

УДК 552.323.5

DOI: 10.46698/VNC.2023.52.78.007

Оригинальная статья

Среднеюрские вулканогенные породы южной окраины Большого Кавказа и Абхазо-Рачинской зоны Закавказского срединного массива: геодинамическая типизация и минерагения

В.М. Газеев^{1, 2}, А.Г. Гурбанов^{1, 2}, И.А. Кондрашов¹

¹Институт геологии рудных месторождений петрографии, минералогии и геохимии
Российской академии наук, Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 35,
e-mail: ag.gurbanov@yandex.ru;

²Владикавказский научный центр Российской академии наук,
Россия, 363110, РСО-Алания, Пригородный район, с. Михайловское, ул. Вильямса, 1,
e-mail: vik.gaz.54@mail.ru

Статья поступила: 27.06.2023, доработана: 11.08.2023, принята в печать: 15.09.2023

Резюме: Актуальность работы. На южной окраине Большого Кавказа (БК) и смежной с ним Абхазо-Рачинской зоны Закавказского срединного массива распространены среднеюрские вулканиты и ассоциирующие с ними колчеданно–полиметаллические, медно–пирротиновые и свинцово–цинковые рудные объекты. Геохимическое изучение этих вулканитов необходимо для уточнения особенностей развития региона в этот временной период. **Целью исследования** является получение аналитических данных, уточнение геодинамической позиции и рудной специализации вулканитов. Объектом исследований являлись байосские эффузивные породы «Порфиритовой серии» (ПС), распространенные в Южной Осетии, Абхазии и Краснодарском крае. **Методы исследования** включали: петрографическое описание пород и их анализы количественными методами *XRF, ICP-MS*; расчеты геохимических характеристик, анализ дискриминационных диаграмм. **Результаты исследования.** Установлено, что вулканогенные породы ПС это умеренно- и низкомagneзиальные базальты, трахибазальты, андезибазальты, трахиандезибазальты с каликатровым и натровым типами щелочности. Их исходные расплавы образовались при 1–5% плавлении шпинелевых перидотитов. Производные этих расплавов близки к базальтам *E-MORB* типа – $La_N/Yb_N=1,3–5,4$, но от которых, на мультиэлементных диаграммах концентраций несовместимых элементов, они отличаются наличием отрицательных *Ta, Nb* аномалий, положительной аномалией *K*, а также более высокими концентрациями крупноионных элементов *Rb, Ba, Th, U* и *Sr*. На дискриминационных диаграммах фигуративные точки пород группируются в полях пород островных дуг и активных континентальных окраин. Отмечено, что вулканиты ПС, по своим характеристикам близки к породам среднеюрского «Задугового» дайкового пояса БК, но образовались они в более обогащенной флюидными компонентами зоне.

Ключевые слова: петрография, геохимия, геодинамическая типизация, минерагения.

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания ИГЕМ РАН, рег. № ЕГИСУ НИОКТР 121041500222-4 и госзадания КНИО ВНЦ РАН, рег. № АААА-А19-119040190054-8.

Для цитирования: Газеев В.М., Гурбанов А.Г. Кондрашов И.А. Среднеюрские вулканогенные породы южной окраины Большого Кавказа и Абхазо–Рачинской зоны Закавказского срединного массива: геодинамическая типизация и минерагения. *Геология и геофизика Юга России*. 2023. 13(3): 89–101. DOI: 10.46698/VNC.2023.52.78.007.

DOI: 10.46698/VNC.2023.52.78.007

Original paper

Middle Jurassic volcanogenic rocks of the southern margin of the Greater Caucasus and the Abkhazian-Racha zone of the Transcaucasian median massif: geodynamic typification and minerageny

V.M. Gazeev^{1, 2}, A.G. Gurbanov^{1, 2}, I.A. Kondrashov¹

¹Institute of geology of ore deposits, petrography, mineralogy and geochemistry RAS,
35 Staromonetny Lane, Moscow 119017, Russian Federation, e-mail: ag.gurbanov@igem.ru;

²Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 1 Williams str., Prigorodny
district, Mikhailovskoye village 363110, Russian Federation, e-mail: vik.gaz.54@mail.ru

Received: 27.06.2023, revised: 11.08.2023, accepted: 15.09.2023

Abstract. Relevance. On the southern margin of the Greater Caucasus (GC) and the adjacent Abkhaz-Racha zone of the Transcaucasian median massif, Middle Jurassic volcanic rocks and associated pyrite-polymetallic, copper-pyrrhotite and lead-zinc ore objects are common. The geochemical study of these volcanites is necessary to clarify the features of the development of the region during this time period. **The aim of the study** is to obtain analytical data, clarify the geodynamic position and ore specialization of volcanic rocks. The object of research was the Bajocian effusive rocks of the "Porphyrite Series", common in South Ossetia, Abkhazia and the Krasnodar Territory. **Research methods** included: petrographic description of rocks and their analysis by quantitative methods XRF, ICP-MS; calculations of geochemical characteristics, analysis of discrimination. **Results.** It has been established that the volcanic rocks of PS are moderately and low magnesian basalts, trachybasalts, andesite basalts, trachyandesite basalts with potassium and sodium types of alkalinity. Their initial melts were formed at 1-5% melting of spinel peridotites. The derivatives of these melts are close to E-MORB type basalts – $La_n/Yb_n = 1.3-5.4$, but from which, on the multi-element diagrams of the concentrations of incompatible elements, they differ in the presence of negative Ta and Nb anomalies, positive K anomalies, as well as higher concentrations of large-ionic elements Rb, Ba, Th, U and Sr. On the discrimination diagrams, figurative rock points are grouped in the rock fields of island arcs and active continental margins. It is noted that PS volcanic rocks are similar in their characteristics to the rocks of the Middle Jurassic "Behind the arc" dike belt GC, but they were formed in a zone more enriched in fluid components.

Keywords: petrography, geochemistry, geodynamic typification, minerageny.

