

KİÇİK QAFQAZIN MƏRKƏZİ HİSSƏSİNİN ÜST PLİOSEN-DÖRDÜNCÜ
DÖVR VULKANİK KOMPLEKSİNİN İLKİN MAQMASININ MƏNBƏYİN. Ə. İmamverdiyev*¹, M. Y. Həsənquliyeva², A. Ə. Vəliyev³, R. E. Rüstənova¹¹Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan²ARETN Geologiya və Geofizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan³Azerbaijan International Mining Company, Bakı, Azərbaycan

The source of the primary magma of the Upper Pliocene-Quaternary volcanic complex of the central part of the Lesser Caucasus

N. A. Imamverdiyev*¹, M. Y. Hasanguliyeva², A. A. Valiyev³, R. E. Rustamova¹¹Baku State University, Baku, Azerbaijan²Institute of Geology and Geophysics of the Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan³Azerbaijan International Mining Company, Baku, Azerbaijan

ABSTRACT

The source of the primary magmatic magma of the Upper Pliocene-Quaternary trachybasalt-trachyandesite volcanic complex of the central part of the Lesser Caucasus is investigated in the article. The distribution of rare earth elements in the rocks of the trachybasalt-trachyandesite complex indicates that the source of the vulcanite's was a metasomatically altered garnet-bearing mantle substrate. Based on the geochemical characteristics of moderately alkaline olivine basalts, it was determined that the source of the magma is a lithospheric mantle containing metasomatized phlogopite-garnet-rutile.

KEYWORDS:

Lesser Caucasus;
Upper Pliocene-
Quaternary
volcanism; Primary
magma; Lithospheric
mantle hosting
metasomatized
phlogopite-garnet-
rutile.

*e-mail: inazim17@yahoo.com<https://doi.org/10.53404/Sci.Petro.20230200043>

Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində zaman və məkanca assosiasiya təşkil edən traxibazalt-bazaltik traxiandezit-traxiandezit və salik riolit tərkibli vulkanitlərdən ibarət olan Üst Pliosen-Dördüncü dövr yaşlı bimodal assosiasiya inkişaf etmişdir [1]. Əvvəlki çap olunmuş əsərlərdə bu assosiasyanın petrogeokimyəvi xüsusiyyətləri kifayət qədər işıqlandırılmışdır [1-7]. Bu məqalədə isə əsasən Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsinin Üst Pliosen-Dördüncü dövr traxibazalt-traxiandezit vulkanik kompleksinin ilkin maqmatik maqmasının mənbəyi araşdırılacaqdır.

Məlumdur ki, ilkin izotop qiymətləri və bəzi uyuşmayan elementlərin (yaxın paylanma əmsalı olan) nisbətləri kimi maddi xarakteristikalar fraksiyalaşma prosesində praktiki olaraq sabit qalır və diferensiasiyaya uğramış maqmanın maqmatik mənbəyinin tərkibini qiymətləndirməyə imkan verir.

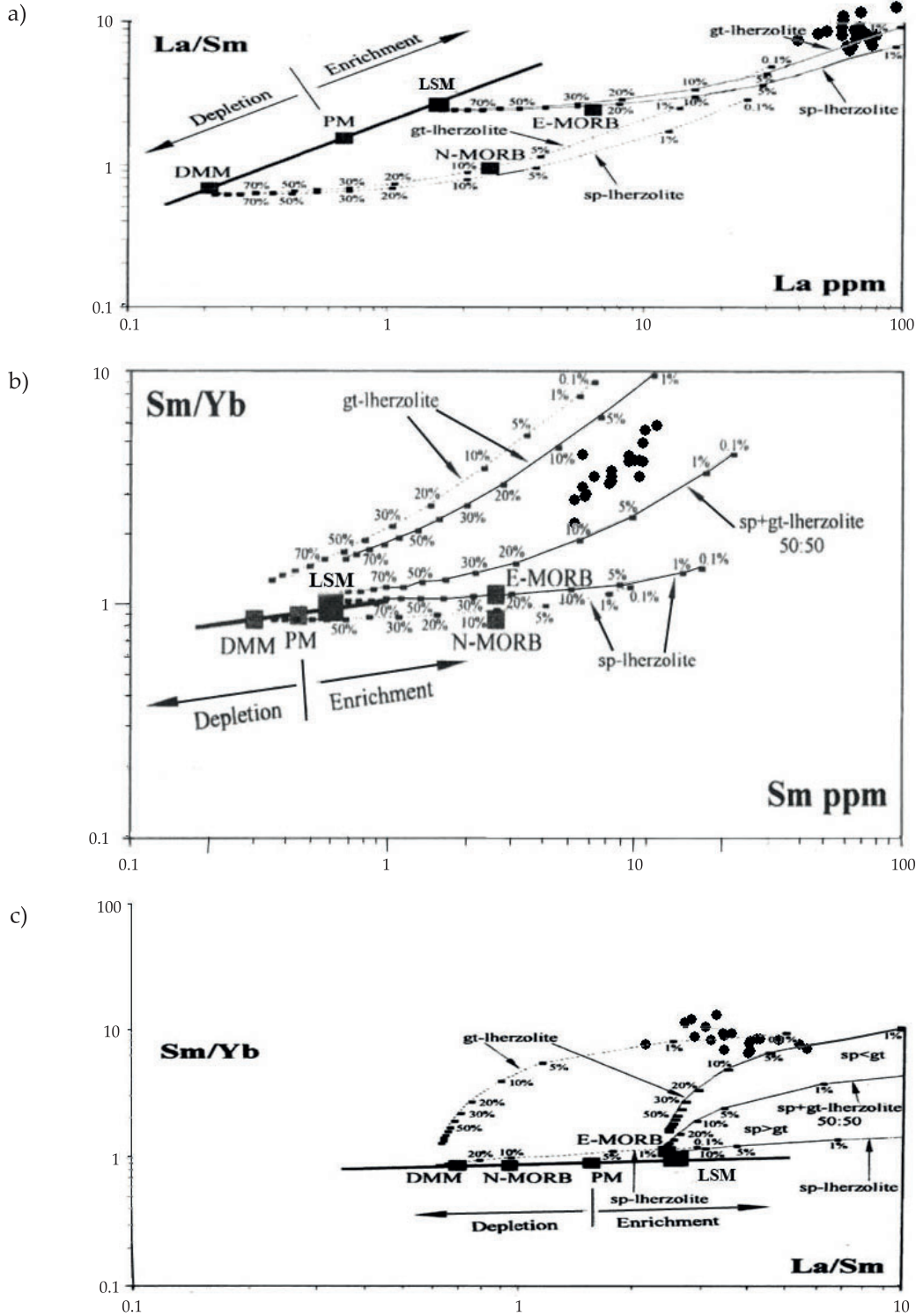
Yüngül lantanoidlərin traxibazalt-traxiandezit vulkanik kompleksinin əsası vulkanitlərində və iri ionlu elementləri müşahidə edilən yüksək konsentrasiyası göstərir ki, kompleksin süxurlarını əmələ gətirən ərinti zənginləşmiş mantiya mənbəyinin əriməsi zamanı formaləşə bilər. Bu zaman mülayim qələvili olivinli bazaltlar OİB tipli tipik plitədaxili bazaltlardan (zənginləşmiş mənbə) Nb-Ta minimumunun, Ba maksimumunun olması ilə fərqlənir.

