

Əlyazması hüququnda

ANAR ƏLƏSGƏR OĞLU VƏLİYEV

**KİÇİK QAFQAZIN ÜST PLİOSEN-DÖRDÜNCÜ
DÖVR KOLLİZİYA VULKANİZMİNİN
PETROGEOKİMYƏVİ MODELİ**

2503.01 – Geokimya, faydalı qazıntıların
geokimyəvi axtarış üsulları

Yer elmləri üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Bakı – 2013

Dissertasiya işi AMEA Geologiya İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
professor **N.Ə.İmamverdiyev**

Rəsmi opponentlər: akademik, geologiya-mineralogiya elmləri
doktoru **A.C.İsmayilzadə**

geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
professor **N.İ.Babayev**

Aparıcı müəssisə: Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi
Mineral-Xammal Elmi-Tədqiqat İnstitutu

Dissertasiya işinin müdafiəsi «25» iyun 2013-cü il saat 14⁰⁰-da
AMEA Geologiya İnstitutunun nəzdində B/D 01.081 Dissertasiya şurasının
iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az-1143, Bakı şəh., H.Cavid, 29a.

Faks (+99412) 537 22 15

E-mail gia@azdata.net

Dissertasiya ilə AMEA Geologiya İnstitutunun kitabxanasında tanış
olmaq olar.

Avtoreferat « » may 2013-cü ildə göndərilmişdir.

B/D 01.081 Dissertasiya
şurasının elmi katibi, t.f.d.

D.R.Mirzəyeva

DİSSERTASIYA İŞİNİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

Mövzunun aktuallığı. Aralıq dənizi qurşağının Qafqaz-Anadolu seqmenti akkresiya komplekslərinin, mikrokontinentlərin, okean qabığının qalıq bloklarının mozaikasından ibarət olub, çox mürəkkəb quruluşu və Tetis okeanının bağlanması ilə səciyyələnərək hal-hazırda Avrasiya və Ərəbistan plitələrinin kolliziya zonası hesab edilir. Son 20 ildə seqmentin Anadolu hissəsinin maqmatizmi və geodinamikasının izah edilməsi üçün xeyli işlər görülmüşdür. Seqmentin Qafqaz, xüsusilə də onun Azərbaycan hissəsi üçün isə bu səviyyədə tədqiqat işləri aparılmamışdır. Ona görə də Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsinin inkişafının son - kövrək kolliziya mərhələsinin Yer qabığı-mantiya maqmatizminin təkamülünün müasir səviyyədə öyrənilməsi aktual problemlərdəndir. Son vaxtlar alınan yeni petrogeokimyəvi məlumatlar maqmanın əmələ gəlməsini araşdırmaq üçün əsas indikatorlardan olub, regionun Üst Pliosen-Dördüncü dövr maqmatik süxurlarının petrogenезisi probleminə və bu süxurları törədən maqmatik ərintinin təbiətinə yenidən baxılmasına imkan verir. Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində Üst Pliosen-Dördüncü dövrdə təzahür edən bimodal assosiasianın əmələ gəlməsi də problem məsələlərdəndir. Ona görə də dəqiq petrogeokimyəvi tədqiqat işləri qeyd edilən problemləri həll etməyə ümid verir.

İşin məqsəd və vəzifələri. Tədqiqatların əsas məqsədi Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr kolliziya vulkanizminin məhsullarının petrogeokimyəvi öyrənilməsi nəticəsində bu maqmatizmin təkamülünün əsas qanunauyğunluqlarını müəyyən etmək, ana maqmalardan vaxt etibarlı ilə mənəbərini və münasibətini müəyyən etmək və kolliziya vulkanizminin petrogeokimyəvi modelini hazırlamaqdır.

Qoyulan məqsədi yerinə yetirmək üçün aşağıdakı məsələlərin həll edilməsi nəzərdə tutulmuşdur:

-Üst Pliosen-Dördüncü dövr vulkanizminin ardıcıl olaraq təkamülünün izlənilməsi və ilkin maqmalardan təbiətinin araşdırılması üçün bu vulkanizmin məhsullarının müasir səviyyədə petrogeokimyəvi tərkibinin öyrənilməsi.

-Formasiya süxurlarının mikroelement tərkibinin variasiyasının tədqiqi.

-Maqmatizmin geokimyəvi təkamülünü təyin etmək, ana ərintilərdə maqma əmələgəlmə proseslərinin səciyyələndirmək və həmçinin maqmanın mənəbələrini tipini müəyyən etmək üçün maqmatik süxurları müxtəlif geodinamik şəraitlərdə əmələ gəlmiş maqmatik mənəbələrlə müqayisə edilməsi.

- Mikroelementlər və onların nisbətləri əsasında ilkin mantiya maqmasının təbiətinin araşdırılması, onun Yer qabığı substratı ilə qarşılıqlı təsirinin aydınlaşdırılması.

- Traxibazalt-traxiandezit və riolit formasiyaları süxurlarının əmələ gəlməsini və təkamülünü aydınlaşdırmaq məqsədilə kompüter proqramları vasitəsilə müxtəlif proseslərin (kristallaşma diferensiasiyası - FC, assimilyasiya və fraksion kristallaşma – AFC, qismən ərimə) modelləşdirilməsi.

- Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr vulkanizminin müqayisəli analizinin aparılması.

Faktiki material və tədqiqat üsulları. Dissertasiya işinin əsasını formasiya süxurlarının petrogeokimyəvi və mineraloji analizləri təşkil etmişdir. İşdə həmçinin fond və nəşr olunmuş materiallardan istifadə edilmişdir. Tədqiqat işinin yerinə yetirilməsində 200 şlif təsvirindən, 155 rentgen-spektral (silikat) və mikroelement, 50 süxurəmələgətirən mineral nümunələrinin mikrozon və mikroelement analizinin nəticələrindən istifadə edilmişdir. Bütün analizlər AMEA Geologiya İnstitutunun və Rusiya Federasiyasının elmi-tədqiqat institutlarının, Moskva Dövlət Universitetinin, Kanadanın (Acme Analytical Laboratories LTD) analitik laboratoriyalarında müasir üsullarla yerinə yetirilmişdir.

He izotopunun tərkibi REA-nın Geokimya və Analitik Kimya İnstitutunda yerinə yetirilmişdir. İşdə həmçinin Kiçik Qafqazın digər sahələrindəki eyni yaşlı vulkanitlərin *Sr* və *Nd* izotop analizlərindən istifadə edilmişdir (İ.V.Çernişev və b., 2006-2010).

Bütün analizlər kompüterdə korrelyasiya, faktor və digər statistik analizlərinin köməyi ilə emal edilmişdir. Fraksion kristallaşma (FC), assimilyasiya və fraksion kristallaşma modelləri (AFC) «IGPET» və «MINPET» proqramlarının köməyi ilə qurulmuşdur. Formasiya süxurlarının süxurəmələgətirən mineralarının kristallaşma temperaturu, təzyiqi, fiqutivlik «Petroloq-3» proqramı ilə hesablanmışdır.

İşin elmi yenilikləri:

-Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində zaman və məkanca assosiasiya təşkil edən traxibazalt – bazaltik traxiandezit – traxiandezit və salıq riolit tərkibli vulkanitlərdən ibarət olan Üst Pliosen-Dördüncü dövr yaşlı bimodal assosiasiya ayrılmışdır.

-Müəyyən edilmişdir ki, traxibazalt-traxiandezit formasiya süxurlarının mənbəyi metasomatik dəyişmiş qranat saxlayan mantiya substratı olmuşdur.

-Modelləşmə nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, traxibazalt-traxiandezit formasiyası süxurları üçün ilkin mantiya ərintisi hesab edilən mülayim qələvili olivinli bazaltların təkamülü baş süxurəmələgətirən və aksesor mineralların tərkiblərinin dəyişməsi hesabına, orta süxurların əmələ gəlməsi isə kifayət qədər turş ərintinin assimilyasiya olunması və mülayim qələvili bazalt maqmasının fraksionlaşması hesabına baş vermişdir.

-Hesablamalar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, andezit substratından ayrılan riolit ərintisinin ərimə payı 15%-ə yaxındır. Ərinti uzaqlaşdıqdan sonra qalan restit bütövlükdə götürüldükdə kontinentlərin aşağı yer qabığının ümumi tərkibinə uyğun gəlir.

Müdafiə olunan müddəalar:

1. Kiçik Qafqazın inkişafında gec kolliziya mərhələsinin bimodal assosiasiyasının süxurlarının təkamülünün səciyyəsi.

2. Üst Pliosen-Dördüncü dövrdə mantiya diapirinin əmələ gəlməsi; Yer qabığı şəraitində vahid assimilyasiya və fraksion kristallaşma prosesinin təsviri.

3. Traxibazalt-traxiandezit və riolit formasiyaları süxurlarının mənbəyinin aydınlaşdırılması.

İşin praktiki əhəmiyyəti:

Kontinental kolliziya zamanı əmələ gəlmiş ilkin maqmanın əmələgəlmə şəraiti və yer qabığında təkamülü gec kolliziya maqmatizminin və geodinamik inkişafının modelinin qurulmasında istifadə oluna bilər.

Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində kövrək kolliziya şəraitində maqma mənbələrinin məkan və zamanca dəyişməsi regionun mantiya və Yer qabığının strukturunun başa düşülməsində əhəmiyyətli informasiya verir.

İşin aprobasiyası və nəşrlər: Dissertasiyanın əsas müddəaları akademik M.Ə.Qaşqayın yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq elmi sessiyada (Bakı, 2007), 33-cü Beynəlxalq Geoloji Konqresdə (Oslo, 2008), Bakı Dövlət Universitetində keçirilən Respublika, Beynəlxalq elmi konfranslarında (Bakı, 2007, 2009, 2013), AMEA aspirantlarının elmi konfranslarında (Bakı, 2008, 2009), gənc alim və tələbələrin II və III Beynəlxalq elmi konfranslarında (Bakı, 2007, 2009), Türkiyənin 62-ci Geoloji Qurultayında (Ankara, 2009), Şərqi Aralıq dənizinin geologiyasına həsr olunmuş 7-ci beynəlxalq simpoziumda (Adana, 2010), I Beynəlxalq Tətbiqi Geoloji Konqresdə (Məşhəd, 2010), Beynəlxalq nümayəndələrin iştirakı ilə Ümumrusiya konfransında (Vladivostok, 2011), Beynəlxalq konfransda (Minsk, 2011), Dördüncü dövr vulkanizminə həsr olunmuş 2-ci SGMW simpoziumunda (Tehran, 2012), Kiçik Qafqazın qızıl və əsas metal yataqlarına, metallogeniyasına, geodinamikasına

həsr olunmuş Beynəlxalq toplantılarda (Tbilisi, 2012, 2013), 45-ci tektonik müşavirədə (Moskva, 2013) məruzə edilmişdir. Dissertasiya mövzusu üzrə respublika və xarici jurnallarda, konfrans materiallarında 9 məqalə, 13 tezis çap olunmuşdur.

