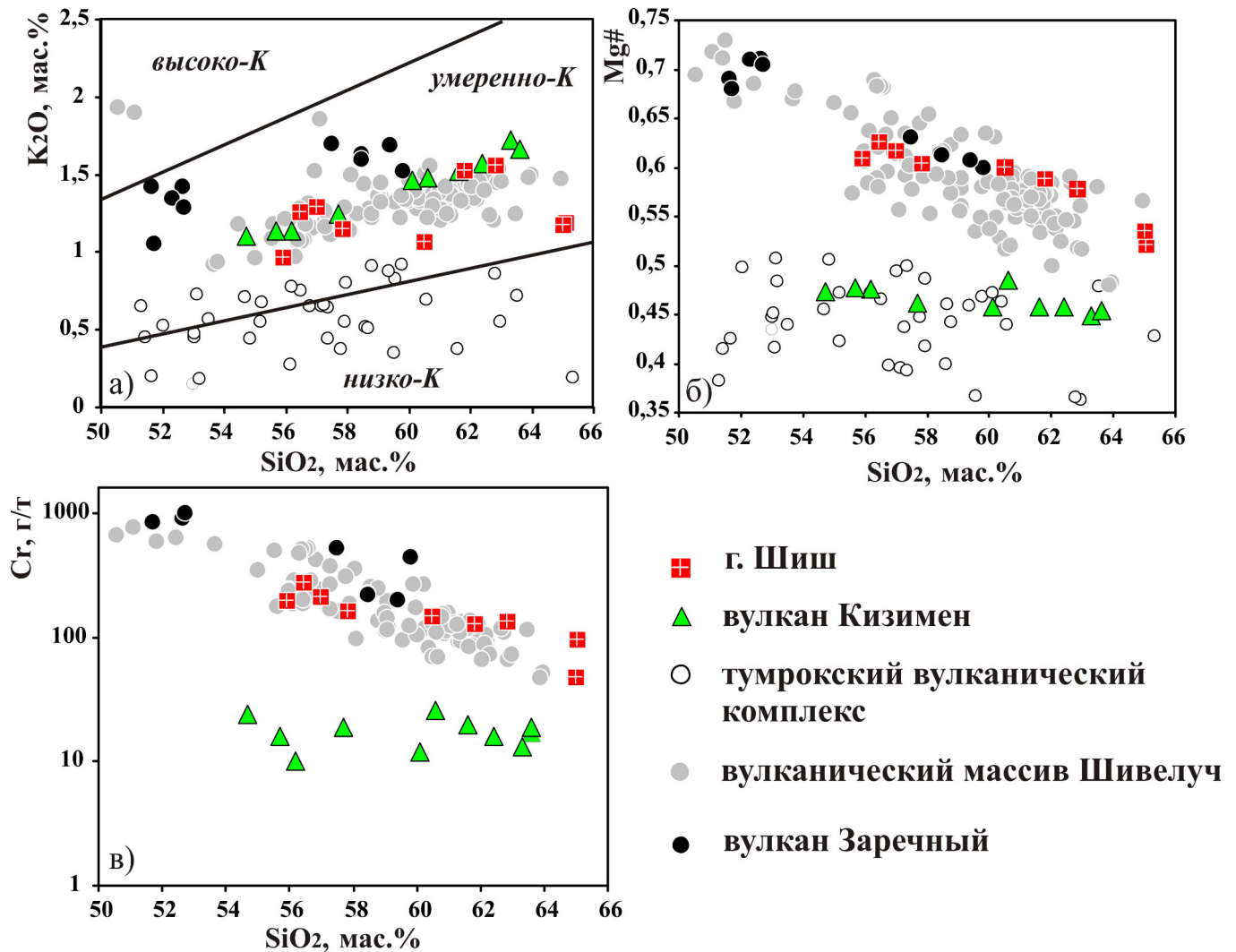
андезибазальтов и андезитов являются отчётливо проявленные реакционные соотношения между вкрапленниками (клинопироксеном, более редким оливином, роговой обманкой, а в некоторых случаях и плагиоклазом) и кислым стеклом основной массы пород.

