

УДК 552.3

## ВЛИЯНИЕ ДРЕВНЕГО СУБДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА НА ОБРАЗОВАНИЕ ПОЗДНЕКОЛЛИЗИОННОГО ВУЛКАНИЗМА МАЛОГО КАВКАЗА

**Н. А. Имамвердиев**

*Бакинский государственный университет (ул. З. Халилова, 33, Баку, Азербайджанская Республика, Az 1148)*

В работе рассматриваются петрогеохимические особенности позднекайнозойского коллизионного вулканизма Малого Кавказа. На основе новых геохимических данных показано, что для основных и средних пород наблюдаются Nb, Ta, Hf и Zr минимумы. Салические породы сильно обогащены Rb, Ba, Th, La и обеднены Ti, Yb, Y относительно примитивной мантии. Обогащение несовместимыми элементами предполагает, что источником расплава, из которого получена магма, была метасоматизированная литосферная мантия, обогащенная калием и несовместимыми элементами. Позднемиоценчетвертичные вулканы образовались при различной степени плавления субдукционно обогащенной субконтинентальной литосферной мантии. Роль надсубдукционного вещества уменьшается при эволюции вулканизма с течением времени из-за увеличения доли астеносферного компонента в интервале от верхнего миоцена до четвертичного времени.

Ключевые слова: петрогеохимия; позднекайнозойский коллизионный вулканизм; Малый Кавказ; надсубдукционное вещество

Для цитирования: Имамвердиев Н. А. Влияние древнего субдукционного процесса на образование позднеколлизионного вулканизма Малого Кавказа // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 5. С. 38–41. doi: 10.17076/geo1653

### **N. A. Imamverdiyev. ANCIENT SUBDUCTION PROCESS EFFECT ON THE ORIGIN OF LATE-COLLISION VOLCANISM IN THE LESSER CAUCASUS**

*Baku State University (33 Z. Khalilov St., Baku, Republic of Azerbaijan, Az 1148)*

The article examines the petrogeochemical features of the Late Cenozoic collisional volcanism in the Lesser Caucasus. New geochemical data indicate that Nb, Ta, Hf, and Zr minima are observed for basic and intermediate rocks. Salic rocks are strongly enriched in Rb, Ba, Th, La and depleted in Ti, Yb, Y relative to the primitive mantle. The enrichment in incompatible elements suggests that the source of the melt from which the magma was derived was metasomatized lithospheric mantle enriched in potassium and incompatible elements. Late Miocene-Quaternary volcanics were formed at different degrees of melting of subduction-enriched subcontinental lithospheric mantle. The role of the suprasubduction material decreased in the course of the volcanism evolution due to an increase in the share of the asthenospheric component in the interval from the Upper Miocene to the Quaternary.

Keywords: petrogeochemistry; Late Cenozoic collisional volcanism; Lesser Caucasus; suprasubduction material

For citation: Imamverdiyev N. A. Ancient subduction process effect on the origin of late-collision volcanism in the Lesser Caucasus. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;5:38–41. doi: 10.17076/geo1653

Позднекайнозойские магматические породы широко распространены в пределах Кавказа и представляют собой важный компонент континентальной коры Альпийско-Гималайского внутриконтинентального орогенного пояса. Время их формирования совпадает с континентальной коллизией в регионе. Согласно современным представлениям, складчатые сооружения Кавказа возникли в результате сближения Афро-Аравийской и Евразийской плит. По мнению Н. В. Короновского и Л. И. Деминой [1999], в Кавказском сегменте Альпийско-Гималайского складчатого пояса позднекайнозойский вулканизм проявился в обстановке субмеридионального сжатия пояса, вызванного ускоренным перемещением в северном направлении Аравийской плиты вследствие раскрытия в среднем миоцене (примерно 15–10 млн лет назад) Красного моря.

В центральной части Малого Кавказа позднекайнозойский вулканизм проявился в двух этапах: позднемиоцен-нижнеплиоценовом и позднеплиоцен-четвертичном. На первом этапе формировалась дифференцированная андезит-дацит-риолитовая формация, на втором – бимодальная ассоциация (риолитовая – слабодифференцированная трахибазальт-трахиандезитовая формация) [Имамвердиев и др., 2017; Imamverdiyev et al., 2017, 2018].