İşin həcmi və strukturu. Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, nəticələr, 175 adda ədəbiyyat siyahısı, 74 şəkil və 13 cədvəldən ibarət olub, kompüterdə yazılmış 160 səhifədən ibarətdir. Dissertasiya işi AMEA-nın Geologiya İnstitutunda g.-m.e.d., prof. N.Ə.İmamverdiyevin rəhbərliyi altında yerinə yetirilmişdir.

İŞİN MƏZMUNU

I fəsil. Kiçik Qafqazın Gec Kaynozoy kolliziya vulkanizmi

Kiçik Qafqaz Alp-Himalay qırıqlıq qurşağının bir hissəsidir. Regionun Gec Alp tarixinin əsas mərhələləri bir çox alimlərin (Adamia et al., 2008, 2010; Баба-заде и др., 2010; Гамкрелидзе, 1966, 1989; Короновский и др., 1994, 1996, 1999, 2002, 2007; Имамвердиев, 2002, 2006, 2010; Исмаил-заде, 1990, 2001; Мамедов, 1999; Рустамов, 2005; Шихалибейли, 1981, 1996 və b.) əsərlərində dəqiq baxılmışdır.

Bu müəlliflərin əksəriyyəti hesab edir ki, Alp-Himalay qırıqlıq qurşağı Təbaşirin sonu-Paleogenin əvvəlində Tetis okeanının bağlanması ilə əlaqədar olaraq öz inkişafını hal-hazırda kontinental plitələrin kolliziya zonası kimi davam etdirməkdədir. Həmin zaman Avrasiyanın cənub yamacı fəal kənar olmuş və daha sonrakı kontinental plitələrin kolliziyası nəticəsində dərinlik proseslərin xarakteri irsən qalmışdır. Nəticədə burada kolliziya zonasının tikiş zonasının istiqamətini göstərən bütün Anadolu, Qafqaz və Şimal-Qərbi İrani əhatə edən geniş Gec Kaynozoy vulkanizmi əmələ gəlmişdir. Bu qurşağın quruluşu və maqmatizmi kolliziya zonalarında müasir tektonik-maqmatik prosesləri başa düşmək üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Müasir dövrdə kontinental kolliziya Avrasiya və Afrika-Ərəbistan plitələrinin konvergensiyası ilə səciyyələnir. Bu toqquşma nəticəsində yer qabığının qalınlığı maksimal artmışdır. Bu zaman qonşu plitələrin aralanması da baş verir. Anadolu plitəsi qərbə, İran plitəsi isə şərqə hərəkət edir. N.V.Korovski və L.İ.Deminaya (1999), A.C.İsmayılzadə (2001), M.İ.Rüstəмова (2005) görə, Qafqaz seqmentində əsas dinamik proseslər Ərəbistan plitəsinin (pazının) fəal şimal-şimal-şərq hərəkətilə əlaqədardır. Ərəbistan plitəsinin hərəkəti zamanı şimal-qərb istiqamətli strukturları kəsən birbaşa köndələn qırılma zonaları əmələ gəlir. Bununla əlaqədar

olaraq, Böyük və Kiçik Qafqazda Miosen-Kvaterner yaşlı maqmatizmin təzahür etməsi əksər hallarda Transqafqaz eninə qalxması ilə əlaqədardır.

Beləliklə, kolliziya prosesi Qafqaz ərazisinin meridionalayaxın sıxılmasına, yer qabığının qalınlığının artmasına, regionun kəskin qalxmasına, maqmatizmin əmələ gəlməsinə səbəb olmuşdur. Nəticədə dərinliklərdə təzyiqin düşməsi hesabına süxurların əriməsi baş vermişdir. Maksimal sıxılma yerlərində iri birbaşa eninə qırılmalar əmələ gəlmişdir. Bu qırılmalar boyu ərintilər yer üzərinə hərəkət etməyə can atmışdır. Sahəcə Gec Kaynozoy maqmatizmi Transqafqaz eninə qalxmasında və Şərqi Kiçik Qafqazda təzahür etmişdir. Üst Pliosen-Dördüncü dövrdə qalxma zonalarında turş tərkibli, çökəkliklərdə isə mülayim qələvili səciyyəli əsasi və orta tərkibli vulkanizm baş vermişdir.

II fəsil. Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr kolliziya vulkanizminin petrologiyası

2.1. Petroqrafik səciyyə. Kiçik Qafqazın Azərbaycan hissəsində Üst Pliosen-Dördüncü dövrdə N.Ə.İmamverdiyev (2002) 2 vulkanik formasiya ayırmışdır:

1 - Üst Pliosen - Alt Dördüncü dövr yaşlı traxiriolit;

2 - Üst Pliosen-Dördüncü dövr yaşlı traxibazalt- traxiandezit.

Vulkanitlərin əksəriyyəti normal qələvili, əhəngli-qələvili seriyaya aid olduğu üçün biz birinci formasiyanı, bir çox alimlərin qəbul etdiyi kimi, riolit formasiyası adlandırılmasını məqsədəuyğun hesab edirik. Mülayim qələvili seriyaya isə əsasən turş vulkanitlərin şüşələri aiddir.

Riolit formasiyası ilə eyni dövr və onunla kontrast assosiasiya əmələ gətirən mülayim qələvili seriyaya aid olan zəif differensiallaşmış antidrom sıra əmələ gətirən traxibazalt-traxiandezit formasiyası ayrılır.

Assosiasiyanın turş kompleksi riolit, traxiriolit, riodasit, obsidian, perlit, pemza, tuf və brekçiyalarla təmsil olunmuşdur. Azərbaycan ərazisində onları Keçəldağ və Kiçik Dəvəgözü gümbəzəbənzər vulkanları təşkil edir. Əksər vaxtlarda süxurlar şüşəvari (obsidian, perlit) və ya felzit, sferolittir. Nadir möhtəvilər (0,4-4%) plagioklazdan (An_{18-30}), kvarsdan, bəzən kalium çöl şpatından və biotitdən, hornblenddən, monoklinik piroksendən ibarətdir. Əsas kütlənin şüşəsi, adətən tam kristallaşmamış, təzədir və flüidal və ya massiv quruluşa malikdir (Кашкай, Мамедов, 1961; Мамедов, 1971; Махмудов, 1991, 1992).

Traxibazalt-traxiandezit formasiyasının tərkibində möhtəvilərin tərkibindən və qarşılıqlı münasibətlərindən asılı olaraq mülayim qələvili olivinli

bazalt və traxidolerit (olivin+avgit+plagioklaz), olivin-piroksenli və hornblendli traxibazalt (plagioklaz+olivin+avgit±hornblend), olivin-piroksenli və piroksenli bazaltik traxiandezit (plagioklaz+klinopiroksen±olivin), latit (plagioklaz+K-Na çöl şpatı+piroksen), hornblendli traxiandezit (plagioklaz+avgit±hornblend), kvarslı latit (plagioklaz+K-Na çöl şpatı+avgit), traxit (plagioklaz+K-Na çöl şpatı±piroksen±hornblend) ayrılır.

Traxibazalt-traxiandezit formasiyasının tərkibində S.Ə.Mahmudov və M.N.Məmmədovun (1981), A.C.İsmayılzadənin (1990, 2004), N.Ə.İmamverdiyevin (2002) məlumatlarına görə homeogen daxilolmalar, meqakristlər və Yer qabığı süxurlarından ibarət olan ksenolitlər iştirak edir. Analoji süxur tipləri Kiçik Qafqazın digər bölgələrində də (Geqam, Vardenis, Sünik və s.) təsvir olunmuşdur (Генштафт и др., 1982, 1985; Попов и др., 1981; Короновский, Демина, 2002).

2.2. Üst Pliosen-Dördüncü dövr vulkanitlərinin petrokimyəvi xüsusiyyətləri. *Traxibazalt-traxiandezit* formasiyasının tərkibində SiO_2 -nin miqdarı 49%-dən 61%-ə kimi dəyişir və $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (TAS) (Le Bas et al., 1986), $\text{Zr/TiO}_2 - \text{Nb/Y}$; $\text{SiO}_2 - \text{Zr/TiO}_2$ (Rollinson, 1994) təsnifat diaqramlarında süxurların tərkibi mülayim qələvi seriyaya aid olan sahəyə düşür. Formasiya süxurlarında iştirak edən daxilolmaların əksəriyyəti az silisiumlu olub ($\text{SiO}_2=42,0-51,0\%$), yüksək maqneziumlu ($\text{MgO}=5-13\%$, bəzən 20%), kalsiumlu ($\text{CaO}=6-11\%$), nisbətən yüksək titanlıdır ($\text{TiO}_2=1,4-2,3\%$).

Formasiya süxurlarının tərkibində daha əsasi süxurlardan orta süxurlara doğru MgO , CaO , FeO^* , P_2O_5 -nin miqdarı azalır. MgO -nun ən yüksək miqdarı mülayim qələvili olivinli bazaltlarda müəyyən edilmişdir və 7%-ə çatır. «Traxibazalt-bazaltik traxiandezit» diapozonunda qeyd etdiyimiz elementlərin miqdarı kəskin azalır, Al_2O_3 və Na_2O -nun miqdarı zəif templə, K_2O -nun miqdarı isə yüksək templə artır. Süxurların tərkibi traxiandezitə keçdikdə isə bu elementlərin miqdarının dəyişməsi az miqdarda baş verir. Formasiya süxurlarının üzvlərində əsas komponentlərin dəyişməsi iki trendin olmasını müəyyən edir: uyuşmayan komponentlər (K_2O , Na_2O) üçün demək olar ki, düz xətt, mineral əmələ gətirən komponentlərdə (MgO , CaO , FeO^* , P_2O_5) isə əyilmə (qırılma) müşahidə edilir. Bu onu göstərir ki, traxibazaltlar və bazaltik traxiandezitlər üçün ilkin maqma eyni mənbədən ərimişdir, ikinci müşahidə isə müxtəlif mineral assosiasiyalarının iştirakı ilə (olivin, klinopiroksen, əsasi plagioklaz, apatit) fraksionlaşma prosesinin getməsinə dəlalət edir (Vəliyev, 2009). Analoji hal qeyd edilən elementlərin MgO -dan asılılıq diaqramında da müşahidə

edilir və mafik süxurların olivin, monoklinik piroksen, apatit və maqnetitin fraksionlaşması nəticəsində əmələ gəlməsinə dəlalət edir. Bu diaqramlarda dərinlik daxilolmaların əksəriyyəti yüksək maqneziumlu olub, differensiasiya trendinin başlanğıcını əks etdirir və onların bir çoxunun ətraf süxurlarla homeogen əlaqəsi olduğunu göstərir.

