

РОЛЬ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ В ФОРМИРОВАНИИ ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКОГО ПОСТКОЛЛИЗИОННОГО ВУЛКАНИЗМА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МАЛОГО КАВКАЗА (АЗЕРБАЙДЖАН)

Назим А. ИМАМБЕРДИЕВ

Бакинский Государственный Университет
inazim17@yahoo.com

Позднекайнозойские вулканические образования Малого Кавказа имеют аналогичное распределение микроэлементов и спектра редкоземельных элементов с минимумами Nb, Ta, Hf, Zr, сильно обогащены Rb, Ba, Th, La и обеднены Ti, Yb, Y по отношению N-MORB, указывая субдукционно-метасоматизированной литосферной мантии в качестве исходного расплава. Частичное расплавление субконтинентальной мантийной литосферы и процессы ассимиляционно-фракционной кристаллизации (AFC) контролировали эволюции магм, которые развивались в постколлизийных магматических поясах.

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 и постконтинентальной коллизии в регионе. Одновременно аналогичная вулканоплутоническая ассоциация произошла в Восточной, Центральной и Западной Анатолии, на Северо-Западном Иране в результате конвергенции Афро-Аравийской и Евразийской плит. Изучение мантийного источника позднекайнозойского магматизма имеет большое значение для выяснения геодинамических условий образования в постколлизийных орогенических поясах.

Позднемиоцен-четвертичный вулканизм Турецко-Иранского плато и Малого Кавказа характеризуются известково-щелочным, субщелочным и частично щелочным составом и, как правило, с северо-запада на юго-восток увеличивается их общая щелочность. В данной статье на основе новых геохимических данных сделана попытка выяснить роль литосферной мантии в формировании позднекайнозойского постколлизийного вулканизма в центральной части Малого Кавказа в пределах Азербайджана.

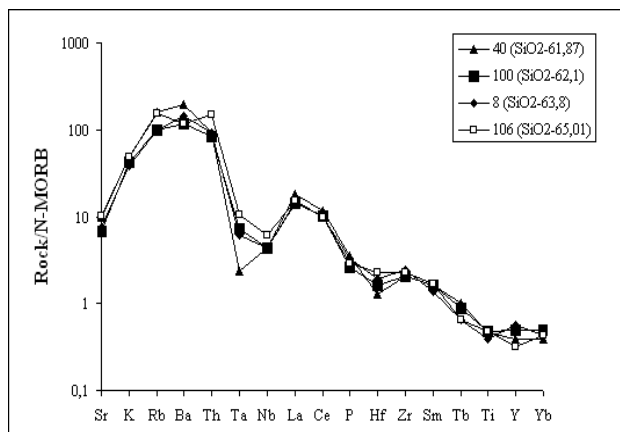
Петролого-геохимическая характеристика позднекайнозойского вулканизма Малого Кавказа

В центральной части Малого Кавказа позднекайнозойский вулканизм проявился в двух этапах: позднемиоцен-нижний плиоцен; позднеплиоцен-четвертичный. В первом этапе формировалась дифференцированная андезит-дацит-риолитовая, во втором – бимодальная риолитовая и слабо дифференцированная

трахибазальт-трахиандезитовая формации [2].

Вулканыты позднемииоцен-нижнеплиоценового раннего этапа представлени андезитамии, дацитамии, риолитамии и их субщелочнымии разновидностямии – трахиандезитамии, кварцевымии латитамии, трахидацитамии. На диаграмме K_2O-SiO_2 фигуративные точки вулканытов попадаюти в поле высококалиевой известково-щелочной серии. Известково-щелочной характер вулканытов раннего этапа подтверждается и по редкоэлементному составу. Эти лавы относительно обеднены совместимымии элементамии и умеренно-сильно обогащены несовместимымии элементамии (Ba, Th, La) и характеризуюти высокой Th/Yb, Zr/Y отношениями. Вулканыты второго этапа образуюти бимодальную серию: салическую – риолитовую (71-76,5% SiO_2) и мафическую – трахибазальт-трахиандезитовую (48-59% SiO_2). Большинство пород из последней группы принадлежат K-Na субщелочной серии и состояти из трахибазальта, базальтового трахиандезита, трахиандезита. Риолиты, в отличие от пород раннего этапа, характеризуюти повышенным содержанием K_2O и находяти в поле высококалиевой известково-щелочной и шшонитовой серии [2].