В породах неоген-четвертичные вулканические ассоциации имеют примерно одинаковый характер распределения редких и редкоземельных элементов. На нормированных спайдер-диаграммах для основных и средних пород наблюдаются Nb, Ta, Hf и Zr минимумы. Кроме того, калийные породы сильно обогащены Rb, Ba, Th, La и обеднены Ti, Yb, Y относительно примитивной мантии. Обогащение несовместимыми элементами предполагает, что источником расплава, из которого получена магма, была метасоматизированная литосферная мантия, обогащенная калием и несовместимыми элементами. Наличие Nb-Ta минимума обычно считается характерной чертой надсубдукционного магматизма. В мантийном клине над зоной субдукции K, Rb, Th и La переходит в расплав, а Nb и Ta остается в твердых перидотитовых рестилах, вызывая истощения этими элементами

надсубдукционных магм [Condie, 2001]. Однако наши образцы в отличие от базальтов островных дуг обогащены LILE. Аналогичные геохимические данные наблюдаются и в других постколлизийных областях и широко обсуждались в литературе [Pearce et al., 1990; Keskin, 2003, 2005; Dilek et al., 2010; Имамвердиев и др., 2017, Imamverdiyev et al., 2017, 2018].

Геохимические данные, в частности высокие значения для исследованных пород Th/Nb, Ba/Nb, K/Ti отношений, а также низкие величины Nb/Y и Ti/Y отношений, в сочетании с региональными геологическими данными, показывают, что мантийные источники под Малым Кавказом метасоматизированы более древними субдукционными процессами, в которых содержатся высококалиевые и обедненные HFSE водные флюиды. Габброидные нодулы и наименее дифференцированные базальтоиды миоцен-четвертичного возраста имеют аналогичные составы, указывающие на образование их из обогащенного литосферного мантийного источника.

Субдукционное обогащение исходного расплава миоцен-четвертичного вулканизма региона хорошо отражается на диаграмме Th/Yb-Ta/Yb (рис. 1) [Pearce, 1982], которая отображает изменение отношения источника и влияние коровой контаминации. Как видно из рис. 1, миоцен-четвертичные лавы Малого Кавказа располагаются субпараллельно мантийной линии, но смещены по составам в сторону высоких Th/Yb отношений. Эти данные показывают, что литосферный мантийный источник обогащен субдукционным компонентом. Можно предполагать, что от верхнего миоцена до антропогена вследствие увеличения астеносферного эффекта доля субдукционного компонента уменьшалась.

На рис. 2 видно, что все точки составов пород раннего этапа и калийные породы позднего этапа лежат в поле составов коллизийных магматических пород. Мафические же лавы повышенной щелочности позднего этапа находятся на границе между коллизийными и внутриплитными лавами. Эти данные показывают, что от миоцена до четвертичного времени доля субдукционного компонента уменьшается и увеличивается доля астеносферного мантийного компонента.

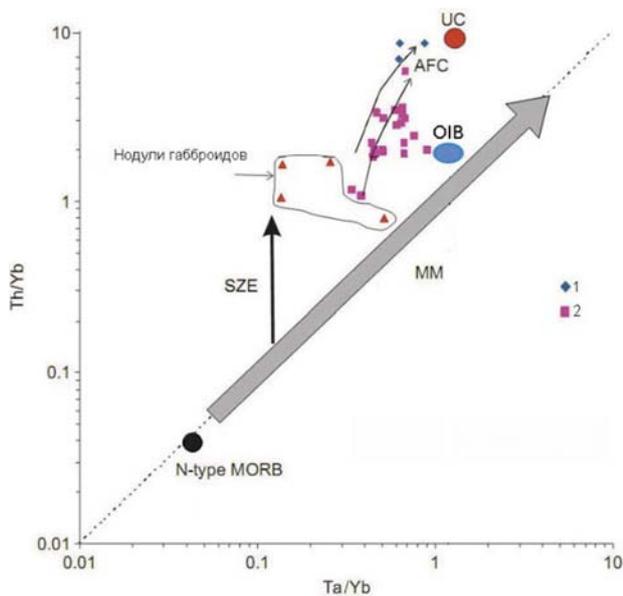


Рис. 1. Th/Yb-Ta/Yb диаграмма [по: Pearce, 1982] для неоген-четвертичных основных и средних пород Малого Кавказа:

1 – ранний этап, 2 – поздний этап, MM – тренд мантийного метасоматоза, SZE – обогащенная субдукционная зона, UC – верхняя кора

Fig. 1. Th/Yb-Ta/Yb diagram [Pearce, 1982] for Neogene-Quaternary mafic and intermediate rocks of the Lesser Caucasus:

1 – early stage, 2 – late stage, MM – mantle metasomatism trend, ESZ – enriched subduction zone, UC – upper crust, OIB – oceanic-island basalts, AFC – assimilation-fractional crystallization, N-MORB – mid-ocean ridge basalts

Итак, полученные петрогеохимические данные показывают, что позднемиоцен-четвертичные вулканы образовались при различной степени плавления субдукционно обогащенной субконтинентальной литосферной мантии. Роль надсубдукционного вещества уменьшается при эволюции вулканизма с течением времени из-за увеличения доли астеносферного компонента в интервале от верхнего миоцена до четвертичного времени.

## Литература

Имамвердиев Н. А., Велиев А. А., Гасангулиева М. Я. Петрология и геохимия позднекайнозойского вулканизма Малого Кавказа. Баку, 2017. 320 с.

Короновский Н. В., Демина Л. И. Коллизионный этап развития Кавказского сектора Альпийского складчатого пояса: геодинамика и магматизм // Геотектоника. 1999. № 2. С. 17–35.

Condie K. C. Mantle plume and their record in Earth history. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 306 p.

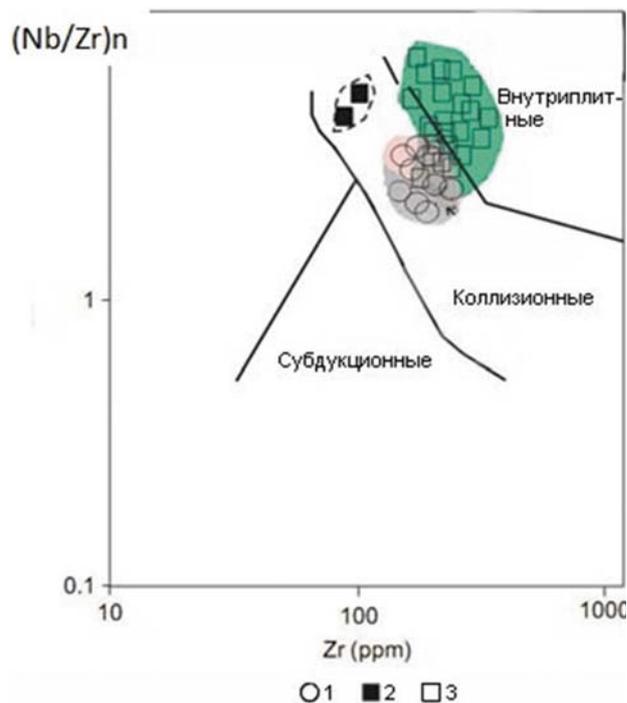


Рис. 2.  $(\text{Nb}/\text{Zr})_n$ -Zr диаграмма [по: Thieblemont, Tegyeu, 1994] для позднекайнозойских вулканических пород Малого Кавказа. Нормировано на N-MORB по: [Pearce, 1982].

1 – ранний этап; 2, 3 – поздний этап (2 – кислые, 3 – мафические)

Fig. 2. N-MORB-normalized [Pearce, 1982]  $(\text{Nb}/\text{Zr})_n$ -Zr diagram [Thieblemont, Tegyeu, 1994] for Late Cenozoic volcanics of the Lesser Caucasus.

1 – early stage; 2, 3 – late stage (2 – felsic, 3 – mafic)

Dilek Y., Imamverdiyev N., Altunkaynak Ş. Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint // Int. Geol. Rev. 2010. Vol. 52(4-6). P. 536–578. doi: 10.1080/00206810903360422

Imamverdiyev N. A., Baba-zadeh V. M., Abdullaeva S. F., Roman'ko A. E., Gasangulieva M. Y., Babaeva G. D., Veliev A. A. Formation of the late cenozoic volcanic complexes of the Lesser Caucasus // Geotectonics. 2017. Vol. 51, no. 5. P. 489–498. doi: 10.1134/S0016852117050041

Imamverdiyev N. A., Abdullaeva S. F., Gasangulieva M. Y., Babaeva G. J., Veliev A. A. Petrogenesis of the Late Cenozoic volcanism of the central part of the Lesser Caucasus (Azerbaijan) // Russ. Geol. Geophys. 2018. No. 1. P. 41–54. doi: 10.15372/GiG20180103

Keskin M. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: an alternative model for collision related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey // Geophys. Res. Lett. 2003. Vol. 30, no. 24. Art. 8046. doi: 10.1029/2003GL018019

Keskin M. Domal uplift and volcanism in a collision zone without a mantle plume: Evidence from Eastern

Anatolia. URL: <http://www.mantleplumes.org/Anatolia.html>. 2005 (дата обращения: 15.08.2022).