HFSE elementlərinin az qiyməti kontinentlərin fəal kənarının, ada qövslərinin, kolliziya zonalarının, kontinentdaxili maqmatik qurşaqların bir çox bazaltları üçün səciyyəvidir. Plitədaxili və plitədaxili kolliziya zonalarının bazaltlarının Nb və Ta-la kasıblaşması ya astenosfer maqmasının kontinental qabıq materialı ilə kontaminasiyası [8; 9], ya da subduksiya maddəsi ilə metasomatitləşmiş üst (litosfer) mantiyanın əriməsi nəticəsində bazalt maqmasının əmələ gəlməsi ilə izah edilir [4; 10-14].

Qeyd etmək lazımdır ki, Kiçik Qafqazın digər sahələrində aparılmış izotop tədqiqatlar, bizim öyrəndiyimiz süxurlardakı geokimyəvi məlumatlar litosfer mantiyasının qabıq materialı ilə kontaminasiyasını təkzib etmir.

Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsinin traxibazalt-traxiandezit kompleksi süxurlarının yuxarıda qeyd edilən ilkin mülayim qələvili maqmasının mənbəyinin xarakteristikasını vermək üçün La/Sm-La, Sm/Yb-Sm, Sm/Yb-La/Yb diaqramlarından istifadə edilmişdir (şəkl. 1).

Şəkil 1a-c-də biz nadir torpaq elementlərinin miqdarından və onların nisbətlərindən istifadə edərək mülayim qələvili maqmanın törədən mənbənin mineralogiyasını və onun qismən ərimə payını modelləşməyə cəlb etmişik.



Şək. 1. D. M. Şounun [15] qeyri-modal tam ərimə tənliyinə əsasən La/Sm, Sm-Sm/Yb və Sm/Yb-La/Sm qrafiklərində əriməni göstərən əyrilər. Ərimə əyriləri şpinelli lersolitlərə ($Ol_{0.53}+Op_{0.27}+Cpx_{0.17}+Sp_{0.03}$ və $Ol_{0.06}+Op_{0.28}+Cpx_{0.67}+Sp_{0.11}$, R. J. Kinzlerə [19] görə) və qranatlı lersolitlərə ($Ol_{0.6}+Op_{0.2}+Cpx_{0.1}+Gt_{0.1}$ və $Ol_{0.03}+Op_{0.16}+Cpx_{0.88}+Gt_{0.09}$, M. J. Walterə görə [20]) uyğun gəlir. Mineral/əsas kütlə arasında paylanma əmsalı və DMM H. Rollinson [16] və D. P. Makkenzi və R. K. O'Nionsdan [17] götürülmüşdür. PM, N-MORB, E-MORB tərkibi S. S. Sun və W. F. Makdonousa [15] görə. LSM - Kiçik Qafqazın mülayim qələvili süxurlarının ərimə traektoriyasının ekstrapolyasiyası yolu ilə alınmışdır. Qalın xətt DMM və PM tərkibli mantiya ərintisinin trendini, nazik bütöv və qırıq-qırıq xətlər Kiçik Qafqazın və DMM-in ərimə trendlərini göstərir. Əyrilər üzərindəki rəqəmlər mənbənin qismən ərimə payına uyğun gəlir