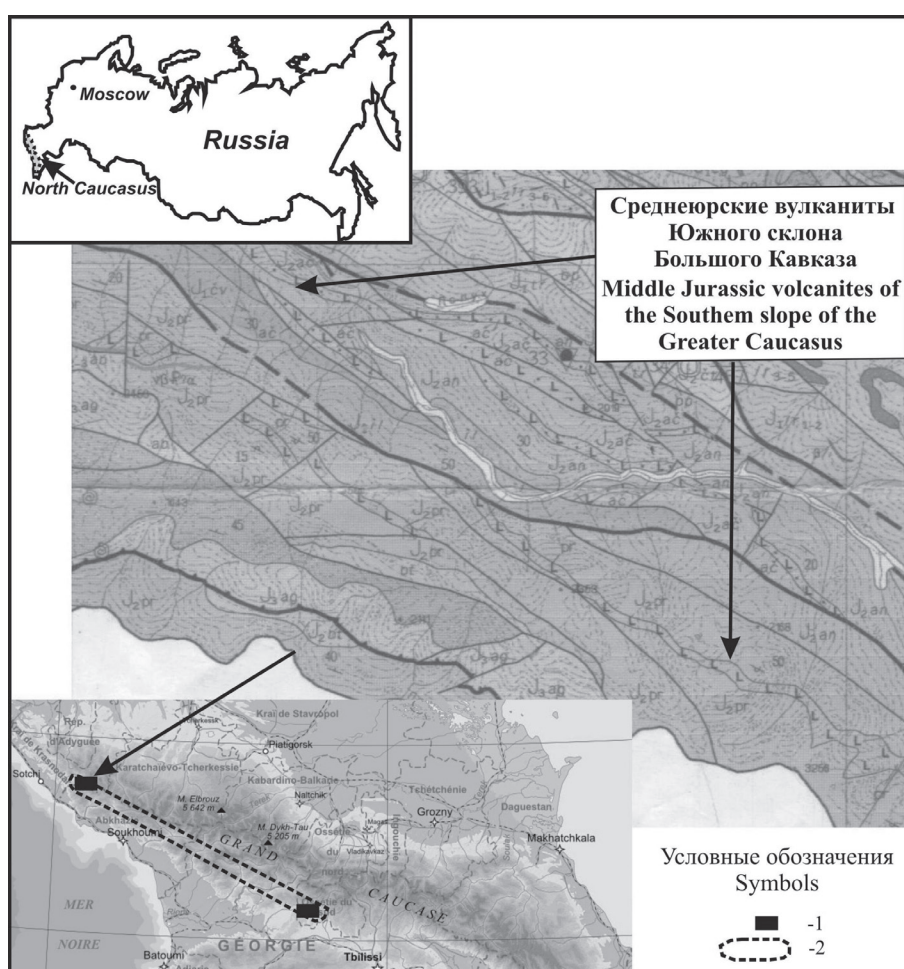
Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the state task of the IGE RAS, reg. No. EGISU NIOKTR 121041500222-4 and state orders of the KNIO VSC RAS, reg. No. AAAA-A19-119040190054-8.

For citation: Gazeev V.M., Gurbanov A.G. Kondrashov I.A. Middle Jurassic volcanogenic rocks of the southern margin of the Greater Caucasus and the Abkhaz-Racha zone of the Transcaucasian median massif: geodynamic typification and minerageny. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2023. 13(3): 89-101. DOI: 10.46698/VNC.2023.52.78.007.

Введение

Петролого-геохимическое изучение ранне-, среднеюрских вулканогенных образований, распространенных на южной окраине Большого Кавказа (БК) и в Абхазо-

Рачинской (АР) зоне Закавказского срединного массива, является важной проблемой. Ее актуальность очевидна в связи с тем, что в этот период времени здесь сформировались многочисленные колчеданно-полиметаллические, медно-пирротиновые, свинцово-цинковые месторождения и рудопроявления. Целью исследования является изучение байосских вулканитов «Порфиритовой серии» и сопровождающих их даек, уточнение их петрогенетических особенностей, геодинамической типизации и минерагенической специализации. Объектами для исследования выбраны эффузивные породы ПС, распространенные в Южной Осетии, на востоке АР СФЗ и синхронные с ними вулканогенные образования Абхазии и Краснодарского края на западе АР СФЗ. В разрезе среднеюрских отложений по долине р. Мзымты (рис. 1) выделяют «Кутыкухскую», «Ацетукскую», «Рицинскую» и «Ризгинскую» свиты.



туффи́тов с горизонтами лав, лавобрекчий авгитовых порфи́ритов (Ацетукская свита до 800 м); чередованием туфов, туфобрекчий с редкими горизонтами лав основного состава (Рицинская свита до 500 м); переслаиванием туфов, туфопесчаников и туфогравелитов и в верхней части перекрываемых аргиллитами (Ризгинская свита, более 330 м). Общая мощность ПС достигает 2000 м. Байосский возраст принят условно, по находкам *Adabofoloceras* sp. (ex gr. *abichi* Uhlig), *Parkinsonia* «*depressa*» Qu., *P. djanelidzei* Kakh., *Nannolytoceras tripartitum* Rasn [Лаврищев и др., 2001]. В бассейне р. Бзыби разрез пород ПС состоит из переслаивающихся слоев туфов базальтового состава, подушечных лав, лавовых потоков, полосчатых туффи́тов и туфобрекчий. Часто встречаются дайки и силлы [Менгел и др., 1993].

Восточнее в бассейне р. Ингури вулканогенная толща сложена пирокластитами, лавобрекчиями, в меньшей степени лавами и субвулканическими телами. Нижние горизонты толщи сложены преимущественно спилитами, выше залегают авгит-плагиоклазовые порфи́риты. Ими же сложены дайки, межпластовые и субвулканические тела. Аналогичный разрез ПС, состоящий из спилитов, шаровых лав, порфи́ритов и их туфов, наблюдается в междуречье Большая Лиахви–Джоджора. Мощность вулканогенной толщи Южного склона достигает 3,0–3,5 км [Борсук, 1979]. Мощные вулканические процессы в средней юре протекали и на Малом Кавказе, где в байосском ярусе выделяют два этапа в проявлении вулканизма. В нижнебайосское время формировалась толща, состоящая из пирокластитового материала, лавовых потоков и субвулканических тел андезитового и андезибазальтового состава. В верхнебайосское время изливались кислые лавы [Абдуллаев, 1963].

