

ՀՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԼՈՐՄԱԲՅԱՆ ՏԻԳՐԱՆ ԿԱՐԵՆԻ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՄԻՆԶԷՐԱԲԱՆԱԳԱՆ ԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ՀԻՄՔԻ ԱՊԱՐՆԵՐԻ
ՄԵՏԱՄՈՐՖԻԶՄԻ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԵՎ ՃՆՇՈՒՄՆԱՅԻՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԸ

ԻՂ. 01.04 – «Ապարազիտություն, հրաբխազիտություն, լիթոլոգիա» մասնագիտությամբ
երկրաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման
ատենախոսություն

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2013

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РА
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ЛОРСАБЯН ТИГРАН КАРЕНОВИЧ

ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕТАМОРФИЗМА ПОРОД ДОКЕМБРИЙСКОГО
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА АРМЕНИИ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата геологических наук по
специальности 24.01.04 – „Петрология, вулканология, литология“

ЕРЕВАН 2013

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ երկրաբանական գիտությունների
ինստիտուտի գիտական խորհրդում

Գիտական ղեկավար՝

երկրաբ. գիտ. դոկտոր
Վ. Ա. Աղամալյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

երկրաբ. գիտ. դոկտ.
Պ. Գ. Ալոյան
երկրաբ. գիտ. թեկ.
Ն. Լ. Գալոյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

Երևանի Պետական Համալսարան

Պաշտպանությունը կկայանա 2013թ. հունիսի 30-ին ժամը 13⁰⁰, ՀՀ ԳԱԱ
Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում գործող թ. 054 «Երկրաբանություն»
մասնագիտական խորհրդի նիստում:

Հասցեն՝ 0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պող., 24ա:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադարանում և ԵԳԻ կայք-
էջում:

Սեղմագիրն առաքված է 2013թ. հունիսի 29-ին:

054 Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար

երկրաբ. -հանրաբ. գիտ. թեկնածու

Հ. Վ. Ծափիկյան

Тема диссертации утверждена на Ученом совете Института геологических наук
Национальной академии наук РА

Научный руководитель:

доктор геол. наук В.А.Агамалян

Официальные оппоненты:

доктор геол. наук П.Г.Алоян
канд. геол. наук Г.Л.Галоян

Ведущая организация:

Ереванский Государственный Университет

Защита состоится 30 июля 2013г., в 13⁰⁰ часов на заседании Специализированного совета
054 «Геология» при Институте геологических наук НАН РА

Адрес: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на веб-странице ИГН.

Автореферат разослан 29 июня 2013г.

Ученый секретарь Специализированного совета 054,
кандидат геол.-мин. Наук

Г.В.Шагинян

Թեմայի արդիականությունը

Աֆրո-Արաբիայի և Եվրասիայի կոլիզիոն գոտու միկրոմայրցամաքային բլոկներում մերկացող մինչքեմբրյան հիմքի մետամորֆային ելուստների ուսումնասիրությունը մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում ժամանակակից երկրաբանության համար, քանի որ այն հնարավորություն է տալիս հետազայում բնութագրել և համեմատել տարածաշրջանում հազվադեպ մերկացող միկրոմայրցամաքային մետամորֆային հիմք հանդիսացող ելուստները:

Տավր-Անատոլիա-Հարավ Հայկական (կամ Իրան-Հայկական) բլոկը հանդիսանում է Գոնդվանայի մի մասը: Այդ բլոկի թուրքական հատվածում մետամորֆային հիմքը չի մերկանում, ինչպես նաև ավելի հյուսիս՝ Կարս-Էրզրումի սարահարթում: Ծաղկունյաց բյուրեղային հիմքի ելուստը հանդիսանում է բացառիկ երկրաբանական օբյեկտ, որի ուսումնասիրությունը կարող է լույս սփռել տարածաշրջանի երկրաբանական պատմության վրա, որպես Գոնդվանայի մասնիկ՝ Արաբական և Եվրասիական մայրցամաքների կոլիզիայի գոտում: Սույն աշխատանքում առաջին անգամ բերվում են Ծաղկունյաց զանգվածի մետամորֆիտների առաջացման քանակական P-T պայմաններն ըստ ամֆիբոլիտային, քլորիտային և գրանատ-բիոտիտ-մուսկովիտ-պլազիոկլազային (Grt-Bt-Ms-Pl) թերմոբարոմետրերի: Այն միակ մեթոդն է, որը տալիս է քանակական բնութագիր անցյալի տեկտոնական պրոցեսների պատմության վերականգնման հարցում: Մոնացիտների վրա հասակային որոշումներն արտացոլում են բյուրեղային հիմքի կազմավորումից ի վեր՝ ֆաներոզոյի ընթացքում, նրա կրած հետագա ջերմա-ճնշումնային փոփոխությունների ժամանակագրությունը՝ կապված հիմնականում ալպիական տեկտոնական շարժումների հետ: Հայաստանում Ծաղկունյաց լեռնաշղթայի մետամորֆային ապարների քանակական թերմոբարոմետրիա և մոնացիտային հասակային որոշումներ կատարվում են առաջին անգամ, իսկ ներկայացվող մեթոդիկական նորություն է հայաստանյան մետամորֆային ապարագիտության բնագավառում:



Նպատակը և խնդիրները

Աշխատանքի հիմնական նպատակն է՝ Հայաստանի տարածքի բյուրեղային հիմքի P-T-ի պատմության մանրամասնումը: Նշված նպատակի իրականացման համար առաջադրվել են հետևյալ հիմնական խնդիրները.

- Որոշել մետամորֆային ապարների առաջացման P-T պայմանները և էվոլյուցիան:

- Որոշել մետամորֆիզմի ֆացիալ առանձնահատկությունները:

- Պարզաբանել մետամորֆիզմի պրոգրադ և ռետրոգրադ ընթացքի պատկերը երկրակեղևի P և T դաշտերում:

- Որոշել բյուրեղային հիմքի կազմավորմանը հաջորդած տեկտոնամագմատիկ պրոցեսների ժամանակագրությունը:

Ուսումնասիրվող օբյեկտը և փաստացի նյութը

Աշխատանքում ներկայացված են Հայաստանի Օաղկունյաց բյուրեղային հիմքի ապարների մետամորֆիզմի պայմանների ուսումնասիրության և առաջին անգամ մոնացիտներում Th-U-Pb մեթոդով իզոքրոնային հասակային որոշումների արդյունքները: Ուսումնասիրության համար դաշտային աշխատանքների ընթացքում մեր կողմից հավաքվել են մետամորֆային ապարների բազմաթիվ նմուշներ: Նրանցից շուրջ 61-ից Ֆրայբերգի տեխնիկական համալսարանի (ՖՏՀ) միներալոգիայի ինստիտուտում պատրաստվել են թափանցիկ շլիֆներ, որոնցում կատարվել են մոտ 450 միկրոսկոպային լուսանկարներ տեղի միկրոսկոպային լաբորատորիայում: Այնուհետև, ՖՏՀ-ի և Էրլանգեն-Նյուրնբերգի Ֆրիդրիխ Ալեքսանդեր համալսարանի միկրոգոնոլային լաբորատորիաներում էլեկտրոնային միկրոգոնոլերով հետազոտվել են 19 նմուշներ, որոնցից 13-ը թերմոբարոմետրիայի (շուրջ 1400 ընդհանուր չափման կետերով), իսկ 6-ը՝ մոնացիտների հասակի (շուրջ 250 չափման կետերով) որոշման համար:

Ուսումնասիրության մեթոդները

Բնեռացնող միկրոսկոպի միջոցով ուսումնասիրվել են ապարների միներալային կազմի և ստրուկտուրային առանձնահատկությունները, որից հետո նշագծվել են

միներալների այն բյուրեղները, որոնք հետազոտվել են էլեկտրոնային միկրոգոնոլով:

Միկրոգոնոլային չափումներից ստացված տվյալները ենթարկվել են համակարգչային ծրագրային մշակման, որից ստացված պարամետրերն օգտագործվել են միներալների դասակարգման համար և տարբեր թերմոբարոմետրերի մեջ:

Մետամորֆային իզոբրոնային հասակի որոշման համար օգտագործվել է մոնացիտներում քիմիական կազմի Th-U-Pb-ային մեթոդը: Միներալներում չափումները կատարվել են նույնպես միկրոգոնոլով:

Պաշտպանվող դրույթները

• Հանքավանի սերիայի մետամորֆիզմը սկսել է պրոգրադ բնույթով՝ կանաչթերթաքարային ֆացիայից անցնելով էպիդոտ-ամֆիբոլիտային ֆացիային և իր մաքսիմալ ազդեցությունը կրել ամֆիբոլիտային ֆացիայում, այնուհետև տեղի է ունեցել ռետրոգրադ բնույթի մետամորֆիզմ՝ ամֆիբոլիտային ֆացիայում: Արգականի սերիայում նկատվում է պրոգրադ մետամորֆիզմ՝ կանաչթերթաքարայինից ամֆիբոլիտային ֆացիային անցումով:

• Տրոնդեմիտների ներդրման հետ կտրուկ բարձրացել է գեոթերմիկ գրադիենտի արժեքն ամբողջ Հանքավանի սերիայում:

• Հայաստանի բյուրեղային հիմքի միջբեմբրյան հասակի ռեզիդուալ մետամորֆիզմի գեոթերմիկ գրադիենտի արժեքը գտնվում է բարրոու (Barrovian) տիպի և սուբդուկցիոն բնույթի մետամորֆիզմների գեոթերմիկ գրադիենտների անցումային մասում:

• Ըստ մոնացիտային իզոբրոնային հասակային որոշումների, Ծաղկունյաց գանգվածում տեկտոնամագմատիկ պրոցեսների հետևանքով ջերմային ֆոնը բարձրացել է ստորին յուրայի և ստորին կավճի ժամանակահատվածներում:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

• Ըստ ամֆիբոլային գեոթերմոբարոմետրի, Հանքավանի սերիայի ապարները մետամորֆիզացվել են պրոգրադ բնույթով՝ $T=380-650^{\circ}\text{C}$, $P=1,0-7,5$ կբար (4-26 կմ) պայմաններում, այնուհետև ռետրոգրադ բնույթով՝ $T=650-550^{\circ}\text{C}$, $P=7,5-4,0$ կբար (26-14 կմ) պայմաններում: Ըստ քլորիտային գեոթերմոմետրի, ռետրոգրադ մետամորֆիզմը շարունակվել է $T=510-240^{\circ}\text{C}$ պայմաններում:

• Զանքավանի սերիայի ապարների մետամորֆիզմը տեղի է ունեցել կանաչթերթաքարային, էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆացիաներում: Քսսախի շերտախմբում գերակշռում են կանաչթերթաքարայինից մինչև ամֆիբոլիտային, իսկ Զանքավանի շերտախմբում՝ կանաչթերթաքարայինից մինչև էպիդոտ-ամֆիբոլիտային ֆացիաները:

• Գեոթերմիկ գրադիենտը Զանքավանի սերիայի մետամորֆիզմի ժամանակ, նախքան տրոնդեմիտների ներդրումը, եղել է $8-12^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$, ներդրումից հետո տեղի է ունեցել ջերմաստիճանի կտրուկ բարձրացում՝ ի հաշիվ սինկլինեմատիկ ներդրված տրոնդեմիտների ջերմային հոսքի, որի հետևանքով գեոթերմիկ գրադիենտը հասել է մինչև $63^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$:

• Արգականի սերիայի ապարները, ըստ Grt-Bt թերմոմետրի, պրոգրադ մետամորֆիզմի են ենթարկվել $T=420-610^{\circ}\text{C}$ պայմաններում՝ կանաչթերթաքարայինից մինչև ամֆիբոլիտային ֆացիաներում, իսկ նրանց հատող գրանիտագնեյսներն, ըստ ամֆիբոլային թերմոբարոմետրի՝ $T=550-620^{\circ}\text{C}$, $P=4.8-6.4$ կբար ($17-22$ կմ, $12^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$ գեոթերմիկ գրադիենտով) պայմաններում, որը համապատասխանում է էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆացիաների միջանկյալ մասին:

• Երկրաքիմիական հետազոտություններով հաստատվում է Զանքավանի սերիայի Քսսախի շերտախմբի ապարների՝ միջօվկիանոսային լեռնաշղթաների (E-MORB տիպ) բազալտներից առաջանալու վարկածը, որպես մինչքեմբրյան օֆիոլիթներ:

• Ըստ մոնացիտային Th-U-Pb հասակային որոշումների, մինչքեմբրյան մետապեդիտների մոնացիտներում ստացվել է միջինացված $185-196$ մլն տարի միջակայքը (J), որն ըստ երևույթին պայմանավորված է Քիմերյան (գոնոլվանական մասնիկ) մայրցամաքում ռիֆտային տեկտոնամագմատիկ պրոցեսների ջերմային ազդեցությամբ: Ստացված ամենաերիտասարդ 109 մլն տարի մոնացիտային հասակն էլ, հավանաբար, պայմանավորված է Աղվերանի ինտրուզիայի ուշ ֆազերից մեկի ներդրման ջերմային ազդեցությամբ:

Աշխատանքի պրակտիկ նշանակությունը

Աշխատանքն ունի հիմնարար ուղղվածություն, սակայն այն կարող է կիրառվել Ծաղկունյաց լեռնաշղթայի օգտակար հանածոների հանքայնացման առանձնահատ-

կոթյունների պարզաբանման և որոնողական խնդիրների լուծման նպատակով:

Աշխատանքի փորձահավանությունը և հրատարակումները

Աշխատանքում ներառված ուսումնասիրությունների և հետազոտությունների արդյունքների մասին զեկուցվել են ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ, ՀՀ ԳԱԱ ԵԻՄԻ գիտխորհրդի նիստերում, ինչպես նաև Գերմանիայի ՖՏՀ-ի միներալոգիայի ինստիտուտի ներամբիոնային նիստերում:

Ատենախոսության հիմնական բովանդակությունը հրատարակված է 3 գիտական հոդվածներում:

Աշխատանքի ծավալը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, հինգ գլուխներից, ամփոփումից, 80 անուն գրականության ցանկից և հինգ հավելվածներից: Այն պարունակում է 165 էջ, որից 111-ը՝ մեքենագրական: Ընդհանուր նկարների քանակը 43 է, իսկ աղյուսակներինը՝ 38:

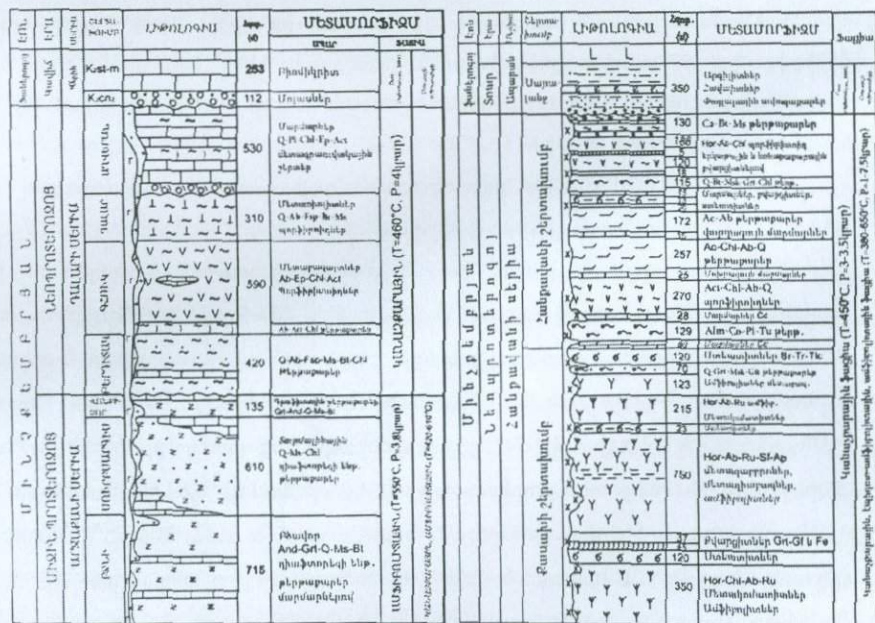
Գերմանիայում հեղինակի հետազոտական աշխատանքները խրախուսվել են DAAD և KAAD կրթաթոշակային ծրագրերի կողմից:

Ատենախոսության հեղինակը խորին երախտագիտություն է հայտնում իր գիտական ղեկավար, երկր.գիտ.դոկ. Վ.Ադամալյանին, ՖՏՀ-ի պրոֆ. Բ.Շուլցին և դոկ. Ա.Ռեննոյին արժեքավոր դիտողությունների, խորհուրդների և անմիջական աջակցության համար, ինչպես նաև ՀՀ ԳԱԱ ակադ. Ռ.Ջրբաշյանին, ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ Ռ.Մելքոնյանին և երկր.գիտ.թեկ. Խ.Մելիքսեթյանին կարևոր դիտողությունների համար: Հեղինակը առանձնահատուկ շնորհակալություն է հայտնում ՀՀ ԳԱԱ ԵԻՄԻ տնօրեն՝ ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ, ֆիզ-մաթ.գիտ.դոկ. Ս. Հովհաննիսյանին և ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ տնօրեն՝ երկ.հանր.գիտ.դոկ. Ա.Կարախանյանին համակողմանի աջակցության համար: Հեղինակը հատուկ շնորհակալություն է հայտնում նաև երկ.հանր.գիտ.թեկ. Հ.Հովհաննիսյանին, պրոֆ. Ռ.Գևորգյանին, երկ.հանր.գիտ.թեկ. Հ.Գույումջյանին, դոկ. Յ.Լանգեին, դոկ. Բ.Կլիշին, Իննա Դավիդյանին գիտակազմակերպչական հարցերում աջակցության համար:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

ԳԼՈՒԽ I: ԾԱՂԿՈՒՑԱՅ ԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ ԴԻՐՔԸ ԵՎ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ շԻՆԱԿԱՆ ԳԾԵՐԸ

Ծաղկունյաց բյուրեղային զանգվածի տարածքը դեռևս 1850-ական թթ. զբաղվել է գիտնականների ուշադրությունը, սակայն այդ ելուստի երկրաբանությամբ առավել ակտիվ սկսել են զբաղվել 1930-ականներից, հիմնականում օգտակար հանածոների որոնողական աշխատանքներ կատարելիս: Սույն գլխում արվում է ամփոփիչ պատմական ակնարկ նախկինում կատարված երկրաբանական հետազոտությունների վերաբերյալ:



Նկ. 1. Արգականի, Դալարի և Հանքավանի սերիաների շերտագրությունն ըստ (Агамалян, 2004), իսկ ֆազիայ և P-T ճշտումներն ըստ սույն աշխատանքի:

Այս գլխում բերվում է Ծաղկունյաց բյուրեղային զանգվածի շերտագրական աղյուսակն ըստ Վ.Աղամալյանի (2004) (Նկ.1), որտեղ Ծաղկունյաց մետամորֆային զանգվածը ստորաբաժանված է Հանքավանի, Արզականի և Դալարի սերիաների: Ընդ