Salik tərkibli **riolit** formasiyasının süxurlarında SiO_2 -nin miqdarı 72%-dən 77%-ə kimi dəyişərək kompakt qrup yaradır və az miqdarda differensiasiya müşahidə edilir və riadasit, riolit, perlit və obsidianlar ayrılır. Turş vulkanitlər fO_2 -nin aşağı qiymətlərində evtektik tərkibə malik olmuş, «quru» yüksək temperaturlu ərintinin formalaşması ilə əlaqədardır.

Beləliklə, Kiçik Qafqazın inkişafının kolliziya mərhələsinin sonunda SiO_2 -nin miqdarına görə fərqlənən və bimodal assosiasiya yaradan salik ($\text{SiO}_2 - 72\text{-}77\%$) və mafik ($\text{SiO}_2 - 48\text{-}60\%$) vulkanitlər əmələ gəlmişdir.

III fəsil. Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr vulkanizminin geokimyəvi xüsusiyyətləri

Kiçik Qafqazın eyni yaşlı vulkanizminin geokimyəvi xüsusiyyətləri daha tam N.Ə.İmamverdiyevin (1992, 1993, 2000, 2003, 2010), V.S.Popov və b.-nin (1987) və A.V.Quşinin (1977, 1991) işlərində verilmişdir. Qeyd edilən vulkanizmin geokimyəvi xüsusiyyətlərinə dair məlumatlara, həmçinin M.Ə.Qaşqayın (1961), A.İ.Məmmədovun (1971), A.C.İsmayılzadənin (1986, 1990, 2004), H.İ.Mahmudovun (1991, 1992), Ə.S.Heydərovun (1988) işlərində rast gəlmək olur. Son zamanlar V.A.Lebedev və b. (2006-2010) işlərində Kiçik Qafqazın Ermənistan və Gürcüstan hissəsindəki vulkanik strukturların bəzilərində vulkanitlərin mütləq yaşı təyin edilmiş, onların petrogenesis məsələlərini aydınlaşdırmaq üçün Sr, Sm, Nd izotoplarının nisbəti öyrənilmişdir.

Dissertasiyanın bu fəslində Kiçik Qafqazın Azərbaycan hissəsindəki Üst Pliosen-Dördüncü dövr yaşlı vulkanitlər haqqındakı yeni alınmış geokimyəvi məlumatlar şərh edilmiş və müasir geoloji konsepsiyalar nöqtəyindən təhlil edilmişdir.

3.1. Nadir torpaq elementləri. Öyrənilən formasiya süxurlarında ilkin ərintilərin təkamülü nadir torpaq elementlərinin (NTE) xondritə görə normallaşdırma diaqramlarında aydın görünür. Bütövlükdə götürüldükdə formasiya süxurlarının daha silisiumlu üzvlərində NTE cəminin azalması müşahidə olunur. Belə nəticəyə gəlmək olar ki, bu süxurların ilkin maqması daha mafik maqmadan yalnız süxurəmələgətirən mineralların deyil, paylanma əmsalı vahiddən böyük olan aksesör mineralların (apatit, sfen,

sirkon) fraksionlaşması hesabına əmələ gəlmişdir (əsası süxurlarda NTE-nin yüksək konsentrasiyası olan apatit yüksək miqdarda iştirak edir). NTE formasiya süxurlarında paylanması göstərir ki, öyrənilən vulkanitlərin mantiya mənbəyi metasomatik dəyişmiş qranat saxlayan mantiya substratı olmuşdur. Belə hesab etmək olar ki, formasiya süxurları üçün ilkin substrat astenosfer materialı olmuşdur.

Bu formasiya süxurlarından fərqli olaraq riolit formasiya süxurlarında NTE ümumi miqdarı aşağıdır (LREE = 66-116 q/t) və kəskin ifadə olunmuş yevropium nisbəti qeyd edilir ki, bu da ərintidən plagioklazın (və qələvi çöl şpatının) erkən ayrılmasına və restitdə yığılmasına dəlalət edir.

3.2. Kogerent və qeyri-kogerent elementlər. *Traxibazalt-traxiandezit* formasiyası süxurlarında differensiasiya indeksinin (SiO_2 və MgO) dəyişməsilə kogerent elementlərin geokimyəvi trendində də yuxarıda qeyd etdiyimiz analogi hal, yəni xətti və əyilmə – qırılma müşahidə olunur. Ərintinin təkamülündə traxibazalt və bazaltik traxiandezit sahəsində olivin və klinopiroksenin kristallaşması ilə əlaqədar olaraq Cr, Sc, Ni kimi elementlərin miqdarı kəskin azalır. Bu zaman ilkin süxurlarda olivinin miqdarı çox olduğundan Ni-in azalması özünü daha qabarıq büruzə verir. Orta süxurlara keçdikdə isə klinopiroksenin hesabına Cr və Sc-un miqdarının azalması sürətlənir. V, Y, Yb kimi elementlərin azalması isə, xüsusilə traxiandezitlərə keçdikdə, daha aydın hiss olunur və kristallaşan fazalar içərisində maqnetit və amfibolun olmasına dəlalət edir. Sr-un davranışı plagioklazın kristallaşması və ya akkumulyasiyası ilə nəzarət olunur (Vəliyev, 2008, 2009). Yüksək dərəcədə uyuşmayan (qeyri-kogerent) elementlərin (U, Th, Rb, Li, Zr, Hf və s.) miqdarı əsas süxurlardan ortaya doğru artır, əsas və orta süxurlar üçün olan geokimyəvi irsiyyəti saxlayır (Vəliyev, 2008). Bu elementlərin formasiya süxurlarında davranışı onların tərkibində olan daxilolmalarla tənzimlənir. Belə ki, onlar kogerent elementlərlə zəngin, qeyri-kogerent elementlərlə isə kasıbdır. Bu isə əksər daxilolmaların ətraf süxurlarla qohum olmasına dəlalət edir. Formasiya süxurları üçün iri ionlu (Sr, Ba, La, Ce) elementlərin yüksək miqdarı səciyyəvidir. Primitiv mantiyaya nisbətən normallaşdırılmış spayder diaqramında formasiya süxurları üçün Nb, Ta, Hf, Zr-un zəif minimumu qeyd olunur. Uyuşmayan elementlərlə zənginləşməni kalium və digər uyuşmayan elementlərlə zəngin olan metasomatitləşmiş litosfer mantiyasından əmələ gələn maqmanın ilkin ərintisinin mənbəyi olması ilə izah etmək olar. Lakin formasiya süxurları ada qövslərinin bazaltlarından fərqli olaraq LILE ilə daha zəngindir. Analiz olunmuş nümunələrdə La və Ce-un yüksək miqdarını Yer qabığı materialı

ilə çirklənmə ilə də izah etmək olar. Analoji geokimyəvi qanunauyğunluq digər kolliziya zonalarında da müşahidə edilir və ədəbiyyatda geniş şəkildə müzakirə olunmuşdur (Dilek et al., 2010). Formasiya süxurları E-MORB tipli zənginləşmiş bazaltlara nisbətən qeyri-kogerent və əksər kogerent elementlərlə zəngindir və bir çox elementlərə görə (xüsusilə də, kogerent elementlərə görə) OIB tipli plitədaxili okean adalarının bazaltlarına yaxındır. OIB-dən fərqli cəhətə ondan ibarətdir ki, öyrənilən süxurlarda Ba, U, La, Ce, Sr aydın maksimum, Th, Nb, Ta, Ti-nin minimum anomaliyalrı aydın nəzərə çarpır. Bunu formasiya süxurlarının formalaşdığı ana maqmaya mantiya metasomatozunun təsiri ilə izah etmək olar. Geokimyəvi məlumatlar, o cümlədən, yüksək Th/Nb, Ba/Nb, K/Ti, aşağı Nb/Y, Ti/Y nisbətləri digər geoloji məlumatlarla birgə göstərir ki, Kiçik Qafqaz altında mantiya mənbəyi yüksək K və aşağı HFSE sulu flüidlər saxlayan daha qədim subduksiya prosesi zamanı onun komponentləri hesabına metasomatitləşmişdir. *Riolit* formasiyasının süxurlarında primitiv mantiyaya nisbətən Rb və Th-un maksimumu, P və Ti-nin isə minimumu qeyd olunur. Elementlərin paylanma spektri yer qabığının yuxarı hissəsindəki element tərkibinə (Teylor, McLennan, 1985) yaxındır.

3.3. Element nisbətləri. İlk ərintinin subduksiya komponenti ilə zənginləşməsi Th/Yb - Ta/Yb diaqramında aydın görünür (Pearce, 1982). Y.Dilek və b. (2010), N.Ə.İmamverdiyevə görə (2010) Üst Miosendən Dördüncü dövrə qədər astenosfer effektinin artması hesabına subduksiya komponentinin payı azalmışdır. Traxibazalt-traxiandezit formasiyası süxurlarının mikroelement tərkibi və onların nisbəti mantiya təbiətli ilkin ərintinin kristallaşma diferensiasiya modelini mürəkkəbləşdirir və çox güman ki, mantiya maqmasının Yer qabığı substratı ilə qarşılıqlı təsiri ilə təyin olunur. Belə bir maqma izotop və geokimyəvi tərkibi Yer qabığına yaxın olan traxibazalt-traxiandezit formasiyası ilə məkan və vaxtca bimodal-kontrast assosiasiya təşkil edən riolitlər ola bilər.

