

УДК 552+550.4 (571.642)

В.М. ГРАННИК

Новые данные о петрохимическом составе изверженных пород острова Кунашир (Курильская островная дуга)

На о-ве Кунашир установлено присутствие океанских эффузивных и интрузивных пород и близких к ним по составу континентальных пород. Петрохимические особенности и содержание редкоземельных элементов в этих породах свидетельствуют об их формировании во фронтальной зоне Курильской островной дуги на океанской земной коре. Появление голоценовых океанских пород среди продуктов извержений вулканов Менделеева и Головнина, вероятно, обусловлено образованием кальдер этих вулканов.

Ключевые слова: изверженные породы, петрохимические особенности, редкоземельные элементы, геодинамическая обстановка.

New data on the petrochemical composition of the igneous rocks of the Kunashir Island (Kurile Island Arc).
V.M. GRANNIK (Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk).

The presence of the oceanic effusive and intrusive rocks and also the continental rocks which are close to the above rocks in structure was established in the Kunashir Island. The petrochemical features and the content of rare earth elements in these rocks indicate their formation in the frontal zone of the Kuril Island Arc on oceanic crust. The appearance of Holocene oceanic rocks among the products of volcanic eruptions of Mendeleev and Golovnin volcanoes was probably due to the formation of the calderas of these volcanoes.

Key words: igneous rocks, petrochemical features, rare earth elements, geodynamic setting.

Курильская островная дуга (КОД) охарактеризована в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных ученых. Некоторые из них частично приведены в библиографическом списке использованных автором монографий и статей [1, 2, 5–9, 10 и мн. др.]. Однако в перечисленных публикациях отсутствуют сведения о присутствии на о-ве Кунашир океанских пород и о некоторых особенностях состава залегающих вместе с ними континентальных изверженных пород и геодинамических обстановках их формирования. Изложению новых полученных результатов посвящена данная статья.

Методы исследования

Известно, что магматические породы, сформированные в различных геодинамических обстановках, имеют специфический вещественный и геохимический состав, который позволяет определять геодинамические обстановки их формирования и устанавливать тектоническую природу вмещающих геологических структур. Для уточнения геодинамических обстановок формирования изверженных пород о-ва Кунашир был применен разработанный в ИМГиГ ДВО РАН петрохимический способ определения геодинамических обстановок формирования изверженных пород и магмогенерирующих структур

ГРАННИК Валерий Маерович – доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск). E-mail: v.grannik@imgg.ru

в древних складчато-блоковых и покровно-надвиговых системах [4]. Для решения намеченной цели использованы данные химических анализов пород [5, 6, 8, 9, 11], суммарного окислов при прокаливании которых составляет 99,5–100,5 %. Для объективного сравнения химических составов изверженных пород перед вычислением факторов и нанесением результатов на диаграммы все анализы пересчитывались на сухой порошок.

Результаты и обсуждение

Наиболее полное описание структурно-вещественных комплексов и результатов детального опробования изверженных пород о-ва Кунашир приведено в монографии [9]. Схематическая геологическая карта о-ва Кунашир (рис. 1) составлена по данным работ [8, 9]. Краткие сведения о вулканогенно-осадочных комплексах о-ва Кунашир в статье приведены также по этим работам.