Modelləşmə üçün D. M. Şounun [15] qeyri-modal tam ərimə tənliyindən və H.Rollinsona görə [16] Nadir Torpaq Elementlərin (NTE) paylanma əmsalından istifadə edilmişdir. Mantiya mənbəyini təyin edən iki müxtəlif tərkibdən istifadə edilmişdir: 1 – depletləşmiş MORB mantiya (DMM). Bu tip maqma D. P. Makkenzi və R. K. O'Nionsun [17] təklif etdiyi depletləşmiş MORB mənbəyinin tərkibinə yaxındır və astenosfer mantiyasının konveksiyası nəticəsində əmələ gəlir. 2 – Primitiv mantiya (PM – S. S. Sun və W. F. Makdonousa görə [18] mantiyanın ilkin tərkibinə cavab verir. Ən əvvəl yüksək uyuşmayan La və az uyuşmayan Sm elementlərinin konsentrasiyalarına baxılmışdır. Bundan başqa nəzərə almaq lazımdır ki, həm La, həm də Sm mənbənin mineralogiyasının (qranat və ya şpinel) dəyişməsinə kifayət qədər həssasdır və beləliklə, mənbənin tam kimyəvi tərkibi haqqında informasiya verə bilər. Şəkil 1a-dan görüldüyü kimi əksər mülayim qələvili süxurlarda La-nın yüksək miqdarı müşahidə edilir və La/Sm nisbəti DMM-ə nisbətən hətta çox az ərimə payında belə (0.1%) yüksək qiymətə malikdir. Traxibazalt-traxiandezit kompleks süxurlarının qismən ərimə əyrisini ekstrapolyasiya etsək, onların 1-5 % ərimə payında əmələ gəlməsini görürük və mantiya mənbəyinin (mantiya xəttində LSM kimi göstərilmişdir) DMM və PM-ə nisbətən yüksək La və La/Sm nisbətində malik olması aydın görünür. Buradan aydın görünür ki, DMM və ya PM-in bir mərhələdə əriməsi mülayim qələvili süxurlardakı kimi qeyri-kogerent elementlərə malik olan maqmanı verə bilməz. Beləliklə, belə nəticəyə gəlmək olar ki, mantiya mənbəyi LREE ilə zəngin olmuşdur. Belə bir mənbə isə yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi baxılan regionda gec kaynozoydan əvvəllər baş vermiş subduksiya mərhələsində onun komponentlərinin hesabına mantiya metasomatozu nəticəsində əmələ gələ bilər. Şəkil 1b-də Sm/Yb nisbətində Sm-dən asılılığı göstərilmişdir. Bu onunla izah olunur ki, qranata görə (klinopiroksenə görə deyil) Yb uyuşan elementdir və Sm/Yb nisbəti mülayim qələvili maqmanın mənbəyinin mineralogiyasını aydınlaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Şəkildən görüldüyü kimi kompleksin süxurları mantiya xətti üzərində yerləşir (=şpinelli lersolit + ərimə trendi) və yüksək Sm/Yb nisbətində malik olmaqla qranat və qranat+şpinelli lersolit ayrılıqları arasında yerləşir.

Qeyd olunanlar onu göstərir ki, regionun süxurlarının mənbəyində qranat restitdə qalmışdır. Şəkil 1a və b-nin birləşmiş – MREE/HREE və LREE/MREE nisbətləri, yəni Sm/Yb və La/Sm nisbətlərinin asılılıq diaqramları şəkil 1c-də göstərilmişdir. Bu şəkildə də qranat və şpinelli lersolit mənbələrinin arasında qeyri asılılıq görünür. Şpinelli lersolit qismən əridiyi halda ərinti aşağı Sm/Yb nisbətində malik olacaqdır və aydındır ki, La/Sm nisbəti qismən ərimə

payı artdıqda azalmağa başlayacaqdır. Şpinelli lersolit mənbəyindən ərimə horizontal ərimə trendinə uyğun gələcəkdir və DMM və PM tərkibli mantiya xətti ilə örtüləcəkdir. Digər tərəfdən isə qranatlı lersolit mənbəyindən qranat restitdədir) qismən ərimənin az payında ərinti məhsulları mantiya mənbəyinə nisbətən yüksək Sm/Yb nisbətində malik olacaqdır.

Beləliklə, qranatlı lersolit ərintisinin trendi digər diaqramlarda olduğu kimi Sm/Yb-La/Sm diaqramında da Sm/Yb yüksək nisbətində görə mantiya xətti üzərində yerləşəcəkdir.