Во всех породах обоих этапов $Fe_2O_3^*$, CaO, TiO_2 образуюти положительную корреляцию с MgO, причем всегда породы раннего этапа содержат низкие концентрации Fe, Ti, Ca и концентрация MgO изменяется в узком интервале. В породах наиболее позднего этапа содержание MgO колеблется в широком интервале. В кислых и средних породах раннего этапа между Sr и MgO наблюдается положительная корреляция. На N-MORB нормированных диаграммах [7] мафические и средние породы обоих этапов обогащены LILE, LREE и HFSE по отношению к MORB и оба имеют высокое LILE/HFSE отношение (например, Ba/Nb). В противоположность этому содержание Ti, Y и HREE более низкое по отношению к MORB (рис.1). Известково-щелочные средние породы раннего этапа в отличие от субщелочных пород позднего этапа обеднены Ti-ном. Ba/Nb отношение в субщелочных породах также несколько ниже. Риолиты раннего этапа по распределению вышеуказанных микроэлементов в целом похожи на средние породы, но Sr, Ba, P, Ti-ые минимумы ясно выражено.



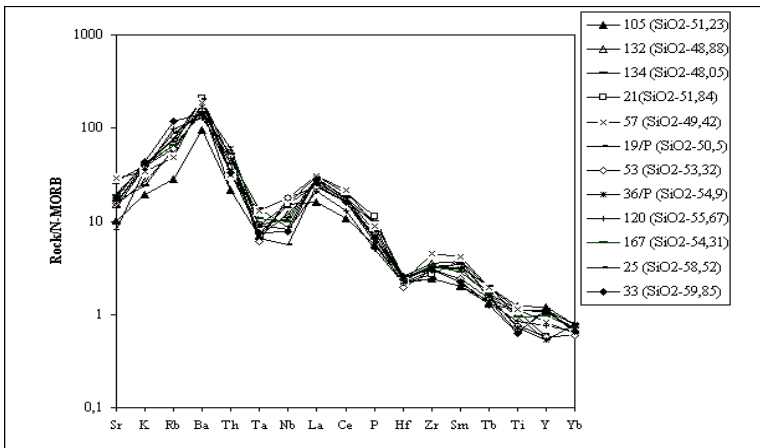


Рис.1. Нормализованные к N-MORB [7] спектры распределения редких и редкоземельных элементов в позднекайнозойских породах Малого Кавказа.

Распределение REE элементов в основных и средних породах похоже, отмечается слабый европиевый минимум. Риолиты раннего этапа имеют аналогичную картину и в них содержание REE немного пониженное. По сравнению со средними и основными породами они имеют повышенное La/Sm отношение, небольшая отрицательная аномалия Eu, а также обеднены HREE, Yb и Lu. В противоположность этому, риолиты связанные с субщелочными базальтоидами поздней стадии, характеризуются более глубокими Eu аномалиями [3].

В средних и основных породах обеих стадий наблюдаются габброидные включения, с повышенными содержаниями хрома (320-710 ppm), никеля (70-350 ppm) и MgO (8-13%) и пониженными содержаниями кремнезема (45-51%), чем вмещающие лавы. Они более обогащены Ba, Rb, Th, K, La, Ce и обеднены Ta, Zr, чем их вмещающие базальтоиды. Эти значения ниже, чем для первичных магм. На хондрит-нормализованных графиках они тоже имеют крутой характер, обогащены LREE и наблюдается слегка обогащение Tb и Lu [3].

Петрогенезис позднекайнозойского вулканизма Малого Кавказа

Как показано выше, позднемиоцен-четвертичные вулканические породы Малого Кавказа в пределах Азербайджана характеризуются аналогичными геохимическими особенностями (изменение содержаний макро- и микроэлементов в зависимости от содержание MgO) и можно предполагать, что они могли бы образоваться из аналогичных источников. Эти позднекайнозойские вулканические породы имеют низкие содержания Cr и Ni (до 450 и 110 ppm, соответственно, для наименее дифференцированных базальтовых лав), относительно первичных магм. Содержание Cr (до 710 ppm), Ni (до 350 ppm) и MgO (8-13%) в габброидных включениях выше, чем во вмещающих базальтоидах и можно предполагать, что по макро- и микроэлементному составу приближается к со-

ставу первичных магм. Тем не менее, даже в этих включениях, содержание MgO, Cr, Ni ниже, чем для первичных расплавов. Как правило, предполагается, что верхнемантийные первичные магмы имеют повышенные содержания Mg[#] (>0,7%), Ni (>400-500 ppm), Cr (> 1000 ppm) и имеют <50% SiO₂ [4, 8].

