

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՄԻՆԶԵՐԱՐՑԱՆ ԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ՀԻՄՔԻ
ՀԱՆՔԱՎԱՆԻ ՇԵՐՏԱԽՄԲԻ ՄԵՏԱՄՈՐՖԻԶՄԻ
ԹԵՐՄՈՂԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ
ՓԱՅԼԱՐԱՅԻՆ ԹԵՐԹԱՔԱՐԻ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԻ
ՄԻԿՐՈԶՈՆԴԱՅԻՆ ԱՆԱԼԻԶՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ**

© 2013 թ. Տ.Կ. ԼՈՐՄԱԲՅԱՆ

*ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ
0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պ.24ա, ՀՀ
E-Mail: Tigrangeo@gmail.com
Հանձնված է հմբագրություն 27.12.2012*

Որոշվել են Հայաստանի մինչքեմբրյան բյուրեղային հիմքի հանքավանի շերտախմբի մետամորֆիզմի P և T պայմաններն՝ օգտագործելով Grt-Bt թերմոմետրն և Grt-Msk-Bt-Pl GMBP բարոմետրը, քվարց-նոնաքար-երկփայլաբային թերթաքարի միներալների միկրոգոնոլային անալիզների հիման վրա: Ուսումնասիրվել են նոնաքարի, բիոտիտի, մուսկովիտի, պլագիոկլազի և քլորիտի բյուրեղները: Որոշվել է մետամորֆիզմի պրոգրադ բնույթը՝ $T=350-610^{\circ}\text{C}$, $P=2,8-6,3\text{ Kbr}$ պայմաններում՝ կանաչթերթաքարային, էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆազիաներում: Մինչև $T=420^{\circ}\text{C}$, $P=5,5$ կբար տիրույթը մետամորֆիզմը բնորոշվում է 8°C/կմ գեոթերմիկ գրադիենտով, այնուհետև այն կտրուկ մեծանում է մինչև 63°C/կմ : Քլորիտային թերմոմետրով հաշվարկվել է դիաֆտորեզի ջերմաստիճանային տիրույթը՝ $T=150-350^{\circ}\text{C}$: Նոնաքարը գոնայական է՝ կենտրոնում Alm-50%, Sps-30%, Grs-20%, իսկ եզրերում՝ Alm-80%, Prp-10%, Sps+Grs-10%:

Նախաբան: Հայաստանի մինչքեմբրյան բյուրեղային հիմքի մետամորֆային համալիրի Հանքավանի սերիայի ստորին՝ քասախի մետաֆիոլիտային շերտախմբի ամֆիբոլիտների մետամորֆիզմի պայմաններն ամֆիբոլային թերմո-բարոմետրի կիրառմամբ մեր կողմից որոշվել էին $T=420-640^{\circ}\text{C}$ և $P=1.6-5,9$ կբար (Агамалаян В.А. и др. 2011): Նրանից վեր տեղադրված կոզաղեղային տիպի հանքավանի շերտախմբի մետամորֆիզմի պայմանների որոշումը տվյալ հոդվածի նպատակն է:

Կատարված հետազոտությունները: Հոդվածում քվարց-նոնաքար-երկփայլաբային թերթաքարի վրա կիրառված է մետապելիտների համար նախատեսված Grt-Bt թերմոմետրն ըստ Fe-Mg փոխանակման (Bhattacharya, A., 1992) և Grt-Msk-Bt-Pl GMBP բարոմետրը (Powell, R., 1993):