Şəkil 1c-dən görüldüyü kimi şpinelli lersolit mənbəyinin müxtəlif ərimə payı traxibazalt-traxiandezit kompleksin süxurlarının tərkibini izah edə bilmir və bu onunla izah olunur ki, fiqurativ nöqtələr şpinelli lersolit ərimə trendindən və mantiya xəttindən yuxarıda yerləşir. Digər tərəfdən, fiqurativ nöqtələr qranatlı lersolit ərimə trendinə yaxın yerləşərək zənginləşmiş mantiya trendini əmələ gətirir. Bu tərkib yuxarıda qeyd edilən LSM tərkibinə cavab verir. Belə bir tərkibin hipotetik qranatlı lersolitdən bir qədər fərqli trend əmələ gətirməsi NTE paylanma əmsalının nəzəri olaraq götürülməsi və beləliklə paylanma əmsalının alınmış qiymətindəki səhvlərlə izah edilə bilər. Yuxarıda qeyd olunanlardan belə nəticə çıxarmaq olar ki, traxibazalt-traxiandezit kompleksinin süxurlarının alınması üçün mənbə qranat + şpinel mineral tərkibli mantiya ola bilər (əlbəttə qranat şpinelə nisbətən daha çoxdur). Başqa sözlə desək, yuxarıdakı modelləşdirmə göstərir ki, mülayim qələvili süxurların mənbəyi DMM (və PM)-ə nisbətən yüngül NTE ilə zəngin olmuşdur. Ağır nadir torpaq elementlərinə (HREE) nisbətən süxurların yüngül nadir torpaq elementləri ilə (LREE) zənginləşməsi (bu zənginləşmənin ədədi qiyməti mülayim qələvili olivinli bazaltlarda 15-30 təşkil edən $(La/Yb)_n$ nisbətidir) mafik maqmanın qranat saxlayan mantiya protolitindən əriməsinə dəlalət edir [21] və yuxarıda qeyd etdiyimiz fikirlərini təsdiqləyir.

Kiçik Qafqazın Cavaxet yaylasında analoji bazaltlarda V. A. Lebedev və b. [22] görə Nd-un izotop nisbəti $\epsilon_{Nd} = 3.4 - 5.1$; $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.7039 - 0.7042$ müəyyən edilmişdir və müəlliflərin fikrincə bu bazaltlar kontaminasiya ilə fasiləli və fasiləsiz olaraq mürəkkəbləşmiş əsasi tərkibli mantiya ərintisinin fraksiyon kristallaşması nəticəsində plitədəxili şəraitdə əmələ gəlmişdir. ϵ_{Nd} ifadəsinin müsbət qiyməti mənbənin yer qabığına nisbətən kifayət qədər, N-MORB-a nisbətən isə az miqdarda kasıblaşmasını göstərir. Bu tip mantiya mənbəyi DMM (N-MORB-a) nisbətən LREE ilə zənginləşmiş müsbət ϵ_{Nd} qiymətinə malik olaraq okean və kontinental qələvi və mülayim qələvili bazaltların ilkin maqması hesab edilir. Bir çox okeanik və kontinental plitədəxili mülayim qələvili və qələvili bazaltların mənbəyinin zənginləşməsi adətən aşağı

mantiyadan götürülən komponentlərin hesabına baş verir [21, 23, 24].

Belə bir fikir Kiçik Qafqazın gec kaynozoy vulkanitləri üçün də qəbul edilə bilər.

Yuxarıda göstərdiyimiz kimi, Kiçik Qafqazın altında litosfer mantiyası Nb və Ta minimumu ilə səciylənən subduksiya komponenti daşıyır. Bundan başqa Üst Pliosen-Dördüncü dövr yaşlı mülayim qələvili süxurlar onlardan əvvəl formalaşmış (miosen-alt pliosen) litosfer mantiyasından əmələ gəlmiş kalsiumlu qələvili süxurların mənbəyindən də əmələ gələ bilməz (onlar öz geokimyəvi xüsusiyyətinə görə çox dəqiq fərqlənirlər).

DMM-in tərkibinə bənzər astenosfer mantiya mənbəyi (və ya heç olmasa bir dəfə əriməyə məruz qalmış astenosfer mantiyası) qeyri-kogerent elementlərlə zəngin olan və yuxarıda qeyd edilən izotop tərkibinə malik olan mülayim qələvili süxurların tərkibini izah edə bilməz. Bu tip mülayim qələvili süxurların mantiya mənbəyinin xarakteristikası ancaq astenosferdə zənginləşmə prosesi ilə baş verə bilər. Çox güman ki, H. Zou və A. Zindlerin [25] qeyd etdiyi kimi, zənginləşmə mülayim qələvili maqmanın əriməyə qədər peridotit mənbəyinin metasomatik proseslərə məruz qalmasının hesabına baş verə bilər. Sulü mineral fazalarının (məsələn, floqopit və/və ya amfibol) mülayim qələvili bazaltlarda dərinlik əlavələri kimi iştirak etməsi belə metasomatizmin nişanəsi ola bilər.

Eksperimental işlərdən [26, 27] məlumdur ki, floqopit saxlayan mantiya süxurlarında floqopit-qranat-ərinti faza tarazlığı 25 kbar-dan yüksək təzyiqdə və 1000 °C-dən yuxarı temperaturda müvazinətdə olur. Bununla yanaşı, X.I. Xionq və b. görə [28] bu şəraitə (25 kbardan yüksək təzyiqdə, 1000 °C-dən yuxarı temperaturda) su götürülmüş şəraitdə rutilin də dayanıqlıq sahəsi düşür. K₂O-nun bazalt maqmasında yüksək miqdarı ərimə sahəsində floqopitin olmasına dəlalət edir [27, 29, 30]. Floqopitin mülayim qələvili olivinli bazalt ərintisinin mənbəyində iştirak etməsi La/K-La diaqramındakı fiqurativ nöqtələrin yerləşməsi ilə təsdiq olunur (şəx. 2).