Материал и методы его исследования

Изучена коллекция образцов пород, собранная в 2010–2018 гг. при исследовании разрезов «Порфи́ритовой серии» по долинам рек Большая Лиахви, Лопанис–Цкали, Паца, Грамула. Аналитические данные получены в ЦКП «ИГЕМ-Аналитика»: рентгено-флуоресцентным анализом (*XRF*) на спектрометре «Респект-100» (15 проб) и спектроскопией с индукционно–связанной плазмой (*ICP-MS*) на масс-спектрометре *X-Series II* (10 проб). Контроль точности анализов осуществлялся российскими и международными стандартами. Дополнительно (*XRF*) анализы по вулканитам ПС Абхазии заимствованы из литературных источников [Менгел и др., 1993].

Результаты работы и их обсуждение

На классификационной диаграмме ($Na_2O + K_2O$)– SiO_2 (рис. 2) фигуративные точки (ФТ) составов пород ПС группируются преимущественно в поле трахибазальтов и в меньшей мере – базальтов и андезибазальтов, в единичных случаях – в полях трахиандезитов и андезитов. Состав пород в Абхазии ($\Sigma/39$ проб): $SiO_2 = 48,0\%$, $TiO_2 = 1,0\%$, $Al_2O_3 = 16,9\%$, $Na_2O = 3,6\%$, $K_2O = 1,5\%$, а в Южной Осетии ($\Sigma/10$ проб): $SiO_2 = 49,5\%$, $TiO_2 = 0,9\%$, $Al_2O_3 = 17,2\%$, $Na_2O = 4,2\%$, $K_2O = 1,3\%$ (таблица 1) не претерпел существенных изменений. Преобладающие базальты, трахибазальты, андезибазальты и трахиандезибазальты встречаются совместно и образуют единую группу пород. Их структура сериальнопорфировая, гломеропорфировая или микродиабазовая и диабазофитовая. Во вкрапленниках: плагиоклаз и моноклинный пироксен (авгит). Плагиоклаз представлен кристаллами нескольких генераций. Наиболее крупные выделения размером до $0,5 \times 2,0$ см представлены лабрадором с ха-

рактерной ситовидной структурой, вторая генерация – андезин. Иногда плагиоклаз серицитизирован, деанортизирован и альбитизирован. Авгит отмечается в виде реликтов вкрапленников замещенных буроватым идингсито–подобным веществом в промежутках между кристаллами плагиоклаза первой генерации. В некоторых случаях он имеет пойкилитовое строение, и содержит включения рудного минерала и плагиоклаза. Основная масса микролитовая, интерсертальная, реже гиалопилитовая. Состоит из микролитов олигоклаз-андезина, рудных минералов (магнетита, пирита), хлорита, апатита, реже встречаются амфибол, калиевый полевой шпат и эпидот. Вторичные минералы выполняют миндалины, микропрожилки и новообразования в основной массе. Они представлены карбонатом, хлоритом, идингситом, пренитом, редко гиrolитом. Андезиты имеют сериально-порфировую и гломеро-порфировую структуры. Вкрапленники представлены плагиоклазом и реликтами темноцветных минералов: роговой обманки и реже авгита. Плагиоклаз первой генерации с размером зерен до 1,5–3,0 мм, представлен кристаллами серицитизированного олигоклаз-андезина и ситовидного лабрадора, в ядерной части которого отмечается олигоклаз. Вторая генерация с размером зерен до 0,3–0,5 мм представлена лабрадором. Основная масса аллотриаморфная, кварц-полевошпатовая с примесью амфибола, хлорита, рудного минерала, апатита с многочисленными микропрожилками карбоната.

Таблица 1 / Table 1

**Результаты РФА и ICPMS анализов пород (оксиды вес. %, элементы г/г) /
Results of XRF and ICP-MS analyzes of rocks (oxides in wt.%, elements in ppm)**

Sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	50,87	46,73	43,99	52,77	48,19	48,51	50,21	49,29	54,25	49,98
TiO ₂	1,02	1,16	0,98	0,48	0,91	1,12	0,97	0,87	0,80	0,96
Al ₂ O ₃	16,17	16,95	15,46	15,62	17,22	16,94	18,28	21,15	18,23	15,75
Fe ₂ O ₃	9,96	9,20	6,86	2,83	11,00	11,99	9,75	9,06	9,25	11,49
MnO	0,19	0,09	0,18	0,08	0,15	0,19	0,17	0,14	0,12	0,21
MgO	5,52	4,77	4,73	1,18	5,12	5,14	4,85	2,59	2,71	6,07
CaO	5,26	9,42	11,72	10,54	6,92	4,08	6,87	10,98	6,31	4,78
Na ₂ O	4,44	2,04	2,04	7,80	4,48	5,41	4,62	2,40	4,15	5,20
K ₂ O	1,94	0,58	4,24	0,36	1,12	1,34	0,73	0,92	0,93	0,53
P ₂ O ₅	0,25	0,18	0,26	0,18	0,18	0,24	0,15	0,20	0,09	0,12
ппп	4,18	8,71	9,25	8,07	4,52	4,82	3,25	2,21	3,03	4,76
Сумма / Sum	99,8	99,83	99,71	99,91	99,81	99,78	99,85	99,81	99,87	99,85
Cr	105	19	130	18	38	30	35	13	10	79
V	192	302	218	108	266	266	242	258	149	263
Co	18	21	20	20	38	32	27	27	20	43
Ni	37	12	52	29	33	20	16	14	10	25
Cu	81	24	78	61	235	390	83	220	94	158
Zn	76	93	92	34	83	134	84	70	73	104
Pb	10	10	10	14	10	12	10	10	10	10
Rb	46	17	82	10	22	31	22	24	28	14
Sr	382	340	426	119	249	256	269	467	197	92