Kiçik Qafqazın şərq zonasının, o cümlədən Azərbaycan hissəsinin Üst Pliosen-Dördüncü dövrə turş vulkanitlərinin səciyyəvi xüsusiyyətlərindən biri onların Th və Rb-lə zəngin olmasıdır. Ona görə də, vulkanitlərdə Rb/Sr nisbəti 10-dan yuxarı və bu qiymətə yaxındır. Th/U nisbəti də yüksək olub, 3-4 arasında dəyişir. Belə bir geokimyəvi xüsusiyyət bu vulkanitlərin daha dərinlikdən gətirilməsinə dəlalət edə bilər (Vəliyev, 2010).

IV fəsil. Kiçik Qafqazın Gec Kaynozoy kolliziya vulkanizminin petrogeokimyəvi modeli

Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində kövrək-gec kolliziya dövründə bimodal assosiasiyaya daxil olan riolit və traxibazalt-traxiandezit formasiyalarının əmələ gəlməsini, ilkin ərintinin tərkibini və ərimə payını müəyyən etmək üçün dissertasiyada ən əvvəl əsasi və turş tərkibli bimodal maqmaik assosiasiyaların əmələ gəlmə probleminə baxılmışdır.

Kiçik Qafqazın tədqiqatçılarının əksəriyyəti belə hesab edir ki, bimodal serianın salıq maqması qabıqdaxili ocaqdan yer səthinə daxil olmuşdur. Bu maqmatik kamerada daha turş və uçucularla zəngin olan maqma yuxarı qalxaraq, daha ağır olan zəif diferensiallaşmış maqmanı ekranlaşdırır. Digər nöqteyi-nəzərə görə, bimodal serianın turş üzvü qabıq və ya qarışıq qabıq-mantiya təbiətlidir. Bu halda belə hesab edilir ki, sialik yer qabığı təbiətli substratın əriməsi üçün istilik enerjisinin mənbəyi bazalt ərintisi olmuşdur. Qeyd edilən hipotezlər V.S.Popov və b. (1987), A.V.Quşinin (1977, 1991), A.C.İsmayılzadənin (1990, 2004) işlərində geniş işıqlandırılmışdır.

Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində yayılmış Üst Pliosen-Dördüncü dövr vulkanitlərinin izotop tərkibinin öyrənilməsi göstərir ki, bimodal maqmatik assosiasianın tərkibi iki tip – mantiya və qabıq tipli maqmalardan əmələ gəlmişdir. Birinci mantiya təbiətli mənbə S.N.Bubnov və b. (2009, 2010), V.A.Lebedev (2010) tərəfindən öz petrogeokimyəvi xüsusiyyətlərinə görə hipotetik “*Common*” rezervuarına (Hofmann, 1997) yaxın olan “*Caucasus*” mənbəyi adlandırılmışdır. Bu müəlliflərə görə bu mənbə $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,7041\pm0,0001$, $\epsilon_{\text{Nd}}=4,1\pm0,2$ və $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,105-0,114$ izotop-geokimyəvi tərkibə cavab verir. Bu müəlliflərin fikrincə, belə bir ilkin maqma Böyük və Kiçik Qafqazın Gec Kaynozoy maqmatik əmələgəlmələri üçün vahid bir mənbə ola bilər və əsasi tərkibli olub, K-Na seriyasına mənsub olan mülayim qələvili bazaltlara cavab verir. Həqiqətən öyrənilən traxibazalt-traxiandezit formasiyası üçün ilkin maqma $^3\text{He}/^4\text{He}$ izotop tərkibi $0,9\cdot10^{-6}$ (Гасанкулиева и др., 2010; Veliyev et al., 2010) təşkil edən mülayim qələvili olivinli bazalt maqması qəbul olunmuşdur.

İkinci tip maqmanın tərkibi isə rayon ərazisində inkişaf tapmış riolitlərin izotop-geokimyəvi tərkibinə cavab verə bilər. Onlar üçün ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) nisbəti 0,70438-0,70636 təşkil edir və bu riolitlərin əmələ gəlməsi aşağı qabıq anatektik tərkibli olub, mantiya təbiətli K-Rb flüidləri gətirilməklə, evtektik tərkibə cavab verir. Bizim fikrimizcə, traxibazalt-traxiandezit formasiyasının orta süxurlarının əksəriyyəti “*Caucasus*” tipli mantiya mənbə-

yi və qabıq rezervuarı ilə qarışma məhsullarıdır. Bu nöqteyi-nəzər modelləşdirmə ilə təsdiq olunmuşdur.

4.1. Traxibazalt-traxiandezit formasiyasının əmələgəlmə problemləri.

4.1.1. Fraksion kristallaşma. Kristallaşma differensiasiyasının formasiya süxurlarında aparıcı rolunu qiymətləndirmək üçün petrogen və nadir elementlərin miqdarından istifadə edilmişdir. “IGPET” proqramı ilə kompüterdə aparılmış balans hesablamaları göstərmişdir ki, ilkin mantiya ərintisinin təkamülü baş süxurəmələgətirən mineralların tərkiblərinin dəyişməsi hesabına baş vermişdir. Məsələn, mülayim qələvili olivinli bazaltdan traxibazaltın alınması üçün 19,8% Cpx, 57,6% Pl, 15% Ol (Fo_{84}), 7,6% Mt fraksionlaşmalıdır (cədv. 1).

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, ilkin ana maqma hesab edilən mülayim qələvili olivinli bazalt maqmasından növbəti traxibazalt ərintisini almaq olar. Bu zaman 61% fraksionlaşma dərəcəsində növbəti (törəmə) traxibazalt ərintisinin payı 39% təşkil etmişdir. Beləliklə, yuxarıda qeyd edilən mineral-ların, həmçinin amfibolun fraksionlaşması növbəti differensiatların əmələ gəlməsinə səbəb olur və ona görə də ardıcıl differensiasiyaya uğramış traxibazalt-bazaltik traxiandezit – traxiandezit sırasını əmələ gətirir.

4.1.2. Kontaminasiya. Son alınan petrogeokimyəvi məlumatlar göstərir ki, Gec Kaynozoy vulkanizminin petrogenesisində zənginləşmiş mantiya mənbəyinin (litosfer mantiyasının) yer qabığı materialı ilə kontaminasiyası kifayət qədər böyük rol oynamışdır. Formasiya süxurlarının əmələ gəlməsində assimilyasiyanın rolunu qiymətləndirmək üçün bu proses «İQPET» proqramı ilə modelləşdirilmişdir. Modelləşmənin nəticəsi göstərmişdir ki, traxibazalt-traxiandezit formasiya süxurları üçün ilkin mantiya mənbəyinin dəyişməsi kifayət qədər turş ərintinin assimilyasiya olunması ilə və mülayim qələvili olivinli bazalt maqmasının fraksionlaşması hesabına baş vermişdir. Cədvəl 2-də AFC modelləşdirilməsinin nəticəsi göstərilmişdir.

Cədvəl 2-dən göründüyü kimi riolitın mülayim qələvili olivinli bazalt və traxibazaltla qarışması nəticəsində bazaltik traxiandezit və traxiandezit əmələ gələ bilər.

4.1.3. Mülayim qələvili olivinli bazalt maqmasının maqmatik mənbəyi. La/Sm-La, Sm/Yb-Sm, Sm/Yb-La/Yb diaqramlarından istifadə edərək, modelləşmə nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, formasiya süxurlarının alınması üçün mənbə qranat+şpinel mineral tərkibli mantiya ola bilər. Ağır NTE-yə (HREE) nisbətən süxurların yüngül NTE ilə (LREE) zənginləşməsi (bu zənginləşmənin ədədi qiyməti mülayim qələvili olivinli bazaltlarda 15-30 təşkil edən $(\text{La/Yb})_n$ nisbətidir) mafik maqmanın qranat saxlayan mantiya

protolitindən əriməsinə dəlalat edir (Wilson, 1989) və yuxarıda qeyd etdiyimiz fikirləri təsdiqləyir. Tb/Yb-La/Yb diaqramında (şək.1) formasiya süxurlarının tərkibi qranat saxlayan lersolit mantiyasının ərimə sahəsinə düşür (mantiyada $\approx 2-4\%$ qranat).

Bu, (Ce/Yb)_n-Yb_n diaqramı (Brandshaw et al., 1993) ilə də təsdiqlənir (şək.2). Mülayim qələvili bazaltoidlərin tərkibi qranatlı peridotitin az ərimə (1-2,5%) payına uyğun gəlir və 2,5-4% qranat saxlayan əyrilərin arasında yerləşir (Гасанкулиева, Велиев и др., 2010) və metasomatitləşmiş mantiya mənbəyinin formasiya süxurlarının əmələ gəlməsində əhəmiyyətli rol oynamasına dəlalat edir.

Nd və Sr-un izotop nisbətlərinin öyrənilməsi nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, bir çox okeanik və kontinental plitədaxili mülayim qələvili və qələvili bazaltların mənbəyinin zənginləşməsi adətən aşağı mantiyadan gətirilən komponentlərin hesabına baş verir (Hofmann, 1997; Zindler, Hant, 1986; Wilson, 1993).

Belə bir fikir Kiçik Qafqazın Gec Kaynozoy vulkanitləri üçün də bir çox alimlər tərəfindən qəbul edilir. A.V.Yeršov, A.M.Nikişin (2004), O.A.Boqatikov və b. (2010) belə hesab edirlər ki, Şərqi Afrika rift rayonundan üst mantiya plyüm maddəsinin lateral axması Qafqazdakı Gec Kaynozoy vulkanitlərinin əmələ gəlməsinə səbəb olmuşdur. Onların fikrincə, Kiçik Qafqaz dağları altında yerləşən və M.Y.Artemyev (1971) tərəfindən ayrılmış iri müsbət izostatik anomaliya Ərəbistan yarımadasından şimala doğru davam etmişdir və bu anomaliya mantiya plyüminin qalxması ilə əlaqədardır. Çox güman ki, Kiçik Qafqazın Gec Kaynozoy mülayim qələvili maqmatizminin əmələ gəlməsində də mantiya plyümü komponentinin təsiri olmuşdur.