Məlumdur ki, lantan və kalium olivin, piroksen, Fe-Ti oksidlər, qranat kimi minerallarda yaxın paylanma əmsalına malikdirlər. Bu minerallar isə bazalt ərintisinin kristallaşma differensiasiyasının erkən mərhələsində fraksiyalaşma fazalarını və mənbədə restit assosiasiyalarını təşkil edirlər. Burada floqopit istisnaq təşkil edir, çünki onun üçün lantana nisbətən kalium yüksək paylanma əmsalına malikdir. Floqopitin əriməsi bazalt ərintisindən La/K nisbətinin kifayət qədər azalmasına səbəb olur və bu zaman La-nın konsentrasiyası da eyni zamanda azalır. Lakin floqopitsiz mantiyanın ərimə payının artması La/K nisbəti sabit qalmaqla La-nın azalmasına səbəb olur [27]. Şəkil 2-dən göründüyü kimi, süxurlarda La-nın

miqdarı azaldıqda La/K nisbəti də kifayət qədər azalır və mantiya maqmasında kaliumun başlıca mənbəyi olan floqopitin əriməsinə dəlalət edir.

Bizim fikrimizcə mülayim qələvili olivinli bazaltların geokimyəvi xüsusiyyətləri maqmanın mənbəyinin metasomatitləşmiş floqopit-qranat-rutil saxlayan litosfer mantiyasının olmasına dəlalət edə bilər. Çox güman ki, belə bir mənbənin əriməsi zamanı rutil restitdə qalmışdır və ilkin maqmanın Nb və Ta-la kasıblaşmasına səbəb olmuşdur. Dediklərimiz yuxarıda qeyd olunanları bir daha təsdiq edir.

Beləliklə, ərimənin ilkin mərhələsində maqma metasomatizminin hesabına LREE ilə zənginləşə bilər və bu tip maqma formasiya süxurlarının ilkin maqması ola bilər. Aydın ki, metasomatoz prosesinə qədər olan mənbə DMM-in (və ya PM) analoqu ola bilər. Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində mantiya mənbəyinin kolliziya şəraitində ərimə mexanizmi aşağıdakı proseslərlə izah edilə bilər.

1. Litosferdən ayrılma və ya qalxma (uplift) mantiya litosferinin adiabatik dekompressiyası nəticəsində baş verir;

2. Ərimə mantiya plyüminin istiliyinin və ya astenosfer mantiyasının qalxması hesabına (və ya litosferin laylanması ya da subduksiya olunmuş «slebin» qırılıb düşməsi hesabına) baş verir.

Birinci halı nəzəri olaraq izah etmək çətindir. Bu onunla izah edilir ki, quru şəraitdə (mantiyanın potensial temperaturu 1280 °C) peridotit tərkibli mantiya litosferi əriyə bilməz, çünki quru solidus əyrisi geotermi kəsməyəcəkdir [31]. Ona görə də ancaq metasomatizm nəticəsində mantiya litosferinin az ərimə payında peridotitin solidus temperaturu aşağı düşərək ilkin ərintini uçucu komponentlərlə (H₂O, CO₂) zənginləşdirəcəkdir.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində biz ancaq o fikri dəqiq söyləyə bilərik ki, ərimənin başlanması üçün lazım olan istilik mantiyanın metasomatitləşmiş qay-

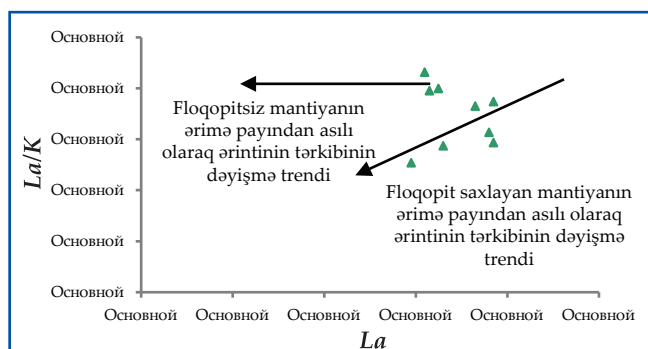


Рис. 2. Mülayim qələvili olivinli bazaltların və traxibazaltların tərkibinin fiqurativ nöqtələrinin La-La/K diaqramında vəziyyəti. Ərimə payından asılı olaraq ərintinin tərkibinin dəyişməsi vektorları N. Vigouroux və b. [27] görə verilmişdir

nar astenosfer hissəsi ola bilər. Bu prosesin əmələ gəlməsi üçün isə qədim subduksiya prosesi nəticəsində ayrılan flüid komponentlərinin mantiya litosferini metasomatik dəyişdirməsi aparıcı rol oynayır. Bu fikir yuxarıda qeyd olunmuş geokimyəvi məlumatlarla (Nb-Ta, Zr-P-Ti minimumu, qeyri-kogerent elementlərlə zənginləşməsi və s.) öz təsdiqini tapır. Başqa sözlə desək, gec kolliziya zamanı dərinlik plyumlərinin təsirindən subduksiya üstü

geokimyəvi xarakteristikaya malik olan litosfer mantiyasının qismən əriməsi baş vermişdir. Alınan ərinti isə fraksiyalaşmaya məruz qalaraq ilkin tərkibi mülayim qələvili bazalt maqmasına uyğun gəlmişdir. Bu ərinti yer qabığı şəraitində növbəti fraksiyalaşmaya məruz qalmış və üst qabıq materialı ilə qarşılıqlı əlaqədə olmuşdur. Sonuncu isə onun LILE və LREE ilə zənginləşməsinə, HFSE ilə kasıblaşmasına səbəb olmuşdur.