Таким образом, можно предполагать, что первичные магмы для обоих этапов слабо дифференцированные. Как показано нами ранее, породы раннего этапа образовались из исходной высокоглиноземистой базальтовой магмы, исходный расплав же для мафических лав позднего этапа имел слабо дифференцированный субщелочной оливиновый базальт, имеющее $K_D=0,33$ и равновесного оливина Fo₈₄ [2]. Важно отметить, что неоген-четвертичные вулканические ассоциации по распределению редких и редкоземельных элементов имеют примерно одинаковое распределение. На N-MORB нормированных спайдер-диаграммах для основных и средних пород наблюдаются Nb, Ta, Hf и Zr минимумы, которые более ясно выражены для салических пород раннего и позднего этапа. Кроме того, салические породы сильно обогащены Rb, Ba, Th, La и обеднены Ti, Yb, Y относительно N-MORB (рис.1). Обогащение несовместимыми элементами предполагает, что источник расплава, из которого была получена магма, была метасоматизированная литосферная мантия, обогащенная калием и несовместимыми элементами. Наличие Nb-Ta минимума обычно считается характерными чертами надсубдукционного магматизма. В зонах субдукции, лежащий над мантийным клином K, Rb, Th, La переходит в расплав, а Nb и Ta остается в твердых перидотитовых реститах, вызывая истощения этими элементами магм, пророжденных мантийными клинами [4]. Однако, наши образцы в отличие от базальтов островных дуг обогащены LILE. Высокое содержание La, Th, Ce, Pb в анализированных образцах можно объяснить и загрязнением материала Земной коры. Аналогичные геохимические данные наблюдается и в других постколлизийных областях и широко обсуждались в литературе.

Геохимические данные, в частности, высокие Th/Nb, Ba/Nb, K/Ti, а также низкие 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 высоко K- и низко- HFSE водные флюиды. Габброидные нодулы и наименее дифференцированные базальтоиды миоцен-четвертичного возраста имеют аналогичные составы, указывающий об образовании их из обогащенного литосферного мантийного источника (ков). Общий склон (слева направо) мульти-элементных спектров также типичны для основных магматических пород, образовавшихся при малых степенях плавления (рис.1).

Распределение РЗЭ в основных и средних породах в обеих известково-щелочных и субщелочных породах миоцен-четвертичного возраста показывает, что они очень похожи и в них отсутствуют Eu аномалий. Это показывает, что источник их был бесплагноклазовым, или же в ходе эволюции магмы плагиоклазовое фракционирование не играет в данном случае большой роли.

Субдукционное обогащение исходного расплава миоцен-четвертичного вулканизма региона хорошо отражается на диаграмме Th/Yb-Ta/Yb (рис. 2) [6], которая отображает изменение отношение источника и влияние коровой контаминации. Как видно из рис. 2 миоцен-четвертичные лавы Малого Кавказа рас-

полагаются субпараллельно мантийной линии, но были смещены в сторону высокого Th/Yb отношения. 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.

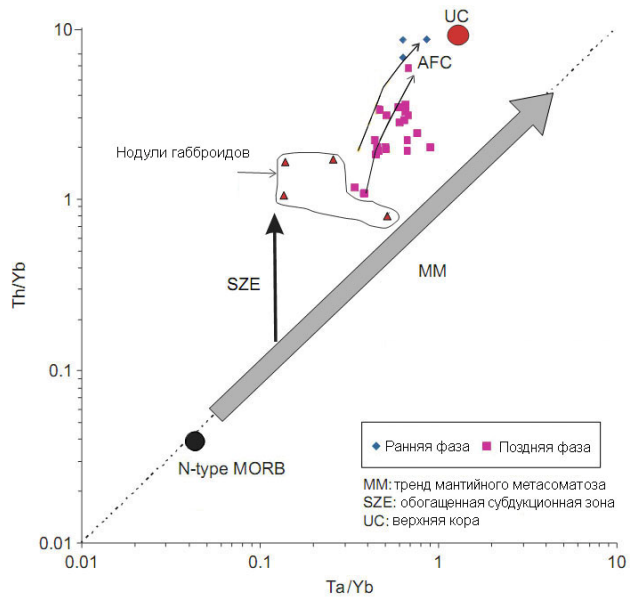


Рис.2. Th/Yb-Ta/Yb диаграмма (по [6]) для неоген-четвертичных основных и средних породах Малого Кавказа