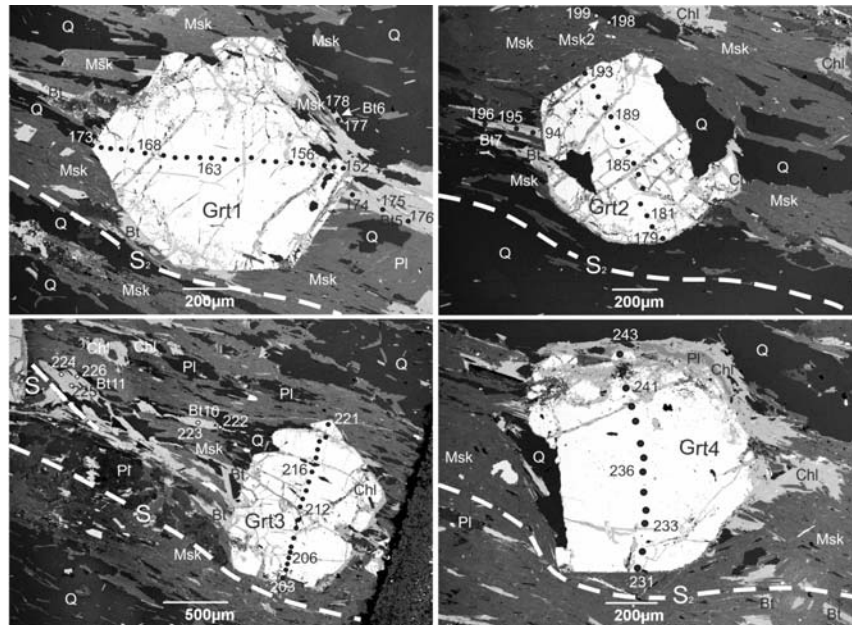
Իմ կողմից կատարվել են 110 միկրոգոնոլային չափումներ $T=66$ մմոլում, որը վերցված է Հանքավան գյուղից 1 կմ դեպի արևելք մերկացող մինչքեմբրյան բյուրեղային զանգվածի Հանքավանի սերիայի համանուն շերտախմբի կտրվածքում մետապելիտային քվարց-նոնաքար-երկփայլաբային թերթաքարերի շերտից, որը հերթափոխվում է մարմարների և ակտինոլիտ-ալբիտային մետա-

տուֆիտների հետ: Չափումները կատարվել են Գերմանիայի Ֆրայ-բերգի տեխնիկական համալսարանի միներալոգիայի ինստիտուտի JEOL JXA 8900 միկրոգոնդով՝ դոկտոր Աքսել Ռեննոյի կողմից ղեկավարվող միկրոգոնդային լաբորատորիայում: Հոդվածի սահմանափակ ծավալի պահանջներից ելնելով ստորև բերվում են չափումներից միայն 33 ներկայացուցչական անալիզները (աղյուսակ):

Աղյուսակ

Քվարց-նոնաքար-երկփայլարային թերթաքարի նոնաքարի (Grt), բիոտիտի (Bt), մուսկովիտի (Msk), պլազիոկլազի (Pl) և քլորիտացված բիոտիտի (Bt-Chl) բյուրեղների միկրոգոնդային քիմիական անալիզները (զանգվածային %-ներ)