Nəticə

1. Nadir torpaq elementlərinin traxibazalt-traxiandezit kompleksinin süxurlarında paylanması göstərir ki, vulkanitlərin mənbəyi metasomatik dəyişmiş qranat saxlayan mantiya substratı olmuşdur. Öyrənilən vulkanitlərdə $(Tb/Yb)_N = 1.7 - 3.0$ olması kompleksin süxurlarının ilkin maqmasının mənbəyində qranatın iştirak etməsinə dəlalət edir.
2. Traxibazalt-traxiandezit kompleksinin süxurlarının mikroelement tərkibi və onların nisbəti mantiya təbiətli ilkin ərintinin kristallaşma diferensiasiya modelini mürəkkəbləşdirir və ana maqmanın kontinental qabığın kənar süxurları ilə assimilyasiyası nəticəsində mantiya maqmasının Yer qabığı substratı ilə qarşılıqlı təsiri ilə təyin olunur. Belə bir Yer qabığı substratı izotop və geokimyəvi tərkibi yer qabığına yaxın olan traxibazalt-traxiandezit formasiyası ilə məkan və vaxtca bimodal-kontrast assosiasiya təşkil edən riolitlər ola bilər.
3. Mülayim qələvili olivinli bazaltların geokimyəvi xüsusiyyətləri maqmanın mənbəyinin metasomatlaşmış floqopit-qranat-rutil saxlayan litosfer mantiyasının olmasına dəlalət edir. Çox güman ki, belə bir mənbənin əriməsi zamanı rutil restitdə qalmışdır və ilkin maqmanın Nb və Ta-la kasıblaşmasına səbəb olmuşdur.

Литература

1. Имамвердиев, Н. А. (2000). Геохимия позднекайнозойских вулканических комплексов Малого Кавказа. Баку: Nafta-Press.
2. Imamverdiyev, N. A. (2003). Rare earth element geochemistry of Late Cenozoic volcanic series in the Lesser Caucasus. *Geochemistry International*, 41(4), 379-394.
3. Имамвердиев, Н. А., Гасангулиева, М. Я., Велиев, А. А. и др. (2010). Вопросы петрогенезиса позднекайнозойского коллизионного вулканизма Малого Кавказа. *Отечественная геология*, 6, 33-42.
4. Dilek, Y., Imamverdiyev, N., Altun-Kaynak, Sh. (2010). 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*, 52(4-6), 536-578.
5. İmamverdiyev, N. Ə., Vəliyev, A. Ə., Həsənquliyeva, M. Y. (2017). Kiçik Qafqazın gec kaynozoy kolliziya vulkanizminin petrologiya və geokimyəsi. *Bakı: Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya*.
6. Imamverdiyev, N. A., Baba-zadeh, V. M., Romanko, A., et al. (2017). Formation of the late cenozoic volcanic complexes of the Lesser Caucasus. *Geotectonics*, 51(5), 489-498.
7. Imamverdiyev, N. A., Gasankuliyeva, M. Y., Babayeva, G. C., et al. (2018). Petrogenesis of the Late Cenozoic volcan-

References

1. Imamverdiyev, N. A. (2000). Geochemistry of Late Cenozoic volcanic complexes of the Lesser Caucasus. *Baku: Nafta-Press*.
2. Imamverdiyev, N. A. (2003). Rare earth element geochemistry of Late Cenozoic volcanic series in the Lesser Caucasus. *Geochemistry International*, 41(4), 379-394.
3. Imamverdiyev, N. A., Gasanguliyeva, M. Y., Veliyev, A. A. et al. (2010). Issues of petrogenesis of the Late Cenozoic collisional volcanism of the Lesser Caucasus. *Otechestvennaya Geologiya*, 6, 33-42.
4. Dilek, Y., Imamverdiyev, N., Altun-Kaynak, Sh. (2010). 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*, 52(4-6), 536-578.
5. Imamverdiyev, N. A., Veliyev, A. A., Hasanquliyeva, M. Y. (2017). Kichik Qafqazın gec kaynozoy kolliziya vulkanizminin petrologiya və geokimyəsi. *Bakı: Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya*.
6. Imamverdiyev, N. A., Baba-zadeh, V. M., Romanko, A., et al. (2017). Formation of the late cenozoic volcanic complexes of the Lesser Caucasus. *Geotectonics*, 51(5), 489-498.
7. Imamverdiyev, N. A., Gasankuliyeva, M. Y., Babayeva, G. C., et al. (2018). Petrogenesis of the Late Cenozoic volcan-

ism of the central part of the Lesser Caucasus (Azerbaijan). *Russian Geology and Geophysics*, 1, 41-54.

8. Грачев, А. Ф. (2003). Идентификация мантийных плюмов на основе изучения вещественного состава вулканитов и их изотопно-геохимических характеристик. *Петрология*, 11(6), 618-654.

9. Reichow, M. K., Saunders, A. D., White, R. V., et al. (2005). Geochemistry and petrogenesis of basalts from the Western Siberian: an extension of the Permo-Triassic Siberian Traps, Russia. *Lithos*, 79, 425-452.