Ba	176	178	609	61	176	179	98	156	148	70
Zr	145	116	73	132	55	75	62	42	64	69
Y	40	37	26	19	27	33	29	23	29	29
Li	32	67,8	50	6,9	13,9	28,1	13,9	3,2	13,8	16,9
Be	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,7	0,4	0,5	0,5	0,4
Sc	40,6	37,2	36,6	33	44,2	41,6	44,7	40,1	41,8	52,4
Ti	6377	6998	6212	3299	6824	7753	6629	6195	5532	6927
Nb	7,1	4,8	6,8	5,3	1,7	2,1	1,9	1,5	2	1,6
Mo	1,2	0,8	1,3	2	1,4	1,7	1,2	1,5	1,4	1,3
Ag	1,0	0,9	0,7	0,9	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
Cd	0,4	0,6	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Cs	0,7	1,6	4,2	0,3	3	2,9	0,8	0,2	1,4	0,5
La	15,4	12,3	13	13	8	10	6,3	9,1	4,8	4,7
Ce	36	27,6	28,8	28,6	18,5	23,9	15,8	20,8	11,6	12,1
Pr	4,6	3,6	3,6	3,4	2,5	3,1	2,2	2,8	1,7	1,8
Nd	20,3	16,2	15,8	13,8	11,8	14,8	10,6	13	8,4	8,8
Sm	4,8	4,2	3,7	2,8	3,1	4	3	3,4	2,7	2,7
Eu	1,4	1,4	1,5	0,7	1,1	1,3	1,1	1,2	1,1	1
Gd	5,1	4,6	4,4	3	3,3	4,2	3,3	3,6	3,1	3
Tb	0,9	0,8	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
Dy	4,8	4,8	3,8	2,6	3,4	4,2	3,8	3,5	4	3,7
Ho	1	1	0,8	0,6	0,7	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8
Er	3	3	2,4	1,7	2,1	2,6	2,4	2,1	2,6	2,4
Tm	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
Yb	3	2,9	2,3	1,7	2	2,4	2,2	2	2,6	2,3
Lu	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
Hf	3,8	3,1	2,5	2,3	1,6	2,1	1,8	1,7	1,8	1,7
Ta	0,6	0,4	0,5	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
W	0,9	0,8	0,9	0,8	0,6	0,7	0,5	0,6	0,6	0,5
Bi	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Th	5,3	3,1	2,7	7,3	1,5	2,2	1,2	1,8	1,1	0,8
U	1,5	1,2	4,3	1,4	0,4	0,6	0,3	0,5	0,3	0,3

Примечание: 2, 8 – базальт (*basalt*); 1, 3, 5, 6, 7, 10 – трахибазальт (*trachybasalt*); 9 – андезибазальт (*andesibasalt*); 4 – трахиандезибазальт (*trachyandesibasalt*).

На AFM диаграмме (Na_2O+K_2O)– FeO – MgO (рис. 2) ФТ рассматриваемых вулканитов группируются в поле пород известково–щелочной серии. На диаграммах SiO_2 – петрогенные элементы видна отрицательная корреляция TiO_2 , MgO с SiO_2 . Содержания Na_2O , K_2O , CaO существенно варьируют при одних и тех же значениях SiO_2 . Это умеренно-титанистые, умеренно- и низкомагнезиальные, с невысоким сильно варьирующим $Mg^{\#}$ (0,36–0,57), умеренно- и высокоглиноземистые ($Al^I=0,89–3,89$), умеренно- и высококалиевые образования с калинатовым и натровым типами щелочности $Na_2O/K_2O=2,2–6,3$. U/Th отношение в большинстве случаев $0,3<1,0$ указывает на неизменность составов пород наложенными процессами.

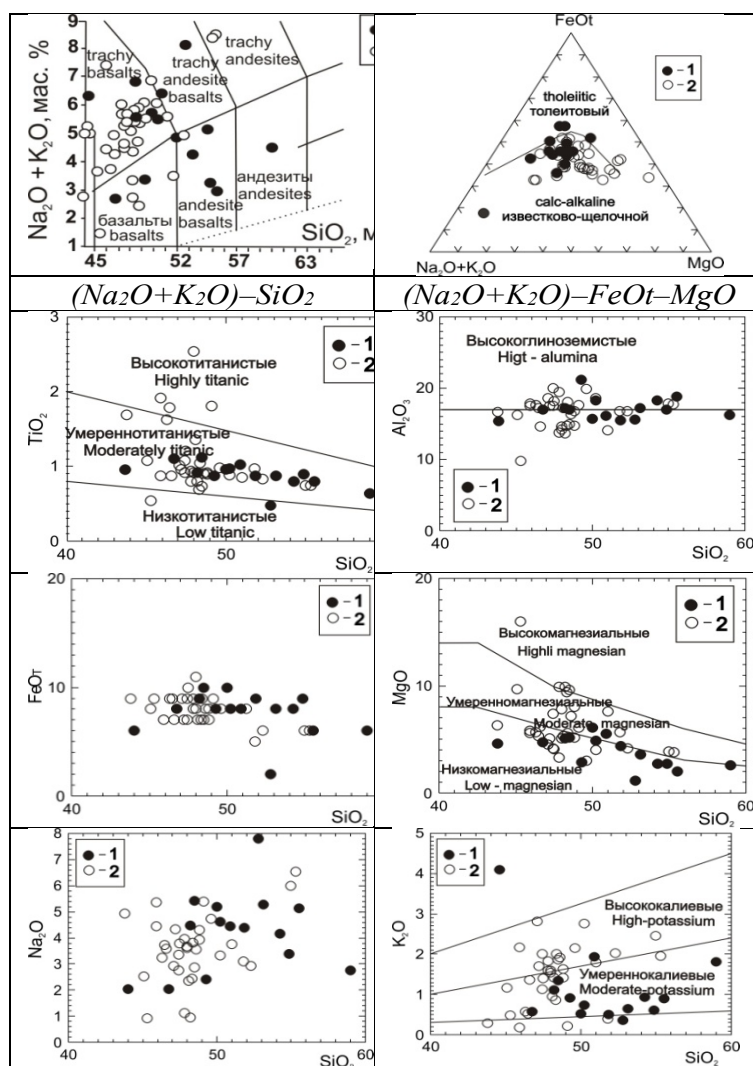


Рис. 2. Составы вулканитов на классификационных диаграммах и диаграммах концентраций петрогенных компонентов (в мас. %).