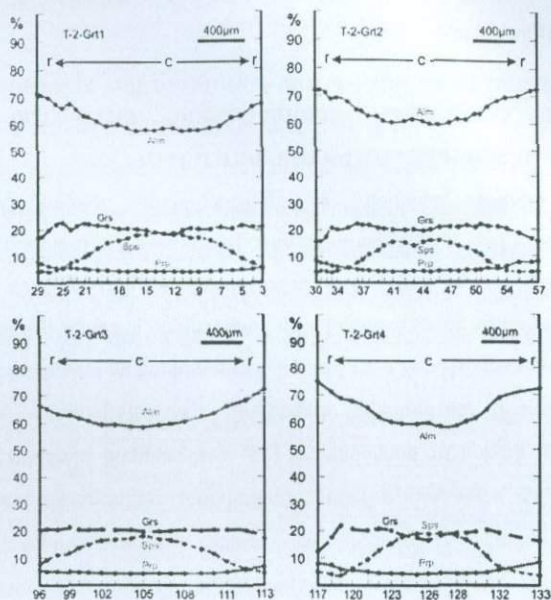
որում, սերիաներն իրենց հերթին բաղկացած են մի շարք շերտախմբերից, որոնցից վերջված նմուշներում էլ մեր կողմից կատարվել են համապատասխան հետազոտությունները:

ԳԼՈՒԽ II: ԾԱՆԿՈՒՆՅԱՅ ԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՄԵՏԱՄՈՐՖԱՅԻՆ ԱՊԱՐԱՆՐԻ ՊԵՏՐՈԳՐԱՖԻԱՆ ԵՎ ՄԻՆԵՐԱԼՈԳԻԱՆ

Այս գլխում բերված է մինչքեմբրյան մետամորֆային ապարների պետրոգրաֆիական և միներալոգիական համառոտ բնութագիրն ըստ վերը բերված շերտախմբերի, որտեղ ավելի շատ ուշադրություն է դարձվել այն ապարներին, որոնց համար կատարվել են միկրոգնդային չափումներ և որոնց միջոցով հաշվարկված են ապարների մետամորֆիզմի P և T թերմոբարոմետրիական արժեքները:

Ծաղկունյաց բյուրեղային զանգվածի մետապելիտների և մետաբազիտների միներալային կազմն ու առաջացման P-T պայմանները որոշելու համար էպիքսիդով պատրաստված և հատուկ հղկված (փայլեցված) մակերևութով թափանցիկ շլիֆները նախապես գրաֆիտապատվել են, ապա ուսումնասիրվել Գերմանիայի ՖՏԶ միներալոգիայի ինստիտուտի միկրոգնդային լաբորատորիայում JEOL JXA 8900 էլեկտրոնային միկրոգնդով՝ հեղինակի և պրոֆ. Բ.Շուլցի կողմից: Կետային միկրոանալիզի համար օգտագործվել են էլեկտրոնային փնջի ստանդարտ 20 kV/20 nA արժեքները, իսկ որպես չափանմուշներ օգտագործվել են միներալների միջազգային ստանդարտները: Նոնաքարերը, ամֆիբոլները և պլագիոկլազները չափվել են պրոֆիլներով, իսկ մնացած միներալների բյուրեղները՝ կենտրոններում և եզրերում:

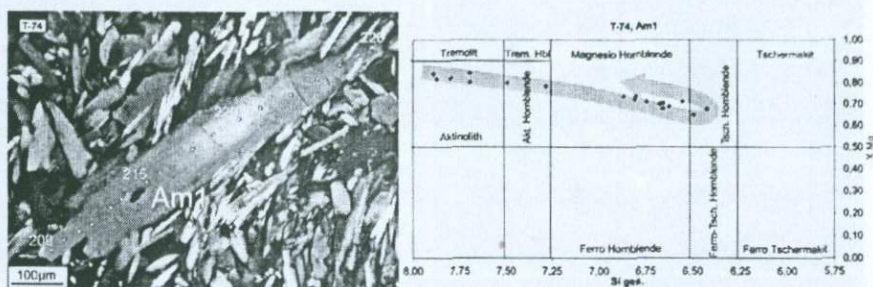
Վանքիձորի շերտախմբի գրաֆիտային նոնաքար-անդալուզիտ-քվարց-երկփայլարային թերթաքարերը կազմված են սինկլինեմատիկ նոնաքարի պրոֆիբրոբլաստներից, անդալուզիտի հետկլինեմատիկ բյուրեղներից, բիոտիտի, մուսկովիտի, քվարցի, պլագիոկլազի սինկլինեմատիկ և հետկլինեմատիկ բյուրեղներից, որոնք շրջափակված են գրաֆիտի խիտ փոշով: Այս թերթաքարերի նոնաքարերը էլեկտրոնային միկրոգնդի միջոցով չափվել են կոնկրետ պրոֆիլներով, որոնց արդյունքների մշակումից ստացվել են նոնաքարերի գոնալականության պատկերները արտահայտված ալմանդին, զրոսուլյար, սպեսարտին, պիրոպ իզոմորֆ շարքով: Նկ.2-ում բերված է այդպիսի գոնալականությունը T-2 նմուշի օրինակով:



Նկ. 2. Գրաֆիտային թերթաքարի (սմուշ T-2) Grt1, Grt2, Grt3, Grt4 նոսաքարերի գոնալականությունը կենտրոնից (c) դեպի եզրեր (r)՝ ալմանդին (Alm), սպեսարտին (Sps), գրոսուլար (Grs), պիրոպ (Prp) բաղադրիչներով: Հորիզոնական առանցքով տեղադրված են չափման կետերն իրենց համարներով:

Պարզվել է, որ նոսաքարերում գոնալականությունը բավականին սիմետրիկ է: Կենտրոններում ալմանդինը կազմում է մոտ 55-60%, սպեսարտինը՝ 20%, գրոսուլարը՝ 20%, իսկ պիրոպը՝ 5%: Կենտրոնից դեպի եզր առանցքով ալմանդինի և պիրոպի քանակություններն ավելանում են, իսկ սպեսարտինինը ու գրոսուլարինը՝ ընդհակառակը պակասում: Ամենաեզրում ալմանդինի պարունակությունը մոտ 70-75% է: Պլազիոկլազները ներկայացված են միայն ալբիտով և առավելագույնը 15 համարի օլիգոկլազով: Դիաֆտորեզի ժամանակ բիոտիտի շատ թեփուկներ ըլորիտացվել են (Mg-Fe-ային ըլորիտներ), սակայն շլիֆում պահպանել է բիոտիտին բնորոշ շագանակագույն երանգը: Քլորիտները ներկայացված են ուպիդոլիտով և բրունսվիգիտով: Ի դեպ, այս ըլորիտացումը կարող է կապված լինել դիաֆտորեզի հետ:

Հանքավանի սերիայի ամֆիբոլիտներից անալիզի են ենթարկվել ավելի քան 10 նմուշներ, որոնց մեջ պրոֆիլով չափվել են 73 ամֆիբոլային բյուրեղներ համապատասխան 593 չափման կետերով: Ամֆիբոլները պրոֆիլով չափելը նպատակ է ունեցել բացահայտել բյուրեղներում առկա զոնալականությունը: Միկրոզոնդային անալիզների տվյալների համակարգչային հաշվարկների պարամետրերը տեղադրելով կալցիումային ամֆիբոլների միջազգային դասակարգման դիագրամի վրա (Leake et al., 1997), ստացվել են ամֆիբոլների կազմերը՝ բյուրեղի կենտրոնից դեպի եզր: Նկ. 3-ում պատկերված T-74 նմուշի Am1 ամֆիբոլի բյուրեղի օրինակով բերված են միկրոզոնդային չափման կետերը և նրանց համապատասխանող կազմի էվոլյուցիան:



Նկ. 3. T-74 նմուշի Am1 ամֆիբոլի միկրոզոնդային չափման կետերը և նրանց արժեքները կալցիումային ամֆիբոլների դասակարգման միջազգային դիագրամի վրա:

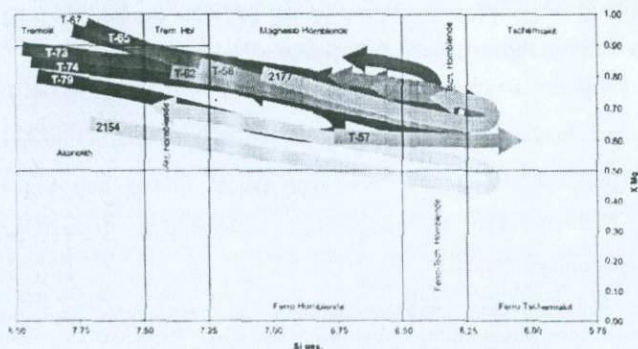
Նման ձևով հավաքագրելով բոլոր կորերը մեկ ընդհանուր դիագրամի մեջ և ընդհանրացնելով այս ամենն ըստ նմուշների (նկ. 4), կարող ենք գալ Քասախի և Հանքավանի շերտախմբերի ամֆիբոլիտների ամֆիբոլների վերաբերյալ հետևյալ հիմնական եզրահանգումներին.