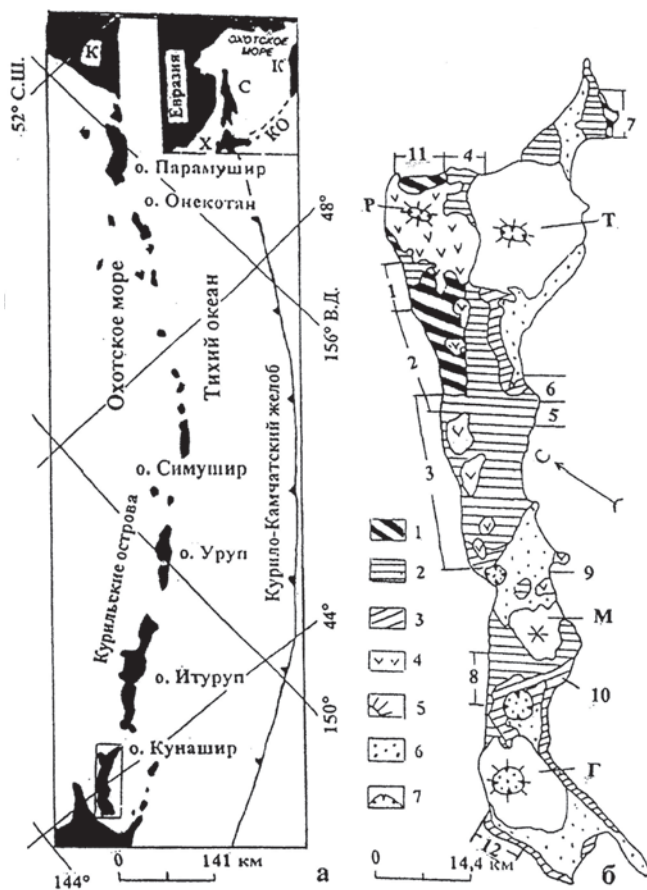


Рис. 1. Обзорная схема района КОД (а) и схематическая геологическая карта о-ва Кунашир (б), составленные с использованием работ [8, 9]. Образования: 1 – нижне-среднемиоценовые, 2 – верхнемиоценовые–нижнеплиоценовые, 3 – плиоценовые, 4 – плейстоценовые; 5 – конусы вулканов; 6 – полигенетичные рыхлые четвертичные отложения; 7 – кратеры и кальдеры. Цифрами на схеме обозначены места опробования неогеновых и четвертичных изверженных пород, буквами – то же вулканических построек [5, 6, 8, 9, 11]: 1 – Компрессорный – Прасолово, 2 – Прасолово – Назарово, 3 – Назарово – бухта Лагунная, 4 – влк. Екатерина, 5 – бухта Филатова, 6 – Мостовая – бухта Филатова, 7 – п-ов Ловцова, 8 – мыс Круглый – мыс Алехина, 9 – мыс Горячий, 10 – мыс Мечникова, 11 – мыс Докучаева – мыс Нелюдимый, 12 – мыс Ивановский – устье руч. Быстрый; Т – Тятя, Р – Руруй, М – Менделеева, Г – Головина

Протяженность о-ва Кунашир около 120 км, наибольшая его ширина в северной части 30 км. В ниже-среднемиоценовом нижнекунаширском базальт-риолитовом комплексе основные изверженные породы расположены в нижней части разреза, а кислые – в его верхней части. Установлено, что они образовались из самостоятельных магматических очагов. Ниже-среднемиоценовый верхнекунаширский базальт-андезит-дацит-риолитовый дифференцированный комплекс представлен основными и средними вулканическими брекчиями и туфами, игнимбритами и пирокластическими пемзовидными потоками. Среди вулканических пород залегают сходные с ними по составу экструзии, лакколиты, штоки и дайки андезитов, дацитов и риолитов. Вулканогенно-осадочные образования обоих комплексов имеют зеленовато-серую окраску, вызванную эпигенетическими изменениями пород в морских условиях, аналогичными таковым зеленым туфам о-ва Хоккайдо. Более молодые дайки основного состава пересекают все образования обоих комплексов. Верхнемиоценовый–нижнеплиоценовый алексинский андезит-дацит-риолитовый комплекс представлен преобладающими грубообломочными туфами, вулканическими брекчиями, игнимбритами, пемзовыми потоками, в том числе и переотложенными. Среди перечисленных пород присутствуют субвулканические дайки, силлы, лакколиты, экструзии, штоки и некки. Базальты и андезибазальты развиты только в более поздней дайковой серии. Субвулканические образования содержат полуокатанные и угловатые ксенолиты габбро, габбро-норитов, диабазов, диоритов, а в кислых породах – гранитов и плагиогранитов [9]. Средне-верхнеплиоценовый головнинский пемзовый комплекс с несогласием и размывом залегает на различных горизонтах более древних образований [8]. Представлен он цикличными обломочными отложениями полимиктового или пемзового состава (продукты разрушения нижележащих пород) с редкими прослоями базальтовых лав и вулканических брекчий [9]. Нижнеплейстоценовый комплекс платоэффузивов сложен переслаивающимися потоками базальтового, андезибазальтового, андезитового, редко дацитового составов мощностью от 5–10 до 50 м. В чередовании потоков наблюдается антидромная цикличность: в разрезах неоднократно потоки андезитов сменяются потоками андезибазальтов и базальтов, которые также завершают формирование плато. Базальт-андезитовая плейстоцен-голоценовая серия влк. Тятя характеризуется преобладанием базальтов и андезибазальтов при ограниченном развитии андезитов и более кислых пород. Базальт-андезит-дацитовая серия вулканов Менделеева и Головнина характеризуется преобладанием андезитов, дацитов, реже риодацитов при ограниченном развитии базальтов. Вулканы имеют кальдеры и центральные экструзивные купола голоценового возраста. Более древние части построек, сложенные пирокластами с редкими потоками андезибазальтов и андезитов, относятся к плейстоцену. Базальты известны только на влк. Головнина [9]. Приведенные сведения свидетельствуют о важной роли дифференциации исходных базальтовых магм в формировании разновозрастных серий изверженных пород о-ва Кунашир.

