

ԿԱՀԱԳՆ ԻՍՐԱՅԵԼՅԱՆ  
ԴՈԼՈՐԵՍ ՉՈՐԱՆՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊԱՏՄԱԿԱՆ  
ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐՈՒՄ ՕԳՏԱԳՈՐԾԿԱԾ  
ՇԻՆԱՆՅՈՒԹԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ  
ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻՑ ՊԱՏՄՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ՀՈՒՇԱՐՉԱՆՆԵՐԸ  
ՊԱՀՊԱՆԵԼՈՒ ՄԻՋԱԶԳԱՅԻՆ ԿԵՆՏՐՈՆ

Արթուրի Վահագնի Աստվեր  
Համարայն Գրադարանային

ՎԱՀԱԳՆ ԻՍՐԱՅԵԼՅԱՆ  
ԴՈԼՈՐԵՍ ՉՈՔԱՆՅԱՆ

- ԿԳ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊԱՏՄԱԿԱՆ  
ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐՈՒՄ ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ  
ՇԻՆԱՆՅՈՒԹԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՍԵԹՈՂՆԵՐԸ

48561



© ՀՀ ԳԱԱ Հայոց ցեղասպանության թանգարան-ինստիտուտի հրատարակչություն

ՀՏԴ 941 (479.25)  
ԳՄԴ 63.3 (2Հ)  
Ի 830

Աշխատությունը հրատարակության է երաշխավորել  
երկրաշարժից պատմության և մշակույթի հուշարձանները  
պահպանելու միջազգային կենտրոնը

Խմբագիրներ՝ **Լ. Ա. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ**  
պատմական գիտությունների դոկտոր  
**Ռ. Ռ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ**  
տեխնիկական գիտությունների թեկնածու  
Գրախոս՝ տեխնիկական գիտությունների դոկտոր՝  
**Մ. Հ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ**

**ԻՍՐԱՅԵԼՅԱՆ ՎԱՀԱԳՆ, ՉՈՐԱՆՅԱՆ ԴՈԼՈՐԵՍ**

Ի 830 Հայաստանի պատմական կառույցներում օգտագործ-  
ված շինանյութերը և նրանց ուսումնասիրման մեթոդները: - Եր., ՀՀ  
ԳԱԱ Հայոց ցեղասպանության թանգարան-ինստիտուտի հրատ., 2001,  
88 էջ:

Աշխատությունում ամփոփված են Հայաստանի պատմական կառույցներում  
օգտագործված շինանյութերի ուսումնասիրությանը նվիրված հե տագոտությունների  
արդյունքները և նկարագրված են շինանյութերի բազմակողմանի ուսումնասիրման  
մեթոդները: Մենագրությունը նախատեսված է նյութագիտության, հնագիտության և  
պատմաճարտարապետական հուշարձանների վերականգնման ոլորտների մասնա-  
գետների, ինչպես նաև ԲՈՒՀ-երի ասպիրանտների ու բարձր կուրսերի ուսանողների  
համար:

0503020913  
Ի \_\_\_\_\_ 2001  
0176 (01) - 2001

ԳՄԴ 63.3 (2Հ)

ISBN 99930-899-1-5

© ՀՀ ԳԱԱ Հայոց ցեղասպանության թանգարան-ինստիտուտի հրատարակչություն

# ՆԱԽԱԲԱՆ

Շինարարության ժամանակակից մակարդակը արդյունք է բազմադարյան փորձի կուտակման, նոր նյութերի ստեղծման և գիտության ու տեխնիկայի նվաճումների ներդրման: Դրա կողքին, սակայն, մենք ունենք հնադարյան բազմաթիվ կառույցներ, որոնք հիպսոմոնք են պատճառում ոչ միայն իրենց ճարտարապետա-գեղարվեստական արժեքով, այլև խիստ համարձակ կոնստրուկտիվ լուծումների առումով: Այս ամենը առաջին հերթին նյութի, նրա հատկությունների քաջատեղյակ լինելու և ապա այդ նյութերը ըստ նրանց հատկությունների համադրելու, միատեղ աշխատեցնելու արդյունք է: Եվ եթե մեր նախնիք այս բոլորը իմացել են դարավոր փորձի հիման վրա, այսօր նյութերի ճանաչողության համար մենք զինված ենք բազմաթիվ նորրորդ ճշգրիտ հետազոտություններ կատարելու ընդունակ սարքերով ու սարքավորումներով: Ցավոք, գոյություն ունեցող հետազոտական ողջ համակարգը հիմնականում ծառայում է ֆիզիկայի, կենսաբանության, քիմիայի և այլ բնագավառների, և ամենից սակավ շինարարության կարիքները հոգալու՝ առավել ևս պատմա-ճարտարապետական հուշարձանների նյութական կազմը ուսումնասիրելու համար:

Ներկայացվող աշխատությունը թերևս առաջին փորձն է ցույց տալու թե ինչպես կարելի է հետազոտական ժամանակակից հնարավորություններն օգտագործել հուշարձաններն ուսումնասիրելու և վերականգնելու համար:

Այստեղ զետեղված են մեր կողմից տարբեր ժամանակ և տարբեր առիթներով կատարված աշխատանքների մի մասի այն որոշ արդյունքները, որոնք ուղղակի կամ անուղղակի կապվում են և կարող են օգտակար լինել պատմա-ճարտարապետական հուշարձանների ուսումնասիրության, վերականգման ու կոնսերվացման բնագավառի մասնագետների համար:

Միաժամանակ, այն կարող է պիտանի լինել շինարարական, անօրգանական կոմպոզիցիոն նյութերի ուսումնասիրությամբ, սինթեզով և տեխնոլոգիաներով զբաղվող և այս բնագավառում հետազոտման ժամանակակից ֆիզիկա-քիմիական մեթոդներն օգտագործող մասնագետների համար:

Հետազոտական աշխատանքները կատարվել են Հայաստանի շինարարության և ճարտարապետության գիտա-հետազոտական ինստիտուտի ֆիզիկա-քիմիական հետազոտությունների լաբորատորիայում, որի աշխատակիցներ տեխնիկական գիտությունների թեկնածու Լ.Բաղդասարյանին, քիմիական գիտությունների թեկնածու Ջ.Աբուևային, Կ.Կիրակոսյանին իրենց երախտագիտությունն են հայտնում հեղինակները:

Հեղինակները խոր հարգանքով են հիշում Երևանի Պոլիտեխնիկական ինստիտուտի շինարարական նյութերի ամբիոնի վարիչ, իրենց ուսուցիչ պրոֆ. Լ.Ջախարովին:

## ԳԼՈՒԽ 1

# ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ՊԱՏՄԱՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏԱԿԱՆ ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ՆՅՈՒԹԱԿԱՆ ԿԱԶՄԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Պատմա-ճարտարապետական, շինարարական հուշարձանները մշակութային ժառանգության մեջ իրենց ուրույն տեղ են գրավում և նրանց բնույթը պայմանավորված է տվյալ տարածքում եղած կրոնական պատկերացումներով, աշխարհագրական, կլիմայական պայմաններով, տեխնիկայի զարգացածության աստիճանով և տեղում տարածված նյութերով:

Անկախ այն բանից թե տվյալ տեղում շինարարության համար պիտանի ինչպիսի նյութեր են տարածված, շինարարության կարևորագույն հիմնահարցերից մեկը հնագույն ժամանակներից եղել է և մնում է կառույցի երկարակեցության ապահովումը: Սա էլ իր հերթին պայմանավորվում է նյութի ընտրությամբ և կոնստրուկտիվ լուծումներով, իսկ վերջինս թելադրվում է տեղանքի գեոտեկտոնիկայով:

Այս խնդիրը հավասարապես տարածվում է նաև հուշարձանների վերականգնման աշխատանքների վրա:

Հայկական լեռնաշխարհը հնագույն ժամանակներից համարվում է շինարարական բարձր արվեստի մի ուրույն աշխարհամաս, որտեղ գոյություն են ունեցել և պահպանվել են բազմաթիվ մեծ ու փոքր տարբեր նշանակության կառույցներ:

Հայ ժողովրդի մշակութային ժառանգություններից և ոչ մեկը չի պահպանվել այնպիսի լիարժեքությամբ ինչպես պատմա-ճարտարապետական հուշարձանները:

Հայաստանի հուշարձանների շատերը անցել են ժամանակի և տարերքի փորձությունները և մեզ են հասել տարբեր աստիճանի պահպանվածությամբ: Սա էլ պայմանավորված է նյութի ընտրությամբ, շինարարական բարձր վարպետությամբ և տեղանքի երկրաբանական առանձնահատկությունների խոր իմացությամբ:

Դրանք տարբեր թվագրության պատմա-ճարտարապետական, ինժեներական, հիդրոտեխնիկական և այլ տիպի կառույցներ են, որոնց պահպանումն ու վերականգնումը մեր բոլորիս սրբազան պարտքն ու երախտագիտությունն է, քանի որ սրանք նախ և առաջ մեր ազգային պարծանքն ու հարստությունն են և դրանից բացի հանդիսանում են նաև համամարդկային քաղաքակրթության և զարգացման հենակետային արժեքներ:

Այս խնդրին են նվիրված մեր երախտավորների բազմաթիվ աշխատություններ և հաջողություններն ակնառու են (Ն. Մառ, Թ. Թորամանյան, Հ. Օրբելի, Մ. Տոկարսկի, Վ. Հարությունյան, Կ. Հովհաննիսյան, Ա. Յակոբսոն, Կ. Ղաֆաղարյան, Ս. Մնացականյան, Ա. Սահիճյան, Հ. Խալափախյան, Տ. Մարության և շատ ու շատ ուրիշներ):

Սակայն, չնայած որ կատարված է հսկայական աշխատանք և կուտակված է հետազոտական մեծածավալ նյութ, ցավոք, շատ հարցեր, կապված հուշարձանների կոնստրուկտիվ լուծումների, օգտագործված նյութերի ընտրության և համադրության հետ, որ երկարակետության հիմնական կրիչներն են, մնացել են տասադաշտից դուրս:

Միաժամանակ, անհրաժեշտ է նշել, որ վերականգնման աշխատանքները հիմնականում իրականացվում են ժամանակակից շինանյութերով և մասնավորապես պորտլանդցեմենտային կապակցանյութով, այն ժամանակ, երբ բոլոր հուշարձանները կառուցված են եղել բացառապես կրային կապակցանյութով: Այս հանգամանքը ոչ միայն չի ապահովում վերականգնված հուշարձանների երկարակետությունը, այլև կրճատում է նրանց կյանքը, տարամոդուլություն ստեղծելով միավոր զանգվածում:

Վերականգնվող օբյեկտի երկարակետությունն ապահովելու համար, ինչպես նշել ենք մի շարք հրապարակներում, անհրաժեշտ է հնարավորին չափ մոտենալ սկզբնական նյութական կազմին և բաղադրություններին:

Կոնստրուկտիվ լուծման և նյութի ընտրության միջոցով երկարակետության ապահովման ցայտուն օրինակ կարող է ծառայել 1973թ. հնագիտական պեղումների ժամանակ Արգիշտիխիցիլիում բացված ջրամբարը (VIII-VII դդ. մ. թ. ա.) [1]:

Այս ջրամբարը, որն այսօր էլ կարող է ծառայել իր նպատակին, իրենից ներկայացնում է մայրական բազալտների մեջ փորված մի ծավալ, որի թեք պատերն իրականացված են դեպի հիմքը հավասարապես լայնացող տուֆի շարվածքով, որն ապահովում է ջրի ստատիկ և դինամիկ ճնշման հավասարաչափ բաշխումը (նկ. 1.1):

Ջրամբարի հատակը ծածկված է տուֆի համեմատաբար ավելի խոշոր և հարթ սալերով, որոնք տեղադրված են խնամքով մաղված խտացված կավե շերտի վրա:

Կավից պատրաստված շերտը՝ «ներքնակը» միաժամանակ, բացի ջրամերժ էկրան լինելուց, կատարում է նաև սեյսմիկ ազդեցություններից կառույցը պաշտպանողի դեր, քանի որ ի վիճակի է կլանելու, և մեղմացնելու բազալտային կոշտ հիմնատակից հաղորդվող դինամիկ ազդեցությունները:

Պատերի և հատակի շարերի կապերը լցված են խնամքով մաղած ջրամերժությունն ապահովող կավով: Այս նույն կավով իրականացված է նաև 0,8-1,1 մ հաստությամբ ջրամերժ էկրանը:

Այս էկրանը լիովին մեկուսացնում է ջրամբարը թե գրունտից և թե արտաքին պատերից:

Ջրամբարի ջրանթափանցելիությունն ու երկարակետությունը բացի կոնստրուկտիվ լուծումից ապահովված է եղել նաև կավերի ընտրությամբ և տուֆի համադրությամբ:

Մեր կողմից կատարված ֆիզիկա-քիմիական համալիր հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ էկրանում օգտագործված են եղել երկու տեսակի՝ կառլինիտային և մոնոմորֆիոնիտային կավեր, մոտավորապես 1:1.5 հարաբերությամբ:

Շրջապատում եղած կավերի ուսումնասիրությունը ցույց տվեց, որ տեղում կառլինիտային կավեր չկան: Միակ ենթադրությունն այն է, որ այս կավերը հատուկ բերված են եղել այլ շրջաններից:

Իսկ ինչու՞ էր պետք այսպիսի խառնուրդի ստանալը:

Հայտնի է, որ մոնոմորֆիոնիտային կավերի եռաշերտ բյուրեղական ցանցերը ջրահագեցման ժամանակ ուռչում են, իսկ կառլինիտային խմբի կավերը գուրկ են

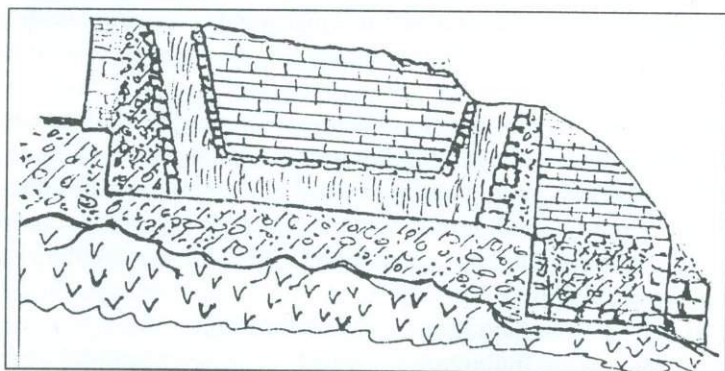
այս հատկությունից: Այս խառնուրդում կառլինիտային կավերը կատարում են մոնոմորֆիլոնիտների ուռչումը սահմանափակողի դեր, կանխելով կծկման երևույթները, որ կարող էին առաջանալ ջրահագեցման և ջրագրկման հետևանքով:

Ստաբիլ և պլաստիկ կոնսիստենցիան լիովին ապահովում էր ջրամեկուսացումը, իսկ սրա համար ջրի անհրաժեշտ քանակությունները ստացվում էին տուֆերի մագանոթային ծակոտիների միջոցով (նկ. 1.2): Այս ապարների ֆիլտրացիոն գործակիցը կազմում է 10-5սմ/վրկ, այսինքն մոտ 1մ օրվա ընթացքում:

Ավելորդ ջուրը նույն ճանապարհով հեռանում էր պատի մյուս կողմից:

Հետաքրքիր է նշել, որ ճիշտ նույն կառլինիտ-մոնոմորֆիլոնիտային խառնուրդը ընտրվել է մոտ 3000 տարի առաջ Կամայի ջրամբարի էկրանը կառուցելիս (նկ 1.3):

Այսպիսով, համոզվում ենք, որ կոնստրուկտիվ լուծման և նյութերի ճիշտ ընտրությամբ ապահովվել է մ. ք. ա. I հազարամյակում կառուցված ջրամբարի երկարակեցությունը:

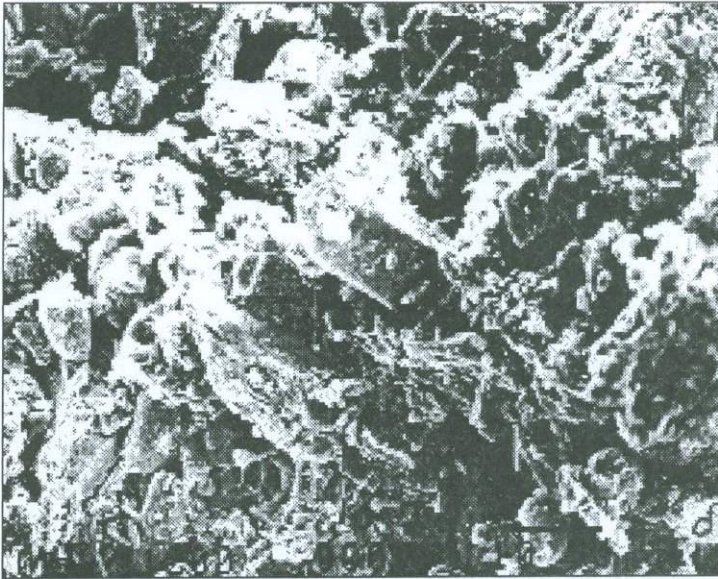


Նկ. 1.1. Պեղված ջրամբարը և նրա կտրվածքի սխեման ըստ ճարտարապետ Կ. Ղաֆադարյանի:

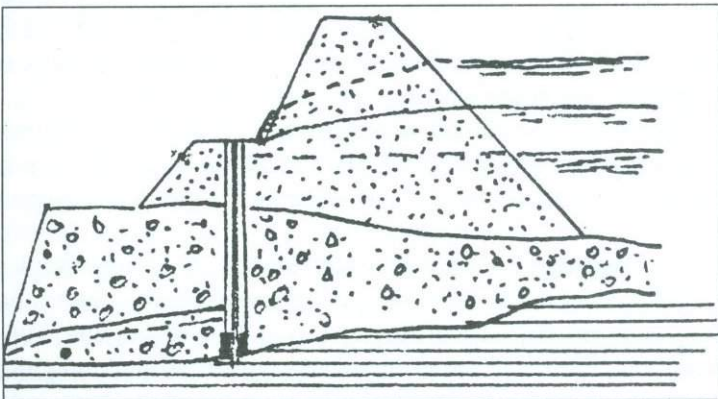
Կառույցի երկարակեցության ապահովումը, հավանաբար, սկսվում է հիմքերի և հիմնատակերի փոխհարաբերության խնդրի լուծմամբ (ինչպես որ դա կար ջրամբարում):

Այս խնդրի լուծումը առկա է նաև Գառնիի տաճարի դեպքում, որը կառուցված է բազալտի հրաշագեղ սյունաձև անջատումներով ավարտվող «հրվանդանի» վրա:

Տաճարի վերականգնման աշխատանքների ժամանակ նրա հիմքի տակ ի հայտ եկավ հրաբխային խարամի շերտ, որը տեղում ոչ մի դեպքում առաջանալ և առավել ևս պահպանվել չէր կարող երկրաբանական և երկրամորֆոլոգիական պայմանների պատճառով: Ուրեմն խարամը հատուկ բերված և փռված է եղել կառույցի տակ որպես միջանկյալ, բազալտի կոշտ հիմնատակից տաճարի կոշտությունն անջատող շերտ, կոչված կլանելու, թուլացնելու, մարելու, տարաբաշխելու սեյսմիկ հարվածներն ու ազդեցությունները:



Նկ. 1.2. Տուֆի միկրոկառուցվածքը սկանային էլեկտրոնային մանրադիտակում:



Նկ. 1.3. Կամայի ջրամբարի էկրանի սխեման:

Նմանատիպ հակասեյսմիկ միջոցառման հանդիպում ենք մեկ այլ ունիկալ կառույցում՝ Տաթևի համալիրում: Այս համալիրը, ինչպես և Գառնին, տեղադրված է բազալտային հոսքի ծայրին:

Այստեղ հիմքի տակ նույնպես ստեղծված է «բարձիկ» կամ «ներքնակ», միայն թե ավազից: Ավազի պետրոգրաֆիական և ֆիզիկա-քիմիական մանրագնին ուսումնասիրությունները բացահայտեցին նրանց քվարց-պլավոգիոկլազային կազմը, որը տեղում ոչ մի պարագայում չէր կարող առաջանալ, քանի որ մայրական բազալտների քայքայումից նման կազմի ավազների առաջացումը բացառվում է միներալոգիայի և պետրոգրաֆիայի բոլոր օրենքներով: Այս փաստը խոսում է այն մասին, որ ավազները հատուկ բերված և տեղադրված են եղել հիմնատակի և կառույցի կոշտությունները միմյանցից մեկուսացնելու նպատակով:

Բերված երեք օրինակները բարեբախտաբար ի հայտ եկան և հավանաբար, պետք է ենթադրել, որ նման կոնստրուկտիվ միջոցառումներ հնարավոր են նաև այլ հուշարձաններում:

Ինչպես համոզվում ենք վերը շարադրվածից, այդ օտարամարմին ծածկույթները հիմքերի տակ, սկզբունքորեն կարելի է համարել ներկայումս օգտագործվող հակասեյսմիկ «բարձիկների» նախատիպը:

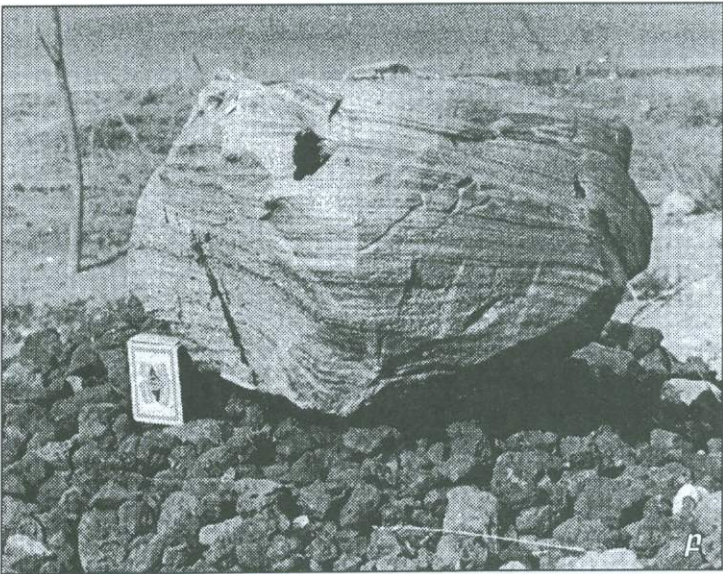
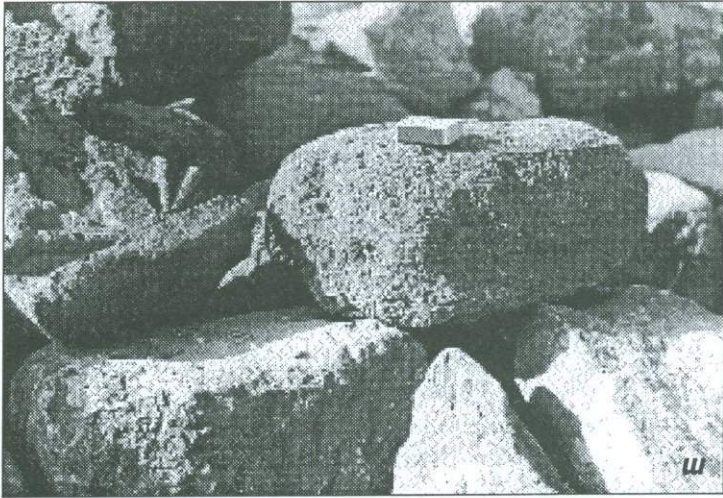
Եթե այս հանճարեղ շինությունների օրինակների վրա համոզվում ենք, որ տասնյակ դարեր սրանից առաջ իրականացվել են հակասեյսմիկ միջոցառումներ, որոնց հիմքում ընկած է եղել դինամիկ հարվածի թուլացման գաղափարը և կոշտությունները իրարից մեկուսացվել է միջանկյալ այլ նյութի տեղադրմամբ, ապա Չվարթնոցի տաճարի դեպքում հակասեյսմիկ միջոցառումը կապված է եղել կառույցի զանգվածի նվազեցման հետ [2]: Սա իրականացվել է կրող կոնստրուկցիաների վրա ընկնող բեռի զանգվածի փոքրացմամբ, որի համար օգտագործվել է այն ժամանակվա համար (VIIդ.) անապատելի, անհավատալի, միաժամանակ նաև շատ պարզ ու հասկանալի միջոցառում: Այստեղ օգտագործվել են արհեստականորեն փքված օբսիդիաններ: Օբսիդիաններ, որոնք սկզբունքորեն տարածված են Հայաստանի բազմաթիվ տարածքներում և մարդու կողմից օգտագործվել են սկսած դեռևս վաղ քարե դարից:

Մանրակրկիտ և բազմակողմանի ֆիզիկաքիմիական հետազոտությունները հնարավորություն տվեցին նույնիսկ որոշել թե որ հանքավայրի օբսիդիաններն են ենթարկվել ջերմային մշակման ( $1000 \pm 50^\circ\text{C}$ ) [2]:

Այսպիսով, ապացուցված է նաև, որ օբսիդիանների փքման ֆենոմենը, որ համաշխարհային հանրությանը հայտնի դարձավ միայն XIXդ. երկրորդ կեսից և այնուհետև XXդ. 30-ականներից, Հայաստանում, ոչ միայն հայտնի էր, այլև օգտագործվել էր իր տեսակի մեջ եզակի Չվարթնոցի տաճարում (նկ. 1.4):

Փքված օբսիդիանների տաճարին պատկանելու փաստը առավել հաստատելու համար իրականացվեց նաև դիֆերենցիալ թերմիկ վերլուծություն թե օբսիդիանների և թե տաճարի օբսիդիանի վրա մնացած և պատերից վերցված կրաշաղախների համար (նկ. 1.5):

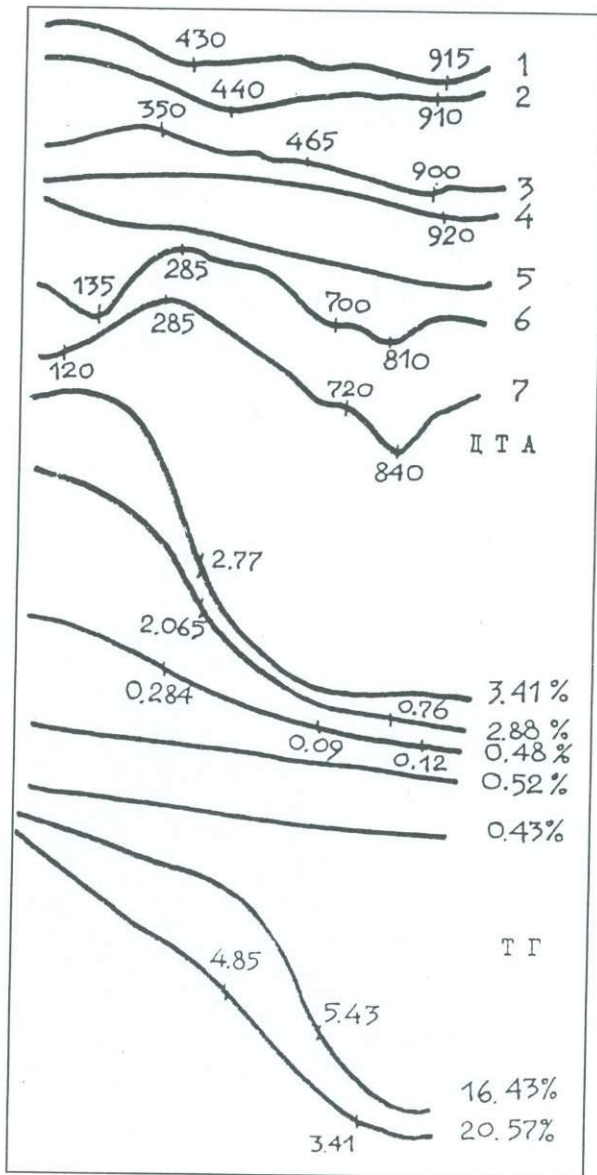
Կառույցների երկարակեցությունը պայմանավորող կարևորագույն բաղադրիչներից է նաև շաղախը, որի ուսումնասիրությունը պայմանավորված է հուշարձանի լիարժեք հետազոտության ընդհանուր մեթոդիկայով: Իսկ վերականգնման ժամանակ այս խնդիրը ստանում է առաջնահերթ նշանակություն: Վերականգնվելուց առաջ անհրաժեշտ է բացահայտել տվյալ հանգույցում օգտագործված շաղախների նյու-



*Նկ. 1.4. ա-Չվարթնոցի փքված օրսիդիանը, բ-մեր կողմից փքած օրսիդիանը:*

թական կազմը, ամրությունը, օգտագործված ավազի տեսակն ու քանակությունը և այլն: Դրանից հետո միայն, հնարավորին չափ հարազատ մնալով օգտագործված բաղադրություններին իրականացնել վերականգման աշխատանքները [3-7]:

Հուշարձաններում օգտագործված շինարարական շաղախների թույլ ուսումնասիրված լինելը բնորոշ է ոչ միայն Հայաստանին: Դա բացատրվում է նրանով, որ հուշարձաններով զբաղվում են հիմնականում հնագետները, պատմաբանները և ճարտարապետները: Այս մասնագիտությունները չեն ներառում քիմիա-տեխնոլոգիական, նյութագիտական պատրաստվածություն և հետևաբար ի վիճակի չեն ուսումնասիրել և ըստ արժանվույն գնահատել պատմականորեն այդքան կարևոր նյութական աղբյուրները: Միաժամանակ, վերականգման աշխատանքները ճիշտ և արդյունավետ իրականացնելու համար, կապակցանյութի և հուշարձանի շաղախային



Նկ. 1.5. Լիպարիտային կազմի ապարների և Չվարթնոցի նմուշների ԴԹ վերլուծության կորերը: 1-լիթոդային պենզա, 2-Արտենիի պեռլիտ, 3-Արտենիի օրսիդիան, 4-Արտենիի փրված օրսիդիան, 5-Չվարթնոցի նմուշը, 6-Չվարթնոցի շարի շաղախը, 7-շաղախի նմուշը, վերցված հուշարձանի փրված օրսիդիանի վրայից:

մասի բնույթի իմացության անհրաժեշտությունը կասկած չի հարույուն: Իսկ սա հնարավոր է անել միայն փորձնական ճանապարհով, հուշարձանից վերցված նյութի ժամանակակից ֆիզիկաքիմիական մեթոդներով համալիր հետազոտման միջոցով, որին էլ նվիրված է այս աշխատությունը:

Կրաշաղախի օգտագործման ժամանակը ըստ Մ. Խորենացու Հայաստանում քվադրվում է առնվազն մ. ք. ա. I հազարամյակով: Նրա նկարագրությանը Մենուա-

յի կառույցած ջրանցքի պատերը սվաղված էին կրաշաղախով և դրանք այնքան ողորկ էին, որ «կարծես ճարպ էր վրան լցված»։ Իսկ ամրությունը այնպիսին էր, որ «պարսատիկի քար անգամ պոկել չէր կարելի»։

Հայաստանի հուշարձանների համար բնորոշ է այն հանգամանքը, որ նրանք իրենց ճնշող մեծամասնությամբ կառույցված են հրաբխային տուֆից, որը լայն տարածում ունի ողջ Հայաստանի տարածքում։

Չմտնելով տուֆերի առաջացման երկրաբանական մանրամասների մեջ, ասենք միայն, որ սրանք (բայի ֆելզիտայիններից) բաժանվում են երկու մեծ խմբի՝ պիրոկլաստիկ կամ հրաբեկորային տուֆերի և լավային տուֆերի։ Թե մեկ և թե մյուս տեսակները ունեն նեոգեն-չորրորդական հասակ [8]։

Տուֆերի երկարակեցությունը ապացույցված է կյանքով, որի մասին են վկայում սկսած 4-րդ դարից և դեռ ավելի վաղ ժամանակներից մեզ հասած կառույցները։

2. Հայագործյանը [9] տուֆերի երկարակեցությունը համարում է ոչ միայն նրանց ամբողջականությունը և չքայքայվածությունը շահագործման ամբողջ ընթացքում, այլև արտաքին հողմնահարիչ գործոններին դիմակայելու նրանց ընդունակությունը։

Թ. Թորամանյանը [10] հայկական հուշարձանների երկարակեցության գաղտնիքը տեսնում է նրանում, որ նրանք իրականացվել են տուֆից և նրա կարծիքով տուֆի կիրառությունը ապահովեց կրաշաղախի հետ միաձույլ զանգված ստանալը. «... զանգված ստանալու համար տուֆն ամենահարմարն էր»։ Մասնավորապես նա գրում է. «... իմ կարծիքով, եթե հնում կրաշաղախի հետ չօգտագործվեր բացառապես տուֆը, մենք թերևս Հայաստանում չէինք գտնի այդքան կանգուն կամ կիսականգուն շինություններ։ Կրաշաղախով կառույցված սակավաթիվ բազալտե շինությունները ավելի լավ են պահպանվել, սակայն սրանք այնպես միաձույլ չեն, ինչպես տուֆի շինությունները։ ... Մեր դարաշրջանում միշտ ընդունված էր պատերը կանգնեցնել կրաշաղախով տուֆից, քանի որ, ինչպես նկատվել էր մեր նախնիների կողմից, տուֆ քարը միակն է, որ կրաշաղախի հետ ամուր միանալով, առաջացնում է միաձույլ զանգված»։

Հրաբխային ապարների ավազներով պատրաստված հին շաղախների ուսումնասիրությունները Հ. Առաքելյանին [11] թույլ տվեցին եզրակացնել, որ սրանց ամրություններն ավելի բարձր են, քան այն շաղախներինը, որոնք պատրաստված են քվարցային ավազով։ Նա այս երևույթը մեկնաբանում է կրի և տուֆի միջև գոյություն ունեցող քիմիական փոխազդեցությամբ։ IV-VII դդ. շինությունների քարի շարվածքի շաղախների ֆիզիկա-քիմիական ուսումնասիրություններով ավագահատիկի շուրջը հայտնաբերվել է ռեակցիոն երիզ կամ շերտ, որը իր միկրոկարծրությամբ տարբերվում է թե կապակցանյութի և թե լցանյութի (ավագահատիկի) միկրոկարծրությունից։ Այս երիզը, որն առաջացել է երկար ժամանակի ընթացքում, գերազանցում կամ միջանկյալ տեղ է գրավում կապակցանյութի (կրի) և լցանյութի միջև [12]։

Կատարված են եղել հետազոտություններ շարվածքի հրաբխածին քարի և կրաշաղախի կցման ամրությունը որոշելու նպատակով։ Հետազոտության արդյունքները ցույց են տվել, որ քարի ֆիզիկա-մեխանիկական և կառույցվածքային առանձնահատկություններից բացի, կարևոր են նաև այն ֆիզիկաքիմիական պրոցեսները, որոնք առաջանում են կոնտակտում և շաղախի և քարի կցման ամրությունը ապահովող կարևոր գործոններից մեկն են հանդիսանում [13]։

Հնագույն շաղախների ուսումնասիրությանը նվիրված են սահմանափակ քանա-

կությամբ աշխատություններ: Այս բնագավառում առավել հիմնավոր է Ի. Լ. Չնաչկո-Յավորսկու [14] մենագրությունը, որտեղ հեղինակը դիտարկում է շինարարական տեխնիկայի զարգացման ընթացքը, մասնավորապես կապակցանյութի՝ սկսած հնագույն ժամանակներից մինչև ժամանակակից պորտլանդյեմենտը: Հեղինակը նկարագրում է տարբեր՝ երկրներում օգտագործված տարբեր կապակցանյութեր, սկսած հնագույն ժամանակներից, որի համար օգտագործել է այլ հեղինակների կողմից կատարված շաղախների և բետոնների տարբեր կառույցներից վերցրած, 260 նմուշների քիմիական անալիզի տվյալները, որոնք ընդգրկում են մ. թ. ա. III հազարամյակից մինչև մ. թ. 19-րդ դարը ընկած ժամանակահատվածը:

Այդ տարբեր նշանակության կառույցները իրականացված են եղել տարբեր ժողովուրդների կողմից: Ընդ որում նա չի անդրադառնում Հայաստանի հուշարձաններին: Նա ուսումնասիրել է XIX-XXդդ. Գերմանիայում, Ֆրանսիայում, Լեհաստանում, Ռուսիայում, Հնդկաստանում, Եգիպտոսում, Ռուսաստանում և այլուր հրատարակված աշխատությունները: Այդ հեղինակների կողմից ստացված արդյունքները նա վերլուծության է ենթարկել և լրացրել է սեփական եզրակացություններով՝ կապակցանյութերի, օգտագործված և ուսումնասիրված շաղախների ու բետոնների դասակարգմամբ:

Հեղինակը, Յա. Բելինի և Վ. Իլյինսկու հետ համատեղ փորձարարական ուսումնասիրությունների է ենթարկել մերձսևծովյան անտիկ և հյուսիսային շրջանների կառույցների կապակցանյութերը (120 նմուշ), Կովկասի հյուսիս-արևելյան մերձսևծովյան շրջանի և արևմտյան Վրաստանի (III-XVIIդդ.), միջմադարյան Ռուսիայի (XI-XVIIIդդ.), Մերձբալթիկայի (XIII-XIXդդ.), Պետերբուրգի (XVIII-XIXդդ.) շաղախները, 100 նմուշ:

Հայաստանի կառույցները մնացել են հեղինակի տեսադաշտից դուրս: Առավել կամ պակաս հիմնավոր ուսումնասիրվել են Վրաստանի կառույցների շաղախները: Դ.Մշվենիրաձեի [15] աշխատության մեջ գտնվում են շաղախների ֆիզիկա-մեխանիկական բնութագրերը և նրանց քիմիական բաղադրությունները: Հետազոտված են շինարարության մեջ օգտագործված աղյուսները, մետաղը և այլն:

Ռուսաստանի հին շաղախները հետազոտել են Վ. Յունգը [16], Բ. Շվեյցովը [17], ճարտարապետության ակադեմիկոս Վ. Սուսլովը [18], Վ. Իլյինսկին, Վ. Լապինը, Վ. Միշչևսկան: Բ. Լիսինը, Յու. Կոռնիլովիչը, Յա. Բելիկովը, Լ. Պապկովան որոշակիորեն ուսումնասիրել են Կիևյան Ռուսիայի շաղախները:

Վ. Սուսլովը նկարագրում է Նովգորոդի Սոֆիայի տաճարի շաղախները (1045-1052թթ.): Վ. Յունգը շաղախները ուսումնասիրել է հաշվի առնելով այն առանձնահատկությունները, որոնք կապված են երկարատև ժամանակի հետ՝ սկսած շաղախի տեղադրումից մինչև վերլուծության համար նմուշի վերցնելու ժամանակը:

Հայաստանի հուշարձանների շաղախները ուսումնասիրել է Հ. Խալպախյանը [19]: Նա դիտարկել է Սանահինի համալիրի կրաշաղախները: Այս աշխատության մեջ նկարագրում է նաև տուֆաբետոնը, որն այն ժամանակ (X-XIIIդդ.) Հայաստանում ուներ լայն կիրառություն և օգտագործվում էր արտաքին և ներքին պատերի մեջ:

Տուֆաբետոնը բացի գուտ լիցք և կապակցող լինելուց, կատարում էր միաժամանակ կրող կոնստրուկցիայի դեր, իր վրա վերցնելով համապատասխան բեռ: Այս հանգամանքը ստիպում էր շինարարներին հատուկ ուշադրություն դարձնել տուֆաբետոնի ելանյութերի ընտրությանը և նրանց որակին: Սանահինի շաղախների

ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ նրանց մեջ միջին հաշվով եղել է մինչև 2 տոկոս ակտիվ  $\text{SiO}_2$ : Հ. Խալափախյանը հաշվի առնելով պատերի մոտ 1մ հաստությունը, համարում է, որ քարի ծակոտկենությունն ու ամրացման փոքր արագությունը, լիովին կարող էին ապահովել անհրաժեշտ կողողունակությունը:

Հնագույն ժամանակներից, դեռևս մ.թ.ա. I հազարամյակից, Հայաստանում հայտնի էին բաղադրիչների այս հատկությունների փոխազդեցության երևույթը:

Ավելի ուշ Թովմա Արծրունին, նկարագրելով Վասպուրականում Գագիկ Արծրունու պալատի շինարարությունը, նշում է, որ կրի ու քարի միասնությունը նման էր պղնձի ու կապարի համաձուլվածքի: Հեղինակը ենթադրում է, որ հայ շինարարների օգտագործած կիրը ուներ անհրաժեշտ հիդրավիկություն, սակայն նրա համար մնում է անհայտ, օգտվում էին նրանք արդյոք բնական հիդրավիկական կրով, թե այն ստանում էին արհեստական եղանակով: Այս ենթադրությունը հեղինակն անում է հավանաբար Չվարթնոցի մոզաիկ հիմնատակերի ուսումնասիրությունների հիման վրա, որը պարունակում էր 3,85 տոկոս ավազ, 46,53 տոկոս կալցիումի օքսիդ ( $\text{CaO}$ ) և 34,8 տոկոս  $\text{CO}_2$ , կալցիումի օքսիդի և ածխաթթու գազի այսպիսի առկայությունն ու հարաբերությունը ցույց է տալիս, որ նյութի 80 տոկոսը կազմված է կալցիումի կարբոնատից ( $\text{CaCO}_3$ ): Ավազի փոքր քանակությունն ու կալցիտի մեծ տոկոսը, թույլ է տալիս ենթադրել, որ օգտագործված է եղել կրակարբոնատային շաղախ՝ այսինքն, թրծված և հուս կալցիտի խառնուրդ, որն ի դեպ հանդիպում է Ռուսաստանի շաղախներում՝ սկսած XII դարից (Դմիտրիևյան տաճարը Վլադիմիրում): Այստեղ արժե նշել նաև այն հանգամանքը, որ 1000-1500 տարվա ընթացքում տեղի է ունենում շաղախի լրիվ կարբոնացում [21]:

Կրաշաղախներում, ուր որպես ավազ օգտագործվում են հրաբխածին ապարներ, կրի և ապարների միջև տեղի են ունենում քիմիական փոխազդեցություններ, որոնք պայմանավորված են հրաբխածին ապարների քիմիական ակտիվությամբ:

Հրաբխածին ապարների քիմիական, կամ ինչպես մինչև վերջերս ընդունված էր «հիդրավիկական» ակտիվությունը կարևոր նշանակություն ունի ոչ միայն կրաշաղախների, այլև ցեմենտային բետոնների ամրության համար, որտեղ նրանք օգտագործվում են որպես լցանյութ: Հրաբխածին ապարների քիմիական ակտիվության իմացությունը առանձնահատուկ նշանակություն ունի ամրացող բետոններում տեղի ունեցող ֆիզիկա-քիմիական պրոցեսները մեկնաբանելու, հասկանալու համար:

Չնայած այս հանգամանքին, հրաբխածին ապարների քիմիական ակտիվության ուսումնասիրմանը, նրանց քանակական գնահատմանը, նվիրված են սահմանափակ թվով աշխատություններ [21,22]:

Տարբեր պետրոգրաֆիական, միներալոգիական բաղադրություն ունեցող ապարների ակտիվությունը ուսումնասիրվել է մաքուր կրի լուծույթում, վերջինիս հիմնայնության -pH-ի փոփոխության և ազատ կալցիումի օքսիդի քանակության որոշման եղանակով:

Հայաստանի որոշ ապարների՝ պեռլիտների, խարամների ակտիվությունը որոշվել է հիմքի հետ նրանց ռեակտիվայի մեջ մտնելու ընդունակությունը որոշելու եղանակով և կրային լուծույթներում կատիոնների փոխանակության ուսումնասիրության միջոցով [23,24]: Ակտիվության արժեքի որոշման անհրաժեշտությունը խիստ մեծապես երկաթբետոնյա կոնստրուկցիաների գործարանային եղանակով արտադրելու կապակցությամբ [25]:

Հետագուտելով հրաբխածին ապարների ցուցաբերած քիմիական ակտիվության

բնույթը [26], հեղինակը գալիս է այն եզրակացության, որ ակտիվության համար էական նշանակություն ունի ապարի ապակե ֆազի միկրոկառուցվածքը: Էլեկտրոնային մանրադիտակի, էլեկտրոնոգրաֆիայի և լոկալ միկրոտենտոգենյան անալիզների միջոցով նա հրաբխային ապակիներում հայտնաբերել է միկրոանհամաստեռություններ, որոնց ըստ նրանց բնույթի ստորաբաժանել է 3 տեսակի՝ քիմիական, կառուցվածքային և ֆիզիկական տեսակի միկրոանհամաստեռություններ:

Այդ անհամաստեռությունների առկայությունն ու բնույթը նա կապում է ապարի պետրոգենեսիզի հետ: Ըստ նրա, այդ միկրոանհամաստեռությունները ապակե ֆազում առաջացնում են միկրոլարվածային վիճակներ՝ հատկապես ֆազային անցումների սահմաններում, որոնք էլ, ինչպես բյուրեղական նյութերում դիսլոկացիաները մեծացնում են քիմիական ակտիվության արժեքը: Այս փոխազդեցություններին նպաստում են նաև հրաբխային ապակիներում գոյություն ունեցող ջուրն ու հիդրօքսիդները:

Ջրի առկայության և նրա ապարի մեջ գտնվելու վիճակի ուսումնասիրությունները հետաքրքիր են ոչ միայն նրանց ծագումնաբանական խնդիրների լուծման առումով, այլև նրանց բնական հատկությունների օգտագործման տեսակետից [27,28]:

Մեր կողմից ուսումնասիրված բոլոր ապարները, որոնց ավազները օգտագործված են եղել հուշարձանների շաղախներում, ապակեման են և նրանց ապակե ֆազան, անկախ գենետիկական և պետրոքիմիական պատկանելիությունից, կազմված է ալյումասիլիկատային կմախքից և պարունակում է որոշ քանակությամբ ջուր:

Հրաբխածին ապարներում ջրի պարունակության և նրանց վիճակի ուսումնասիրությունները առավել հարմար է իրականացնել թթու կազմի ապարներում, մասնավորապես, օբսիդիաններում, որոնք գործնականորեն զուրկ են բաց ծակտկենությունից և հետևապես չեն պարունակում աղտորեցված ջուր և ներկայացնում են իրենցից ողորկ, լրիվ ապակեման հրաբխային առաջացումներ:

Հրաբխային ապակիներում ջրի կառուցվածքային տեղի պարզաբանումը կարևոր հարցերից մեկն է:

Արդեն մագմատիկ օջախում հաստատվում է ջրի կառուցվածքային տեղը, պայմանավորված լինելով օջախում ջրի գոյությամբ, որը հանդիսանում է հրահալոցք մագմայի կարևորագույն բաղադրիչներից մեկը:

Բազմաթիվ հեղինակներ [29, 30, 31, 32, 33] ջրի կառուցվածքային տեղը ուսումնասիրել են ջրասիլիկատային հալոցքներում:

Ջրի դիսոցիացիան, հալոցքում նրա լուծման ժամանակ բարձր ճնշման ու ջերմաստիճանի պայմաններում, ամենայն հավանականությամբ տեղի է ունենում հետևյալ ռեակցիայի սխեմայով:



Այդ մասին է վկայում հալոցքի ֆիզիկական հատկությունների կտրուկ փոփոխությունները (մածուցիկություն, խտություն, էլեկտրահաղորդականություն), նրա մեջ լուծվող ջրի առաջին տոկոսներից սկսած [32]:

Բերված բանաձևով ջրի և հալոցքի փոխազդեցության ժամանակ տարաբաժանվում են երկու մաս. I - հալոցքը միկրոանհամաստեռ է և ջուրը հարում է ոչ կարգավորված մասին: Սա ունի թաղանթային կառուցվածք և հավաքվում է կարգավորված ծավալների շուրջը և այս մասը բնորոշ է ջրի 0,04-0,07 կշռային տոկոսներին: II մասը - բնորոշվում է ջրի ողջ քանակի ծախսով, որը ծախսվում է անխոնների կարգավորվածությունը խախտելու վրա և այն տարաբաշխվում է ամբողջ ծավալով մեկ:

Բարձր ճնշումների պայմաններում ջրի լուծելիությունը հալոցքում մեծանում է և հալոցքում ապահովում է մոլեկուլյար ջրի (ոչ դիսոցված) առկայությունը:

Ջրի լուծման մյուս մեխանիզմը կապվում է կատիոնների հիդրատացման հետ: Դա ապացուցվում է հալոցքում  $Me_xO$ -ի կոնցենտրացիայի մեծացմամբ: Ենթադրվում է նաև այնպիսի ռեակցիա, որը կապված է թթվածնի իոնի միացման հետ սիլիկաթթվածնային կոմպլեքսին և հալոցքում պրոտոնի առկայությամբ: Այս դեպքում տեղի է ունենում հալոցքի դեպոլիմերիզացիա, որը չի հակասում մածուցիկության փոքրացմանը և դիֆուզիայի արագության մեծացմանը:

Որոշ հետազոտողներ, ավելի խոր ուսումնասիրությունների համար, որպես ուսումնասիրման առարկա, մախապատվությունը տալիս են օքսիդիաններին, որտեղ ըստ քիմիական և թերմոգրավիմետրիական անալիզների (ԳԹԱ) տվյալների ջրի քանակությունը չի անցնում 1 տոկոսից:

Ինֆրակարմիր սպեկտրոսկոպիայի (ԻԿՍ) օգնությամբ բացի մոլեկուլյար ջրից օքսիդիաններում հայտնաբերվել են նաև  $OH^-$  խմբեր [32]: Պրոտոնային մագնիսային ռեզոնանսային սպեկտրալ անալիզի միջոցով նույնպես հաստատված է  $OH^-$  խմբերի առկայությունը [29]: Հիդրօքսիդների առկայությունը՝ կապված կատիոնների հետ, ամենայն հավանականությամբ կապված են սուբմիկրոսկոպիական չափսերի բյուրեղային առաջացումների հետ: Դրանք այդպիսի խմբեր պարունակող փայլարներն են, հիդրոփայլարներն են ու այլ միներալներ, որոնք հայտնաբերված են էլեկտրոնային մանրադիտակում, միկրոդիֆրակցիայի ռեժիմում [34, 35]:

Ջրերի կապերի բնույթը պարզելու համար, բացի ԻԿ սպեկտրասկոպիայից և ԳԹԱ, մեր կողմից [36, 37] կատարվել են օքսիդիանների էլեկտրոնային մանրադիտակի օգնությամբ հետազոտություններ: Օքսիդիանները (տարբեր տարատեսակները) աստիճանական տաքացման են ենթարկվել մինչև 1450°: Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ հրաբխային ապակու փքման և ծակոտկենության առաջացման պրոցեսները ուղեկցվում են ֆազային բարդ փոխակերպումներով:

Այս հետազոտությունների արդյունքները, համադրելով ԳԹԱ և ԻԿ սպեկտրոսկոպիայի տվյալների հետ, համոզվում ենք, որ բոլոր տեսակի հրաբխային ապակիները այս կամ այն չափով ջուր են պարունակում հիդրօքսիդների և մոլեկուլների տեսքով: Բաց ծակոտկենություն ունեցող ապարները պարունակում են նաև ադսորբցված ջուր:

Ինչպես վերը նշվեց, հրաբխածին ապարները օժտված են քիմիական ակտիվությամբ, այսինքն կալցիումի հիդրօքսիդի հետ քիմիական փոխազդեցության մեջ մտնելու ընդունակությամբ:

Այս փոխազդեցության արդյունքում, որոշ հեղինակների կարծիքով [38], որոնք փորձեր են կատարել ավստրիական, իտալական և բավարական փույտլանների հետ, 3 ամսից հետո կրային սուսպենզիաներում հայտնաբերել են այնպիսի ֆազաներ, ինչպիսիք են՝  $CSH (CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O)$ , իսկ այլումինատներից՝  $C_4AH_{13} (4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 13H_2O)$ , ինչպես նաև  $C_3(AF)SnH_{6-2n} (3CaO(Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3)SiO_{2n} \cdot H_2O_{6-2n})$  ( $n=0-3$ ) տիպի միացություններ, իսկ երբեմն նաև հիդրոգելենիտ -  $C_2ASH_8 (2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 8H_2O)$ :

Նոր առաջացումների բաղադրությունը նրանց կարծիքով կախված է ինչպես ապակեֆազայի, այնպես էլ ապարի բաղադրությունից:

Չելանին և ուրիշներ [39], ռենտգենյան անալիզի միջոցով փույտլանների խառ-

նուրդներում հայտնաբերել են տոբերմորֆիտների տիպի հիդրոսիլիկատներ CSH(I), CSH(II), իսկ հիդրոալյումինատներից՝  $C_4AH_{13}$  և հիդրոգելենին:

Նման արդյունքներ են ստացել Ֆ. Լոխերը, Ռ. Տուրիչանին, Ռ. Դրոնը [40, 41] և ուրիշներ:

Փոխազդեցությունների արդյունքում առաջացած միացությունների որակը սերտորեն կապված է առաջին հերթին հրաբխածին ապարի (փույտլանի)՝ նրա պետրոգրաֆիական-միներալոգիական, քիմիական բաղադրության, ֆազային կազմի կառուցվածքի և այլ գործոնների հետ, որոնք պայմանավորվում են այդ սիստեմների քիմիական ակտիվության ցուցաբերումը կրային միջավայրում:

Հայաստանի հրաբխածին ապարները՝ տուֆերը, խարամները, պեմզաները իրենց ֆազային-միներալոգիական բաղադրությամբ, ապակեֆազայի վիճակով, ծակոտկենությամբ և այլ հատկություններով տարբերվում են եվրոպական փույտլաններից:

Մյուս, ոչ պակաս կարևոր գործոնը, որն ապահովում է կապակցման ամրությունը, դա ծակոտկենությունն է և, մասնավորապես, միկրոծակոտկենությունը:

Հրաբխածին ապարների ծակոտկենությունը առաջին հերթին պայմանավորված է մագմատիկ հալույքի քիմիական կազմով, նրա մեջ եղած ցնդող բաղադրիչների քանակությամբ և հալույքի արտավիժման պայմաններով: Էլեկտրոնային մանրադիտակի օգնությամբ կատարված հետազոտությունները [42, 43] մեզ բերեցին այն եզրակացության, որ ծակոտկենությունը ըստ նրա տեսակի կարելի է բաժանել 2 հիմնական խմբի: Առաջին տեսակը դա բաց միկրոկապիլյարներն են, միկրոճաբերը, որոնք ապահովում են ապարի մեծ տեսակարար մակերևույթը, իսկ երկրորդ տեսակը դա ապակեման գանգվածում փակ միկրոծավալներն են:

Այս ամփոփ, փակ պղպջակ-ծակոտիները չեն մասնակցում տեսակարար մակերևույթի ստեղծմանը, լցված են ջրով կամ այլ ցնդողներով և մասնակիորեն պայմանավորում են ապարի տեսակարար կշիռը: Սրանք մեծ քանակություն են կազմում թթու կազմի ապարներում ( $SiO_2 > 70$  տոկոս): Հիմնային կազմի ապարներում (խարամներում) երկրորդ տեսակի ծակոտկենությունը գործնականորեն խստաբացակայում է, որը բացատրվում է այս կազմի հալույքի ցածր մածուցիկությամբ:

Զարգացած ծակոտկենությունը նպաստում է ոչ միայն մեխանիկական կապակցմանը, այլև նաև քիմիական փոխազդեցություններին, որ տեղի է ունենում կրաշաղախի մեջ:

Այսպիսով, ինչպես տեսնում ենք, կիր-ավազային շաղախներում ամրության սինթեզման համար կարևոր դեր է խաղում ավազի ապարի կառուցվածքային առանձնահատկությունն ու քիմիական ակտիվությունը, որը պայմանավորված է ապարի տեսակով, նրանից ստացված ավազահատիկի չափսով և այլ գործոններով: Իսկ Հայաստանի հրաբխածին ապարները, որոնք ընդգրկում են պետրոգենետիկական համարյա բոլոր տեսակները, այս տեսակետից ուսումնասիրված են ոչ բավարար չափով: Հետագա մանրամասն ուսումնասիրության կարիք ունեն ապարների և կրի փոխազդեցության հետևանքով առաջացող միացությունները, որոնց քանակն ու որակը կախված են թե օգտագործված ավազի ապարի տեսակից, թե ժամանակից, թե արտաքին պայմաններից, և թե օգտագործված մեխանոլոգիական հնարքներից, որոնք նույնպես լուրջ ուսումնասիրությունների կարիքն ունեն:

Բայցի զուտ իմացաբանական տեսակետից այս ուսումնասիրություններն ունեն նաև կիրառական նշանակություն:

Պատմական հուշարձանների վերականգնման աշխատանքների իրականացման համար առաջնահերթ են դառնում վերակառուցվող շինության շաղախների նյութական կազմի մանրամասն ուսումնասիրությունները, նպատակ ունենալով նորոգվող մասի նյութերն իրենց ֆիզիկաքիմիական բնույթով հնարավորինս մոտեցնել հնին, ապահովել նրանց մեխանիկական ամրությունների համաչափությունը, միացումների միաձուլությունը, համասեռությունը ֆիզիկատեխնիկական ներդաշնակությունը և այլն:

Այս իսկ պատճառով, ինչպես երևաց վերը շարադրածից, ուսումնասիրման այլ եղանակներ են անհրաժեշտ: Մինչև օրս օգտագործված վերլուծական եղանակներով ստացված նյութաբանական տեղեկությունը ի վիճակի չէ լիարժեք բնութագրել նախկինում օգտագործված շինարարական նյութերը և դրանց կիրառման տեխնոլոգիական հնարքները

19584



## ԳԼՈՒԽ 2

# ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐՈՒՄ ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

### 2.1. ՖԻԶԻԿԱ-ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

Հայտնի է, որ ամենահին ժամանակներից կառույցողական աշխատանքները հիմնականում իրականացվել են առավելապես տեղանքում տարածված նյութերով:

Հուշարձանների ուսումնասիրության ընթացքում հաճախ հանդիպում ենք այնպիսի դեպքերի, երբ որմնաքարերը նույնպես ենթարկված են լինում տարբեր աստիճանի քայքայվածության: Քարերի քայքայման աստիճաններն ու ձևերը շատ տարբեր են և պայմանավորված են թե՛ ապարի տեսակով և թե՛ տեղանքի բնակլիմայական պայմաններով:

Հաճախ հանդիպում ենք այնպիսի դեպքերի, երբ նույն հանքավայրի քարերը միևնույն պատի մեջ տարբեր աստիճանի քայքայվածություն ունեն: Միշտ պետք է հիշել, որ բոլոր տեսակի ապարները արտաքին, թվայող համասեռության պայմաններում անգամ ունեն և կառուցվածքային և բաղադրային անհամասեռություններ: Այս պայմաններում կարևորվում են այնպիսի խնդիրներ, ինչպիսիք են ապարի առաջացման պայմաններն ու շարվածքում տեղադրման ուղղությունները, այսինքն անհրաժեշտ է հաշվի առնել բեռի առավել ազդման ուղղությունը:

Հուշարձանների վերականգնման ժամանակ անհրաժեշտ է օգտվել այն հանքավայրերի քարային տեսակներից որոնք օգտագործվել են տվյալ հուշարձանի կառուցման ժամանակ: Սակայն նախ անհրաժեշտ է կատարել ապարների համապատասխան փորձարկումներ և ընտրել այն տարատեսակները, որոնց տվյալները ամենից ավելի մոտ են հուշարձանում օգտագործվածներին:

Ստորև բերվում են քարատեսակների տեխնիկական մի շարք բնորոշ հատկությունների համառոտ տվյալները, որոնք անհրաժեշտ է օգտագործելիս հաշվի առնել:

Քարատեսակներն ըստ իրենց առաջացման պայմանների դասակարգվում են որպես մագմատիկ կամ հրային, նստվածքային և մետամորֆայված ապարներ: Մրանք իրենց հերթին ունեն ստորաբաժանումներ, որոնք շարադրված են երկրաբանական գիտություններին վերաբերվող բազմաթիվ աշխատություններում:

## ԱՐՏԱՎԻԺԱԾ ԿԱՍ ԷՖՈՒԶԻՎ ԱՊՈՐՆԵՐ

Արտավիժած կամ էֆուզիվ են կոչվում հրային այն ապարները, որոնք անկախ արտավիժման ձևից առաջացել են մագմատիկ հալոցքի անմիջական արտավիժման և սառեցման հետևանքով:

Այդպիսիների թվին են պատկանում բազալտները, անդեզիտաբազալտները:

**Բազալտները** հոծ կամ ծակոտկեն լեռնային ապարներ են, որոնք ունեն հրաբխային ծագում: Այս ապարները հրաբխայինների մեջ գերակշռող են երկրաբանական բոլոր հասակների համար: Սրանց քիմիական բաղադրությունը, ծակոտկենությունը, ֆազային կազմը տատանվում են բավական լայն սահմաններում, իսկ հոսքերի և ծածկույթների հզորությունը Հայաստանում կարող է լինել 4-ից մինչև 50 և ավելի մետրեր:

Շինարարության մեջ օգտագործելիս հատուկ նշանակություն ունեն ապարների ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները, այսինքն ծավալային և տեսակարար խտությունները, դրանցով պայմանավորված ծակոտկենությունը, սառչակայունությունը, ջրահագեցումը, սեղմման ամրությունը և այլն: Ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների արժեքները տատանվում են բավական լայն սահմաններում, որը պայմանավորված է երկրաբանական, ֆիզիկա-քիմիական մի շարք գործոններով:

Ստորև ըստ Ջ. Ա. Հայագործյանի [9] բերվում են Հայաստանում տարածված բազալտների խմբի ապարների ֆիզիկա-մեխանիկական հիմնական հատկությունների միջինացված տվյալները: (Աղյուսակ 2.1.)