- Երկու շերտախմբերի ամֆիբոլիտների ամֆիբոլները ներկայացված են հիմնականում ակտինոլիտ-տրեմոլիտից սկսած մինչև չերմակիտ և երկաթային չերմակիտ կազմերով, որին համապատասխան SiO_2 -ի քանակությունը պակասում է 57%-ից մինչև 40%, MgO -ինը՝ 19%-ից մինչև 9% և դրան հակառակ բարձրանում է Al_2O_3 -ի պարունակությունը 3%-ից մինչև 14% ու FeO -ինը՝ 8%-ից մինչև 17%:

• Քասախի շերտախմբի ամֆիբոլիտների ամֆիբոլներն ավելի հորնբլենդային և չերմակիտային կազմի են, քան՝ Հանքավանի շերտախմբինը և հակառակը՝ Հանքավանի շերտախմբի ամֆիբոլիտների ամֆիբոլներն ավելի ակտինոլիտ-տրեմոլիտային կազմի են, քան՝ Քասախի շերտախմբինը:

• Երկու շերտախմբերում էլ նկատվում է պրոգրադ և ռետրոգրադ մետամորֆիզմների առկայությունը, որոնք ունեն նույն բնույթը՝ տրեմոլիտ-ակտինոլիտային կազմից փոփոխվում են մինչև չերմակիտային հորնբլենդ և չերմակիտի սահման, այնուհետև նորից փոխվում հետընթաց ուղիով մինչև մագնեզիումային հորնբլենդ:

• Երկու շերտախմբերում էլ ամֆիբոլների բյուրեղներում նկատվում են գոնալականության կտրուկ փոփոխություններ, թեև այն երբեմն վառ է արտահայտված, երբեմն՝ թույլ, որն արդյունք է թերմոդինամիկ պարամետրերի կտրուկ փոփոխության: Այս երևույթը կարելի է բացատրել վերին պրոտերոզոյում սինկլինեմատիկ ներդրված տրոնոյեմիտային հալոցքի ազդեցությամբ, որն, ըստ երևույթին, բարձրացրել է ամբողջ Հանքավանի սերիայի մետամորֆիզմի ընդհանուր ջերմաստիճանը:



Նկ. 4. 2154, 2177, T-57, T-58, T-62, T-65, T-67, T-73, T-74, T-79 նմուշներում առկա ամֆիբոլների էվոլյուցիոն կորերն ամֆիբոլների դասակարգման միջազգային դիագրամի վրա:

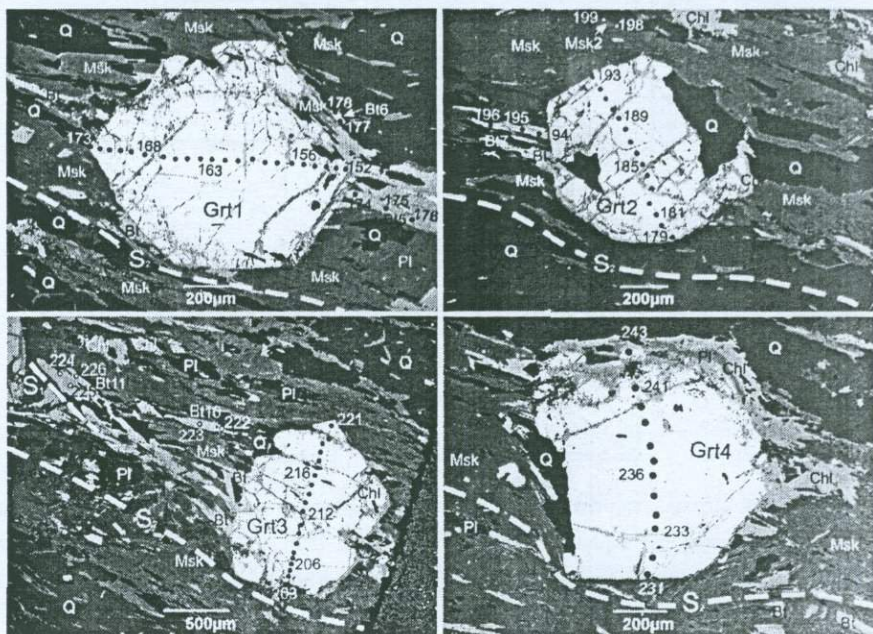
Ամֆիբոլիտներում քլորիտները ներկայացված են ռիպիդոլիտով և բրունավիզիտով, էպիդոտի խմբի միներալները՝ ցոիզիտով, կլինոցոիզիտով և էպիդոտով, իսկ

պլագիոկլազները՝ ալբիտից մինչև լաբրադոր շարքով և փոխվում են նմուշից-նմուշ: Այդուսակ 1-ում բերված է պլագիոկլազների իզոմորֆ շարքն ըստ նմուշների:

Այդուսակ 1.

Ամֆիբոլիտներում առկա պլագիոկլազների իզոմորֆ շարքի պարունակություններն արտահայտված %-ներով

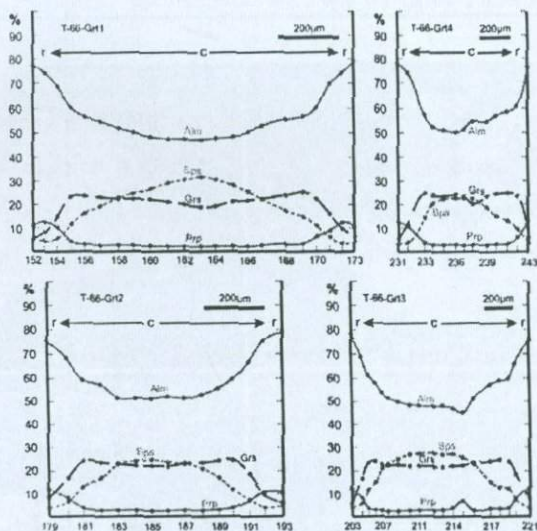
Նմուշի №	2154	2177	T-57	T-58	T-62	T-65	T-67	T-73	T-74	T-79
ab	10	89	42	64	34	-	-	-	-	21
olg	50	11	50	36	33	100	40	67	68	14
and	20	-	-	-	33	-	60	33	32	65
lab	20	-	8	-	-	-	-	-	-	-



Նկ. 5. T-66 շիֆի BSE (Back-Scattered Electrons) նկարները՝ միկրոգոնդային անալիզի չափման կետերով, S1 և S2 տեկտոնական թերթավորման ուղղություններով: Կրճատումները՝ Grt-տոնաքար, Bt-բիոտիտ, Pl-պլագիոկլազ, Msk-մուսկովիտ, Chl-քլորիտ, Q-քվարց:

Հանքավանի սերիայում Հանքավանի շերտախմբի ամֆիբոլիտները հերթափոխվում են նստվածքային մետապելիտային՝ քվարց-տոնաքար-երկփայլարային

թերթաքարերի շերտերով: Այդ ապարներից վերցված T-66 նմուշում կատարվել են շուրջ 110 միկրոգոնդային չափումներ տարբեր միներալների վրա: Նոնաքարի բյուրեղները միկրոգոնդային անալիզի ընթացքում չափվել են ըստ ընտրված պրոֆիլների, իսկ մնացած բյուրեղները՝ առանձին կետերով (Նկ. 5): Ապարը քվարց-նոնաքար-երկվայլարային թերթաքար է, գրաֆիտի փոշու ցանով, որի կազմում առկա է Q-41%, Msk-28%, Chl-11%, Grt-7%, Pl-4%, Bt-6% և մոտ 3% ակցեսոր միներալներ:



Նկ. 6. Նոնաքարերի Grt1, Grt2, Grt3 և Grt4 բյուրեղների զոնալ կառուցվածքը կետերից (c) դեպի եզրերը (r)՝ ալմանդին (Alm), սպեսարտին (Sp), գրոսուլյար (Grs), պիրոպ (Prp) բաղադրիչներով: Հորիզոնական առանցքով համարները համապատասխանում են Նկ. 5-ում պատկերված չափման կետերի համարներին:

Դատելով շիֆից, ապարը հստակ թերթավորված է S1 և S2 տեկտոնական հարթություններով (նկ. 5), որի ստրուկտուրան պորֆիրոլաստային է, հիմնական զանգվածը՝ լեպիդո-գրանոլաստային: Լավ պահպանված նոնաքարային 4 բյուրեղներ ենթարկվել են անալիզի: Ապարում S2-ի ուղղությամբ տարածվում են գրաֆիտային փոշու սկզբնական նստվածքային շերտիկային կուտակումներ, որոնք ներառվել են նաև նոնաքարերի մեջ՝ բլաստեզի ընթացքում: Նկ. 5-ի պրոֆիլներով և նոնաքարերի

քիմիական կազմից վերահաշվարկված են յուրաքանչյուր չափված կետում նոնաքարերի ընտանիքի իզոմորֆ խառնուրդներն ըստ քանակության՝ արտահայտված տոկոսներով (նկ. 6): Նկ. 6-ից պարզ երևում է, որ նոնաքարերում զոնալականությունը բավականին սիմետրիկ է: Կենտրոններում ալմանդինը կազմում է մոտ 50%, սպեսարտինը՝ 30%, գրոսուլարը՝ 20%, իսկ պիրոպը գրեթե բացակայում է: Կենտրոնից դեպի եզր գնալով ալմանդինի և պիրոպի քանակություններն ավելանում են, իսկ սպեսարտինի ու գրոսուլարի քանակները՝ նվազում: Ամենաեզրում ալմանդինը հասնում է 80%: Ապարում պլագիոկլազները օլիգոկլազներ են (Ап20-27), իսկ քլորիտները ներկայացված են բրունսվիգիտով և դիաբանտիտով:

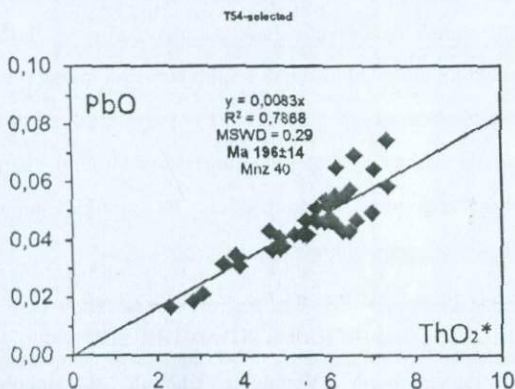
Գրանիտագնեյսների մեջ առկա են քսենոլիտներ, որոնք վերածված են գնեյսացված ամֆիբոլիտների՝ ամֆիբոլ-պլագիոկլազ-էպիդոտ-քլորիտ-քվարց միներալային պարագենեզիտով: Այստեղ նույնպես ամֆիբոլները հետագոտվել են պրոֆիլներով: Ստացված տվյալների մշակումից արժեքները տեղադրելով կալցիումային ամֆիբոլների միջազգային դասակարգման դիագրամի վրա, ստանում ենք, որ ամֆիբոլների կազմը բյուրեղների կենտրոնների մագնեզիումային հորնբլենդային կազմից անցնում է եզրերի չերմակիտային հորնբլենդի, այսինքն՝ նկատվում է պրոգրադ զոնալականություն:

Չափված պլագիոկլազները իրենցից ներկայացնում են ալբիտներ և օլիգոկլազներ (Ап01-17): Էպիդոտները ապարում ներկայացված են պրոֆիբոլբաստների տեսքով, որոնցում չի նկատվում որևէ զոնալականություն:

ԳԼՈՒԽ III: ԾԱՂԿՈՒՆՅԱՅ ԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՀԱՍԱԿԸ

Ծաղկունյաց լեռնաշղթայի մետամորֆիտների նկատմամբ նախկինում Գ. Բաղդասարյանի և Ռ. Ղուկասյանի կողմից կատարվել են բազմաթիվ K-Ar-ային հասակային որոշումներ, որոնք տվել են հասակների լայն տիրույթներ, երբեմն էլ հակասական արդյունքներ: Հետազայում նրանք կատարել են Rb/Sr իզոքրոնային հասակային որոշումներ, ըստ որոնց Բջնու զանգվածի գրանիտագնեյսների Rb/Sr իզոքրոնային հասակն ստացվել էր շուրջ 620 մլն տարի (Багдасарян, Гукасян, 1985): Ծաղկունյաց զանգվածի մինչքեմբրյան լինելու հաջորդ հանգամանքը Հանքավանի սերիայի ապարների հասող տրոնդեմիտների 685±77 մլն տարի իզոքրոնային հասակն է (Агамалаян и др., 1997):

Նոր Th-U-Pb իզոթրոնային հասակային որոշումները մոնացիտներում կատարվել են հեղինակի կողմից: Քանի որ մոնացիտի կապարը բացառապես Th և U տրոհումից է ստացվում, կարելի է Th, U և Pb պարունակություններով որոշել բացարձակ հասակ՝ առանց նրանց իզոտոպների չափման: Մոնացիտում գտնվող U, Th և Pb քանակությունները կարելի է չափել EMS կամ EMPA-CHIME մեթոդներով՝ միկրոգոնդի միջոցով: Այս ամենը հնարավորություն է տալիս, ի թիվս այլոց, որոշել նաև գրանիտազենյանների պրոտոլիտային մագմատիկ և մետամորֆային հասակները միաժամանակ: Այսպես հնարավոր է որոշել պոլիմետամորֆային պրոցեսների դեպքում բազմակի թերմալ ազդեցությունների հերթականությունը և ժամանակագրությունը: Այս ամենը, P-T հետազոծերի հետ միասին, նպաստում է հասկանալ լեռնակազմական պրոցեսների տարածական և ժամանակային երկրադինամիկան:



Նկ. 8. T-54 նմուշի մոնացիտային իզոթրոնային դիագրամն ըստ 40 կետերում մոնացիտային չափումների:

Շլիֆներում մոնացիտները հայտնաբերվել են Quanta 600 FEG մակնիշի MLA (Mineral Liberation Analysis) էլեկտրոնային միկրոսկոպով Գերմանիայի ՖՏ համալսարանում, որոնք այնուհետև չափվել են նույն համալսարանի JEOL JXA 8900 և Էրլանգեն-Նյուրնբերգի Ֆրիդրիխ Ալբրանդեր համալսարանի JEOL JXA 8200 էլեկտրոնային միկրոգոնդերով: Չափված արժեքներում ուղղումներ մտցնելուց հետո, PbO և $ThO_2^* = ThO_2 + UO_2$ արժեքներով կառուցվել են իզոթրոնաներ, որը T-54 նմուշի

օրինակով բերված է նկ. 8-ում: Աղյուսակ 2-ում բերված են բոլոր նմուշների մոնացիտների իզոքրոնային հասակները:

Հայտնի է, որ մոնացիտներն առաջանում են մետամորֆային պրոցեսների կամ կանաչաքարային փոփոխությունների ընթացքում՝ սկսած 300°C-ից: Հետևաբար՝ ստացված հասակներին համապատասխանող ժամանակաշրջաններում տեղի են ունեցել որոշակի ջերմային ազդեցություններ, որոնք գերազանցել են 300°C սահմանը, որոնց հետևանքով էլ առաջացել են մոնացիտները: Ի տարբերություն K-Ar մեթոդի, մոնացիտներով որոշված հասակներով կարելի է վերականգնել կոնկրետ տեկտոնամագմատիկ պրոցեսների վաղեմությունը:

Եթե փորձենք համեմատել ստացված արդյունքները նախկին K-Ar-ային և Rb/Sr-ային հասակների հետ, ապա քվարց-տուրմալինային թերթաքարից ստացված 109 ± 31 մլն տարի հասակը, տարածքային և հասակային առումներով, մոտ է Աղվերանի ինտրուզիայի K-Ar-ային $103-90$ մլն տարի և Rb/Sr-ային երկու իզոքրոնա ունեցող 128 ± 11 մլն և 111 ± 11 մլն տարի հասակներին (Меликсетян и др., 1993): Թեև, ըստ Ղ. Գալոյանի բանաձևը հաղորդման, Աղվերանի ինտրուզիայի տոնալիտների ցիրկոններում իրենց կողմից կատարված U-Pb հասակային որոշումները տվել են շուրջ 155 մլն տարի հասակ: Չի բացառվում, որ 109 մլն տարի հասակը կապված լինի նաև Ծաղկունյաց լեռնաշղթայի տարբեր հատվածներում հանդիպող լեյկոկրատային գրանիտների ջերմային ազդեցության հետ, որոնք համարվում են տոնալիտային ինտրուզիաների առանձին ֆազեր: Համեմայն դեպս, այստեղ դեռևս անելիքները քիչ չեն, տարբեր ինտրուզիաների հասակների որոշման հետ կապված, որպեսզի ճշգրտվի, թե ի՞նչ պրոցեսների հետ է կապված սույն մոնացիտառաջացումը:

Միջինացված 185-196 մլն տարի հասակներն ըստ երևույթին պայմանավորված են վերին տրիասի և ստորին յուրայի ժամանակաշրջանում Քիմերյան կոնտինենտում ռիֆտածին տեկտոնամագմատիկ պրոցեսներով, որոնց արդյունքներից կարող է լինել Ազնաբերդի տրիաս-յուրա կտրվածքում լեյասին վերագրվող 250 մետրանոց բազալտների շերտը:

Ինչ վերաբերվում է գրանիտազենյսների մոնացիտային 626 մլն տարի հասակին, ապա այն մոտ է նրանց Rb/Sr-ային մեթոդով ստացված հասակին (620 մլն տարի), սակայն սխալի չափազանց մեծ լինելու պատճառով այն պետք չէ դիտարկել որպես

հավաստի արդյունք: Ըստ ՂԳալոյանի բանավոր հաղորդման, գրանիտազենյանների հասակը շուրջ 533 մլն տարի է, համաձայն ցիրկոններում U-Pb մեթոդով կատարված նոր հասակային որոշումների:

Աղյուսակ 2

Ծաղկունյաց լեռնաշղթայի մետամորֆային ապարների իզոքրոնային հասակներն ըստ մոնացիտների և նրանց համապատասխանող ժամանակաշրջանները

Նմուշի համարը	Ապարի տեսակը	Հասակը (մլն տարի)	Ժամանակաշրջանը (միջին հասակը)
T-31	Սև ֆիլիտ	186±55	J ₁
T-51	Քվարց-տուրմալինային թերթաքար	193±27	J ₁
T-52	Քվարց-տուրմալինային թերթաքար	185±31	J ₁
T-52	Քվարց-տուրմալինային թերթաքար	109±31	K ₁
T-54	Բծավոր թերթաքար	196±14	J ₁
T-88	Գրանիտազենյա	626±420	PR ₃
439	Լեյկոկրատային գրանիտ	189±18	J ₁

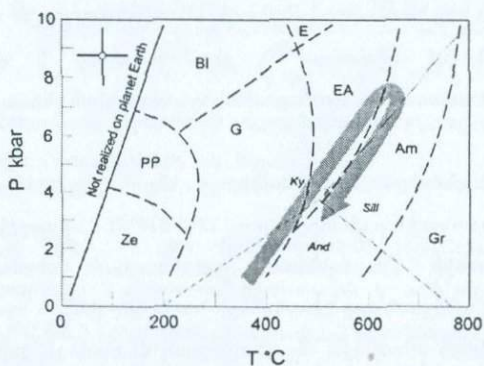
Ենթադրվում է, որ այս ջերմային ազդեցություններին զուգահեռ զգալի կինեմատիկ պրոցեսներ չեն եղել, սակայն նրանց ներգործության արդյունքում առաջացած միներալները, հավանաբար, վրադրված են ապարի ընդհանուր պատկերի վրա, որը խոչընդոտում է դրանց հստակ տարանջատմանը մինչքեմբրյան դիաֆտորեզի հետևանքով առաջացած կանաչքարային միներալներից:

ԳԼՈՒԽ IV: ԾԱՂԿՈՒՆՅԱՅ ԲՑՈՒԴԵՂԱՑԻՆ ԶԱՆԳԱԾԻ ՄԵՏԱՄՈՐՖԱՑԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԳԵՈԹԵՐՄՈՐՖԱՐՈՄԵՏՐԻԱՆ

Թերմոբարոմետրիայի համար օգտագործվել է քլորիտային գեոթերմոմետրը (Cathelineau, 1988, Xie et al., 1997), ամֆիբոլային (Gerya et al., 1997) և նոնաքար-բիտուիտ-մուսկովիտ-պլագիոկլազային (Powel and Holland, 1993, Bhattacharya et al., 1992) գեոթերմոբարոմետրերը:

Հանքավանի սերիայի ամֆիբոլիտների համար կիրառվել է ամֆիբոլային գեոթերմոբարոմետրը: Հաշվարկելով ամֆիբոլների յուրաքանչյուր միկրոգոնդային չափման

կետում P և T արժեքները, կազմվել են P-T էվոլյուցիոն կորեր՝ բյուրեղների կենտրոններից դեպի եզրեր: Համալուրջով սովյալ նմուշի բոլոր բյուրեղների P-T էվոլյուցիոն կորերը, կազմվել է նրա ընդհանուր P-T էվոլյուցիոն կորը: Համատեղելով այս ձևով ստացված բոլոր դիագրամները մեկ դիագրամի մեջ, ստանում ենք նկ. 9-ում պատկերված ընդհանրացված դիագրամը, որը բնորոշում և ընդգրկում է ամբողջ Հանքավանի սերիայի մետամորֆիզմի P-T ուղու պատմությունը:



Նկ. 9. Ամֆիբոլիտային 10 նմուշների ճնշման և ջերմաստիճանի ընդհանրացված էվոլյուցիոն դիագրամը, տեղադրված մետամորֆային ֆազիաների դիագրամի վրա՝ Al_2SiO_5 -պոլիմորֆ կիանիտ (Ky), սիլիմանիտ (Sill) և անդալուզիտ (And) կայունության տիրույթներով: Հապավումները. Ze – ցեոլիտային, PP – պրենիտ-պումպելիտային, Bl – կապույտթերթաքարային, G – կանաչթերթաքարային, E – էկլոգիտային, EA – էպիդոտ-ամֆիբոլիտային, Am – ամֆիբոլիտային, Gr – գրանոլիտային:

Ընդհանրացնելով ամֆիբոլային թերմոբարոմետրի բոլոր արդյունքները, կարող ենք գալ հետևյալ հիմնական եզրահանգումներին.

- Ըստ ամֆիբոլային թերմոբարոմետրի՝ Հանքավանի սերիայի ամֆիբոլիտները մետամորֆիզմի են ենթարկվել պրոգրադ բնույթով՝ ընդհանրացված $T=380-650^{\circ}\text{C}$, $P=1.0-7.5$ կբար (4-26 կմ) պայմաններով տիրույթում, այնուհետև ռետրոգրադ բնույթով՝ $T=650-550^{\circ}\text{C}$, $P=7.5-4$ կբար (26-14 կմ) պայմաններում:

- Մետամորֆիզմը տեղի է ունեցել կանաչթերթաքարային, էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆազիաներում: Ընդ որում, Քասախի շերտախմբում՝

կանաչթերթաքարային և ամֆիբոլիտային ֆացիաների, իսկ Հանքավանի շերտախմբում՝ կանաչթերթաքարային և էպիդոտ-ամֆիբոլիտային ֆացիաների գերակայությամբ:

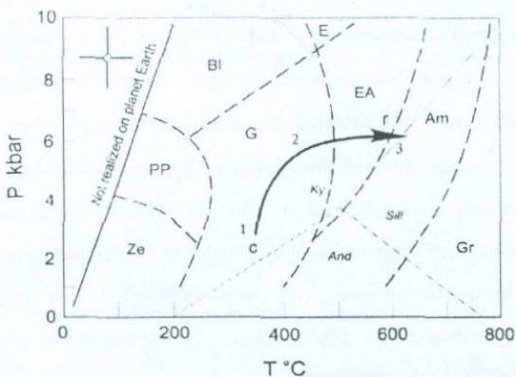
• Եթե ընդունենք, որ 3.5 կմ երկրակեղևի առաջացրած ճնշումը հավասար է 1 կբարի, ապա գեոթերմիկ գրադիենտի արժեքը մետամորֆիզմի ժամանակ կազմել է 10-12°C/կմ:

• Հանքավանի շերտախմբի հարավ-արևելյան մասի և Քասախի շերտախմբի ամֆիբոլիտների մետամորֆիզմի առավելագույն խորությունների տարբերությունը, ըստ երևույթին, պայմանավորված է Քասախի շերտախմբի բլոկի տեկտոնապես 7-9կմ վեր բարձրացվածությամբ, որի հետևանքով մերկացել են ավելի խորքային ամֆիբոլիտները:

• Որոշ նմուշներում նկատվում է ջերմաստիճանի և ճնշման կտրուկ փոփոխություն, որը, հավանաբար, տրոնդեմիտների ներդրման ջերմային ազդեցության արդյունք է:

Ըստ քլորիտային գեոթերմոմետրի, ամֆիբոլիտներում քլորիտների բյուրեղացումն ընթացել է ջերմաստիճանային լայն տիրույթում (240-510°C): Հետաքրքիր է այն փաստը, որ քլորիտի առանձին բյուրեղներում բյուրեղացման ջերմաստիճանի մեծ տատանումներ չեն գրանցվում, որը բյուրեղների համասեռ լինելու արդյունք է: Պետք է նշել, որ այս քլորիտներն առաջացել են ռետրոգրադ մետամորֆիզմի ժամանակ, որն ակնհայտ երևում է միկրոսկոպի տակ՝ ապարների ստրուկտուրային պատկերից:

Հանքավանի շերտախմբի մեջ առկա են քվարց-նոնաքար-երկփայլաքարային թերթաքարեր, որոնք մետամորֆիզմի են ենթարկվել նույն P և T պայմաններում, ինչ ամֆիբոլիտները, այդ իսկ պատճառով հետաքրքիր է համեմատել երկու ապարների թերմոբարոմետրիական արդյունքները՝ մեթոդների ճշտությունը ստուգելու և լրացումներ անելու համար: Չափված նոնաքարերի, բիոտիտների, մուսկովիտների և պլազիոկլազների քիմիական կազմից նոնաքար-բիոտիտ-մուսկովիտ-պլազիոկլազ պարագենեզիսով հաշվարկվել են T-66 նմուշի P և T պարամետրերը, որոնց միջինացված արժեքներն անց են կացվել մետամորֆային ֆացիանեի P-T դիագրամի վրա (Նկ. 10):



Նկ. 10. Հանքավանի շերտախմբի քվարց-տոնաքար-երկվալարային թերթաքարերի P-T զարգացման ուղին: Հապավումները՝ նկ. 9-ում:

Նկ. 10-ից երևում է, որ մետամորֆիզմի զարգացման ուղին ընկնում է կանաչթերթաքարային, էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆացիաներում՝ $T=350-610^{\circ}\text{C}$ և $P=2,8-6,3$ կբար սահմաններում: 1-2 միջակայքում գեոթերմիկ գրադիենտը $8^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$ է, իսկ 2-3-ում՝ $63^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$: Գեոթերմիկ գրադիենտի բարձրացումը կարող է պայմանավորված լինել տրոնդեմիտային մագմայի ներդրման ջերմային ազդեցությամբ:

Ըստ քլորիտային թերմոմետրի, այս ապարներում քլորիտներն առաջացել են $150-350^{\circ}\text{C}$ պայմաններում, որը ռետրոգրադ մետամորֆիզմի արդյունք է:

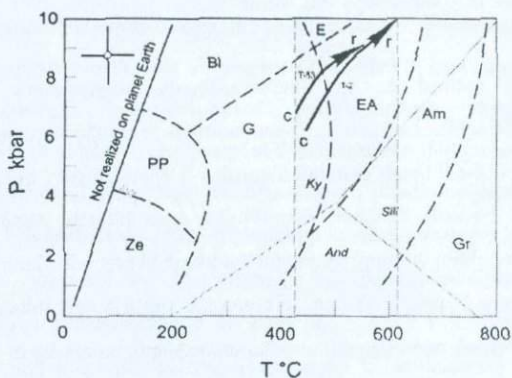
Համեմատելով 2 մթնոլորտի արդյունքները, կարելի է նկատել, որ կորերը, թույլատրելի սխալի սահմաններում, ունեն ընդհանուր մաս: Պետք է նշել, որ այս երկու թերմոբարոմետրերում հստակ արտահայտված են հետևյալ երևույթները.