На рис.3 видно, что все образцы раннего этапа и салические породы позднего этапа лежат в поле коллизионных магматических пород. Субщелочные мафические же лавы позднего этапа находятся на границе между коллизионными и внутриплитными лавами. Эти данные показывают, что от миоцена до четвертичного времени доля субдукционного компонента уменьшается и увеличивается доля астеносферного мантийного компонента. Возможно отпечатки астеносферного поднятия (upwelling) со временем скрываются субдукционным процессом. Эти данные подтверждаются и Ba/Nb-La/Nb диаграммой (рис. 4). На этой диаграмме лавы из раннего и позднего этапа образуют линейный тренд между значениями континентальной коры и материалами древней литосферной мантии с астеносферной магмой.

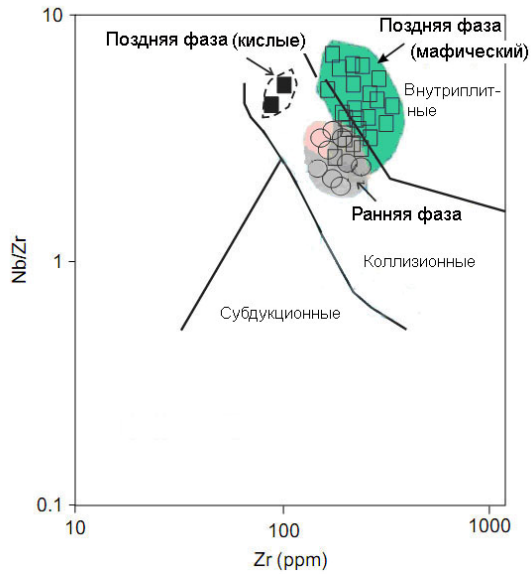


Рис.3. $(Nb/Zr)_n$ -Zr диаграмма (по [9]) для позднекайнозойских вулканических пород Малого Кавказа. N-MORB нормирование по [6].

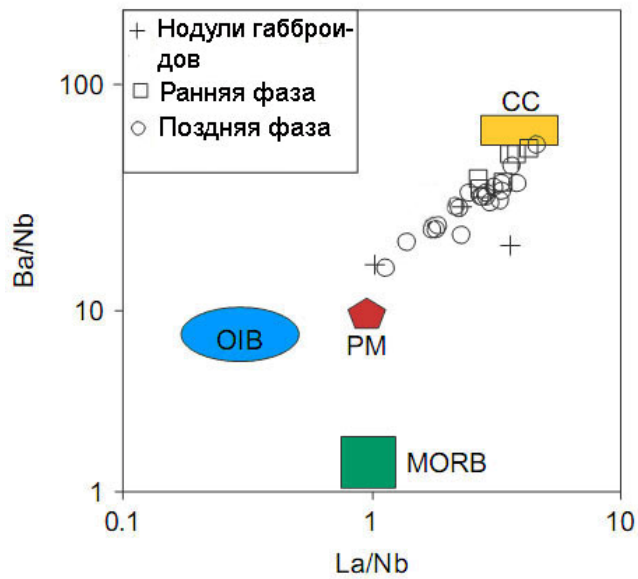


Рис.4. Ba/Nb-La/Nb диаграмма для позднекайнозойских вулканических пород Малого Кавказа. PM – примитивная мантия; OIB-базальты океанических островов; CC-континентальная кора; MORB-базальты срединно-океанических хребтов

Крутой характер изменения La/Yb отношений отражает различные степени частичного плавления и очень важны для выяснения условий генерации различных типов магм позднемиоцен-четвертичных лав Малого Кавказа (рис.5) [9].