На диаграмме, разделяющей серии океанских и континентальных пород [7] (рис. 2а), видно, что океанские и континентальные породы представлены всеми типами неогеновых и четвертичных эффузивных и интрузивных пород, при этом следует учитывать, что на эту диаграмму не нанесено большое количество океанских и континентальных пород со значением фактора $t > 15,5$. Также на этой диаграмме отчетливо выражен постепенный переход от океанских пород к континентальным в диапазоне значений фактора t от 5 до 15,5. На факторных диаграммах для определения геодинамических обстановок формирования океанских и континентальных базальтов [3] (рис. 2б, в) отчетливо видно, что океанские базальты неогенового, плейстоценового (платоэффузивы) и голоценового возраста сформировались в обстановке океанской островной дуги или окраинного моря (IAB), а разновозрастные континентальные базальты и платобазальты – в островодужной обстановке. Континентальные изверженные породы обнаружены во всех районах опробования, обозначенных на рис. 1, а океанские – только в районах 1–3, 5–9 и на вулканах Менделеева и Головнина.

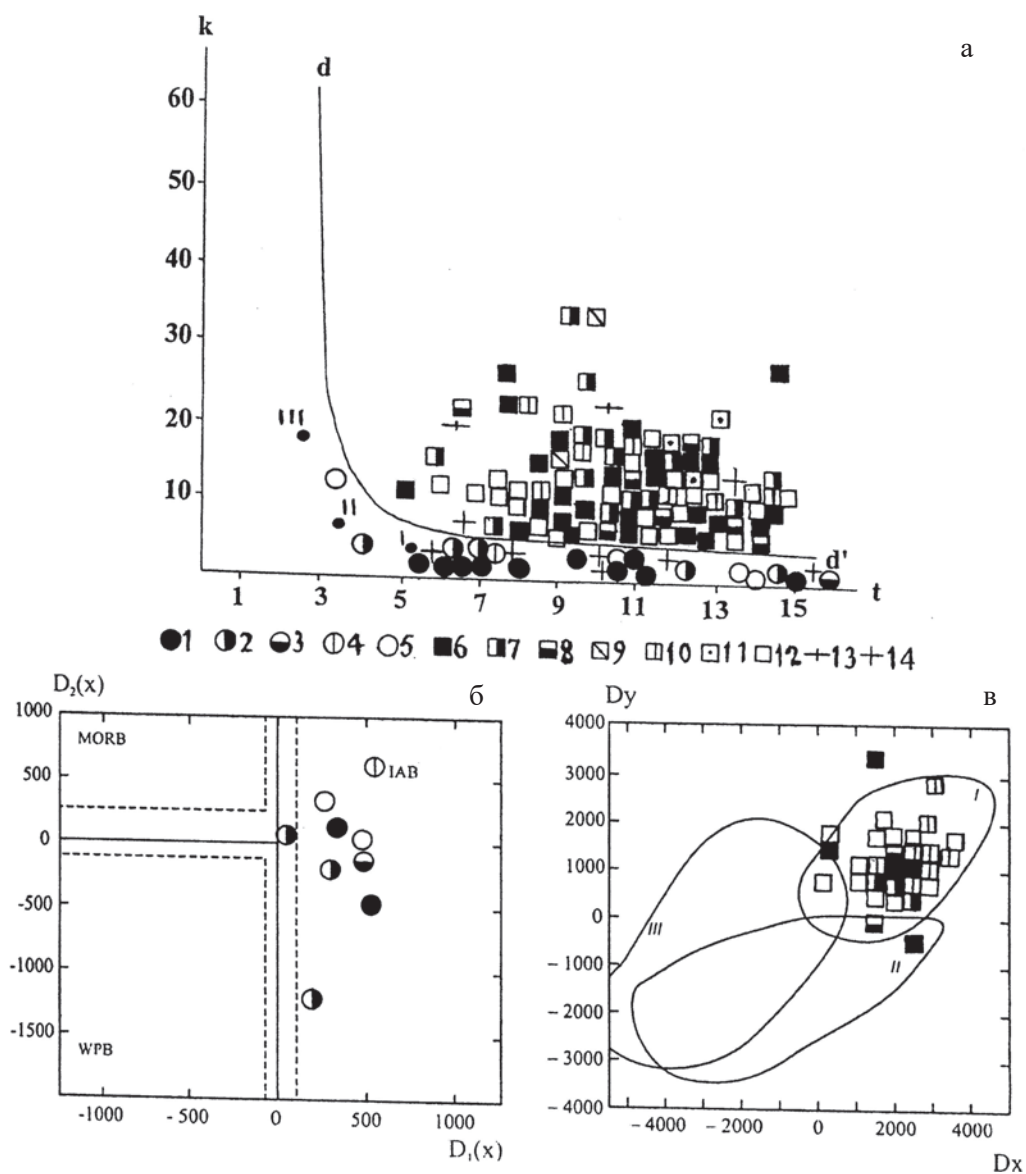


Рис. 2. Факторные диаграммы для разграничения океанских и континентальных изверженных пород (а) [7] и определения геодинамических обстановок формирования океанских (б) и континентальных (в) базальтов [3]. Условные обозначения (а): 1–5 – изверженные породы океанские: 1 – нижне-среднемиоценовые, 2 – верхнемиоценовые–нижнеплиоценовые, 