10. Fitton, J. G. (1995). Coupled molybdenium and niobium depletion in continental basalt. *Earth and Planetary Science Letters*, 136, 715-721.

11. Kelemen, P. B., Shimizu, N., Dunn, T. (2003). Relative depletion of niobium in some arc magmas and the continental crust: Partitioning of K, Nb, La and Ce during melt/rock reaction in the upper mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 120, 11-134.

12. Бубнов, С. Н., Лебедев, В. А., Чернышев, И. В. и др. (2007). К проблеме мантийного источника неогенчетвертичного магматизма Кавказа: изотопно-геохимические данные. Материалы XVIII симпозиума по геохимии изотопов им. акад. А.П.Виноградова. Москва: ГЕОХИ РАН.

13. Keskin, M. (2002). Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model of collision related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters*, 30(24), 8046.

14. Pearce, J. A., Parkinson, U. (1993). Trace element model for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. *Magmatic Processes and Plate Tectonics. Geological Society Special Publication*, 76, 373-403.

15. Shaw, D. M. (1970). Trace element fractionation during anatexis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 34, 237-243.

16. Rollinson, H. (1994). Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. *London*.

17. McKenzie, D. P., O'Nions, R. K. (1991). Partial melt distribution from inversion of rare earth element concentrations. *Journal of Petrology*, 32, 1021-1091.

18. Sun, S. S., McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes /in book: Magmatism in the ocean basin (Eds. A. D. Saunders, M. I. Norry). *Geological Society Special Publication*, 42, 313-345.

19. Kinzler, R. J. (1997). Melting of mantle peridotite at pressures approaching the spinel to garnet transition: application to midocean ridge basalt petrogenesis. *Journal of Geophysical Research*, 102, 853-874.

20. Walter, M. J. (1998). Melting of garnet peridotite and the origin of komatiite and depleted lithosphere. *Journal of Petrology*, 39, 29-60.

21. Wilson, M. (1991). Igneous petrogenesis. A global tectonic approach. *Harper Collins Academic*.

22. Лебедев, В. А., Бубнов, С. Н., Чернышев, И. В. и

ism of the central part of the Lesser Caucasus (Azerbaijan). *Russian Geology and Geophysics*, 1, 41-54.

8. Grachev, A. F. (2003). Identification of mantle plumes based on the study of the material composition of volcanics and their isotopic-geochemical characteristics. *Petrology*, 11(6), 618-654.

9. Reichow, M. K., Saunders, A. D., White, R. V., et al. (2005). Geochemistry and petrogenesis of basalts from the Western Siberian: an extension of the Permo-Triassic Siberian Traps, Russia. *Lithos*, 79, 425-452.

10. Fitton, J. G. (1995). Coupled molybdenium and niobium depletion in continental basalt. *Earth and Planetary Science Letters*, 136, 715-721.

11. Kelemen, P. B., Shimizu, N., Dunn, T. (2003). Relative depletion of niobium in some arc magmas and the continental crust: Partitioning of K, Nb, La and Ce during melt/rock reaction in the upper mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 120, 11-134.

12. Bubnov, S. N., Lebedev, V. A., Chernyshev, I. V. et al. (2007). To the problem of the mantle source of Neogene-Quaternary magmatism in the Caucasus: isotope-geochemical data. Proceedings of the XVIII Symposium on Isotope Geochemistry named after Acad. A.P.Vinogradov. Moscow: GEOKhI RAS.

13. Keskin, M. (2002). Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model of collision related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters*, 30(24), 8046.

14. Pearce, J. A., Parkinson, U. (1993). Trace element model for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. *Magmatic Processes and Plate Tectonics. Geological Society Special Publication*, 76, 373-403.

15. Shaw, D. M. (1970). Trace element fractionation during anatexis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 34, 237-243.

16. Rollinson, H. (1994). Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. *London*.

17. McKenzie, D. P., O'Nions, R. K. (1991). Partial melt distribution from inversion of rare earth element concentrations. *Journal of Petrology*, 32, 1021-1091.

18. Sun, S. S., McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes /in book: Magmatism in the ocean basin (Eds. A. D. Saunders, M. I. Norry). *Geological Society Special Publication*, 42, 313-345.

19. Kinzler, R. J. (1997). Melting of mantle peridotite at pressures approaching the spinel to garnet transition: application to midocean ridge basalt petrogenesis. *Journal of Geophysical Research*, 102, 853-874.

20. Walter, M. J. (1998). Melting of garnet peridotite and the origin of komatiite and depleted lithosphere. *Journal of Petrology*, 39, 29-60.

21. Wilson, M. (1991). Igneous petrogenesis. A global tectonic approach. *Harper Collins Academic*.

22. Lebedev, V. A., Bubnov, S. N., Chernyshev, I. V.

др. (2007). Геохронология и особенности генезиса субщелочных базальтов лавовых рек Джавахетского нагорья, Малый Кавказ: K-Ar и Sr-Nd изотопные данные. *Геохимия*, 3, 243-258.

23. Hofmann, A. W. (1997). Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism. *Nature*, 385, 219-229.

24. Zindler, A., Hart, S. (1986). Chemical geodynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 14, 493-571.

25. Zou, H., Zindler, A. (1996). Constraints on the degree of dynamic partial melting and source composition using concentration ratios in magmas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 711-717.