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	Comment
152	37,66	0,02	21,02	35,69	2,49	2,82	1,97	0,00	0,01	101,68	Grt1-եզր
156	37,97	0,08	20,91	26,48	7,33	0,83	8,41	0,00	0,00	102,02	Grt1-միջև
163	37,46	0,07	20,79	21,22	14,08	0,58	6,60	0,00	0,00	100,81	Grt1-կենտր.
179	37,97	0,02	20,83	34,87	1,70	3,13	3,00	0,06	0,00	101,56	Grt2-եզր
181	37,47	0,09	21,23	27,59	5,73	0,93	8,48	0,00	0,01	101,54	Grt2- միջև
185	37,84	0,12	21,00	23,16	10,84	0,63	7,80	0,03	0,00	101,42	Grt2-կենտր.
203	37,40	0,00	20,74	35,76	1,75	3,11	1,96	0,00	0,05	100,77	Grt3-եզր
206	37,50	0,10	20,83	26,12	6,80	0,83	8,45	0,00	0,00	100,62	Grt3- միջև
212	37,58	0,09	20,53	21,95	12,26	0,57	7,64	0,02	0,01	100,65	Grt3-կենտր.
231	37,55	0,02	20,86	35,59	1,62	3,17	2,01	0,00	0,01	100,83	Grt4-եզր
233	37,81	0,09	20,97	27,34	6,34	0,91	8,70	0,07	0,00	102,22	Grt4- միջև
236	37,40	0,12	20,51	23,71	9,95	0,75	8,37	0,08	0,00	100,89	Grt4-կենտր.
134	33,37	1,36	17,45	22,98	0,35	10,67	0,14	0,00	6,19	92,52	Bt1
135	35,29	1,06	17,62	21,73	0,23	10,14	0,21	0,11	7,68	94,05	Bt1
137	31,84	1,12	17,13	23,97	0,38	12,04	0,15	0,02	4,26	90,91	Bt2
138	31,39	1,16	17,55	25,24	0,35	11,76	0,14	0,08	3,84	91,51	Bt2
139	31,18	1,05	17,38	24,55	0,39	12,07	0,07	0,00	4,33	91,02	Bt2
142	34,33	1,12	17,37	22,48	0,33	9,60	0,26	0,03	7,53	93,04	Bt4
143	34,27	0,83	18,00	22,29	0,32	10,33	0,38	0,01	6,92	93,36	Bt4
174	32,22	1,06	18,35	23,65	0,30	11,04	0,00	0,01	5,40	92,03	Bt5
175	30,17	0,85	18,54	25,49	0,30	12,04	0,01	0,06	3,76	91,22	Bt5
176	32,37	1,24	17,90	24,06	0,30	10,53	0,00	0,01	5,77	92,17	Bt5
223	34,02	1,83	17,77	22,42	0,20	9,55	0,00	0,08	7,90	93,78	Bt10
226	30,66	1,24	18,49	24,44	0,22	11,28	0,01	0,02	4,36	90,73	Bt11
145	47,00	0,80	30,42	2,13	0,02	1,58	0,00	0,75	9,91	92,62	Msk1
146	47,78	0,22	29,38	1,45	0,05	1,95	0,02	0,81	9,39	91,05	Msk1
147	46,40	0,30	31,99	1,45	0,00	1,50	0,03	1,13	9,26	92,06	Msk1
148	61,51	0,00	23,00	0,22	0,02	0,01	5,73	8,59	0,08	99,16	Pl1
149	61,47	0,02	22,50	0,07	0,00	0,03	4,50	9,57	0,18	98,34	Pl1
150	62,42	0,02	22,35	0,09	0,00	0,01	4,73	9,58	0,12	99,32	Pl1
136	27,67	0,24	18,91	26,69	0,37	13,79	0,07	0,00	0,44	88,19	Bt-Chl1
141	26,06	0,24	19,93	27,51	0,35	14,07	0,00	0,00	0,31	88,47	Bt-Chl 3
202	26,50	0,24	19,43	27,39	0,33	13,95	0,00	0,00	0,29	88,14	Bt-Chl 9