Условные обозначения: Районы опробования вулканитов (1) Южная Осетия;
(2) Абхазия [Менгел и др., 1993] /

Fig. 2. Compositions of volcanics on classification diagrams and diagrams of concentrations of petrogenic components (in wt.%). Symbols: Volcanic sampling areas (1) – South Ossetia;
(2) – Abkhazia [Mengel et al., 1993]

На дискриминационной диаграмме (ДД) $Y/15 - La/10 - Nb/8$ [Cabanis, Lecomte, 1989] (рис. 3) ФТ пород располагаются в полях толеитовых и известково-щелочных базальтов вулканических дуг и континентальных базальтов. K/Rb отношение, часто используемое чтобы показать зависимость между мощностью гранитного слоя и металлогенией, в породах ПС варьирует от 428 до 282, что соответствует континентальным базальтам (400) и андезитам (250). На ДД $Nb \times 2 - Zr/4 - Y$ [Meschede, 1986] ФТ расположены в полях базальтов $N-MORB$ и $E-MORB$ типов. На ДД $TiO_2 - K_2O$ [Миронов и др., 1999] ФТ сгруппированы в полях базальтов островных дуг и частично задуговых зон спрединга. На ДД $Th/Yb - Ta/Yb$ [Gorton, Schandl, 2000] – в поле АСМ – пород активных континентальных окраин. На ДД $Nb/Y - Zr/Y$ [Condie, 2005], где выделены геодинамические обстановки и компоненты дающие вклад в образование базальтов, ФТ группируются вблизи линии ΔNb в поле базальтов оке-

анических плато и островодужных базальтов, между точками РМ – примитивной мантии и EN – мантии с обогащенной компонентой. На ДД $Sm/Yb - La/Sm$ [Школьник и др., 2009] ФТ группируются вдоль тренда плавления шпинелевых перидотитов. Степень плавления субстрата в пределах 1–5%. Отношение Ni/Co варьирует в интервале 0,3–5,6 со средними значениями: в Южной Осетии 1,0; в Абхазии и Краснодарском крае 1,9. $Ni/Co \geq 3$ свидетельствует о мантийном генезисе магм и вероятно о их дифференциации в промежуточных очагах ($Ni/Co < 2.5$) [Мустафаев, 2003].

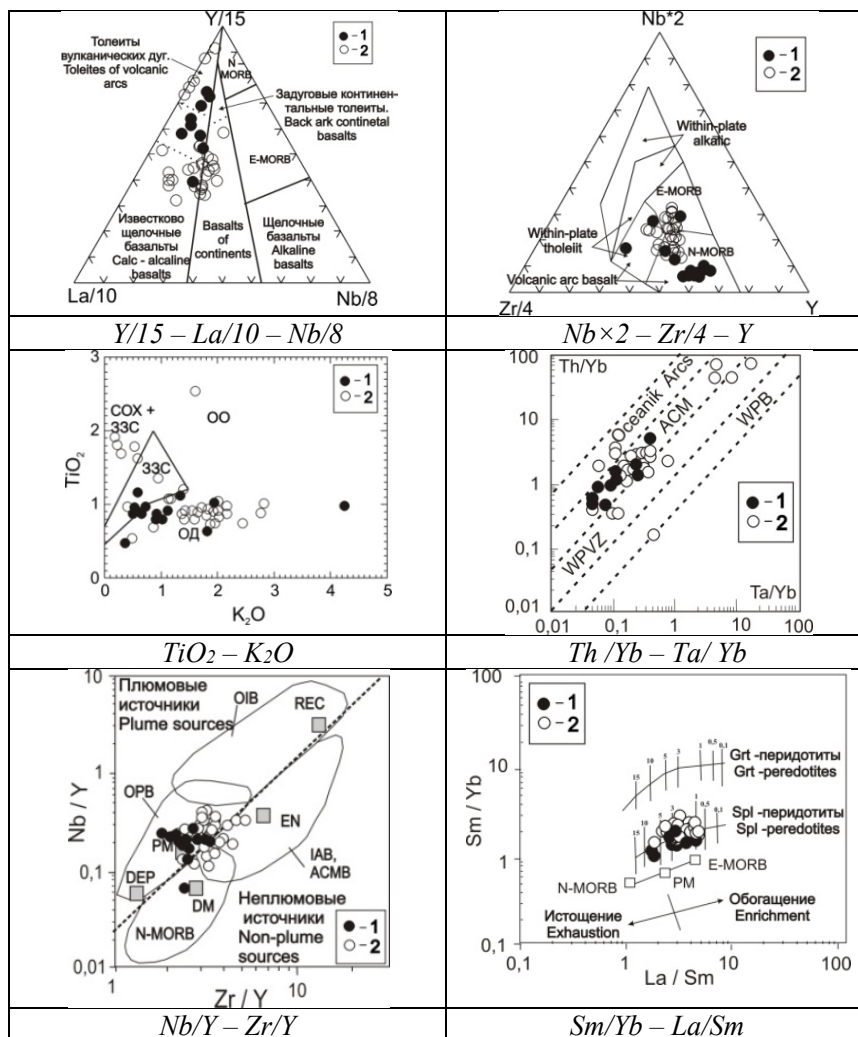


Рис. 3. Составы пород на дискриминационных и петрогенетических диаграммах.
 На диаграммах: $TiO_2 - K_2O$ поля составов базальтов COX – срединно-океанических хребтов, OO – океанических островов, 33C – задуговых зон спрединга, ОД – островных дуг;
 $Th/Yb - Ta/Yb$ Oceanic Arcs – океанических дуг, ACM – активных континентальных окраин, WPVZ – внутриплитных вулканических зон, WPB – внутриплитных базальтов;
 $Nb/Y - Zr/Y$ OIB базальты океанических островов, OPB – базальты океанических плато, MORB – базальты срединно-океанических хребтов, РМ – примитивная мантия, ДМ – верхняя деплетированная мантия, ДЕР – нижняя деплетированная мантия, EN – обогащенная компонента /

Fig. 3. Rock compositions on discrimination and petrogenetic diagrams.
 In the diagrams: $TiO_2 - K_2O$ compositional fields of basalts MOR – mid-ocean ridges, OO – oceanic islands, WZS – back-arc spreading zones, OD – island arcs; $Th/Yb - Ta/Yb$ Oceanic Arcs – oceanic arcs, ACM – active continental margins, WPVZ – intraplate volcanic zones, WPB – intraplate basalts;
 $Nb/Y - Zr/Y$ OIB oceanic island basalts, OPB oceanic plateau basalts, MORB mid-ocean ridge basalts, PM primitive mantle, DM upper depleted mantle, DER lower depleted mantle, EN enriched component