Среди порфировых выделений андезибазальтов (до 30 об. %) резко преобладают пироксены (в отдельных разностях пород — ортопироксены) и плагиоклазы. Пироксены часто образуют гломеропорфировые сростки и зернистые агрегаты, в центре которых обнаруживаются реликты оливина. Клинопироксен в таких сростках, как правило, сильно резорбирован. Периферийные зоны гломеропорфировых сростков состоят из крупных идиоморфных кристаллов гиперстена. В отдельных разностях пород оливин отмечается и вне гломеропорфировых сростков в виде резорбированных округлых выделений, которые иногда окружает реакционная кайма мельчайших зёрен ортопироксена. В основной массе — микролиты андезина, редкие зёрна клинопироксена, рудного минерала, апатита и бурое стекло.

Для андезитов характерны двупироксеновая и роговообманково-двупироксеновая минеральные ассоциации. В большинстве разностей пород среди

порфировых выделений (30–35 об. %) преобладает плагиоклаз, формирующий по размерности, составу и текстуре до трёх генераций. Количество вкрапленников роговой обманки в породах резко подчинено количеству вкрапленников плагиоклаза. Подавляющая часть фенокристаллов бурой роговой обманки опацитизирована или же замещается пироксен-плагиоклаз-магнетитовым зернистым агрегатом. Наряду с преобладающей бурой роговой обманкой, в породах присутствует и зелёная роговая обманка. Среди андезитов встречаются и оливинсодержащие разности. В таких породах, как и в андезибазальтах, оливин сохраняется в центральных частях зернистых агрегатов пироксенов, а реже — образует индивидуальные сильно резорбированные фенокристаллы, часто замещенные вторичными минералами. Основная масса андезитов состоит из микролитов андезина, зёрен рудного минерала, апатита и бесцветного или бурого вулканического стекла.

Дациты содержат не более 20 об. % вкрапленников, среди которых — плагиоклаз, полностью опацитизированная роговая обманка и единичные округлые зёрна кварца. Породы имеют серийно-порфировую структуру, гиалопилитовую основную массу и, в некоторых случаях, флюидальную текстуру. Отличительной особенностью дацитов является при-



**Рис. 2.** Вариации содержаний калия (а), величины магнезиальности (б) и концентраций хрома в породах г. Шиш. Для сравнения показаны составы пород вулкана Кизимен [8], тумрокского вулканического комплекса [4], вулканического массива Шивелуч [5, 6, 10] и Заречный [3] и неопубликованные данные авторов.

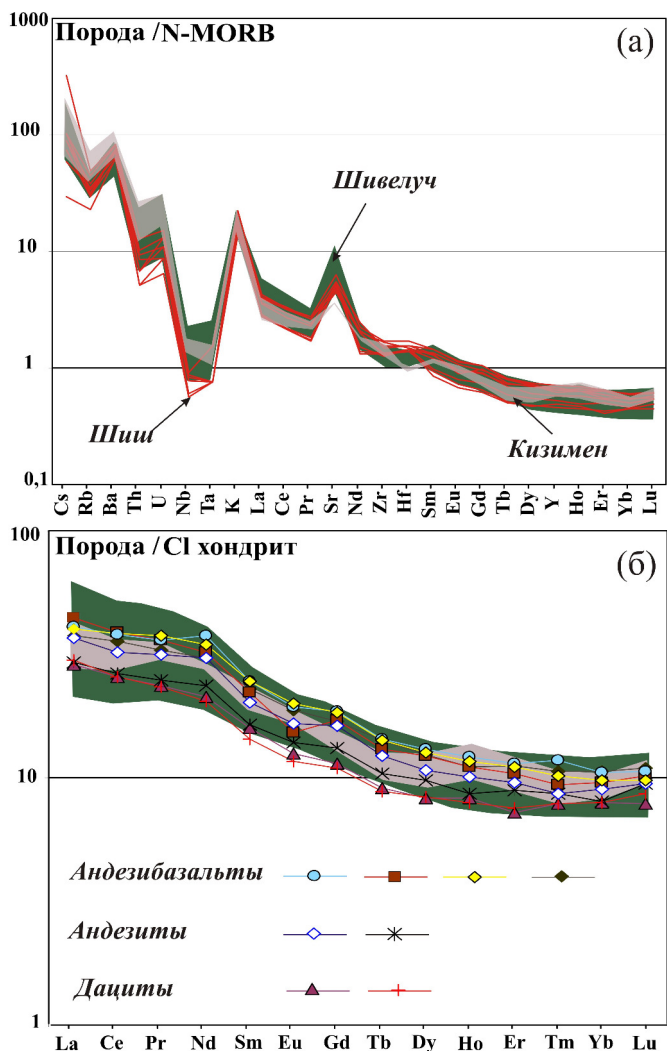
сутствие генерации крупных (до 8–10 мм) фенокристаллов плагиоклаза, которые имеют проплавленные ядра. Основная масса состоит из бесцветного стекла кислого состава с микролитами олигоклаза, редкими игольчатыми микролитами роговой обманки, зёрнышками рудного минерала. Экструзивные дациты содержат большое количество включений тонкозернистых микродиоритов.