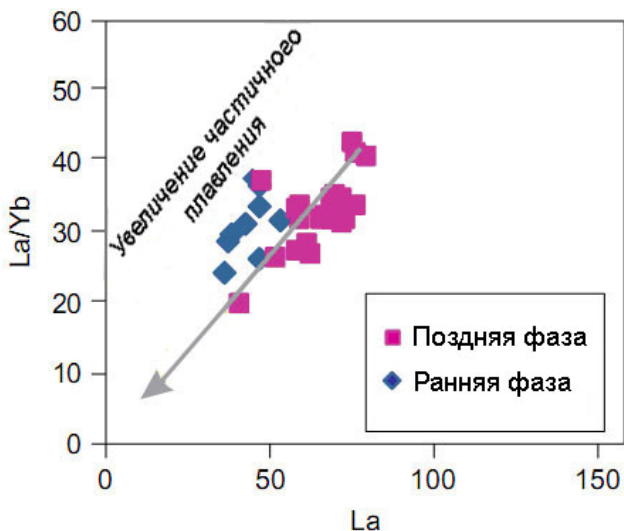


Рис.5. La/Yb-La диаграмма (по [9]), иллюстрирующее частичное расплавление и фракционной кристаллизации.

Как видно из рис.5 субщелочные лавы позднего этапа образуются при малой степени плавления и увеличиваются в сторону лав раннего этапа. Действительно, как показано нами ранее, породы неогеновой андезит-дацит-риолитовой и верхнеплиоцен-четвертичной трахибазальт-трахиандезитовой формаций выплавлялись из гранатсодержащих источников (3-10% и 1-2,5%, соответственно) [1]. С другой стороны, Th/Yb-Ta/Yb ([6], рис.2) соотношения показывают роль фракционной кристаллизации (FC) и ассимиляционно-фракционной кристаллизации (AFC) при эволюции магм. Из рис.2 видно, что лавы раннего и позднего этапа образуют различные AFC тренды от первичной магмы, габброидных нодулей в сторону континентальной коры. Бимодальная природа позднего этапа определяется контрастным распределением кремнезема (71-75,5% SiO₂ для салических, 48-59% SiO₂ для мафических лав). Корреляция между макроэлементами показывает о ведущей роли FC при формировании более поздней мафических лав. Так, содержание совместимых элементов, таких как Cr, Ni увеличивается с увеличением MgO и обусловлено фракционированием клинопироксена, магнетита и оливина. В салических породах содержание редких элементов меняется в узких пределах и наблюдается обеднение Sr, Ba, P, Ti, возможно обусловленным фракционированием K-Na полевых шпатов, апатита, Fe-Ti оксидов. Поэтому, исходя из этих данных, а также, судя по Th/Yb-Ta/Yb отношений, мы полагаем, что при образовании бимодальной серии существенную роль играли AFC процессы. Источником же позднеплиоцен-четвертичных риолит-дацитовых магм являлись породы гранитно-метаморфического слоя Земной коры, метаморфизованные в гранулитовой фации метаморфизмом.

Таким образом, можно предполагать, что для образования вулканических серий обеих этапов важную роль играет единый процесс – ассимиляционно-фракционная кристаллизация (AFC). Это подтверждается моделированием на

компьютере процесса AFC [1]. Вместе с тем, для подтверждения такого вывода, необходимы точные изотопные данные, к сожалению, которые отсутствуют.

И так, основные петрогеохимические данные показывают, что позднемiocен-четвертичные вулканы образовались при различной степени плавления субдукционно-обогащенной субконтинентальной литосферной мантии. Отпечатки субдукции уменьшились при эволюции этих вулканических образований с течением времени из-за увеличения доли астеносферного компонента от верхнего миоцена до четвертичного времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В центральной части Малого Кавказа вулканизм образовался в двух этапах: 1-позднемiocен-нижнеплиоценовый, 2-позднеплиоцен-четвертичный, изменяющихся во времени от высококальциевой известково-щелочной к более щелочным сериям. Все вулканические образования имеют аналогичное распределение микроэлементов и спектра редкоземельных элементов с минимумами Nb, Ta, Hf, Zr и сильно обогащены Rb, Ba, Th, La и обеднены Ti, Yb, Y по отношению N-MORB, указывая субдукционно-метасоматизированной литосферной мантии в качестве исходного расплава.

Частичное расплавление субконтинентальной мантийной литосферы и процессы ассимиляционно-фракционной кристаллизации (AFC) контролировали эволюции магм, которые развивались в постколлизийных магматических поясах.