Редкие земли (*REE*) в вулканитах, нормированные к хондриту [Sun, McDonough, 1989] (рис. 4) имеют фракционированные тренды распределения *REE*, близкие с трендом *E-MORB* или занимают промежуточное положение между типичными составами *E-MORB* и *OIB*. La_n/Yb_n отношение (показатель степени фракционирования *REE*) варьирует от 1,3 до 5,4; $La_n/Sm_n = 1,1-3,0$; $Gd_n/Yb_n = 1,0-1,6$. Величина Eu/Eu^* (где $Eu^* = (Sm_n + Gd_n)/2$) варьирует в пределах 0,7–1,1. ΣREE 45–101 г/т; Σ/n 68 ($n=10$). На мультиэлементной диаграмме несовместимых элементов показаны их концентрации, нормированные по *N-MORB* [Sun, McDonough, 1989]; отмечается, что спектры вулканитов ПС (рис. 4) сопоставимы с базальтами *E-MORB*. Некоторые отличия от которых заключаются в наличии отрицательных *Ta*, *Nb* аномалий, положительной аномалии *K*, а также в более высоких концентрациях крупноионных элементов *Rb*, *Ba*, *Th*, *U* и *Sr*. Сравнение кларковых величин концентрации ($K \geq 1,0$) базальтов из Южной Осетии $Ag_{6,5} Be_{2,2} Bi_{2,0} U_{1,8} Pb_{1,7} Cd_{1,6} Li_{1,6} Cu_{1,5} Th_{1,5} Cs_{1,5} Sc_{1,3} Zn_{1,0}$ и Абхазии (по опубликованным элементам) [Менгел и др., 1993] $Th_{2,3} Li_{1,5} Ba_{1,2} Sr_{1,1} Co_{1,1} Nb_{1,0} (Zn_{0,9})$ с породными эталонами из разных геодинамических обстановок [Гусев и др., 1999] показывает, что они сопоставимы с образованиями островных дуг и краевых вулcano-плутонических поясов активных континентальных окраин.

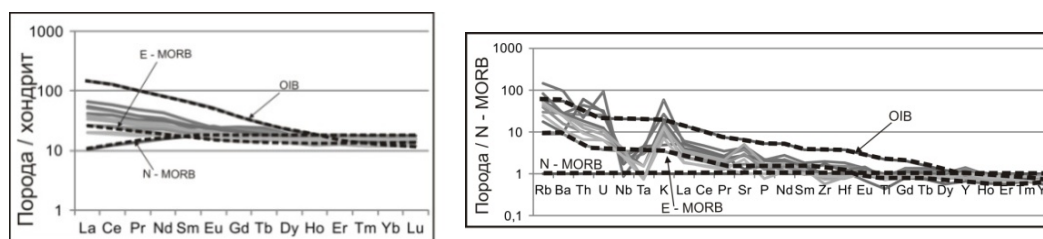


Рис. 4. Составы пород на спайдер-диаграммах.

Концентрации несовместимых элементов, нормированы по *N-MORB*,
Концентрации *REE*, нормированы к хондриту по [Sun, McDonough, 1989] /

Fig. 4. Compositions of rocks on spider diagrams.

Concentrations of incompatible elements normalized to *N-MORB*, *REE* concentrations normalized to chondrite according to [Sun, McDonough, 1989]

Вулканиты «Порфиритовой серии» относятся к образованиям среднеюрского вулканического пояса простирающегося на 1500 км, от Южного Крыма до Южного Каспия. Вулканическая активность началась здесь после фазы регионального сжатия на границе аалена и байоса. Накопление вулканитов ПС происходило в морской, преимущественно мелководной, обстановке. Геодинамическая интерпретация условий образования данного вулканического пояса дискуссионна, но большинство исследователей связывает его формирование с зоной/зонами субдукции и отмечают, что данный пояс маркировал юрскую окраину континента на границе с океаном Нео-Тетис. [Никишин и др., 2005; Леонов и др., 2007; McCann et al., 2010]. Изученные вулканиты – это умеренно- и низкомагнезиальные образования. Их исходные расплавы формировались при частичном, 1–5% плавлении шпинелевых перидотитов не примитивной, а вероятно несколько более обогащенной (метасоматизированной) мантии. Слабо дифференцированный в области *TREE* спектр распределения ($Gd_n/Yb_n = 1,0-1,6$) указывает на отсутствие остаточного граната в мантийном источнике. Постоянство состава и единые тренды ФТ пород на петрохимических диаграммах для пород от Южной Осетии до Абхазии и Краснодарско-

го края позволяют предположить существование для них единой исходной магмы. Значения $Mg^{\#}=0,36-0,57$ указывают на то, что расплав, из которого сформировались вулканы, был частично дифференцирован за счет фракционирования оливина и возможно пироксена. Присутствие в породах ситовидных плагиоклазов с включениями стекла свидетельствует о неравновесном росте кристаллов из «перехлажденного» расплава, либо с их полибарической кристаллизацией при подъеме последнего [Kuritani, 1999], указывая на сложную эволюцию исходных расплавов. Следует отметить, что породы ПС обогащены *Ba*, *U*, *Sr*; являющимися индикаторами флюидного «субдукционного» компонента, а повышенные содержания *Th*, немобильного в водном флюиде, могут свидетельствовать, об участии осадочного компонента в магмогенезисе [Мартынов, 2010; Школьник и др., 2009]. На дискриминационных диаграммах ФТ пород группируются в полях толеитовых и известково-щелочных базальтов островных дуг (ОД) и активных континентальных окраин (АКО). По геохимическим критериям (K/K рудных элементов) они также сопоставимы с породами ОД и АКО. Редкие земли нормированные к хондриту [Sun, McDonough, 1989] характеризуются фракционированными трендами распределения *REE*, близкими с базальтами *E-MORB* типа и отсутствием значительных аномалий европия ($Eu/Eu^* = 0,7-1,1$). По этому критерию, вулканы ПС сходны с породами среднеюрского «Задугового» дайкового пояса БК и с мафическими породами «Чегем-Черекского», «Карачаевского», «Западно-Кавказского» вулканических районов. С другой стороны они отличаются от раннеюрских образований диабаз-пикритовой формации БК, характеризующихся спектрами *REE N-MORB* типа. Отметим, что базальтоиды «Задугового» пояса имеют более высокие содержания титана (1,1–2,5%) и четкий толеитовый тренд дифференциации пород [Газеев и др., 2018], по-видимому, это указывает на то, что вулканы ПС формировались в зоне более обогащенной флюидными компонентами. Известно, что с юрскими вулканоплутоническими комплексами, имеющими широкое распространение на территории БК и Скифской плиты, связаны многочисленные рудные объекты. Здесь выделяют несколько киммерийских металлогенических зон, наиболее значимыми среди которых являются: Приводораздельная металлогеническая зона (ПМЗ) и Северо-Кавказский полиметаллический пояс (СКПП). В ПМЗ в связи с эффузивными и гипабиссальными породами основного состава сформировались месторождения с медно-пирротинным (Кизил-Дере), колчеданно-полиметаллическим (Филизчай), а также рудопроявления с кварц-халькопиритовым и кобальтовым оруденением. В СКПП присутствуют многочисленные серебро-свинцово-цинковые месторождения (Садон, Згид, Фаснал и др.) ассоциирующие с породами среднего и кислого состава [Черницын, 1977]. Обычно при палеогеодинамических исследованиях связь оруденения с вулканизмом устанавливается по их пространственной и временной близости. На устаревших картах полезных ископаемых 1955–1956 годов масштаба 1:200000 (Кавказская серия, листы К-38-ХI, ХII, ХIII) показаны вулканы ПС с которыми ассоциируют баритовые, барит-полиметаллические, свинцово-цинковые, колчеданные рудопроявления и месторождения. Известно, что при формировании колчеданных и полиметаллических месторождений существенную роль играли приповерхностные магматические очаги. Они являлись источниками энергии для возникновения и функционирования конвективных гидротермальных систем, а вмещающие породы служили источником рудных компонентов экстрагируемых гидротермальными растворами [Миронов и др., 1999; Павлов, 1975]. В последние