#### Петрохимия и геохимия пород

Представительные образцы были проанализированы методами XRF и ICP-MS на содержания главных, редких и редкоземельных элементов. Для определения геохимической специфики пород г. Шиш было выполнено сравнение полученных данных с составами пород вулкана Кизимен, который занимает близкую структурную позицию в пределах ВВП, с породами тумрокского вулканического комплекса, отвечающего предшествующему этапу вулканизма в данном районе, а также с Mg# андезитами северного сегмента ЦКД.

Породы г. Шиш дифференцированы от андезибазальтов до дацитов ( $\text{SiO}_2 = 55,91\text{--}65,05$  мас.%) и принадлежат к известково-щелочной умеренно-калиевой серии (рис. 2 а). Величина магнезиальности пород варьирует от 0,52 до 0,63, что резко отличает породы г. Шиш от пород вулкана Кизимен и тумрокского вулканического комплекса и сближает их с составами Mg# андезитов северного фланга ЦКД (рис. 2 б) Андезиты и андезибазальты имеют невысокие содержания титана ( $\text{TiO}_2 = 0,48\text{--}0,91$  мас.%), алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14,71\text{--}16,46$  мас.%) и кальция ( $\text{CaO} = 5,34\text{--}8,10$  мас.%). Породы обогащены хромом (до 280 г/т в андезибазальтах) и никелем (до 26,5 г/т). На графике  $\text{SiO}_2\text{-Cr}$  точки составов пород г. Шиш попадают в поле таких объектов северной части ЦКД, как вулканический массив Шивелуч и вулкан Заречный (рис. 2 в).

На спайдер-диаграмме (рис. 3 а) породы г. Шиш показывают типичный островодужный спектр с обогащением относительно N-MORB крупноионными



**Рис. 3.** Редкие и редкоземельные элементы в породах г. Шиш: (а) — спектры редких элементов, нормированные к составу N-MORB; (б) — содержания РЗЭ, нормированные на CI-хондрит. Составы пород вулкана Кизимен по [8], вулканического массива Шивелуч по [5, 6]. Концентрации элементов в N-MORB и CI-хондрите согласно [12].

литофильными элементами и обеднением высокозарядными и тяжелыми редкоземельными элементами. По сравнению с лавами вулкана Кизимен породы г. Шиш имеют более низкие содержания бария ( $Ba = 373 - 510$  г/т), тория ( $Th = 0,6 - 1,5$  г/т) и урана ( $U = 0,3 - 0,7$  г/т) и повышенные содержания стронция ( $Sr = 395 - 554$  г/т). Спектры распределения тяжёлых РЗЭ и иттрия в породах г. Шиш имеют горизонтальный вид в отличие от сложного W-образного спектра лав вулкана Кизимен (рис. 3 а). Распределение РЗЭ в породах г. Шиш отличается умеренным фракционированием лёгких редких земель относительно тяжёлых и средних ( $La/Yb_n = 3,5 - 4,6$ ;  $La/Sm_n = 1,6 - 2,0$ ) и слабым фракционированием тяжёлых РЗЭ ( $Dy/Yb_n = 1,0 - 1,3$ ). По степени обогащения лёгкими РЗЭ и обеднения тяжёлыми РЗЭ и иттрием породы

г. Шиш также обнаруживают сходство с Mg# андезитами северного фланга ЦКД (рис. 3 б).