Pearce J. A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries // Thorpe R. S., ed. *Andesites*. New York: Wiley, 1982. P. 525–548.

Pearce J. A., Bender J. F., De Long S. E., Kidd W. S. F., Low P. J., Güner Y., Saroglu F., Yilmaz Y., Moor bath S., Mitchell J. G. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey // *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 1990. Vol. 44. P. 189–229. doi: 10.1016/0377-0273(90)90018-B

Thieblemont D., Tegyey M. Une discrimination géochimique des roches différenciées témoin de la diversité d'origine et de situation tectonique des magmas calco-alcalins // *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. 1994. Vol. 319, no. II. P. 87–94.

## References

Condie K. C. *Mantle plume and their record in Earth history*. Cambridge: Cambridge University Press; 2001. 306 p.

Dilek Y., Imamverdiyev N., Altunkaynak Ş. Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint. *Int. Geol. Rev.* 2010;52(4-6):536–578. doi: 10.1080/00206810903360422

Imamverdiyev N. A., Veliyev A. A., Gasangulieva M. Y. Petrology and geochemistry of the late Cenozoic collision volcanism of the Lesser Caucasus. Baku; 2017. 320 p. (In Russ.)

Imamverdiyev N. A., Baba-zadeh V. M., Abdullaeva S. F., Roman'ko A. E., Gasangulieva M. Y., Babaeva G. D., Veliyev A. A. Formation of the late cenozoic volca-

nic complexes of the Lesser Caucasus. *Geotectonics*. 2017;51(5):489–498. doi: 10.1134/S0016852117050041

Imamverdiyev N. A., Abdullaeva S. F., Gasangulieva M. Y., Babaeva G. J., Veliyev A. A. Petrogenesis of the Late Cenozoic volcanism of the central part of the Lesser Caucasus (Azerbaijan). *Russ. Geol. Geophys.* 2018;1:41–54. doi: 10.15372/GiG20180103

Keskin M. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: an alternative model for collision related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophys. Res. Lett.* 2003;30(24):8046. doi: 10.1029/2003GL018019

Keskin M. Domal uplift and volcanism in a collision zone without a mantle plume: Evidence from Eastern Anatolia. URL: <http://www.mantleplumes.org/Anatolia.html>. 2005 (accessed: 15.08.2022).

Koronovskii N. V., Demina L. I. Collision stage in the evolution of the Caucasian sector of the Alpine Orogenic Belt: Geodynamics and magmatism. *Geotektonika = Geotectonics*. 1999;2:17–35. (In Russ.)

Pearce J. A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. *Thorpe R. S., ed. Andesites*. New York: Wiley; 1982. P. 525–548.

Pearce J. A., Bender J. F., De Long S. E., Kidd W. S. F., Low P. J., Güner Y., Saroglu F., Yilmaz Y., Moor bath S., Mitchell J. G. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 1990;44:189–229. doi: 10.1016/0377-0273(90)90018-B

Thieblemont D., Tegyey M. Une discrimination géochimique des roches différenciées témoin de la diversité d'origine et de situation tectonique des magmas calco-alcalins. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. 1994;319(II):87–94.

Поступила в редакцию / received: 22.08.2022; принята к публикации / accepted: 29.08.2022.  
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

### Имамвердиев Назим Аждар

д-р геол.-мин. наук, профессор, заведующий кафедрой «Общая и историческая геология»

e-mail: [inazim17@yahoo.com](mailto:inazim17@yahoo.com); [nazimimmamverdiyev@bsu.edu.az](mailto:nazimimmamverdiyev@bsu.edu.az)

## CONTRIBUTOR:

### Imamverdiyev, Nazim Ajdar

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor, Head of Department