3 – плиоценовые, 4 – плейстоценовые, 5 – голоценовые; 6–11 – континентальные: 6 – нижне-среднемиоценовые, 7 – верхнемиоценовые–нижнеплиоценовые, 8 – плиоценовые; 9–11 – плейстоценовые: 9 – ксенолиты цоколя влк. Тятя, 10 – платоэффузивы, 11 – влк. Руруй; 12 – голоценовые вулканов Тятя, Менделеева, Головнина; 13–14 – океанские и континентальные: 13 – диориты, 14 – граниты; dd' – дискриминантная линия, разделяющая составы океанских и континентальных изверженных пород; k , t – факторы для разграничения океанских и континентальных пород; I–III – средние составы океанских базальтов: I – срединно-океанских хребтов, II – океанских островов, III – щелочных оливиновых базальтов [7]; буквами на дискриминантной диаграмме (б) обозначены: $D_1(x)$, $D_2(x)$ – факторы для разграничения океанских спрединговых (MORB), внутриплитных (WPB), островодужных и окраинно-морских (IAB) базальтов [3]; буквами на дискриминантной диаграмме (в) обозначены: D_x , D_y – факторы для разграничения островодужных (I), трапповых (II) и континентальных рифтовых (III) базальтов [3]

На рис. 3 показано распределение редкоземельных элементов (РЗЭ) и Hf в разновозрастных океанских и континентальных базальтах о-ва Кунашир, а также в андезибазальтах и единичных образцах базальтов, андезитов и дацитов вулканов Тятя, Менделеева и Головнина, нормированных к CI хондриту [11]. Близкие содержания нормализованных РЗЭ в океанских и континентальных типах пород исключают возможность влияния на