десятилетия на БК, в результате целенаправленных поисков, открыты рудные объекты «черно-сланцевого» золото-серебро-полиметаллического и золото-платиноидного с полиметаллами типов оруденения [Гурбанов и др., 2021]. Очевидно, что зона развития вулканитов ПС является перспективной для подобных исследований, и в первую очередь, это территории с приповерхностными магматическими очагами, зонами вторичных изменений вулканитов и вмещающих углеродистых флиш-идных (черносланцевых) толщ.

Выводы

Изучены петрохимические особенности байосских вулканогенных пород относимых к «Порфиритовой серии» Южного склона Большого Кавказа. Показано, что вулканиты представлены преимущественно умеренно- и низкомагнезиальными, умеренно- и высококалиевыми базальтами, трахибазальтами, андезибазальтами, трахиандезибазальтами с калинатовым и натровым типами щелочности. Их исходные расплавы образованы при плавлении шпинелевых перидотитов, а производные этих расплавов близки к базальтам *E-MORB* типа, отличаясь от последних наличием отрицательных аномалий *Ta*, *Nb*, и более высокими концентрациями крупноионных элементов *K*, *Rb*, *Ba*, *Th*, *U* и *Sr*. По геохимическим и петрохимическим критериям изученные породы сопоставимы с породами островных дуг и активных континентальных окраин. Установлено, что вулканиты ПС южного склона БК близки по ряду своих характеристик к породам среднеюрского «Задугового» дайкового пояса БК, но сформировались в отличие от них в зоне более обогащенной флюидными компонентами. Показано, что с вулканитами ассоциируют баритовые, барит-полиметаллические, свинцово-цинковые, колчеданные рудопрооявления и месторождения. Предполагается, что зона развития вулканитов ПС является перспективной для поиска объектов «черносланцевого» золото-серебро-полиметаллического и золото-платиноидного с полиметаллами типов оруденения.

Литература

1. Абдуллаев Р.Н. Мезозойский вулканизм Северо-Восточной части Малого Кавказа. – Баку: Изд. АН Азерб. ССР, 1963. – 218 с.
2. Борсук А.М. Мезозойские и кайнозойские магматические формации Большого Кавказа. – М.: Наука, 1979. – 300 с.
3. Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Кондрашов И.А. Основные породы среднеюрского задугового дайкового пояса Большого Кавказа (геохимия, вопросы петрогенезиса и геодинамическая типизация). // Геология и геофизика Юга России. – 2018. – №2. – С. 16–29. DOI: 10.23671/VNC.2018.2.13925
4. Гурбанов А.Г., Докучаев А.Я., Газеев В.М., Гурбанова О.А. Аномально высокие содержания благородных металлов в отходах Фиагдонской обогатительной фабрики: возможный новый для Северного Кавказа золото-платиноидный с полиметаллами тип оруденения. // Геология и геофизика Юга России. – 2021. – Т. 11. №2. – С. 6–21. DOI: 10.46698/VNC.2021.41.26.001
5. Гусев Г.С., Кудрявцев Ю.К., Гущин А.В. и др. Геохимическая и металлогеническая специализация структурно-вещественных комплексов. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. – 514 с.
6. Леонов Ю.Г., Демина Л.И., Копп М.Л., Короновский Н.В. и др. Большой Кавказ в альпийскую эпоху. – М.: ГЕОС, 2007. – 340с.
7. Лаврищев И.Н., Пруцкий Н.И., Семенов В.Г. и др. Государственная геологическая карта РФ. К-37-V (Красная Поляна). // Об. Записка. – 2001. – 204 с.