Увеличение щелочности пород от позднего миоцена к четвертичному времени, а также их высокое La/Yb отношение, обогащение LILE обусловлено влиянием источника мантийного расплава субдукционным процессом. Это унаследованная субдукционная отпечатка в миоцен-четвертичных вулканах указывает на существование мантийной литосферы под современной Турецко-Иранской плато, в том числе Малого Кавказа. Частичное расплавление поднимающегося астеносферы в Аравийско-Евразийской коллизийной зоне способствовало большому обогащению содержания щелочей для более молодых вулканитов магм, что вызвал региональную дегламерацию (отслаивание) литосферной мантии.

Работа выполнена при поддержке гранта для сотрудников Бакинского Государственного Университета 50+50.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гасанкулиева М.Я., Велиев А.А., Имамвердиев Н.А., Мамедов М.Н., Бабаева Г.Д. Вопросы петрогенезиса позднекайнозойского коллизийного вулканизма Малого Кавказа. Отечественная геология, 2010, с. 25-32.
2. Имамвердиев Н.А. Геохимия позднекайнозойских вулканических комплексов Малого Кавказа. Баку: Нафта-Пресс, 2000, 192 с.
3. Имамвердиев Н.А. Геохимия редкоземельных элементов позднекайнозойских вулканических серий Малого Кавказа // Геохимия, 2003, №4, с.425-442.
4. Condie K.C. Mantle plume and their record in Earth history: Cambridge: Cambridge University Press, 2001, 306 p.
5. Dilek Yildirim, Imamverdiyev Nazim, Altunkaynak Şafak, Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint // International Geology

- Review, 2010, v. 52, issue 4-6, p.536-578.
6. Pearce J.A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries, in Thorpe R.S., ed., *Andesites*: New York, NY: Wiley, 1982, p. 525–548.
 7. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes, in Saunders A.D., Norry M.J., eds., *Magma-tism in the Ocean Basins*, Geological Society of London Special Publication, v. 42, 1989, p. 313–345.
 8. Taylor, S.R., McLennan, S.H., *The continental crust: Its composition and evolution*: Blackwell, Oxford, 1985, 312 p.
 9. Thieblemont, D., Tegye M. Une discrimination géochimique des roches différenciées est le moins de la diversité d'origine et de la situation tectonique des magmas: *Comptes Rendus de l'Académie des sciences*, Paris, 1994, v. 319, №2, p. 87–94.
 10. Thirwall M.F. et al. High field strength element anomalies in arc lavas: Source or processes: *Journal of Petrology*, 1994, v.35, p.819-838.

KIÇIK QAFQAZIN MƏRKƏZİ HİSSƏSİNİN (AZƏRBAYCAN) GEC KAYNOZOY POSTKOLLİZION VULKANİZMİNİN ƏMƏLƏ GƏLMƏSİNDƏ LİTOSFER MANTİYASININ ROLU

N.Ə.İMAMVERDİYEV

XÜLASƏ

Kiçik Qafqazın Gec Kaynozoy vulkanik əməlgəlmələri mikroelementlərin və nadir torpaq elementlərin N-MORB-a görə paylanmasına Nb, Ta, Hf, Zr-un minimumu əmələ gətirməklə analogi spektr əmələ gətirir. Onlar Rb, Ba, Th, La-la zənginləşmiş və Ti, Yb, Y ilə tükənmişdir və ilkin ərinti subduksiya zonasında metasomatozlaşmış litosfer mantiyasına uyğun gəlir. Postkollizion maqmatik qurşaqlarda subkontinental mantiya litosferasının qismən əriməsi və assimilyasiya-fraksion kristallaşma prosesləri (AFC) maqmanın təkamülünə nəzarət etmişlər.

THE ROLE OF LITHOSPHERIC MANTLE IN THE FORMATION OF THE LATE CENOZOIC POSTCOLLISION VOLCANISM OF THE CENTRAL PART OF THE LESSER CAUCASUS (AZERBAIJAN)

N.A.IMAMVERDIYEV

SUMMARY

Late Cenozoic volcanic rocks of the Lesser Caucasus have a similar distribution of trace elements and REE patterns, with minima of Nb, Ta, Hf, Zr, strongly enriched in Rb, Ba, Th, La and depleted in Ti, Yb, Y against N-MORB, indicating subduction-metasomatized lithospheric mantle as the source of melts. Partial melting of the subcontinental lithospheric mantle and processes of assimilation-fractional crystallization (AFC) control the evolution of magmas that have evolved in postcollision magmatic belts.