*Աղյուսակ 2.1*

### Հայաստանի բազալտների խմբի ապարների ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների միջինացված ցուցանիշները

Հատկության անվանումը	Ցուցանիշն ըստ ապարի տեսակի				
	Բազալտներ	Մելանոբազալտներ	Անդեզիտաբազալտներ	Անդեզիտներ	Անդեզիտադայիտներ
Ծավալային խտություն, կգ/մ <sup>3</sup>	2477 2060-2800	2516 2359-2752	2119 1872-2346	2264 1989-2465	2216
Տեսակարար խտություն, գ/սմ <sup>3</sup>	2,87 2,65-2,97	2,96 2,92-2,99	2,80 2,74-2,91	2,72 2,62-2,81	2,68
Ծակոտկենությունը, %	13,5 3,8-29,1	15 8-20,6	23,9 11-35,7	16 10,7-29,2	17,6
Ջրակլանումը ըստ զանգվածի, %	2,45 0,8-10	4,6 2,8-7,2	3,9 1,3-5,6	3,9 2,4-6,0	3
Սեղմման ամրությունը, ՄՊա	102,2 38,2-201,4	71,2 61,2-88,9	56,5 16,5-103,9	70,0 32,1-96,5	74,3
Փափկեցման գործակիցը	0,85 0,67-0,99	0,82 0,77-0,89	0,85 0,58-1,0	0,74 0,66-0,82	0,79
Ջրահագեցման գործակիցը	0,38 0,26-0,75	0,7 0,56-0,82	0,37 0,39-0,67	0,56 0,4-0,82	0,39
Սառչակայունության գործակիցը 50 ցիկլ սառեցման պայմաններում	0,91 0,73-1,0	0,86 0,74-0,97	0,94 0,71-1,0	0,82 0,52-1,0	0,86

## ՏՈՒՖԵՐ

Հայաստանում տուֆերը լայն տարածում ունեցող հրաբխային ապարներ են, որոնք ըստ իրենց առաջապման պայմանների և հատկությունների բաժանվում ու դասակարգվում են հետևյալ կերպ.

1. Պիրոկլաստիկ կամ հրաբեկորային տուֆեր,

2. Տուֆալավաներ

Պիրոկլաստիկ տուֆերն իրենց հերթին ստորաբաժանվում են 3 տիպի ա. երևանյան,

բ. բյուրականի

գ. Անիի տիպի կամ պենզային տուֆեր:

Տուֆալավաների և հրաբեկորային տուֆերի հիմնական տարբերությունը կայանում է նրանում, որ հրաբեկորային տուֆերի հիմնական զանգվածն ունի բեկորային կառուցվածք: Տուֆալավաներում ապակյա բաղադրիչն ունի լավային կառուցվածք [8]:

Հրաբխային տուֆերի մյուս տարատեսակը՝ ֆելզիտային տուֆերն են, որոնք առանձին խումբ են կազմում: Այս տիպի տուֆերն ունեն երկրաբանական ավելի մեծ հասակ (երրորդական) ու ժամանակի ընթացքում ենթարկվել են փոփոխությունների:

**Երևանյան տիպի տուֆեր.** ամենից ավելի մեծ տարածում ունեցող տարատեսակներն են և ամենից ավելի շատ օգտագործվողները շինարարության մեջ: Սրանց քիմիական բաղադրությունները, ինչպես նաև ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները տարածվում են բավական լայն սահմաններում՝

ծավալային խտությունը - 1100-2200 կգ/մ<sup>3</sup>

տեսակարար խտությունը - 2,40-2,60 գ/սմ<sup>3</sup>

ծակոտկենությունը - 10-55%

ջրակլանումը ըստ զանգվածի - 3-40%

ջրահագեցման գործակիցը - 0,5-0,9

սեղման ամրությունը - 3,0-55,0 ՄՊա

սառչակայունությունը - 5-25 ցիկլ:

Հատկությունների տարբերությունները կարող են լինել նույնիսկ նույն հանքավայրի սահմաններում:

**Բյուրականի տիպի տուֆերին** հատուկ է հրաբխային ապակու տարբեր գունավարվածությունը, որը փոփոխվում է ըստ խորության: Չնայած դրան, այս տիպի տուֆերն իրենց քիմիական բաղադրությամբ քիչ են տարբերվում երևանյան տիպի տուֆերից, իսկ ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները համեմատաբար ավելի կայուն են և տատանվում են ավելի նեղ սահմաններում՝

ծավալային խտությունը - 1600-2200 կգ/մ<sup>3</sup>

տեսակարար խտությունը - 2,5-2,6 գ/սմ<sup>3</sup>

ծակոտկենությունը - 10-40%

ջրակլանումը ըստ զանգվածի - 3-13%

ջրահագեցման գործակիցը - 0,5-0,8

սեղման ամրությունը - 15,0-55,0 ՄՊա

սառչակայունությունը - 25 և ավելի ցիկլ

Այս տիպի տուֆերի հանքավայրերը երևանյան տիպի տուֆերի համեմատ շատ ավելի քիչ են տարածված: Դրանք են՝ Աշտարակի, Ագարակի, Բյուրականի, Կոշի,

Թալիհի, Աղավնատան հանքավայրերը: Վերջինս ներկայումս ունի շատ մեծ կիրառություն և թերևս այս տիպի տուֆերի հանքավայրերից ամենանշակալին է:

**Անհի տիպի տուֆերից** ավելի հայտնի է Անհի-Պեմզայի հանքավայրը: Իր հատկություններով տուֆերի այս տեսակին առավել մոտ են Վանաձորին հարող տուֆի հանքավայրերը՝

Անհի-Պեմզայի տուֆը իր կառուցվածքով միջանկյալ է պեմզայի և տուֆի միջև, քանի որ տեղ-տեղ ունի պեմզային հատուկ թելային կառուցվածք, որոնք անգեղն աչքով տարբերվում են ապարի հիմնական զանգվածից:

Քիմիական բաղադրության առումով այս տուֆերը մոտ են նույն տարածքում եղած պեմզաներին:

Տուֆերի մեջ պեմզայի ներփակումների առկայությունը ազդում է ապարի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների վրա: Սրանց ծավալային խտությունը ավելի փոքր է և տատանվում է 1170-1440 կգ/մ<sup>3</sup> սահմաններում:

տեսակարար խտությունը - 2,28-2,39 գ/սմ<sup>3</sup>

ծակոտկենությունը - 39-51%

ջրակլանումը ըստ զանգվածի - 17-32%

սեղման ամրությունը - 7,7-30,6 ՄՊա

**Տուֆավանները կամ Արթիկի տուֆերը** լայնորեն հայտնի են և ներկայացված են ծակոտկեն, մոխրավարդագույն, մանուշակագույն ապարներով:

Արթիկի տուֆի հանքավայրը Հայաստանի ամենից ավելի հայտնի և շահագործվող հանքավայրերից մեկն է:

Այս ապարների ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները ըստ տարբեր հանքավայրերի և նույն հանքավայրի տարբեր տեղամասերից բերված են [8]-ում:

Արթիկի տիպի տուֆերի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների հիմնական ցուցանիշները տատանվում են հետևյալ սահմաններում.

ծավալային խտությունը - 800-1800 կգ/մ<sup>3</sup>

տեսակարար խտությունը - 2,5-2,6 գ/սմ<sup>3</sup>

ծակոտկենությունը - 30-70%

ջրակլանումը ըստ զանգվածի - 5-50%

ջրահագեցման գործակիցը - 0,4-0,8

սեղման ամրությունը - 3,0-30,0 ՄՊա

փափկեցման գործակիցը - 0,8-0,9

սառցակայունությունը - 15-25 ցիկլ

թթվակայունությունը (30% HCl) - 95,64%

Արթիկի տիպի տուֆերը տարածվում են Արագածի հյուսիսային, արևմտյան և հարավային լանջերին: Մինչև օրս հետազոտված են միայն այս տարածքներում տեղաբախշված Արթիկի, Տուֆաշենի, Չիթհանքի և Մաստարա Սառնաղբյուրի հանքավայրերը:

### ՖԵԼՋԻՏԱՅԻՆ ՏՈՒՖԵՐ

Տուֆերի այս տեսակը որոշակիորեն տարբերվում է վերը նկարագրված տուֆերից, և առաջին հերթին բնորոշվում են դեկորատիվ առումով հաճելի հատկություններով: Սրանք բազմերանգ են, կանաչա-կապտավունից մինչև դեղնա-սալտակավուն, դարչնագույն բծերով և այլ երանգներով, կախված երկրորդային փոփոխությունների որակից:

Ֆելզիտային տուֆերը ժամանակի ընթացքում ենթարկվել են փոփոխությունների, որը բացասաբար է ազդել նրանց մի շարք ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների վրա: Հատկապես ցածր են սառցակայունության և շաղախի հետ շաղկապման ամրության ցուցանիշները: Այս ապարները ավելի նպատակահարմար է օգտագործել ներքին հարդարանքի համար (երեսպատման սալիկներ) և անցանկալի է օգտագործել հիմքերի, քիվերի և առհասարակ այն տեղերում, երբ ապարը անմիջականորեն ենթարկվում է մթնոլորտային, կլիմայական և արտաքին այլ գործոնների ազդեցությանը:

Ֆելզիտային տուֆերի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները կարող են տատանվել բավական լայն սահմաններում, նույնիսկ նույն հանքավայրի սահմաններում: Այն դեպքում, երբ հուշարձանը կառուցված է այս ապարով, անհրաժեշտ է վերականգնման աշխատանքները սկսելուց առաջ իրականացնել համապատասխան փորձարկումներ և ընտրել հանքավայրի այն տեղամասը ուր ապարներն ունեն հուշարձանի հետ համարժեք ցուցանիշներ:

Ֆելզիտային տուֆերի ֆիզիկա-մեխանիկական ցուցանիշները տատանվում են հետևյալ սահմաններում.

ծավալային խտությունը - 1460-2350 կգ/մ<sup>3</sup>

տեսակարար խտությունը - 2,34-2,68 գ/սմ<sup>3</sup>

ծակոտկենությունը - 8,6-39,8%

ջրակլանումը - 2,9-24,9%

ջրահագեցման գործակիցը - 0,7-0,9

սեղման ամրությունը - 20,0-50,0 ՄՊա

փափկեցման գործակիցը - 0,67-0,83

սառցակայունությունը - 2-10 երբեմն մինչև 50 ցիկլ

Ֆելզիտային տուֆերը տարածված են Հայաստանի հյուսիս-արևելյան (Թումանյանի, Նոյեմբերյանի), հարավային (Եղեգնաձոր, Վայք) շրջաններում: Ֆելզիտային տուֆերով են կառուցված Օձունի, Հռոռմայրի, Մշկավանքի, Գնդեվանքի, Ախքոբփիի հուշարձանները:

### ԽԱՐԱՄՆԵՐ, ՊԵՄՋԱՆԵՐ, ՊԵՈԼԻՏՆԵՐ

Նորագույն հրաբխականության արդյունքում առաջացած մյուս ապարները, որոնք որպես շինանյութեր օգտագործվել և օգտագործվում են շինարարության մեջ՝ խարամները, պեմզաները և պեռլիտներն են:

Ի տարբերություն վերը բերված ապարների, սրանք դասակարգվում են որպես սորուն ապարներ, այսինքն չեն ստեղծում հոսքեր, բեկորային են և տեղայնացված են այս կամ այն հրաբխային ապարատին կամ համակարգերին:

Այս ապարների առանձնահատկություններից ամենից նշանակալին խիստ զարգացած ծակոտկենությունն է, որ պայմանավորված է մակերեսում կամ մերձակերտության շերտում ցնդող բաղադրիչների ինտենսիվ հեռացմամբ:

Խարամներն առաջանում են համեմատաբար ավելի դյուրահալ և դյուրաշարժ մագմատիկ հալույթից և սրանց ծակոտիներն ավելի խոշոր չափսերի են և առավելապես բաց բնույթի: Հայաստանում տարածված խարամներն ըստ իրենց պետրոգրաֆիական, ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների բաժանվում են Կարմրաշենի և Ավանի տիպերի: Խարամների տեսակարար խտության միջին արժեքը 2,75-2,77 գ/սմ<sup>3</sup> է, իսկ ծավալային խտությունը ավագի և խճի խառը նմուշներում Կարմրաշենի

հանքավայրի համար տատանվում է 460-600 կգ/մ<sup>3</sup>, իսկ Ավանի տիպի համար այս ցուցանիշը տատանվում է 800-1265 կգ/մ<sup>3</sup> սահմաններում:

Հրաբխային խարամները Հայաստանում ունեն շատ մեծ տարածում և սկզբունքորեն գոյություն ունեն բոլոր այն տարածքներում, որտեղ եղել են բազալտային, անդեզիտա-բազալտային կազմի լավայի արտավիժումներ:

**Պենզաները** նույնպես հրաբխային ապարներ են, որոնք առաջացել են հրաբխային արտավիժման և հալույքի ապակեցման հետևանքով: Մրանց կառուցվածքը, ծակոտկենությունը բնույթը պայմանավորված են մագմատիկ հալույքի քիմիական բաղադրությամբ: Հայաստանում տարածված պենզաներն ըստ իրենց պետրոգրաֆիական, ֆիզիկա-մեխանիկական բնութագրերի բաժանվում են երկու տիպի՝ Անհի և լիտոիդային:

Անհի տիպի պենզաներն ավելի բեթև են և ունեն հետևյալ միջինացված բնութագրերը.