H.Zou və A.Zindlerin (1996) qeyd etdikləri kimi, zənginləşmə mülayim qələvili maqmanın əriməyə qədər peridotit mənbəyinin metasomatik proseslərə məruz qalmasının hesabına baş verə bilər. Sulu mineral fazalarının (məsələn, floqopit və / və ya amfibol) mülayim qələvili bazaltlarda dərinlik daxilolmaları kimi iştirak etməsi belə metasomatizmin nişanəsi ola bilər. Bizim fikrimizcə, mülayim qələvili olivinli bazaltların geokimyəvi xüsusiyyətləri maqmanın mənbəyinin metasomatitləşmiş floqopit-qranat-rutil saxlayan litosfer mantiyasının olmasına dəlalat edə bilər. Çox güman ki, belə bir mənbənin əriməsi zamanı rutil restitdə qalmışdır və ilkin maqmanın Nb və Ta-la kasıblaşmasına səbəb olmuşdur. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, mantiya plyüminin təsirindən litosfer mantiyasının əriməsi Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsi üçün də qəbul edilə bilər.

Litosfer mantiyasının əriməsi üçün alternativ mexanizm son vaxtlar J.A.Pirs (1990), M.A.Kəskin (2002), Y.Dilək, N.Ə.İmamverdiyev (2008, 2009, 2010), M.Sosson və b. (2010) tərəfindən təklif edilmiş subduksiya və kolliziya proseslərindən sonra qədim subduksiya plitəsinin sınması və aşağı düşməsi hesabına astenosfer mantiyasının qalxması nəticəsində ayrılan istilik ola bilər. Bu mexanizm Şərqi və Qərbi Anadolu, Tibet və s. kimi vulkanik sahələrdə artıq alternativsiz hipotez kimi qəbul olunsada, Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsi üçün geofiziki materialların (seysmotomografiya) və geokimyəvi məlumatların (Sr, Sm, Nd, Pb izotopları) kifayət qədər olmadığı üçün öz tam həllini tapmamışdır.

Digər tərəfdən, yuxarıda qeyd edilən modelləri də birləşdirib onların hər birinin rolu olduğunu da güman etmək olar. Başqa sözlə desək, gec kolliziya zamanı dərinlik plyümlərinin təsirindən subduksiyaüstü geokimyəvi səciyyəyə malik olan litosfer mantiyasının qismən əriməsi baş vermişdir. Alınan ərinti isə fraksionlaşmaya məruz qalaraq ilkin tərkibi mülayim qələvili bazalt maqmasına uyğun gəlmişdir. Bu ərinti yer qabığı şəraitində növbəti fraksionlaşmaya məruz qalmış və üst qabıq materialı ilə qarşılıqlı əlaqədə olmuşdur. Sonuncu isə onun LILE və LREE ilə zənginləşməsinə, HFSE ilə kasıblaşmasına səbəb olmuşdur.

4.2. Riolit formasiyasının əmələgəlmə problemləri. İ.D.Ryabçikovun (1987) eksperimental işlər nəticəsində göstərdiyi kimi, turş tərkibli ərintilər (qranit-riolit) andezitlərin fraksionlaşması nəticəsində əmələ gələ bilər. Bu və ya başqa məsələləri aydınlaşdırmaq üçün ərimənin geokimyəvi modeli hazırlanmışdır və Şounun (1970) tənliyinə əsasən ərintidə (riolitdə) elementlərin konsentrasiyası hesablanmışdır. İlkin mənbə kimi S.R.Teylor və S.M.MakLennanın (1985) təklif etdikləri andezit tərkibli yer qabığının orta tərkibi, ərinti kimi isə riolit götürülmüşdür. Andezit substratından riolitlərin əriməsi üçün real qiymət kimi ərimə payı 5, 15 və 30% götürülmüşdür. Hesablamalar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, ayrılan riolit ərintisi üçün nadir torpaq elementlərinin qiyməti kifayət qədər, yəni 15% ərimə payına yaxındır (Vəliyev, Həsənquliyeva, 2009). Ərinti uzaqlaşdıqdan sonra qalan restit bütövlükdə götürüldükdə kontinentlərin aşağı yer qabığının ümumi tərkibinə uyğun gəlir. Nadir torpaq elementlərinin səciyyəvi nisbətləri bu uyğunluğu təsdiq edir. Öyrənilən turş vulkanitlərin geokimyəvi tərkibi onların tektonik-maqmatik təbiətini əks etdirir. Belə ki, J.A.Pirs və b. (1984) təklif etdikləri Ta-Yb, Rb-(Yb+Ta) diskriminasiya diaqramlarında öyrənilən vulkanitlərin fiqurativ nöqtələri sinkolliziya,

adalar qövsü ilə sinkolliziya sahələrinin sərhədində, gec-post kolliziya sahəsində yerləşir.

4.3. Petrogeokimyəvi model. Göstərilən faktiki materiallar, model hesablamaları mafik və salik ərintilərin müxtəlif mənbələrdən əmələ gəlməsinə dəlalət edir. Belə ki, mafik ərintinin (mülayim qələvili olivinli bazalt tərkibli) generasiyası diferensiasiyaya uğramış mantiya təbiətli protolit, salik ərintinin əmələ gəlməsi isə bazit maqmasının qalxması zamanı yer qabığı protolitinin əriməsi hesabına baş verir. Digər tərəfdən, salik təbiətli ərinti maqmatik rezervuarın yuxarı hissəsində toplanır və daha ağır olan mafik təbiətli maqmanın yuxarı qalxmasına maneçilik törədir və kifayət qədər qısa bir zamanda aralıq ocaqlarda ərinti diferensiasiyaya məruz qalır. Növbəti təkamül zamanı isə diferensiasiyaya uğramış mafik ərinti riolit ərintisi ilə reaksiyaya girərək orta tərkibli süxurların əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Beləliklə, Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində Üst Pliosen – Dördüncü dövr bimodal – kontrast vulkanizmin əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi təsvir etmək olar.

Yer qabığı və mantiya təbiətli maqmatizmin zaman və məkan cəhətdən yaxın olaraq ümumi sıxılma şəraitində mantiya diapirinin yer qabığına doğru qalxması hesabına metamorfizmin qranulit pilləsində yaranmış yer qabığının qatı (andezit modeli) ərimiş və radiogen Sr və Nd-lə zənginləşmiş turş vulkanitlər əmələ gəlmişdir. Sıxılmanın dartılma ilə əvəz olunması tağ tipli qalxmalara şərait yaratmış və aralıq ocaqlarda zəif diferensiasiyaya uğramış traxibazalt-bazaltik traxiandezit-traxiandezit seriyasının əmələ gəlməsinə səbəb olmuşdur. Bu zaman ərintinin təkamülü zamanı Yer qabığı şəraitində vahid AFC prosesi (assimilyasiya və fraksion kristallaşma) üstünlük təşkil etmiş, aralıq ocaqlarda mafik (traxibazalt) və salik (riolit) ərintilərin qarışması labüd olmuş və orta süxurların əmələ gəlməsinə şərait yaratmışdır. Lakin mafik və salik ərintilərin sıxlıqları, özlülüyü müxtəlif olduğundan belə qarışma prosesi az miqdarda getmişdir.

V fəsil. Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr vulkanizminin müqayisəli analizi

Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr bazaltlarının əksəriyyəti silisiumla doymamışdır və onlara olivin və nefelin normativ mülayim qələvili və qələvi bazaltlar, tefritlər, bazanitlər aiddirlər və Qafan, Vardenis və Sünik yaylalarında qeyd olunur. Son tədqiqatlara görə onların yaşı 2,25-2,5 mln il təyin edilmişdir (Лебедев и др., 2002).

Şərqi vulkanik zonanın bazalt və bazanitləri Qafan bloku da daxil olmaqla spesifik geokimyəvi tərkibə malikdir və petrogen elementlərlə korrelyasiya edir və nadir elementlərlə, yüngül lantanoidlərlə daha zəngindir. Bazaltların belə zənginləşməsinə isə maqma əmələgəlmə zonasına nadir elementlərin və flüidlərin gətirilməsi nəticəsində ilkin mantiya substratının metasomatik dəyişməsi ilə izah etmək olar. Bu flüidlər isə əvvəlki subduksiya prosesində və ya kolliziya zonalarında ümumi sıxılma şəraitində əmələ gələ bilər. Şərqi vulkanik zonanın vulkanitləri öyrəndiyimiz vulkanitlərin tam analoqu olaraq, maksimal dərəcədə həm litofil, həm də yüksək yüklü elementlərlə zəngindir və metasomatitləşmiş ilkin substratın az ərimə payında əmələ gəlmişlər.

Şərq zonadan fərqli olaraq qərb zonasındakı «dolerit bazaltları» eynicinslidir, porfir strukturaya malikdir, möhtəvilər olivin (xrizolit), bəzən avgit və əsasi plagioklazdan ibarətdir. Onlar litofil elementlərlə (Sr, Rb, Ba, Th) zəif zənginləşmişdir. Yüngül lantanoidlərin ağır lantanoidlərə nisbəti çox da yüksək deyildir ($La/Yb = 6,0-12$, $La/Sm = 2,7-5,6$). Ni/Co nisbəti mantiya qiymətinə yaxındır ($4,8-4,7$). Nb/Ta nisbəti sabit olaraq ($19-22$) primitiv mantiyanın qiymətindən ($17,5$) az yuxarıdır. Bütün bu məlumatlar qərbi vulkanik zonasının dolerit bazaltlarının «quru» paragenезisi olan olivin, piroksen və plagioklazdan ibarət substratın az ərimə payında əmələ gəlməsini göstərir.

Son zamanlar alınmış izotop-geokimyəvi məlumatlar bu nəticələri təsdiqləyir və Alp qurşağının Qafqaz sektorunun müasir vulkanizminin geodinamikası haqqında yeni təsəvvürlərlə uzlaşır. V.A. Lebedev və b. (2010) görə, Qafqazın əsasi tərkibli lavalalarının petrogenезisində aparıcı rolunu kristallaşma diferensiasiyası və ana ərinti ilə ondan geokimyəvi fərqlənən Yer qabığı maddəsi ilə çirklənmə (kontaminasiya və/və ya/ qarışma) oynamışdır.

Regionun cavan əsasi vulkanitləri üçün alınmış izotop-geokimyəvi məlumatlara istinadən belə nəticəyə gəlmək olar ki, Qafqazın əksər cavan vulkanik süxurlarının petrogenезisində maddi tərkibi «Common» tipli (Hofmann, 1997) rezervuara yaxın olan aşağı mantiya mənbəyi əhəmiyyətli rol oynamışdır. Bu mənbəni şərti olaraq «Caucasus» (Лебедев и др., 2010) adlandırmışlar və onun generasiya etdiyi ilkin ərinti isə tərkibinə görə K-Na mülayim qələvili olivinli bazalta uyğun gəlir və tədqiq olunan sahədə alınan nəticələrlə tamamilə uzlaşır.