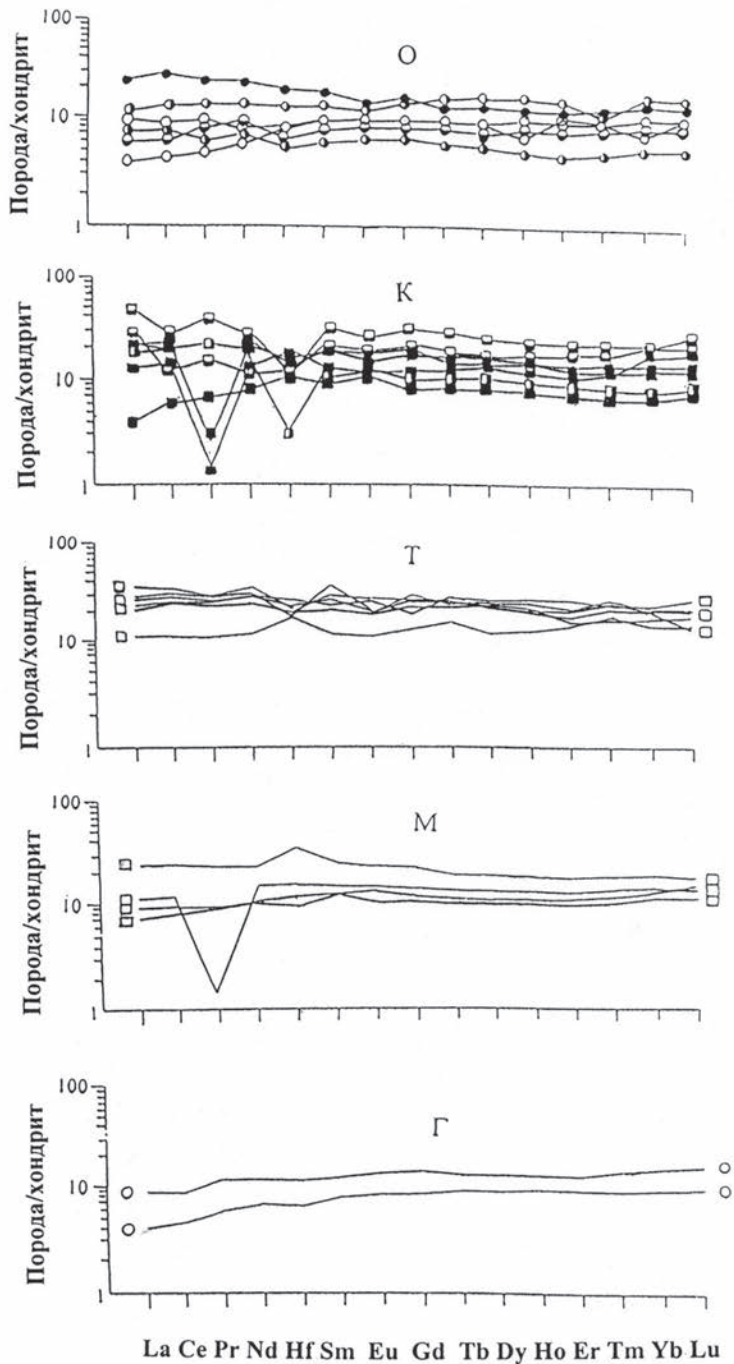


Рис. 3. Спектры распределения редкоземельных элементов и Hf в океанских (О) и континентальных (К) разновозрастных базальтах о-ва Кунашир и изверженных породах вулканов Тятя (Т), Менделеева (М), Головнина (Г), нормированных к CI хондриту по [11]. Остальные условные обозначения см. на рис. 2

изверженные породы коровой контаминации, что подтверждается и другими исследователями [5]. Все графики характеризуются преимущественно плоскими спектрами распределения, свидетельствующими о близких нормализованных содержаниях в них легких и тяжелых РЗЭ, или пониженными нормализованными содержаниями легких лантаноидов по сравнению с содержаниями тяжелых РЗЭ. Подобное распределение РЗЭ характерно для фронтальной зоны КОД [1]. Исключением является только распределение РЗЭ в континентальном базальте (рис. 3, верхний образец на К), отобранном на влк. Екатерина (4, рис. 1). Подобное распределение РЗЭ характерно для тыловой зоны КОД [1, 2]. Наблюдающееся на отдельных графиках резкое снижение нормализованных концентраций отдельных элементов, возможно, обусловлено высокими температурами плавления перидотитов мантийного клина во фронтальной зоне КОД и воздействием флюидов.