26. Conceicao, R. V., Green, D. H. (2004). Derivation of potassic (shoshonitic) magmas by decompression melting of phlogopite+pargasite lherzolite. *Lithos*, 72, 209-229.

27. Vigouroux, N., Wallace, P. J., Kent, A. J. R. (2008). Volatiles in high-K magmas from the Western-Mexican volcanic belts: Evidence for fluid fluxing and extreme enrichment of mantle wedge by subduction processes. *Journal of Petrology*, 19(9), 1589-1618.

28. Xiong, X. I., Adam, J., Green, T. H. (2005). Rutile stability and rutile/melt HFSE partitioning during partial melting of hydrous basalt: Implications for TTG genesis. *Chemical Geology*, 218, 339-359.

29. Haggerty, S. E. (1995). Upper mantle mineralogy. *Journal of Geodynamics*, 20, 331-361.

30. Peccerillo, A. (2005). Plio-Quaternary volcanism in Italy. Petrology, geochemistry, geodynamics. Springer-Verlag Berlin: Heidelberg.

31. Pearce, J. A., Bender, J. F., De Long, S. E., Kidd, W. S. F. (1990). Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189-229.

et al. (2007). Geochronology and peculiarities of genesis of subalkaline lava river basalts of the Javakheti Plateau, Lesser Caucasus: K-Ar and Sr-Nd isotopic data. *Geochemistry*, 3, 243-258.

23. Hofmann, A. W. (1997). Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism. *Nature*, 385, 219-229.

24. Zindler, A., Hart, S. (1986). Chemical geodynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 14, 493-571.

25. Zou, H., Zindler, A. (1996). Constraints on the degree of dynamic partial melting and source composition using concentration ratios in magmas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 711-717.

26. Conceicao, R. V., Green, D. H. (2004). Derivation of potassic (shoshonitic) magmas by decompression melting of phlogopite+pargasite lherzolite. *Lithos*, 72, 209-229.

27. Vigouroux, N., Wallace, P. J., Kent, A. J. R. (2008). Volatiles in high-K magmas from the Western-Mexican volcanic belts: Evidence for fluid fluxing and extreme enrichment of mantle wedge by subduction processes. *Journal of Petrology*, 19(9), 1589-1618.

28. Xiong, X. I., Adam, J., Green, T. H. (2005). Rutile stability and rutile/melt HFSE partitioning during partial melting of hydrous basalt: Implications for TTG genesis. *Chemical Geology*, 218, 339-359.

29. Haggerty, S. E. (1995). Upper mantle mineralogy. *Journal of Geodynamics*, 20, 331-361.

30. Peccerillo, A. (2005). Plio-Quaternary volcanism in Italy. Petrology, geochemistry, geodynamics. Springer-Verlag Berlin: Heidelberg.

31. Pearce, J. A., Bender, J. F., De Long, S. E., Kidd, W. S. F. (1990). Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189-229.

**Источник первичной магмы верхнеплиоцен-четвертичного
вулканического комплекса центральной части Малого Кавказа****N. A. Imamverdiyev¹, M. Ya. Gasanzuliyeva², A. A. Veliev³, P. E. Rustomova¹**¹Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан²Институт геологии и геофизики МНОАР, Баку, Азербайджан³Azerbaijan International Mining Company, Баку, Азербайджан**Реферат**

В статье исследован источник первичной магматической магмы верхнеплиоцен-четвертичного трахибазальт-трахиандезитового вулканического комплекса центральной части Малого Кавказа. Распределение редкоземельных элементов в породах трахибазальт-трахиандезитового комплекса свидетельствует о том, что источником вулкаников был метасоматически измененный гранатсодержащий мантийный субстрат. На основании геохимических характеристик умеренно-щелочных оливиновых базальтов установлено, что источником магмы является литосферная мантия, содержащая метасоматизированный флогопит-гранат-рутил.

Ключевые слова: Малый Кавказ; верхнеплиоцен-четвертичный вулканизм; первичная магма; литосферная мантия, содержащая метасоматизированный флогопит-гранат-рутил.

**Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsinin Üst Pliosen-Dördüncü dövr
vulkanik kompleksinin ilkin maqmasının mənbəyi****N. Ə. İmamverdiyev¹, M.Y. Həsənquliyeva², A.Ə.Vəliyev³, R.E.Rüstəмова¹**¹Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan²ARETN-nin Geologiya və Geofizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan³Azerbaijan International Mining Company, Bakı, Azərbaycan**Xülasə**

Məqalədə Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsinin Üst Pliosen-Dördüncü dövr traxibazalt-traxiandezit vulkanik kompleksinin ilkin maqmatik maqmasının mənbəyi araşdırılmışdır. Nadir torpaq elementlərinin traxibazalt-traxiandezit kompleksinin süxurlarında paylanması göstərir ki, vulkanitlərin mənbəyi metasomatik dəyişmiş qranat saxlayan mantiya substratı olmuşdur. Mülayim qələvili olivinli bazaltların geokimyəvi xüsusiyyətləri əsasında maqmanın mənbəyinin metasomatlaşmış floqopit-qranat-rutil saxlayan litosfer mantiyasının olması müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: Kiçik Qafqaz; Üst Pliosen-Dördüncü dövr vulkanizmi; ilkin maqma; metasomatlaşmış floqopit-qranat-rutil saxlayan litosfer mantiyası.