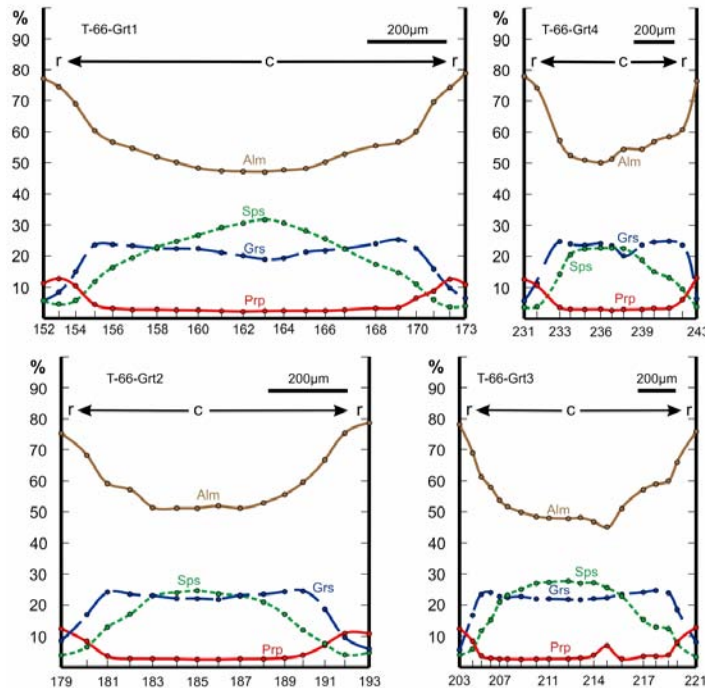


Նկ. 1. T-66 շիֆի BSE (Back-Scattered Electrons) նկարները՝ միկրոգոնոլային անալիզների չափման կետերով, S1 և S2 տեկտոնական թերթավորման ուղղություններով: Կրճատումները՝ Grt-նոնաքար, Bt-բիոտիտ, Pl-պլազիոկլազ, Msk-մուսկովիտ, Chl-քլորիտ, Q-քվարց:

Նմուշակետերի համարների որոշ մասը բերված է նկար 1-ում: Ապարը քվարց-նոնաքար-երկփայլարային թերթաքար է գրաֆիտի փոշու ցանով, որի կազմն է Q-41%, Msk-28%, Chl-11%, Grt-7%, Pl-4%, Bt-6% և մոտ 3% ակցեսոր միներալներ:

Ապարը հստակ թերթավորված է S₁ և S₂ տեկտոնական հարթություններով (նկ. 1), ստրուկտուրան պորֆիրոլաստային է, հիմնական մասսայի լեպիդո-գրանոլաստային ստրուկտուրայով: Լավ պահպանված 4 նոնաքարերը ենթարկվել են անալիզի: Ապարում S₂-ի ուղղությամբ տարածվում են գրաֆիտային փոշու սկզբնական նստվածքային շերտիկային կուտակումներ, որոնք ներառվել են նաև նոնաքարերի մեջ բլաստեզի ընթացքում:

Բիոտիտները հիմնականում քլորիտացված են (Mg-Fe-ային քլորիտներ), սակայն շիֆներում պահպանել է բիոտիտին բնորոշ շագանակագույն երանգը: Տեղ-տեղ կղզիանման պահպանվել են նաև բիոտիտները: Այդ պատճառով է, որ աղուսյակում 7 նկար 1-ում բյուրեղներն անվանված են որպես բիոտիտ, սակայն չափման արդյունքում պարզվել է, որ նրանց որոշ մասը վերածվել է քլորիտի:



Նկ. 2. Նոնաքարերի Grt1, Grt2, Grt3 և Grt4 բյուրեղների զոնայականությունը կենտրոնից (c) դեպի եզրերը (r)՝ ալմանդին (Alm), սպեսարտին (Sps), գրոսուլյար (Grs), պիրոպ (Prp) բաղադրիչներով: Ներքևի համարները համապատասխանում են նկ.1-ում չափման կետերի համարներին:

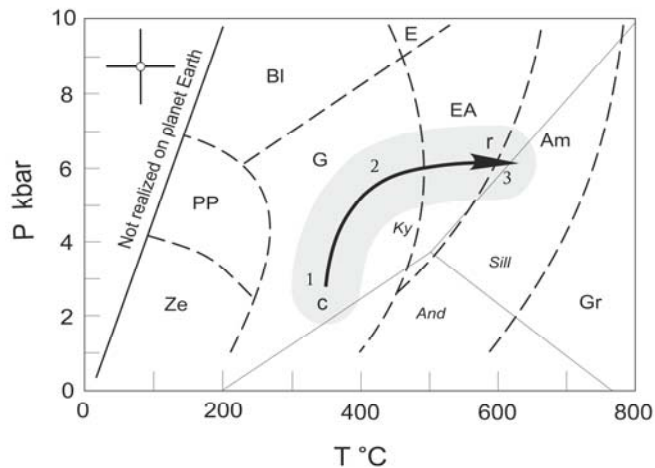
Պլագիոկլազների միկրոգոնոպային անալիզի տվյալների վերահաշվարկից բոլոր պլագիոկլազները ստացվում են օլիգոկլազներ $An_{20}-An_{27}$:

Նոնաքարի բյուրեղները միկրոգոնոպային անալիզի ընթացքում չափվել են ըստ պրոֆիլների, իսկ մնացած բյուրեղներն՝ առանձին կետերով (նկ. 1):

Տվյալ պրոֆիլներից՝ նոնաքարերի քիմիական կազմից վերահաշվարկված են յուրաքանչյուր չափված կետում նոնաքարերի ընտանիքի իզոմորֆ խառնուրդներն ըստ քանակության՝ արտահայտված տոկոսներով (նկ. 2): Նկ.2-ից պարզ երևում է, որ նոնաքարերում զոնայականությունը բավականին սիմետրիկ է: Կենտրոններում ալմանդինը մոտ 50%-ի չափ է, սպեսարտինը՝ 30%-ի, գրոսուլյարը՝ 20%-ի իսկ պիրոպը գրեթե բացակայում է: Կենտրոնից դեպի եզրեր գնալով ալմանդինի և պիրոպի քանակություններն ավելանում են, իսկ սպեսարտինի ու գրոսուլյարի նվազում: Ամենագրում ալմանդինը 80% է:

Տվյալ աշխատանքի վերջնական նպատակն է թերմոբարո-մետրիայի միջոցով պարզել հանքավանի շերտախմբի ապարների մետամորֆիզմի P, T էվոլյուցիան:

Չափված նոնաքարերի, բիոտիտների, մուսկովիտների և պլագիոկլազների քիմիական կազմերից նոնաքար-բիոտիտ-մուսկովիտ-պլագիոկլազ պարագենեզիսով հաշվարկվել են P, T արժեքներն ըստ (Bhattacharya, A., 1992), (Powell, R., 1993), որոնց միջինացված արժեքներն անց են կացված մետամորֆային ֆացիաների P-T դիագրամի վրա (նկ. 3):



Նկ. 3. Հանքավանի շերտախմբի քվարց-նոնաքար-երկփայլարային թերթաքարերի P-T զարգացման ուղին մետամորֆային ֆացիաների դիագրամի վրա՝ Al_2SiO_5 -պոլիմորֆ կիանիտ (Ky), սիլիմանիտ (Sill) և անդալուզիտ (And) կայունության տիրույթներով (Holdway M.J., 1971): Ստվերագծված հատվածը մեթոդի սխալի չափն է: Մետամորֆային ֆացիաների տիրույթները՝ Ze - ցեոլիտային, PP - պրենիտ-պումպելլիտային, Bl - երկնագույն թերթաքարային, G - կանաչքարային, EA - էպիդոտ-ամֆիբոլիտային, Am - ամֆիբոլիտային, E - էկլոգիտային, Gr - գրանուլիտային ֆացիաներ:

Ամփոփում: Հետազոտվող նոնաքարերը ներկայացնում են վառ արտահայտված սիմետրիկ զոնայական բյուրեղներ, որոնց կենտրոններում ալմանդինը նվազագույն 50% է, իսկ սպեսարտինն ավելի է գերակշռում քան գրոսուլյարն ու պիրոպը: Եզրերում նոնաքարը գրեթե ամբողջությամբ ալմանդինային կազմի է:

Նկ. 3-ից երևում է, որ մետամորֆիզմի զարգացման ուղին ընկնում է կանաչքարային, էպիդոտ-ամֆիբոլիտային և ամֆիբոլիտային ֆացիաներում $T=350-610^{\circ}\text{C}$ և $P=2,8-6,3$ կբար սահմաններում: Եթե ընդունենք, որ 1 կբարը համապատասխանում է երկրակեղևի 3.5կմ խորությանը, ապա կստացվի, որ մետամորֆային պրոցեսները, որի արդյունքում առաջացել են նոնաքար-պլագիոկլազ-բիոտիտ-մուսկովիտ պարագենեզիսով միներալները, սկսվել են մոտ 10կմ խորությունից 350°C ջերմաստիճանի պայմաններում և հասել

իրենց գազաթնակետին 22 կմ խորության վրա 610°C պայմաններում: Նկ. 3-ում P-T զարգացման ուղղու վրա կարելի է առանձնացնել 1-2 և 2-3 հատվածները, որտեղ գեոթերմիկ գրադիենտի (ԳԳ) արժեքները տարբեր են: 1-2 տիրույթում P-T պայմանները փոխվել են T=350-420°C, P=2.8-5.5 կբար (10-19 կմ) սահմաններում: Փաստորեն 1-2 միջակայքում տեղի է ունեցել 9 կմ-ի և դրան համապատասխան 70°C փոփոխություն, որին համապատասխանում է միջին 8°C/կմ ԳԳ: 2-3 միջակայքում ջերմաստիճանը փոփոխվել է T=420-610°C, իսկ ճնշումը P=5.5-6.3 կբար (19-22 կմ): Այս միջակայքում 3 կմ-ի փոփոխման ընթացքում ջերմաստիճանը աճել է 190°C-ով, որին համապատասխանում է 63°C/կմ ԳԳ: Ուշագրավ է այն փաստը, որ ԳԳ-ը 8°C/կմ-ից կտրուկ անցնում է 63°C/կմ-ի, ինչը հնարավոր է պայմանավորված լինի ավելի խորքում Քասախի շերտախմբի տոլեիտային բազալտներից առաջացած ամֆիբոլիտների սելեկտիվ հալումից գոյացած տրոնդեմիտային մագմայի ներդրմամբ մինչև Հանքավանի շերտախմբի մակարդակը (Агамалян В.А., 1997): Տոլեիտային բազալտներից առաջացած ամֆիբոլիտների սելեկտիվ հալումից տրոնդեմիտային մագմայի առաջացումը ստացվել է ըստ Հելցի փորձարարական տվյալների արդյունքների հիման վրա (Heltz, 1976):

Աղուլայակ 2-ից երևում է, որ այս քվարց-նոնաքար-երկփայլաբային թերթաքարերում քլորիտների բյուրեղացման ջերմաստիճանը տատանվել է 150-350°C պայմաններում և այն արդյունք է ռետրոգրադ մետամորֆիզմի:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Агамалян В.А., Гукасян Р.Х., Багдасарян Г.П. Докембрийская трондьемитовая формация Армении Изв. НАН РА. Науки о земле, т. 50, № 3, 1997, с. 12-21.
- Агамалян В.А., Шульц Б., Ренно А., Ланге И., Лорсабян Т.К.. Определение термодинамических условий метаморфизма Касахской свиты докембрия Армении по амфиболовому термобарометру. Ученые записки (геология и география). #3(226), 2011, с. 3-8.
- Bhattacharya, A., Mohanty, L., Maji, A., Sen, S., & Raith, M. Non-ideal mixing in the phlogopite-annite binary: constraints from experimental data on Mg-Fe partitioning and a reformulation of the biotite-garnet geothermometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, 111, 1992, 87-93.
- Cathelineau M. Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. Clay Minerals, 23, 1988, 471-485.
- Heltz P.T. Phase relation in their melting ranges at P=5kb. J. Petr., 17, 1976, 139-193.
- Holdway M.J. Stability of andalusite and the aluminum silicate phase diagram. Am. J. Science, v. 271, 1971, p. 97-131.
- Powell R., and Holland T.J.B. The applicability of least squares in the extraction of thermodynamic data from experimentally bracketed mineral equilibria. American Mineralogist, 78, 1993, 107-112.
- Xie X., Byerly G.R., Ferrell R. Ilb trioctahedral chlorite from the Barberton Greenstone Belt: crystal structure and rock composition constrains with implications for geothermometry. Contributions to Miner. and Petrology, 126, 1997, 275-291.