- Հանքավանի սերիայի մետամորֆիզմը տեղի է ունեցել կանաչթերթաքարային, էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆացիաներում պրոգրադ, այնուհետև ռետրոգրադ բնույթով:

- Նկատվում է ջերմասիճանի և ճնշման կտրուկ փոփոխություն, որն, ըստ երևույթին, կապված է տրոնդեմիտների ներդրման հետ:

Վանքիձորի շերտախմբի գրաֆիտային թերթաքարերի չափված տոնաքարերի, բիոտիտների, մուսկովիտների և պլազիոկլազների քիմիական կազմից տոնաքար-բիոտիտ-մուսկովիտ-պլազիոկլազ պարագենեզիսով հաշվարկվել են 2 նմուշների P և T

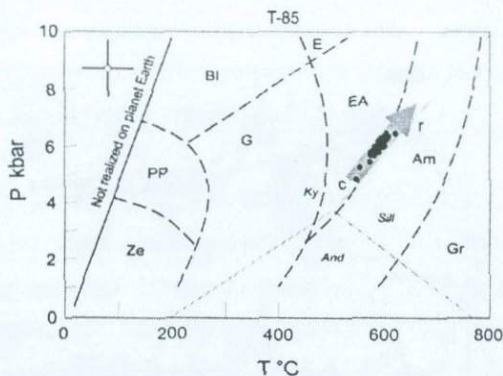
պարամետրերը, որոնց միջինացված արժեքներն անց են կացված մետամորֆային ֆազիաների P-T դիագրամի վրա (Նկ. 11): Արգականի սերիայի ապարները պրոգրադ բնույթով մետամորֆիզմի են ենթարկվել $T=420-610^{\circ}\text{C}$ տիրույթում: Քանի որ այս ապարների բոլոր պլազիոկլազները թթու են (ալբիտներ և մինչև 15 համարի օլիգոկլազներ), որը չի համապատասխանում այս ջերմաստիճաններում նոնաքարերի հետ պարագենեզիսին, ապա անհնար է նրանց միջոցով հաշվարկել ճնշման արժեքները: Ըստ երևույթին, դիաֆտորեզի ժամանակ պլազիոկլազներն անորթիտազոկլիզ են և դարձել ալեյի թթու կազմի: Եթե մետամորֆիզմի ճնշումը հաշվարկենք ցածր համարի պլազիոկլազներով, ապա կստանանք 6-10 կբար ճնշում (Նկ. 11), որն անհնար է այս ապարների համար: Գրաֆիտային թերթաքարերում քլորիտների բյուրեղացման ջերմաստիճանները տատանվել են $150-480^{\circ}\text{C}$ սահմաններում:



Նկ. 11. Արգականի սերիայի գրաֆիտային թերթաքարերի մետամորֆիզմի ջերմաստիճանային տիրույթն ըստ T-2 և T-53 նմուշների: Հապավումները՝ Նկ. 9-ում:

Գրանիտազենյսներում հանդիպած ամֆիբոլիտային քսենոլիտում ևս հաշվարկվել են մետամորֆիզմի P և T արժեքները, ըստ ամֆիբոլային թերմոբարոմետրի: Նկ. 12-ում բերված է այդ ապարների P-T զարգացման ուղին, որից ակնհայտ երևում է ապարների էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆազիաների սահմանագծում պրոգրադ բնույթով մետամորֆիզմի փաստը՝ $T=550-620^{\circ}\text{C}$, $P=4.8-6.4$ կբար պայմաններում: Ըստ վերը նշված ճնշման և ջերմաստիճանի արժեքների, գեոթերմիկ զրադիենտը կազմում է $12^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$:

Բյուրեղների ոչ ցայտուն զոնալականության պատճառով մետամորֆիզմի ջերմաստիճանի և ճնշման արժեքները ստացվում են նեղ տիրույթում:



Նկ. 12. Գրանիտացնեյսների P-T զարգացման ուղին ըստ քսենոլիտային ամֆիբոլիտի (նմուշ T-85): Հապավումները՝ նկ. 9-ում:

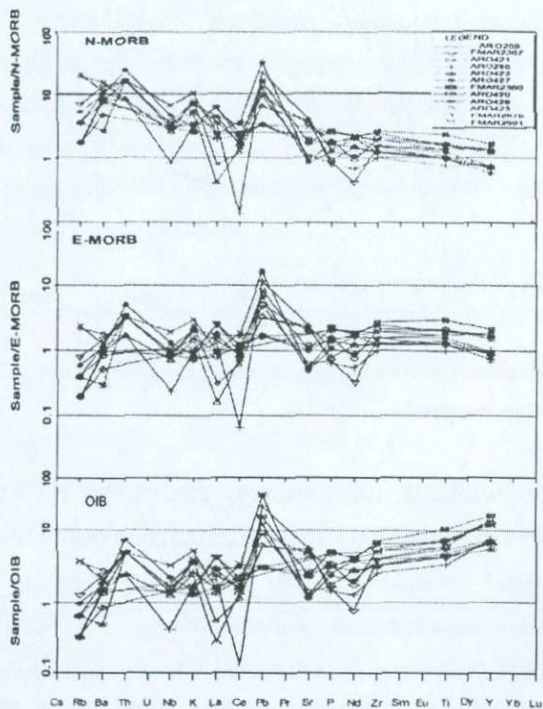
ԳԼՈՒԽ V: ԾԱՂԿՈՒՆՑԱՅ ԲՑՈՒՐԵԱՅԻՆ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՀԱՆՔԱՎԱՆԻ ՍԵՐԻԱՅԻ ՄԵՏԱԲԱԶԻՏՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱՌԱՋԱԶԱՏԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Այս գլխում ներկայացված են Հանքավանի սերիայի ամֆիբոլիտների երկրաքիմիական առանձնահատկություններն, ըստ 12 նմուշների ռենտգեն-ֆլյուորեսցենցիային (XRF) անալիզների: Գլխավոր և խառնուրդ տարրերի (Major and trace elements) անալիզները կատարվել են Ֆրանց Մայրինգերի կողմից 2005թ. Ավստրիայի Զալցբուրգի համալսարանում՝ Bruker AXS GmbH ֆիրմայի S4 Explorer սարքավորումով:

Ըստ նախկինում կատարված երկրաբանա-պետրոլոգիական հետազոտությունների (Агамаян, 1994), այս ապարները ներկայացված են որպես օֆիոլիտային տոլեիտ-բազալտային մետավոլկանիտներ, որոնք պարունակում են ոսպնյականման ուլտրամաֆիտների զանգվածներ:

Ըստ վերը նշված 12 անալիզների նորմատիվային միներալային կազմի (CIPW մեթոդով) հաշվարկների, նմուշների առաջնային ապարներն իրենցից ներկայացրել են օլիվին-նորմատիվային երկպիրոքսենային բազալտներ: Մույն ապարներում պլազիոկլազը ներկայացված է անդեզին-բիտովնիտով, իսկ հանքային միներալը՝ տիտանոմագնետիտով:

Համաձայն պետրոքրիմիական դասակարգման TAS դիագրամի, ուսումնասիրված նմուշների կազմը համապատասխանում է բազալտներին և պիկրոբազալտներին: AFM դիագրամի վրա բոլոր դիտարկվող նմուշներն ընկած են տոլեիտային դաշտում կամ տոլեիտային ու կրա-ալկալային դաշտերի սահմանագծի վրա:



Նկ. 13. Քասախի և Հանքավանի շերտախմբերի ամֆիբոլիտների սարդ (spider) դիագրամները՝ նորմավորված ըստ N-MORB, E-MORB և OIB:

Անալիզի տվյալները տեղադրելով որոշ երկրաքիմիական դիագրամների վրա, ստացվում է, որ ամֆիբոլիտները համապատասխանում են օվկիանոսային հատակի բազալտներին (MORB կամ OFB): Ըստ սարդ դիագրամի (նկ. 13), ամֆիբոլիտները համապատասխանում են E-MORB տեսակին, այն դեպքում, երբ համեմատած N-MORB հետ ամֆիբոլիտները մեկ կարգով հարստացած են թեթև լանթանոիդներով (LREE) և

դյուրաշարժ տարրերով (Rb, Ba Th և այլն), իսկ OIB տեսակի հետ համեմատած՝ դժվարաշարժ ոչ կոհերենտ տարրերով (Zr, Ti, Y և այլն): Հայաստանի մինչքեմբրյան ամֆիբոլիտների զլխավոր և խառնուրդ տարրերի հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ այս ապարների սկզբնական կազմը համապատասխանում է միջինօվկիանոսային լեռնաշղթաների բազալտների կազմին, այսինքն՝ այս ապարների կոմպլեքսները հանդիսանում են մինչքեմբրյան օֆիոլիթներ:

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Ի մի բերելով եղած գրականության նյութը և մեր կողմից միներալներում կատարված միկրոգնդային հետազոտությունների ու մոնացիտներում հասակային որոշումների նորագույն արդյունքները, կարելի է գալ հետևյալ հիմնական եզրակացություններին.