### Заключение

Полученные данные по геохимии пород палеовулкана г. Шиш подтверждают результаты геолого-съёмочных работ [4] и указывают на присутствие магнезиальных пород среднего состава четвертичного возраста в пределах Восточного Вулканического пояса Камчатки. По содержаниям главных элементов, хрома, никеля, а также по степени обогащения лёгкими РЗЭ и обеднения тяжёлыми РЗЭ и иттрием породы г. Шиш обнаруживают сходство с Mg# андезитами северного фланга ЦКД. Проявление магнезиального андезитового вулканизма в данном районе исключает его связь с особыми условиями субдукции — например, с режимом субдукционного окна [1, 7] или же с подъёмом астеносферной мантии в краевой части субдуцируемой плиты [13] и требует нового петрологического и геодинамического обоснования.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН № 12-III-A-08-168

### Список литературы

1. Авдейко Г. П., Палуева А. А., Кузикас О. В. Адакиты в зонах субдукции Тихоокеанского кольца: обзор и анализ геодинамических условий образования // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. Вып. 17. № 1. С. 45–60.
2. Вольнец О. Н., Овчаренко А. Н., Бояринова М. Е. и др. Первая находка магнезиальных андезитов А (Адак)-типа на Камчатке // Геология и геофизика. 1998. Том. 39. № 11. С. 1553–1564.
3. Вольнец О. Н., Мелекесцев И. В., Пономарёва В. В. и др. Харчинский и Заречный вулканы — уникальные центры позднплейстоценовых магнезиальных базальтов на Камчатке: вещественный состав вулканических пород // Вулканология и сейсмология. 1999. № 1. С. 31–45.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Восточно-Камчатская. Лист N-57-VI, N-58-I (гора Шиш). Объяснительная записка. Составители: Бояринова М. Е., Вешняков Н. А., Коркин А. Г., Савельев Д. П.. Редактор Б. А. Марковский. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2007. 172 с. +3 вкл.
5. Горбач Н. В., Портнягин М. В. Геологическое строение и петрология лавового комплекса вулкана Молодой Шивелуч // Петрология. 2011. Том. 19. № 2. С. 140–172.
6. Горбач Н. В. Происхождение и эволюция магм вулканического массива Шивелуч (Камчатка) по геологическим и петролого-геохимическим данным. Автореф. канд. дис. геол.-мин. наук. Владивосток, 2013. 29 с.
7. Перепёлов А. Б., Чащин А. А., Павлова Л. А. и др. Адакитовый, Mg# андезитовый и NEB магматизм деструктивных границ литосферных плит (Центральная Камчатская депрессия). Всероссийское совещание «Современные проблемы геохимии», Институт геохимии им. Виноградова А. П. СО РАН, Иркутск, 24–27 октября 2012 г. С.

8. Чурикова Т. Г., Иванов Б. В., Дж. Айкельбергер и др. Зональность по макро — и микроэлементам в плагиоклазе вулкана Кизимен (Камчатка) применительно к процессам в магматическом очаге. Вулканология и сейсмология. 2013. № 2. С. 22–47.
9. Bryant J. A., Yagodinski G. M., Churikova T. G. High-Mg# andesitic lavas of the Shisheisky Complex, Northern Kamchatka: implications for primitive calc-alkaline magmatism // Contributions to Mineralogy and Petrology, 2010. Vol. 161 №. 5. P. 791–810.
10. Ponomareva V. V., Kyle P., Pevzner M. M. et al. Holocene Eruptive History of Shiveluch Volcano, Kamchatka Peninsula, Russia. In: Volcanism and Subduction: The Kamchatka region. Eichelberger J., Gordeev E., Izbekov P., Lees J. Eds), AGU Geophysical Monograph, 2007. Vol. 172. P. 263–282.
11. Portnyagin M. V., Bindeman I. N., Hoernle K., and Hauff F. Geochemistry of primitive lavas of the Central Kamchatka Depression: magma genesis at the edge of the Pacific Plate. // Volcanism and Subduction: The Kamchatka region. Ed. J. Eichelberger, E. Gordeev, P. Izbekov, J. Lees. Geophysical Monograph Series, 2007. Vol. 173. Vol. 203–244.
12. Sun S.-s., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Eds. Saunders A. D., Norry M. J.. Magmatism in the ocean basins // Geol. Soc. London, Special Publ., 1989, № 42, P. 313–345.
13. Yagodinski G. M., Lees J. M., Churikova T. G. et al. Geochemical evidence for the melting of subducting oceanic lithosphere at plate edges. Nature, 2001. Vol. 409 P. 500–504.