Beləliklə, Qafqaz plyumlərinin hesabına əmələ gəlmiş maqma Yer qabığı şəraitində həmişə artan mantiya diapiri əmələ gətirmişdir ki, o da ən

əvvəl öz qalxma prosesində böyük həcmli mantiya flüidlərinin inkişafına səbəb olmuşdur. Mantiya diapirindəki qaynar maqmanın istiliyinin hesabına Yer qabığı materialının əriməsi baş vermiş, izotop tərkibi Yer qabığına uyğun olan maqma əmələ gəlmiş, daha sonra isə müxtəlif dərəcədə mantiya və qabıq təbiətli maqmaların kontaminasiyası hesabına hibrid təbiətli süxurlar əmələ gəlmişdir.

Nəticələr

1. Alp-Himalay qırıqlıq qurşağı Təbaşirin sonu-Paleogenin əvvəlində Tetis okeanının bağlanması ilə əlaqədar olaraq öz inkişafını hal-hazırda kontinental plitələrin kolliziya zonası kimi davam etdirməkdədir. Həmin dövr ərzində Avrasiyanın cənub yamacı fəal kənar olmuş və daha sonrakı kontinental plitələrin kolliziyası nəticəsində dərinlik proseslərin səciyyəsi irsən qalmışdır. Nəticədə burada kolliziya zonasının tikiş zonasının istiqamətini göstərən bütün Anadolu, Qafqaz və Şimal-Qərbi İranı əhatə edən geniş Gec Kaynozoy vulkanizmi əmələ gəlmişdir və kövrək kolliziyanın əsas tektonik fazaları ilə əlaqədardır.

2. Kiçik Qafqazın inkişafının kolliziya mərhələsinin sonunda SiO_2 -nin miqdarına görə fərqlənən və bimodal assosiasiya yaradan salik ($\text{SiO}_2 - 72-77\%$) və mafik ($\text{SiO}_2 - 48-60\%$) vulkanitlər əmələ gəlmişdir. Mafik vulkanitlərdə petrogen elementlərin MgO -dan asılı olan davranışı traxibazalt-traxiandezit formasiyası süxurlarının olivin, monoklinik piroksen, apatit və maqnetitin fraksionlaşması nəticəsində əmələ gəlməsinə dəlalət edir. Zəif diferensiasiyaya məruz qalmış turş vulkanitlər f_{O_2} -nin aşağı qiymətlərində evtektik tərkibə malik olmuşdur. Yüksək SiO_2 miqdarına malik olan formasiya süxurları praktiki olaraq aralıq ocaqlarda kristallaşma diferensiasiyasına məruz qalmamış «quru» yüksək temperaturlu ərintinin formalaşması ilə əlaqədardır.

3. Nadir torpaq elementlərinin traxibazalt-traxiandezit formasiya süxurlarında paylanması göstərir ki, vulkanitlərin mənbəyi metasomatik dəyişmiş qranat saxlayan mantiya substratı olmuşdur. Öyrənilən vulkanitlərdə $(\text{Tb}/\text{Yb})_{\text{N}}=1,7-3,0$ olması formasiya süxurlarının ilkin maqmasının mənbəyində qranatın iştirak etməsinə dəlalət edir.

4. Riolit formasiya süxurlarında nadir torpaq elementlərinin ümumi miqdarı aşağıdır ($\text{LREE}=66-116$ q/t) və kəskin ifadə olunmuş yevropium nisbəti qeyd edilir ki, bu da ərintidən plagioklazın (və qələvi çöl şpatının) erkən ayrılmasına və restitdə yığılmasına dəlalət edir.

5. Traxibazalt-traxiandezit formasiyası süxurlarının mikroelement tərkibi və onların nisbəti mantiya təbiətli ilkin ərintinin kristallaşma differen-

siasiya modelini mürəkkəbləşdirir və 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.

6. Modelləşmə nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, traxibazalt-traxiandezit formasiya süxurları üçün ilkin mantiya ərintisi hesab edilən mülayim qələvili olivinli bazaltların təkamülü baş süxurəmələgətirən və aksesor mineralların tərkiblərinin dəyişməsi hesabına, nisbətən daha turş süxurların (orta süxurların) əmələ gəlməsi isə kifayət qədər turş ərintinin assimilyasiya olunması hesabına baş vermişdir.

7. 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.

8. Hesablamalar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, andezit substratından ayrılan riolit ərintisinin ərimə payı 15%-ə yaxındır. Ərinti uzaqlaşdıqdan sonra qalan restit bütövlükdə götürüldükdə kontinentlərin aşağı yer qabığının ümumi tərkibinə uyğun gəlir. Nadir torpaq elementlərinin səciyyəvi nisbətləri bu uyğunluğu təsdiq edir.

9. Turş vulkanitlərin geokimyəvi tərkibi sinkolliziyaya cavab verir. Diaqramlarda fiqurativ nöqtələrin bəzilərinin adalar qövsü sahəsinə düşməsi formasiya süxurlarında kolliziyadan əvvəl baş vermiş subduksiya şəraitində əmələ gəlmiş süxurların geokimyəvi tərkibinə xas olan xüsusiyyətlərin saxlanılması ola bilər.

10. Şərq vulkanik zonasının vulkanik süxurları nadir elementlərlə və yüngül lantanoidlərlə zəngindir. Bazaltların belə zənginləşməsi maqma əmələgəlmə zonasına nadir elementlərin və flüidlərin gətirilməsi nəticəsində ilkin mantiya substratının metasomatik dəyişməsi ilə izah edilir. Bu flüidlər əvvəlki subduksiya prosesində və ya kolliziya zonalarında ümumi sıxılma şəraitində əmələ gələ bilər.

11. Qafqazın əksər cavan vulkanik süxurlarının petrogenesisində maddi tərkibi «Common» rezervuarına yaxın olan izotop xarakteristikası $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7041 \pm 0,0001$, $\epsilon_{\text{Nd}} = +4,1 \pm 0,2$ və $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,105 - 0,114$ olan və «Caucasus» adlandırılan (Лебедев и др., 2010) aşağı mantiya mənbəyi əhəmiyyətli rol oynamışdır. Bu mənbənin generasiya etdiyi ilkin ərinti isə tərkibinə görə K-Na mülayim qələvili olivinli bazalta uyğun gəlir.

**Dissertasiya işinin əsas məzmunu üzrə nəşr olunmuş məqalə və
tezislər:**

1. Геохимические особенности неоген-четвертичного вулканизма Малого Кавказа /«Azərbaycanın geologiyası və hidrotermal ehtiyatları» mövzusunda elmi konfransın materialları. BDU, 2007, s. 32-34 (soavtorı: İmamverdiyev N.A., Gəsanquliyeva M.Y.).
2. Kiçik Qafqazın neogen yaşlı andezit-dasit-riolit formasiyasının orta süxurlarının əmələ gəlməsi haqqında /«Yer elmləri sahəsində tədqiqatların yeni istiqamətləri» mövzusunda Gənc alim və tələbələrin II Beynəlxalq elmi konfransının materialları. Bakı: 2007, s.54-55 (həmmüəliflər: Məmmədov S.M., Həsənquliyeva M.Y.).
3. Геохимия верхнеплиоцен-четвертичного вулканизма Малого Кавказа: петрогенезис, характеристика мантийного источника / Научное наследие академика М.А.Кашкая. Взгляд из XXI века. Баку: Nafta-Press, 2007, с.139-152 (соавторы: Имамвердиев Н.А., Гасанкулиева М.Я.).
4. Петрогеохимические особенности индикаторных позднекайнозойских вулканических формаций Кавказа. Сообщение I. Форма проявления и геологическое положение // Вестник Бакинского Университета, серия естественных наук. 2007, №2, с.119-128 (соавторы: Имамвердиев Н.А., Гасанкулиева М.Я.).
5. Петрогеохимические особенности индикаторных позднекайнозойских вулканических формаций Кавказа. Сообщение II. Петрогеохимические особенности // Вестник Бакинского Университета, серия естественных наук. 2007, №3, с.75-83 (соавторы: Имамвердиев Н.А., Гасанкулиева М.Я.).
6. The Late Cenozoic collision volcanism in the Lesser Caucasus (geochemistry, geodynamics) / The Nordic Countries invite you to the 33rd IGC International Geological Congress Oslo: 2008. www.cprm.gov.br/33IGC/Ga-Gi.html (co-authors: Imamverdiyev N.A., Gasankuliyeva M.Y.).
7. Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr traxibazalt-traxiandezit formasiyasında nadir elementlərin paylanması bəzi xüsusiyyətləri /Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası aspirantların elmi konfransının materialları. Bakı: 2008, s.253-256.
8. The Late Collision-related Late Cenozoic Volcanism of the Lesser Caucasus (Geochemical Aspects) / 62nd Geological Kurultai of Turkey. 13-17April 2009. MTA-Ankara:Türkiye. 2009. www.jmo.org.tr/

resimler/ ekler/ 0b2c99d6e66d1ea_ek.doc. (co-authors: İmamverdiyev N.A., Gasankuliyeva M.Y.).