8. Мартынов Ю.А. Основы магматической геохимии. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 215 с.
9. Менгел К., Ведеполь К.Х., Гурбанов А.Г., Борсук А.М. Среднеюрский вулканизм южного склона Большого Кавказа: Характеристика процессов магматизма и гидротермальных изменений. // Магматизм рифтов и складчатых поясов. – М.: Наука, 1993. – 288 с.
10. Миронов Ю.В., Емельянова Е.А., Зорина Ю.Г., Мирлин Е.Г. Вулканизм и океаническое колчеданообразование. – М.: Научный мир, 1999. – 147 с.
11. Мустафаев М.А. Раннеюрский вулканизм зоны растяжения Большекавказской системы Мезотетиса. // Изв. НАН Азербайджана. Науки о земле. – 2003. – №1. – С. 40–49.
12. Никишин А.М., Фокин П.Л., Тихомиров Е.Ю. и др. 400 миллионов лет геологической истории южной части Восточной Европы. – М.: ГЕОКАРТ. ГЕОС, 2005. – 351 с.
13. Павлов Д.И., Экзогенные хлоридные воды и эндогенное рудообразование. – М.: Недра, 1975. – 89 с.
14. Черницын В.Б. Металлогения Большого Кавказа. – М.: Недра, 1977. – 185 с.
15. Школьник С.И., Резницкий Л.З., Беличенко В.Г., Бараш И.Г. Геохимия, вопросы петрогенезиса и геодинамическая типизация метавулканитов Тункинского террейна (Байкало-Хубсугульский регион). // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50. №9. – С. 1013–1024.
16. Cabanis B., lecolle M. Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et lamise en evidence des processus de melange et/ou contamination crustale. // C. R. Acad. Sci. Ser. II. – 1989. – Vol. 309. – pp. 2023-2029.
17. Condie K. C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes. // Lithos. – 2005. – Vol. 79. – pp. 491-504.
18. Gorton M.P., Schandl E.S. From continents to island arcs: a geochemical index of tectonic setting for arc-related and within-plate felsic to intermediate volcanic rocks. // The Canadian Mineralogist. – 2000. – Vol. 38. – pp. 1065-1073.
19. McCann T., Chalont-Prat F., Saintot A. The Early Mesozoic evolution of the Western Greater Caucasus (Russia): Triassic-Jurassic sedimentary and magmatic history. // Geological Society. London. Special publications. – 2010. – Vol. 350. – pp. 181-238.
20. Kuritani T. Phenocryst crystallization during ascent of alkali basalt magma at Rishiri Volcano, Northern Japan. // J. Volcanol. Geotherm. Res. – 1999. – Vol. 88. No.1-2. – pp. 77-97.
21. Meschede M. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. // Chemical Geol. – 1986. – Vol. 56. – pp. 207-218.
22. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts. // Geol. Spec. Publ. – 1989. – No.42. – pp. 313-345.

References

1. Abdullaev R.N. Mesozoic volcanism of the North-Eastern part of the Lesser Caucasus. Baku, AS of the Azerbaijan SSR. 1963. 218 p. (In Russ.)
2. Borsuk A.M. Mesozoic and Cenozoic igneous formations of the Greater Caucasus. Moscow. Nauka. 1979. 300 p. (In Russ.)
3. Gazeev V.M., Gurbanov A.G., Kondrashov I.A. the basic rocks of Middle-Jurassic back-arc dike belt of big Caucasus: geochemistry, the questions of petrogenetic and geodynamics typification. *Geology and geophysics of Russian South*. 2018. No. 2. pp. 16–29. DOI: 10.23671/VNC.2018.2.13925. (In Russ.)
4. Gurbanov A. G., Dokuchaev A. Ya., Gazeev V. M., Gurbanova O. A. Abnormally high content of noble metals in wastes of the Fiagdon concentration plant: a possible new type of mineralization for the North Caucasus is gold-platinoid with base metals, localized in the Early-Middle Jurassic black shales. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2021. Vol. 11. No. 2. pp. 6–21. DOI: 10.46698/VNC.2021.41.26.001. (In Russ.)

5. Gusev G.S., Kudryavtsev Yu.K., Gushchin A.V. et al. Geochemical and metallogenic specialization of structural and material complexes. Saint Petersburg. VSEGEI, 1999. 514 p. (In Russ.)
6. Leonov Yu.G., Demina L.I., Kopp M.L., Koronovsky N.V. et al. Greater Caucasus in the Alpine era. Moscow. GEOS, 2007. 340 p. (In Russ.)
7. Lavrishchev I.N., Prutsky N.I., Semenov V.G. et al. State geological map of the Russian Federation. K-37-V (Krasnaya Polyana). Explanatory Note. 2001. 204 p. (In Russ.)
8. Martynov Yu.A. Fundamentals of magmatic geochemistry. Vladivostok. Dalnauka, 2010. 215 p. (In Russ.)
9. Mengel K., Vedepol K.H., Gurbanov A.G., Borsuk A.M. Middle Jurassic volcanism of the southern slope of the Greater Caucasus: Characteristics of the processes of magmatism and hydrothermal changes. In: Magmatism of rifts and fold belts. Moscow. Nauka, 1993. 288 p. (In Russ.)
10. Mironov Yu.V., Emelyanova E.A., Zorina Yu.G., Mirlin E.G. Volcanism and oceanic pyrite formation. Moscow. Nauchnyy mir, 1999. 147 p. (In Russ.)
11. Mustafayev M.A. Early Jurassic volcanism of the extension zone of the Greater Caucasus Mesotethys system. Transactions of ANAS. Geosciences. 2003. No. 1. pp. 40–49. (In Russ.)
12. Nikishin A.M., Fokin P.L., Tikhomirov E.Yu. et al. 400 million years of geological history of the southern part of Eastern Europe. Moscow. GEOCART. GEOS, 2005. 351 p. (In Russ.)
13. Pavlov D.I. Exogenous chloride waters and endogenous ore formation. Moscow. Nedra, 1975. 89 p. (In Russ.)
14. Chernitsyn V.B. Metallogeny of the Greater Caucasus. Moscow. Nedra, 1977. 185 p. (In Russ.)
15. Shkol'nik S.I., Reznitskii L.Z., Belichenko V.G., Barash I.G. Geochemistry, petrogenesis, and geodynamic typification of metavolcanics of the Tunka terrane (Baikal–Hövsgöl region). Russian Geology and Geophysics, Vol. 50, Issue 9, 2009, pp. 779–788, DOI: 10.1016/j.rgg.2009.08.003.
16. Cabanis B., lecolle M. Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et lamise en evidence des processus de mélange et/ou contamination crustale. C. R. Acad. Sci. Ser. II. 1989. Vol. 309. pp. 2023–2029.
17. Condie K. C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes. Lithos. 2005. Vol. 79. pp. 491–504.
18. Gorton M.P., Schandl E.S. From continents to island arcs: a geochemical index of tectonic setting for arc-related and within-plate felsic to intermediate volcanic rocks. The Canadian Mineralogist. 2000. Vol. 38. pp. 1065–1073.
19. McCann T., Chalont-Prat F., Saintot A. The Early Mesozoic evolution of the Western Greater Caucasus (Russia): Triassic-Jurassic sedimentary and magmatic history. Geological Society. London. Special publications. 2010. Vol. 350. pp. 181–238.
20. Kuritani T. Phenocryst crystallization during ascent of alkali basalt magma at Rishiri Volcano, Northern Japan. J. Volcanol. Geotherm. Res. 1999. Vol. 88. No.1–2. pp. 77–97.
21. Meschede M. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. Chemical Geol. 1986. Vol. 56. pp. 207–218.
22. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts. Geol. Spec. Publ. 1989. No.42. pp. 313–345.