Установленное присутствие океанских пород типа IAB (рис. 2) и близкие нормированные содержания РЗЭ в океанских и континентальных породах (рис. 3) позволяют предполагать, что изверженные породы о-ва Кунашир формировались в составе энсиматической островной дуги. Однако известные энсиматические островные дуги сложены базальтами и андезитбазальтами, а в их основании присутствуют бониниты и марианиты. Для них нехарактерны также высокая степень дифференциации первичных расплавов и присутствие кислых эффузивных и интрузивных пород [2]. Следовательно, установленные петрогеохимические особенности океанских и континентальных изверженных пород о-ва Кунашир позволяют заключить, что они формировались во фронтальной зоне Курильской островной дуги на океанской земной коре. Появление голоценовых океанских пород среди продуктов извержений вулканов Менделеева и Головнина, возможно, обусловлено образованием кальдер этих вулканов.

Заключение

Таким образом, с помощью разработанного петрохимического метода определения магнегенерирующих тектоно-магматических структур и геодинамических обстановок формирования океанских и континентальных изверженных пород, а также использования только качественных силикатных анализов для вычисления факторов и построения факторных диаграмм удалось уточнить сложившиеся представления о происхождении рассматриваемых пород, а именно: впервые на о-ве Кунашир установлено присутствие океанских эффузивных и интрузивных пород, а также базальтов и платобазальтов, сформировавшихся в геодинамической обстановке, присущей океанским островодужным и окраинно-морским базальтам. Все континентальные изверженные породы, включая базальты и платобазальты, сформировались в островодужной обстановке. Петрогеохимические особенности океанских и континентальных изверженных пород о-ва Кунашир свидетельствуют об их формировании во фронтальной зоне Курильской островной дуги на океанской земной коре, при этом не обнаружено признаков коровой контаминации. Появление голоценовых океанских пород среди продуктов извержений вулканов Менделеева и Головнина, возможно, обусловлено образованием кальдер этих вулканов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А.Ю., Вольнец О.Н., Авдейко Г.П., Цветков А.А., Гладков Н.Г., Иванова Л.А., Савосин С.Н. Редкоземельные элементы в четвертичных вулканических образованиях Курильской островной дуги в связи с проблемой генезиса островодужных магм // Геохимия магматических пород современных и древних активных зон / отв. ред. Л.В. Таусон. Новосибирск: Наука, 1987. С 36–55.
2. Богатиков О.А., Цветков А.А. Магматическая эволюция островных дуг. М.: Наука, 1988. 248 с.
3. Великославинский С.Д., Глебовицкий В.А. Новая дискриминантная диаграмма для классификации островодужных и континентальных базальтов на основе петрохимических данных // Докл. АН. 2005. Т. 401, № 2. С. 213–216.

4. Гранник В.М., Левин Б.В. Петрохимический способ определения геодинамических обстановок формирования изверженных пород (на примере Шмидтовского террейна о. Сахалин) // Докл. АН. 2011. Т. 441, № 4. С. 499–503.
5. Мартынов Ю.А., Кимура Дж.И., Ханчук А.И., Рыбин А.В., Чашин А.А., Мартынов А.Ю. Магматические источники четвертичных лав Курильской островной дуги: новые данные по изотопам стронция и неодима // Докл. АН. 2007. Т. 416, № 5. С. 670–675.
6. Мартынов А.Ю., Мартынов Ю.А., Рыбин А.В., Кимура Дж.И. Роль задуговых процессов в происхождении субдукционных магм: новые данные по изотопии Sr, Nd и Pb в вулканитах ранних этапов формирования о. Кунашир (Курильская островная дуга) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56, № 3. С. 469–487.
7. Пискунов Б.Н. Геолого-петрологическая специфика вулканизма островных дуг. М.: Наука, 1987. 237 с.
8. Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И. Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис. М.: Наука, 1989. 239 с.
9. Фролова Т.И., Бурикова Н.А., Гушин А.В., Фролов В.Т., Сывороткин В.Л. Происхождение вулканических серий островных дуг. М.: Недра, 1985. 275 с.
10. Martynov A.I., Kimura Jun-Ichi., Martynov Y.A., Rybin A.V. Geochemistry of late Cenozoic lavas on Kunashir Island, Kurile Arc // Island Arc. 2010. Vol. 19. P. 86–104.
11. McDonough W.F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. Vol. 120. P. 223–253.