9. Kiçik Qafqazın Üst Pliosen yaşlı turş vulkanitlərinin mənbəyi və kristallaşma şəraiti /«Yer elmləri sahəsində tədqiqatların yeni istiqamətləri» mövzusunda Gənc alim və tələbələrin III Beynəlxalq elmi konfransının materialları. Bakı: 2009, s.52-53 (həmmüəllif: Həsənquliyeva M.Y.).
10. Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr traxibazalt-traxiandezit formasıyasının diferensasiya prosesində kogerent və qeyri-kogerent elementlərin geokimyəvi təkamülü / Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası aspirantların elmi konfransının materialları. Bakı: 2009, s.301-304.
11. Kiçik Qafqazın Gec Kaynozoy kolliziya vulkanizminin tektonik fəzalarla əlaqəsi / BDU-nun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş «Azərbaycanın faydalı qazıntıları» mövzusunda Elmi konfransın materialları. Bakı: 2009, s.14-17 (həmmüəlliflər: İmamverdiyev N.Ə., Həsənquliyeva M.Y., Dadaşeva K.A.).
12. Kiçik Qafqazın Gec Kaynozoy kolliziya vulkanizmi // Bakı Universitetinin xəbərləri, təbiət elmləri seriyası, 2009, №2, s.116-121 (həmmüəlliflər: İmamverdiyev N.Ə., Həsənquliyeva M.Y., Dadaşeva K.A.).
13. Petrogenetic evolution Late Cenozoic volcanism of the Lesser Caucasus / Proceeding the First International Applied Geological Congress (vol.2) Mashad, Iran, 2010, p.2159-2167 (co-authors: İmamverdiyev N.A., Gasankuliyeva M.Y., Babayeva G.J.).
14. Late Cenozoic volcanism of the Lesser Caucasus: the role of lithosphere mantle and continental crust / 7th International Symposium on Eastern Mediterranean geology. Adana: Turkey, 2010, p.28 geology.cu.edu.tr/isemg2010/sites/...cu.../ISEMG2010_abstract_book.pdf. (co-authors: İmamverdiyev N.A., Yildirim Dilek, Gasankuliyeva M.Y.).
15. Вопросы петрогенезиса позднекайнозойского коллизионного вулканизма Малого Кавказа // Отечественная геология, Москва: 2010, № 6, с.33-42 (соавторы: Гасангулиева М.Я., Имамвердиев Н.А., Мамедов М.Н., Бабаева Г.Д.).
16. Kiçik Qafqazın Gec Pliosen-Dördüncü dövr turş vulkanizminin geokimyəvi xüsusiyyətləri // Gənc alimlərin əsərləri, 2010, №3, s.83-89.
17. Петрогеохимические и геодинамические аспекты коллизионного вулканизма Малого Кавказа / Материалы Всероссийской конференции с международным участием: «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит»

- Владивосток: 2011, с.223-225. http://conf2011.fegi.ru/ru_abstracts (соавторы: Имамвердиев Н.А., Мамедов М.Н., Гасангулиева М.Я., Бабаева Г.Д.).
18. Петрогеохимические аспекты позднеколлизийного субщелочного и высококалийного известково-щелочного вулканизма Малого Кавказа / Тезисы международной конференции «Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма» http://alkaline.web.ru/2011/Abstracts/Imamverdyev_rus.htm.c.89-90 (соавторы: Имамвердиев Н.А., Гасангулиева М.Я.).
19. Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr yaşlı traxibazalt-traxiandezit formasiyasının geokimyəvi xüsusiyyətləri haqqında // Azərbaycan MEA Xəbərləri, Yer elmləri seriyası, 2012, №2, s. 90-94.
20. Позднекайнозойский постколлизийный вулканизм Альпийско-Гималайского пояса: новые данные, проблемы, обсуждение / Материалы 45-го тектонического совещания «Геологическая история, возможные механизмы и проблемы формирования впадин с субокеанической и аномально тонкой корой и провинциях с континентальной корой» Москва: 2013, с.83-85 (соавторы: Имамвердиев Н.А., Романько А.Е., Гасангулиева М.Я.).
21. Late collision volcanism in the Lesser Caucasus: New data, the problems, discussion / Conferens on recent research activities and new results about the regional geology, the geodynamics and the metallogeny of the Lesser Caucasus. A SCOPES meeting, Tbilisi: 2013, p.19-20 (co-authors: İmamverdiyev N.A., Gasankuliyeva M.Y.).
22. Kiçik Qafqazın Üst Pliosen-Dördüncü dövr vulkanizminin müqayisəli analizi / Azərbaycan xalqının ümummilli lideri HEYDƏR ƏLİYEVİN anadan olmasının 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransın materialları, BDU, 2013, s.119-122.



Əlavələr

Cədvəl 1

Mülayim qələvili olivinli bazalt-traxibazalt üçün balans hesabı
(petrogen elementlər 100%-ə hesablanmışdır)

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅		
1	51,36	1,05	16,77	7,76	6,29	10,48	3,14	2,10	1,05		
2	51,76	0,84	16,68	7,80	6,31	10,46	3,36	1,61	1,14		
3	54,60	1,07	17,13	6,85	4,28	8,57	4,28	2,14	1,07		
	Rb	Ba	Sr	V	Cr	Ni	Zr	La	Ce	Sm	Eu
1	35	943	1871	105	315	105	240	63	130	9.8	2.5
2	44	953	1956	2119	575	56	151	158	112	7.5	1.5
3	64	1392	2821	150	182	46	214	81	161	10.7	2.1
D	0.01	0.01	0.04	1.99	4.02	1.53	0.08	0.03	0.05	0.08	0.09

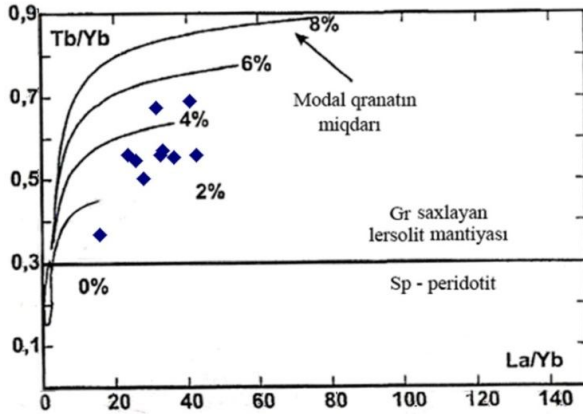
Qeyd: 1- ilkin maqma, 2- hesablanmış ilkin maqma, 3- törəmə maqma. D - ümumi paylanma əmsalı. Nadir elementlərin miqdarı q/t-la verilmişdir.

Cədvəl 2

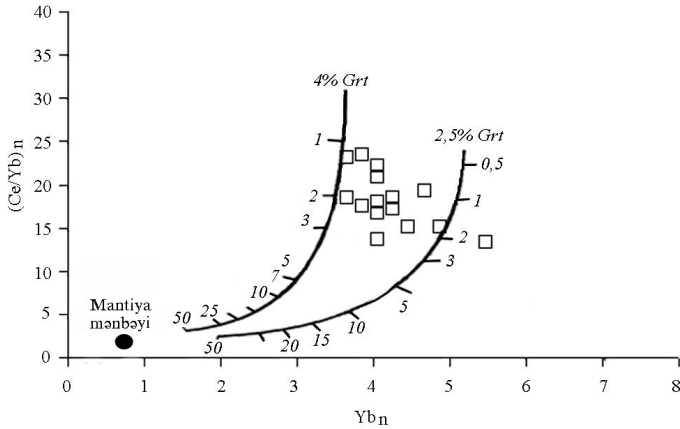
Traxibazalt-traxiandezit formasiyasının süxurları üçün AFC
(assimilyasiya – fraksion kristallaşma) modeləşdirilməsinin nəticələri

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	52,46	79,17	64,73	64,94	55,74	79,17	58,76	58,90
TiO ₂	1,09	0,00	0,00	0,10	1,09	0,00	0,00	0,61
Al ₂ O ₃	16,39	13,54	17,86	17,87	16,39	13,54	18,16	17,89
FeO*	7,10	0,00	4,02	4,04	6,01	0,00	5,98	5,99
MgO	6,56	0,002	2,23	2,24	4,37	0,00	3,21	2,96
CaO	9,84	0,00	5,58	5,55	8,74	0,00	7,48	7,51
Na ₂ O	4,37	4,17	3,35	3,34	4,37	4,17	4,27	3,95
K ₂ O	1,09	3,13	2,23	1,87	2,19	3,13	2,14	1,75
P ₂ O ₅	1,09	0,00	0,00	0,04	1,09	0,00	0,00	0,47
Rb	32	180	59	68	37	174	35	58
Sr	1700	100	1819	1918	2635	16	1543	1306
Ba	1060	100	815	524	1300	26	662	666
Zr	240	80	223	125	25	86	205	152
Ni	110	3	45	28	43	3	43	56
Cr	270	30	180	174	170	3	214	166
V	110	20	78	790	140	20	128	142

Qeyd: Makro- və mikroelementlər üçün mütləq və hesablanmış qiymətlərin kvadratları fərqi cəmi ($\Sigma R^2=0,154$); assimilyasiya olunmuş süxurun kumulata olan miqdarı ($r=0,3-0,5$); fraksionlaşma dərəcəsi ($F=0,57$). 1 – mülayim qələvili olivinli bazalt (ilkin ərinti), 2 – riolit (assimilyasiya olunan süxur), 3 – traxiandezit (hibrid), 4 – traxiandezitin hesablanmış tərkibi, 5 – traxibazalt (ilkin ərinti), 6 – riolit (assimilyasiya olunan süxur), 7 – bazaltik traxiandezit (hibrid), 8 – hesablanmış tərkib. Makroelementlərin miqdarı 100%-ə hesablanmışdır. Nadir elementlərin miqdarı q/t-la verilmişdir.



Şəkil 1. Mülayim qələvili olivinli bazaltların və traxibazaltların tərkibinin fiqurativ nöqtələrinin La/Yb-Tb/Yb diaqramında vəziyyəti. Gr-qranat, Sp-şpinel. Qranatın lersolit mantiyasındakı miqdarı MacDonald et al. (2001) görə verilmişdir.



Şəkil 2. Mülayim qələvili olivinli bazaltların və traxibazaltların tərkibinin primitiv mantiyaya (Sun S.S., McDonough W.F., 2001) görə normallaşdırılmış Yb-Ce/Yb diaqramında vəziyyəti. Qranatlı peridotitlərin hesablanmış ərimə trendləri bütöv xətlə göstərilmişdir. Əyrilərin üzərində qranatın %-lə miqdarı: a-2,5, b-4%. Əyri üzrə rəqəmlər - ərimə faizinə uyğun gəlir.

АНАР АЛЕСКЕР ОГЛУ ВЕЛИЕВ

**ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЗДНЕПЛИОЦЕН-
ЧЕТВЕРТИЧНОГО КОЛЛИЗИОННОГО ВУЛКАНИЗМА
МАЛОГО КАВКАЗА**

РЕЗЮМЕ

Диссертация посвящена петрогеохимическим особенностям позднеплиоцен-четвертичного коллизионного вулканизма Малого Кавказа. В конце коллизионного этапа развития азербайджанской части Малого Кавказа выделяются две вулканические формации: 1-позднеплиоцен-нижнечетвертичная риолитовая (SiO_2 – 72-77%); 2-позднеплиоцен-четвертичная трахибазальт-трахиандезитовая (SiO_2 – 48-60%), образующие бимодальную ассоциацию.