- Ծաղկունյաց բյուրեղային հիմքը ձևավորվել է Հանքավանի տերեյնի և Արզականի մայրցամաքային ծայրամասի կոլիզիայի արդյունքում: Զարգացող օրոգենեզի հետևանքով սկսվել է պրոգրադ ռեգիոնալ մետամորֆիզմ, որը, տարածքի հետագա օրոգեն բարձրացմանը զուգընթաց, փոխարինվել է ռետրոգրադի:

- Հանքավանի սերիայի ապարների մետամորֆիզմը, ըստ ամֆիբոլային թերմոբարոմետրի, տեղի է ունեցել $T=380-650^{\circ}\text{C}$, $P=1,0-7,5$ կբար (4-26 կմ) պայմաններում՝ կանաչթերթաքարային, էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆազիաներում: Քասախի շերտախմբում գերակշռում են կանաչթերթաքարայինից մինչև ամֆիբոլիտային, իսկ Հանքավանի շերտախմբում՝ կանաչթերթաքարայինից մինչև էպիդոտ-ամֆիբոլիտային ֆազիաները:

- Արզականի սերիայի մետապելիտային ապարները, ըստ Grt-Bt թերմոմետրի, մետամորֆիզացվել են $T=420-610^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային պայմաններում՝ կանաչթերթաքարայինից մինչև ամֆիբոլիտային ֆազիաներում:

- Ըստ ամֆիբոլային թերմոբարոմետրի, Արզականի սերիայի ապարներին հատող գրանիտազնեյսները մետամորֆիզմի են ենթարկվել $T=550-620^{\circ}\text{C}$, $P=4.8-6.4$ կբար (17-22 կմ) պայմաններում՝ էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆազիաների սահմանագծում՝ $12^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$ գեոթերմիկ գրադիենտով:

• Գեոթերմիկ գրադիենտը Հանրավանի սերիայի մետամորֆիզմի ժամանակ, նախքան տրոնդեմիտների ներդրումը, եղել է $8-12^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$, ներդրումից հետո տեղի է ունեցել ջերմաստիճանի կտրուկ բարձրացում՝ ենթադրաբար ի հաշիվ սինկլինեմատիկ ներդրված տրոնդեմիտների կոնվեկտիվ ջերմային հոսքի, որի հետևանքով գեոթերմիկ գրադիենտը հասել է մինչև $63^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$:

• Ըստ երևույթին, մետամորֆային ապարների վրա, բացի օրոգեն ռեգիոնալ մետամորֆիզմից, իր ազդեցությունն է թողել նաև սուբդուկցիոն գոնան, որի մասին վկայում են մետամորֆիզմի $8-12^{\circ}\text{C}/\text{կմ}$ ցածր գեոթերմիկ գրադիենտները:

• Ըստ մոնացիտային Th-U-Pb հասակային որոշումների մինչքեմբրյան մետապելիտների մոնացիտներում ստացվել է միջինացված 185-196 մլն տարի միջակայքը (Ji), որը, հավանաբար, պայմանավորված է Քիմերյան մայրցամաքում ռիֆտային տեկտոնամագմատիկ պրոցեսների ջերմային ազդեցությամբ: Ստացված ամենաերիտասարդ 109 մլն տարի մոնացիտային հասակն էլ, հավանաբար, պայմանավորված է Աղվերանի ինտրուզիայի ուշ ֆազերից մեկի ներդրման ջերմային ազդեցությամբ:

• Երկրաքիմիական հետազոտություններով հաստատվում է Հանրավանի սերիայի Քասախի շերտախմբի ապարների՝ միջինօվկիանոսային լեռնաշղթաների E-MORB բազալտներից առաջանալու վարկածը, որպես մինչքեմբրյան օֆիոլիթներ:

Ատենախոսության թեմայով հրատարակումների ցուցակը

1. Агамалян В.А., Майрингер Ф., Лорсбян Т.К., Исраелян А.Г. Геохимия докембрийских амфиболитов армянского кристаллического массива как метаморфизованных базальтов Пан-Африканской океанической коры. Известия НАН РА, Науки о Земле, 2011, т. 64, № 2, с. 15-23.
2. Агамалян В.А., Шульдц Б., Ренно А., Ланге И., Лорсбян Т.К. Определение термодинамических условий метаморфизма Касахской свиты докембрия Армении по амфиболовому термобарометру. Ученые записки. Геология и география, 2011, № 3, с. 3-8.
3. Լորսբյան Տ. Հայաստանի մինչքեմբրյան բյուրեղային հիմքի Հանրավանի շերտախմբի մետամորֆիզմի թերմոդինամիկական պայմանների որոշումը

փայլարային թերթաքարի միներալների միկրոզոնդային անալիզների հիման վրա: ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ: Երկրի մասին, 2013, 1, էջ. 63-70:

Лорсабян Тигран Каренович

ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕТАМОРФИЗМА ПОРОД ДОКЕМБРИЙСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА АРМЕНИИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе, на основе обобщения и анализа литературных материалов и полученных автором результатов новейших микрорзондовых минералогических исследований и определений возраста по монацитам сделаны следующие выводы:

- Цахкуняцкий кристаллический фундамент сформировался вследствие континентальной коллизии Анкаванского террейна и Арзаканской континентальной окраины. Вследствие развивавшегося орогенеза начался проградный метаморфизм, который вследствие дальнейшего орогенного воздымания сменился на ретроградный.

- Метаморфизм пород Анкаванской серии, согласно амфиболовому термобарометру, проходил в условиях $T=380-650^{\circ}\text{C}$, $P=1,0-7,5$ кбар (4-26 км) и соответствует метаморфизму в зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фациях. В Касахской свите преобладают фации от зеленосланцевой до амфиболитовой, а в Анкаванской свите - от зеленосланцевой до эпидот-амфиболитовой фации.

- Метаморфизм метапелитовых пород Арзаканской серии, согласно Grt-Bt геотермометру, проходил в условиях $T=420-610^{\circ}\text{C}$ и соответствует метаморфизму от зеленосланцевой до амфиболитовой фации.

- Гранито-гнейсы, секущие Арзаканскую серию, согласно амфиболовому термобарометру метаморфизованы в условиях $T=550-620^{\circ}\text{C}$, $P=4.8-6.4$ кбар (17-22 км) на границе эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций при геотермальном градиенте около $12^{\circ}\text{C}/\text{км}$.

- В ходе метаморфизма Анкаванской серии геотермический градиент соответствовал $8-12^{\circ}\text{C}/\text{км}$, а после синкинематического внедрения трондьемитов произошло резкое

повышение температуры за счет конвективного притока тепла вследствие чего, отмечается повышение геотермального градиента до значения $63^{\circ}\text{C}/\text{км}$.

- Можно предположить, что на метаморфические породы помимо регионального метаморфизма воздействовала также зона субдукции, о чем свидетельствует низкий геотермальный градиент в пределах $8-12^{\circ}\text{C}/\text{км}$.

- По данным определений возраста по монацитовому Th-U-Pb методу, возраст Арзаканских метапелитов соответствует интервалу 196-185 млн. лет, что возможно обусловлено тепловым воздействием на кристаллический фундамент Киммерийского континента рифтогенных тектономагматических процессов. Наиболее молодой монацитовый возраст в 109 млн. лет возможно обусловлен тепловым воздействием, связанным с внедрением одной из поздних фаз Агверанской интрузии.

- По геохимическим исследованиям подтверждается гипотеза образования амфиболитовой толщи Касахской свиты Анкаванской серии за счет базальтов срединно-океанических хребтов (E-MORB типа), являющихся частью докембрийских офиолитов.

Tigran Lorsabyan Karen

THERMOBARIC CONDITIONS OF THE METAMORPHISM OF THE PRECAMBRIAN CRYSTALLINE BASEMENT ROCKS OF ARMENIA

RESUME

Generalising the available literature data and the newest results the author obtained in his microprobe mineralogical and monazite age studies, it is possible to come to the following conclusions:

- The Tsaghkounyats crystalline basement was formed as a result of collision of the Hanqavan terrane and the Arzakan continental margin. The developing orogeny led to the onset of the prograde regional metamorphism, which was replaced by the retrograde parallel to the further orogenic uplift.

- According to the amphibole thermobarometer, the metamorphism of the rocks of the Hanqavan series took place at $T=380-650^{\circ}\text{C}$, $P=1,0-7,5$ kbar (4-26 km) in the greenschist, epidote-amphibolite and amphibolite facies. In the Qassakh suite, the greenschist-to-

amphibolite facies are predominant, and greenschist-to-epidote-amphibolite facies prevail in the Hanqavan suite.

- The metamorphism of the metapelitic rocks of the Arzakan series, according to the Grt-Bt thermometer, took place in the temperature conditions of $T=420-610^{\circ}\text{C}$ within the greenschist-to-amphibolite facies.

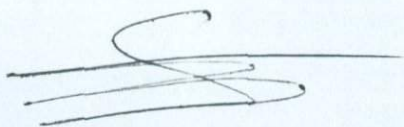
- According to the amphibole thermometer, the granite-gneisses, which intersect the Arzakan series, were metamorphized under the conditions of $T=550-620^{\circ}\text{C}$, $P=4.8-6.4$ kbar (17 - 22 km) on the boundary between the epidote-amphibolite and amphibolite facies, with the geothermal gradient of $12^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

- During the metamorphism of the Hanqavan series, the geothermal gradient was $8-12^{\circ}\text{C}/\text{km}$ before the injection of trondhjemites, and, after the injection, the temperature grew rapidly due to the convective heat flow from the synkinematically injected trondhjemites, whereby the geothermal gradient reached a value of $63^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

- Probably, in addition to the regional orogenic metamorphism, the metamorphic rocks have been also influenced by the subduction zone, as evidenced by the low geothermal gradients in the range of $8-12^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

- According to the monazite age determinations by the Th-U-Pb method, the age of the Precambrian metapelite monazites lies in the range of 185-196 million years (J_1), which is probably due to the heat effects of tectono-magmatic rift processes within the Cimmerian continent. The estimated youngest monazite age of 109 million years is likely related to the thermal influence caused by injection of one of the Aghveran intrusion late phases.

- The geochemical studies confirm the suggested formation of the Qassakh suite of the Hanqavan series from the mid-ocean ridge basalts (E-MORB), as the Precambrian ophiolites.



2035