ծավալային խտությունը - 525 կգ/մ<sup>3</sup>

տեսակարար խտությունը - 2,39 գ/սմ<sup>3</sup>

ծակոտկենությունը - 77,7%

ջրակլանումը - 71 կշռային %

ջրահագեցման գործակիցը - 0,45

սեղման ամրությունը - 26,0 ՄՊա

փափկեցման գործակիցը - 0,86

սառցակայունությունը 25 ցիկլից հետո - 0,71

Լիտոիդային պենզաներն ունեն հետևյալ միջինացված բնութագրերը.

ծավալային խտությունը - 1390 կգ/մ<sup>3</sup>

տեսակարար խտությունը - 2,38 գ/սմ<sup>3</sup>

ծակոտկենությունը - 40,6%

ջրակլանումը կշռային %-ով - 12,5

ջրահագեցման գործակիցը - 0,42

սեղման ամրությունը - 20,0 ՄՊա

փափկեցման գործակիցը - 0,91

սառցակայունությունը 25 ցիկլից հետո - 0,82

Բոլոր այս ապարները (խարամները, պենզաները, պեռլիտները) անցյալում և ներկայումս հիմնականում օգտագործվում են որպես ավազներ, լցանյութեր:

### ԽՈՐՔԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐ

Խորքային կամ ինտրուզիվ ապարները քվարց-դաշտաշաքարային առաջացումներ են և դասակարգվում են ըստ դաշտային շաքարի բնութագրի, քանի որ դաշտային շաքարները հանդիսանում են ապար կազմող հիմնական միներալները: Ըստ այդ բնութագրի այս խումբը ունի երկու ենթախումբ.

ա) գրանիտներ, գրանոդիորիտներ,

բ) պլագիոգրանիտներ և քվարցային դիորիտներ:

**Գրանիտի խմբի ապարները** Հայաստանում ունեն բավական լայն տարածում: Ամենից ավելի խոշոր հանքավայրերը գտնվում են Գուգարքի, Մեղրու, Ղափանի, Սիսիանի, Հրազդանի, Ալավերդու և Նոյեմբերյանի շրջաններում: Այս խմբի ապարները Հայաստանում ներկայացված են մոնոմիտներով, գրանոդիորիտներով, գրանիտներով, գրանոսիենիտներով, պլագիոգրանիտներով: Գրանիտների ծավալային

խտության միջինացված արժեքն 2667 կգ/մ<sup>3</sup> է, իսկ տեսակարար խտությունը կազմում է 3,09 գ/սմ<sup>3</sup>: Սեղման ամրությունը՝ 154,0 ՄՊա:

### ԿԱՐԲՈՆԱՏԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐ

Կարբոնատային ապարները պատկանում են նստվածքային ապարների խմբին և հիմնականում ներկայացված են կրաքարերով, դոլոմիտներով, և մարմարներով: Վերջինները մետամորֆացված, վերաբյուրեղացված կրաքարերն են:

Կրաքարերը ըստ իրենց առաջացման բաժանվում են երկու խմբի՝

ա) քիմիական ծագում,

բ) օրգանական ծագում:

Քիմիական ծագման կրաքարերն առաջանում են լուծույթներից, իսկ օրգանական ծագմանը՝ ծովային օրգանիզմների խեցեղանի կուտակման հետևանքով:

Կրաքարերը սկզբունքորեն բաղկացած են լինում կալցիտից, սակայն նրանցում հաճախ, որպես ուղեկցողներ տարբեր քանակություններով պարունակվում են դաշտային շպաթներ, քվարց, խալսեդոն, փայլարներ, կավային միներալներ, գիպս և այլն: Կրաքարերը Հայաստանում ունեն բավական մեծ տարածում, որ կապված է տարածքի երկրաբանական զարգացման պայմանների հետ: Այս ապարների ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները տատանվում են բավական լայն սահմաններում, որ պայմանավորված է բյուրեղացվածության աստիճանով, խարնուրդների որակա-քանակական բնութագրով, ծագմամբ և այլ գործոններով:

ծավալային խտությունը - 2315-2700 կգ/մ<sup>3</sup>

տեսակարար խտությունը - 2,67-2,78 գ/սմ<sup>3</sup>

ծակոտկենությունը - 0,7-7,0%

ջրակլանումը - 0,2-1,7%

սեղման ամրությունը - 87,5-120,3 ՄՊա

Կրաքարային ապարների շարքին են պատկանում նաև տրավերտինները կամ ինչպես համաշխարհային գրականության մեջ ընդունված է կրաքարային տուֆերը:

Տրավերտինները ծակոտկեն, բթջավոր ապարներ են, որոնց ծավալային խտությունը տատանվում է 1800-2700 կգ/մ<sup>3</sup> սահմաններում, ծակոտկենությունը՝ 3-30%, իսկ սեղման միջին ամրությունը հասնում է 45,0 ՄՊա: Սառույակայունությունը զարգացած ծակոտկենության հետևանքով ցածր է, որն էլ սահմանափակում է այս ապարը արտաքին, հատկապես հորիզոնական հարթություններում օգտագործումը: Այս ապարները ավելի նպատակահարմար է օգտագործել որպես վերտիկալ պատերը երեսպատող սալիկներ:

Դոլոմիտները նույնպես ունեն նստվածքային ծագում և կազմված են կալցիտի և մագնեզիտի կարբոնատից՝  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ : Սրանք հանդես են գալիս բյուրեղահատիկային կամ մարմարացված խիտ կառուցվածք ունեցող և օօլիտային և բջիջավոր տարատեսակներով: Դոլոմիտների ծավալային խտությունը հասնում է 2700 կգ/մ<sup>3</sup> և ավելի: Դոլոմիտների հիմնական հանքավայրերը գտնվում են Իջևվանի և Հրազդանի շրջաններում:

Մարմարների առաջացումը կապված է կրաքարերի, դոլոմիտների և դոլոմիտացված կրաքարերի մետամորֆային փոփոխությունների հետ, որի հետևանքով տեղի է ունենում ապարի վերաբյուրեղացում: Այս ապարների կառուցվածքը բյուրեղային է, անկախ բյուրեղների չափսերից: Մարմարի ծավալային խտությունը տա-

տանվում է՝ 2600-2700 կգ/մ<sup>3</sup>, իսկ տեսական խտությունը 2,7-2,8 գ/սմ<sup>3</sup> սահմաններում, այսինքն այս երկու բնութագրերը շատ մոտ են միմյանց, որը վկայում է ծակոտկենության բացակայության մասին: Մեղման ամրությունը տատանվում է 57,0-ից մինչև 174,0 ՄՊա, կախված տարատեսակից: Մարմարային ապարներից է նաև Իջևանի շրջանի նախկին Ջարխեշի կոնգլոմերատը, որը իր արտակարգ դեկորատիվ հատկությունների շնորհիվ բացառապես օգտագործվում է ներքին հարդարանքի աշխատանքներում: Մարմարների այս տեսակը ունի շատ փոքր տարածում:

## 2.2. ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀՐԱԲԻԱԾԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱ-ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՍՈՒՈՏ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ:

### 2.2.1. ՊԵՏՐՈԳՐԱՖԻԱԿԱՆ-ՄԻՆԵՐԱԼՈԳԻԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

Կրաշաղախներում որպես ավագ օգտագործվել են բնական, ծագման և արհեստականորեն ստացված տարբեր նյութեր: Արհեստական նյութերից են կերամիկական խեցիների ջարդոնը, իսկ բնական նյութերը դրանք տարբեր ապարներից ստացված ավազներն են: Այս ավազները կարող են լինել հրային, նստվածքային կամ էլ մետամորֆային ապարներից:

Հայաստանում օգտագործված (և ներկայումս էլ օգտագործվող) ավազները հիմնականում հրաբխային ծակոտկեն ապարներից են:

Հրաբխային ծակոտկեն ապարները Հայաստանում ներկայացված են երեք հիմնական տեսակներով, որոնք ըստ իրենց պետրոքիմիական և պետրոգենետիկական առանձնահատկությունների պատկանում են բազալտոիդների, դայիտոիդների և լիպարիտոիդների խմբերին:

Ապարների այսպիսի դասակարգումը խիստ ընդհանրացված է: Դրանց միջանկյալ, անցողիկ տարատեսակները, առավել մանրամասն դասակարգումներն ու առանձնահատկությունները նկարագրված են երկրաբանական, պետրոգրաֆիկական համապատասխան գրականության մեջ:

Սրանք իրարից տարբերվում են քիմիական, ֆազային-միներալոգիական կազմով, արտավիժման պայմաններով, հետևաբար և հատկություններով:

Առաջին՝ բազալտային (հիմնային և միջին) կազմից ամենատարածվածները բազալտներն ու հրաբխային խարամներն են, դայիտային կազմի ապարները՝ տուֆերը և որոշ տեսակի պեմզաներն են, իսկ թթու՝ լիպարիտային կազմի ապարները լիթոիդային պեմզաներն են ու պեռլիտները (աղ. 2.4): Այս կազմի ապարներից են նաև օբսիդիանները, որոնք, սակայն զուրկ են ծակոտկենությունից:

Սրանց բոլորին բնորոշ է ապակի ֆազայի առկայությունը, որի քանակությունը ապարում մեծանում է նրա թթվայնության ( $\text{SiO}_2$ -ի պարունակությունը) բարձրացմանը համապատասխան (աղ. 2.4, նկար 2.1):

**Բազալտներ:** Հայաստանում բազալտներն ունեն շատ մեծ տարածում և կապված են նորագույն հրաբխականության հետ: Սրանք իրենց բաղադրությամբ և կառուցվածքով խիստ բազմազան են:

Նորմալ բազալտներում հիմնական բաղադրիչը պլագիոկլազն է, որը կազմում է ապարի 50-ից մինչև 65%: Պիրօքսենը երկրորդ բաղադրիչն է, իսկ օլիվինը երբեմն կամ իսպառ բացակայում է կամ էլ աննշան քանակություններ էր կազմում: Նորմալ