В мафических вулканитах поведение петрогенных элементов указывает на их образование в результате фракционирования оливина, моноклинного пироксена, роговой обманки, основного плагиоклаза, апатита, магнетита. Кислые вулканиды связаны с формированием «сухого» высокотемпературного расплава в промежуточных очагах, не подверженных кристаллизационной дифференциации.

Распределение редкоземельных элементов в породах трахибазальт-трахиандезитовой формации показывает, что источником вулкаников явился метасоматически измененный гранатсодержащий мантийный субстрат. В исследуемых вулканитах $(\text{Tb/Yb})_n$ отношение составляет 1,7-3,0, что указывает на присутствие граната в источнике первичной магмы.

В породах риолитовой формации общее содержание редкоземельных элементов низкое ($\text{REE}=66-116$ г/т), отмечается резко выраженное низкое отношение европия, что указывает на раннее удаление из расплава плагиоклаза или щелочного полевого шпата.

Микроэлементный состав пород трахибазальт-трахиандезитовой формации и их соотношения осложняют модель кристаллизационной дифференциации и определяют взаимодействие мантийной магмы с субстратом земной коры. Таким субстратом могут быть риолиты, изотопным и геохимическим составом близкие к земной коре и образующие пространственно-временную контрастную ассоциацию с породами трахибазальт-трахиандезитовой формации.

В результате моделирования установлено, что эволюция умеренно щелочных оливиновых базальтов (считающихся первичным мантийным расплавом для пород трахибазальт-трахиандезитовой формации) происходит за счет изменения состава главных породообразующих и аксессуарных минералов. Средние породы формации образовались за счет ассимиляции слабо дифференцированной первичной магмы кислым расплавом. Геохимические особенности умеренно щелочных оливиновых базальтов указывают на то, что источником магмы является метасоматизированная, флогопит-гранат-рутил содержащая литосферная мантия. Очень возможно, что при плавлении такого источника рутил остается в рестите, и магма обедняется Nb и Ta.

В результате расчетов было установлено, что доля плавления риолитового расплава, отделенного от андезитового субстрата близка к 15%. После удаления расплава оставшийся рестит целиком соответствует составу нижней земной коры. Характерные отношения редкоземельных элементов подтверждают это.

Указанные фактические материалы, модельные расчеты говорят о различных источниках образования мафических и салических расплавов. Так, генерация мафического расплава (умеренно щелочного оливин базальтового состава) происходил из дифференцированного мантийного протолита, образование же салического расплава происходит во время поднятия базитовой магмы, за счет плавления субстрата земной коры. С другой стороны, салический расплав собирается в верхней части магматического резервуара и препятствует поднятию более тяжелой мафической магмы, и за короткий срок в промежуточных очагах расплав подвергается дифференциации. Во время последующей эволюции дифференцированный мафический расплав вступает в реакцию с риолитовым расплавом, что влечет за собой образование пород среднего состава.

Таким образом, образование бимодально-контрастного вулканизма в центральной части Малого Кавказа в позднеплиоцен-четвертичный период можно представить следующим образом.

В условиях растяжения временная пространственная сопряженность корового и мантийного магматизма обусловила внедрение мантийных расплавов в нижнюю кору, что приводило к ее плавлению и образованию кислых вулканитов, обогащенных радиогенными *Sr* и *Nd* (риолитовая формация). Одновременно в данной ситуации смена обстановки сжатия на растяжение способствовала проявлению слабо

дифференцированного вулканизма. При этом, при эволюции расплава в условиях земной коры доминирующую роль играл единый процесс AFC (ассимиляция и фракционная кристаллизация), и в промежуточных очагах стало необходимым смешивание мафического (трахибазальт) и салического (риолит) расплавов, а также создались условия для образования средних пород. Однако, в виду различной плотности и вязкости мафических и салических расплавов, такое смешивание произошло в небольших количествах.

Произведен сравнительный анализ позднеплиоцен-четвертичного коллизионного вулканизма Малого Кавказа. Выяснено, что вулканы восточной зоны аналогичны исследуемым вулканитам и в разной степени обогащены редкими элементами и легкими лантаноидами. Такое обогащение можно считать результатом метасоматического преобразования с привнесом редких элементов и флюидов в зоны магмообразования. Эти флюиды могут образоваться в условиях предшествующей субдукционной обстановки или же в зонах коллизии.

Таким образом, в петрогенезисе большинства кавказских молодых вулканических пород значительную роль сыграл нижний мантийный источник, вещественный состав которого близок к резервуару «Common» с изотопной характеристикой $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7041 \pm 0,0001$, $\epsilon_{\text{Nd}} = +4,1 \pm 0,2$; $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,105 - 0,114$ и названный «Caucasus» (Лебедев, 2010). Первичный расплав по составу соответствует K-Na умеренно щелочным оливиновым базальтам. Магма, образованная за счет плюма Кавказа, в обстановке Земной коры образует все возрастающий мантийный диапир, он же в самом начале своего процесса поднятия послужил развитию больших объемов мантийных флюидов. За счет горячей магмы мантийного диапира происходит плавление материала Земной коры, образуется магма, изотопный состав которой соответствует Земной коре, и впоследствии в различной степени за счет контаминации мантийных и коровых магм образовались гибридные породы.

**PETROGEOCHEMICAL MODEL OF LATE PLIOCENE-
QUATERNARY COLLISION VOLCANISM OF LESSER CAUCASUS**

SUMMARY

The thesis is devoted of petrogeochemistry of the late Pliocene-Quaternary collision volcanism in the Lesser Caucasus. At the end of the collision stage of development of the Azerbaijan part of the Lesser Caucasus are the two volcanic formations: 1-Lower Pliocene-Quaternary rhyolite (SiO_2 - 72-77%); 2- late Pliocene-Quaternary trachybasalt-trachyandesite (SiO_2 -48-60%), forming a bimodal association.

In the mafic volcanics of the behavior of major elements indicate their origine by fractionation of olivine, clinopyroxene, hornblende, basic plagioclase, apatite, magnetite. Acidic volcanic rocks associated with the formation of "dry" high temperature of the melt in the intermediate chambers are not of fractional crystallization.

The distribution of rare earth elements in rocks trachybasalt-trachyandesite formation indicates that the source was the metasomatic alteration of volcanic rocks containing garnet mantle. In the studied volcanics $(\text{Tb/Yb})_n = 1,7-3,0$ indicates the presence of garnet in the source of the primary magma.

In the rocks of rhyolite formation contents of rare earth elements is low ($\text{REE} = 66-116$ ppm), there is a pronounced low ratio of europium, which indicates that early removal of the molten plagioclase and alkali feldspar.

Trace element composition of the rocks trachybasalt-trachyandesite formation and their relationships complicate the model and determine the fractional crystallization of the magma mantle interaction with the substrate of the crust. In this substrate can be rhyolites, geochemical and isotopic composition similar to the Earth's crust, and forming a spatio-temporal association with the rocks contrast trachybasalt-trachyandesite formation.

The simulation revealed that the evolution of moderately alkaline olivine basalts (considered a primary mantle melt the rocks trachybasalt-trachyandesite formation) occurs due to changes in the composition of the main rock-forming and accessory minerals. Average rock formations formed by the assimilation of poorly differentiated primary magma acidic melt. Geochemical features of moderately alkaline olivine basalts indicate that the source of magma is metasomatized, phlogopite-garnet-rutile containing lithospheric mantle. It is very possible that the melting of such a source is rutile to a restaurant, and

magma is depleted Nb and Ta.

The calculations have shown that the proportion of melting rhyolitic melt separated from andesite substrate close to 15%. After removal of the remaining melt residue entirely consistent with the composition of the lower crust. The typical ratio of rare earth elements to confirm this.

These fact sheets, model calculations indicate various sources of education salic and mafic melts. Thus, the generation of mafic melt (moderately alkaline olivine basalt composition) came from a differentiated mantle protolith formation of a salic melt occurs during lifting mafic magma by melting of crustal substrate. On the other hand, the salic is going to melt in the top of the magma reservoir and prevents lifting heavier mafic magma, and in a short time in the melt is subjected to intermediate focuses differentiated. During subsequent evolution differentiated mafic melt reacts with rhyolitic melt, which entails the formation of secondary rocks.

Thus, the formation of bimodal volcanism in contrast, the central part of the Lesser Caucasus in the Late Pliocene-Quaternary period is as follows.

Temporary space conjugate crust and mantle magmatism led to the introduction of mantle melts under tension in the lower crust, which led to its melting and the formation of acidic volcanic rocks enriched in radiogenic *Sr* and *Nd* (rhyolite formation). At the same time in this situation, a change of scenery compression tensile contributed to the manifestation of poorly differentiated volcanism. At the same time, the evolution of the melt in the earth's crust are dominated by a single process of AFC (assimilation and fractional crystallization) and intermediate chambers became necessary mixing of mafic (trachybasalt) and salic (rhyolite) melts and created the conditions for the formation of intermediate rocks. However, due to different densities and viscosities of melts salic mafic and such mixing occurred in small quantities.

Thus, in the petrogenesis of the majority of Caucasian young volcanic rocks has played a significant role lower mantle source material which is close to the tank «Common» with characteristic isotopic $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7041 \pm 0,0001$, $\epsilon_{\text{Nd}} = +4,1 \pm 0,2$; $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,105 - 0,114$ and named «Caucasus» (Lebedev, 2010). The primary melt composition corresponds to K-Na moderately alkaline olivine basalts. The magma formed by the plume of the Caucasus in the atmosphere of Earth's crust formed the ever-increasing mantle diapir, he's at the very beginning of its process uplift served the development of large volumes of mantle fluids. Due to the hot magma mantle diapir melts the material of Earth's crust, magma is formed, which corresponds to the isotopic composition of the Earth's crust, and subsequently, to varying degrees due to contamination of the mantle and crustal magma formed hybrid rocks.

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ**

На правах рукописи

АНАР АЛЕСКЕР ОГЛУ ВЕЛИЕВ

**ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ПОЗДНЕПЛИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНОГО
КОЛЛИЗИОННОГО ВУЛКАНИЗМА
МАЛОГО КАВКАЗА**

2503.01 – Геохимия, геохимические методы
поисков полезных ископаемых

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание ученой степени
доктора философии по наукам о Земле

Баку – 2013