Գրախոսող՝ Հ.Պ. Գույումջյան

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
МЕТАМОРФИЗМА АНКАВАНСКОЙ СВИТЫ ДОКЕМБРИЙСКОГО
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА АРМЕНИИ ПО
МИКРОЗОНДОВЫМ АНАЛИЗАМ МИНЕРАЛОВ
СЛЮДЯНОГО СЛАНЦА**

Т.К.Лорсабян

Резюме

Определены P и T условия метаморфизма анкаванской свиты докембрийского кристаллического фундамента Армении используя Grt-Bt термометр и Grt-Msk-Bt-Pl GMBP барометр, на основании микрозондовых анализов минералов из одного образца из пласта кварц-гранат двуслюдяного сланца этой свиты. Изучены кристаллы граната, биотита, мусковита, плагиоклаза и хлорита. Определен проградный характер метаморфизма при условиях $T=350-610^{\circ}\text{C}$, $P=2,8-6,3$ кбар зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций. До области $T=420^{\circ}\text{C}$, $P=5,5$ кбар, метаморфизм характеризовался геотермическим градиентом $8^{\circ}\text{C}/\text{км}$, затем он резко выкручивается до $63^{\circ}\text{C}/\text{км}$, что возможно, обусловлен поднятием трондjemитовой магмы, образованной на глубине в результате селективного плавления амфиболитов нижележащей каспской свиты до уровня анкаванской свиты. На основании микрозондовых анализов хлоритов по хлоритовому термометру вычислена температурная область кристаллизации хлорита в ходе последующего ретроградного метаморфизма: $T=150-350^{\circ}\text{C}$. Гранат зональный, в центре Alm 50%, Sps 30%, Grs 20%, а по периферии Alm 80%, Prp 10%, Sps + Grs 10%.

**METAMORPHISM THERMODYNAMIC CONDITIONS DEFINITION
FOR THE HANQAVAN SUITE OF THE PRE-CAMBRIAN
CRYSTALLINE BASEMENT OF ARMENIA BY ELECTRON
MICROPROBE ANALYSIS OF MINERALS IN MIKASCHIST**

T.K.LORSABYAN

Summary

Metamorphism P, T conditions of the Hanqavan suite of Pre-Cambrian crystalline basement of Armenia had been defined by Grt-Bt thermometer and Grt-Msk-Bt-Pl GMBP barometer by means of electron microprobe analyses of minerals from one specimen of quartz-garnet-two mica schist from a layer of this suite. The crystals of garnet, biotite, muscovite, plagioclase and chlorite are studied. The prograde way of metamorphism is defined in conditions of $T=350-610^{\circ}\text{C}$, $P=2,8-6,3$ kbar on greenschist, epidote-amphibolite and amphibolite facies. Up to area of $T=420^{\circ}\text{C}$, $P=5,5$ kbar metamorphism characterized by

geothermal gradient of 8°/km, then steeped up to 63°/km, what perhaps caused by upwelling of trondhjemite magma generated in a result of selective melting of amphibolite of underlying Kasakh suite to the Hanqavane suite under consideration. On a base of by chlorite thermometer temperature range of chlorite crystallization is calculated in subsequent retrograde metamorphism $T = 150-350^{\circ}\text{C}$. Garnet is zoned in the centre Alm 50%, Sps 30%, Grs 20%, and in periphery Alm 80%, Prp 10%, Sps + Grs 10%.