## Հրաբխածին ապարների քիմիական բաղադրությունը տոկոսներով

Ապարներ	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	MnO	R <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	շ.կ.կ.*)	Գումարը
1.	65,60	15,32	0,60	2,97	-	1,95	0,25	-	10,03	հեւք	-	3,13	3,13	99,85
2.	63,39	17,41	0,70	3,00	-	2,41	0,17	-	9,22	հեւք	-	-	3,60	99,90
3.	62,65	16,28	0,81	3,71	-	3,83	1,33	-	8,41	0,04	-	-	2,72	99,78
4.	66,20	12,82	0,82	7,02	-	3,00	1,52	-	6,10	0,18	-	-	2,03	99,69
5.	62,50	17,02	-	5,82	-	4,32	1,28	-	7,30	0,15	-	-	1,61	99,76
6.	63,95	15,56	1,00	4,47	-	3,56	1,38	-	9,46	0,30	-	-	0,07	99,75
7.	55,18	15,73	1,20	7,60	-	6,37	3,02	-	6,81	-	-	-	3,67	99,58
8.	50,23	16,01	1,40	10,06	-	8,71	5,92	-	4,57	0,58	-	-	2,02	99,50
9.	71,15	14,64	0,13	1,46	-	1,46	0,28	0,23	7,22	0,15	-	0,38	3,70	100,8
10.	72,06	14,24	0,13	1,36	-	1,31	0,24	0,07	7,27	հեւք	-	1,00	2,30	99,97
11.	72,70	13,28	0,01	0,60	0,44	0,43	0,22	0,02	8,18	0,06	0,02	2,15	1,40	99,51
12.	73,70	13,70	0,15	1,20	0,62	1,37	0,20	0,08	7,70	0,01	0,03	0,30	0,02	99,77
13.	74,90	13,60	0,07	0,94	0,74	0,90	0,30	0,10	7,90	0,08	-	0,08	0,40	100,01

\*) շ.ժ.կ. - շիկացման կշռային կորուստ

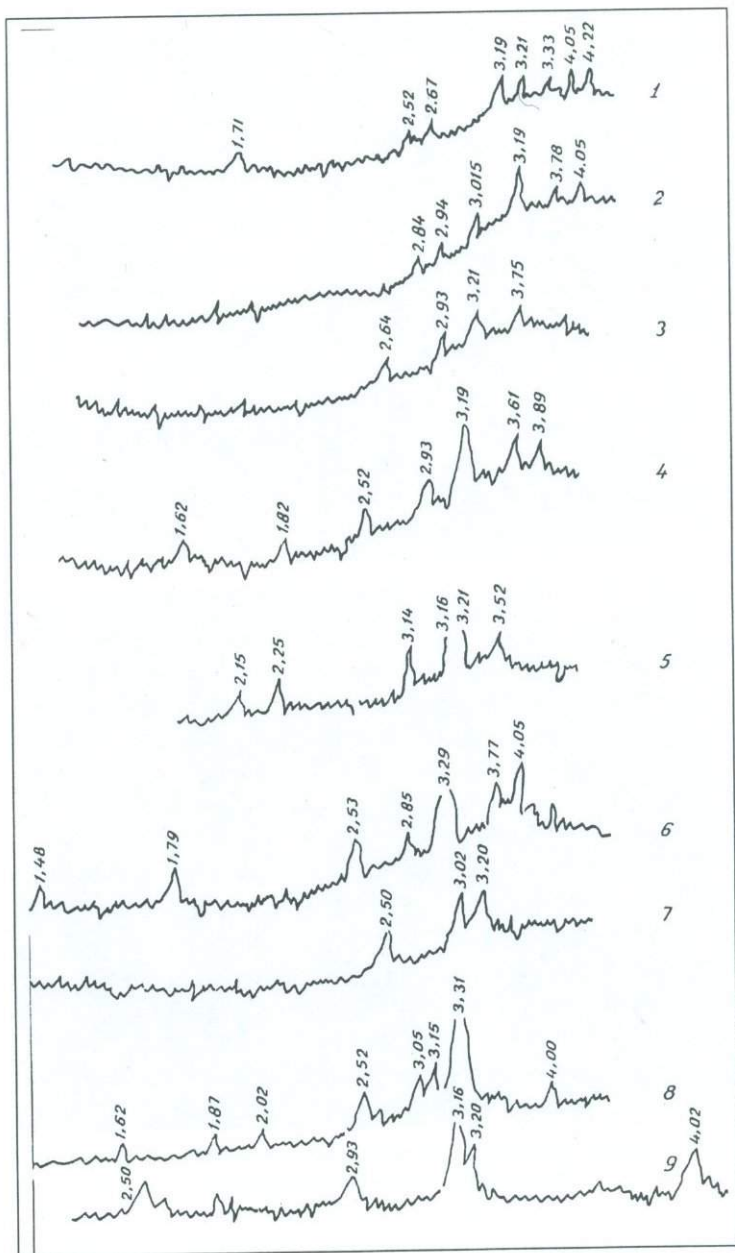
1 պեմզա Իրինդ, 2 պեմզա Անի, 3 տուֆ Մակարաշեն, 4 տուֆ Թալին,

5 տուֆ Աղավնատուն,

6 տուֆ Արթիկ, 7 խարամ Կարմրաշեն, 8 - բազալտ, 9 պեմզա լիթոիդային,

10 պեռլիտ Ջրաբեր, 11 պեռլիտ Արագած, 12 օքսիդիան Արագած,

13 օքսիդիան Արագած:

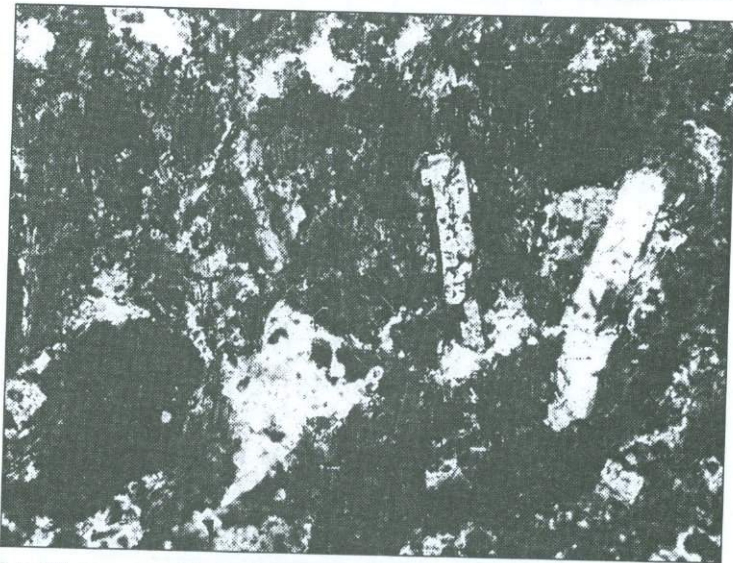


Նկ. 2.1. Հրաբխածին ապարների դիֆրակտոգրամները.

1-պենդա իրինդի, 2-պենդա ԱՆԻԻ, 3-Ջրվեժի տուֆ, 4-Աղավնատան տուֆ, 6-Արթիկի տուֆ, 7-հրաբխային խարամ, 8-բազալտ, 9-10-Կամչատկայի պենդաներ:

բազալտներում հրաբխային ապակին փոքր տոկոս է կազմում (մոտ 10-15 %):

Ըստ բյուրեղական բաղադրիչի չափսերի տարբերվում են մանրաբյուրեղային, միջին և խոշոր բյուրեղային կառուցվածքով բազալտներ (Նկ. 2.2): Ըստ կառուցվածքի հանդիպում են նաև անհամասեռ հատիկայնությամբ և գաղտնաբյուրեղային տարատեսակներ: Բնականաբար, ապակյա բաղադրիչի քանակությունը ամեն մի տա-

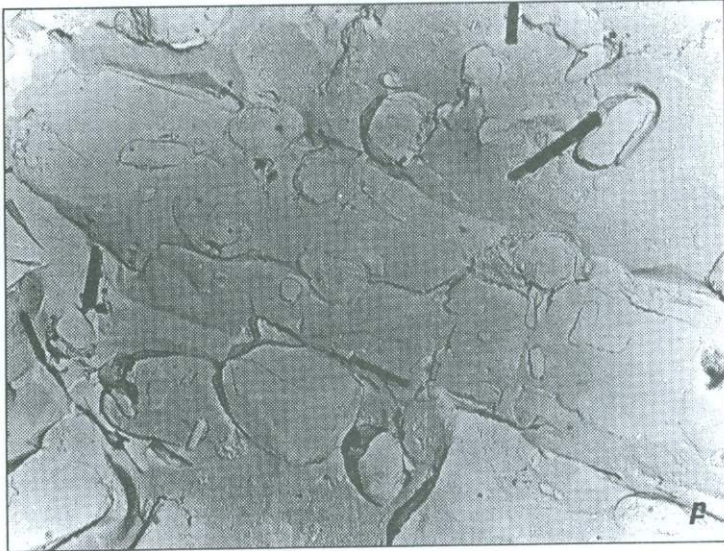
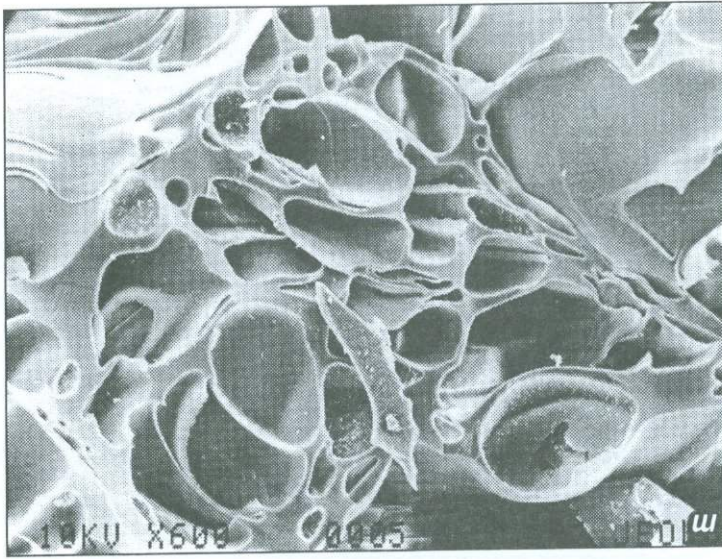


Նկ.2.2. Բազալտների միկրոկառուցվածքը թափանցիկ շլիֆներում:  
Նիկոլները՝ II, խոշորացումը՝ 60x:

րատեսակի հետ փոփոխվում է:

Բազալտների ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները, մասնավորապես ամրությունը, պայմանավորված է ոչ այնքան ապարների միներալոգիական կազմով, որքան նրա պետրոգրաֆիական և կառուցվածքային առանձնահատկություններով, այսինքն, ապարը կազմող բյուրեղների մեծությամբ, պորֆիրային ներփակումների և ապակե ֆազայի քանակությամբ և այլն:

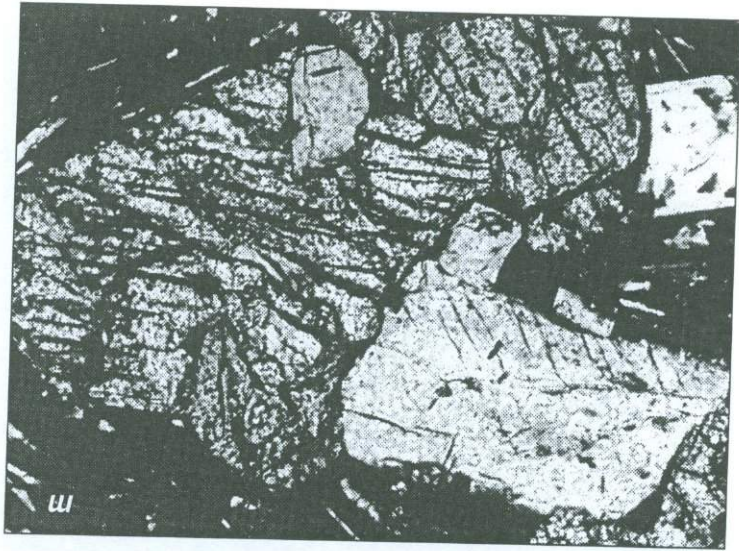
Ապակե ֆազայի առկայությունը, նրա քանակը ապարում խիստ կարևոր է, քանի որ նրա հետ են կապված և քիմիական (կամ հիդրավիկական) ակտիվության մեծությունը և ծակոտկենության քանակն ու որակը, այսինքն այն հատկությունները,



Նկ. 2.3. Հրաբխային խարամների միկրոկառուցվածքը: Էլեկտրոնային մանրադիտակում ա-սկանային ռեժիմում, ք-թափանցող ռեժիմում (մի աստիճանի Pt/C ռեպլիկա), խոշորացումը 16 000<sup>×</sup>:

որոնք պայմանավորվում են նրանցից ստացված ավազների վարքագիծը տարբեր, ինչպես նաև կրային միջավայրերում: Ինչպես ցույց է տրված բյուրեղային բաղադրիչը կրային միջավայրում մնում է իներտ և չի մասնակցում փոխազդեցության ռեակցիաներին [44]:

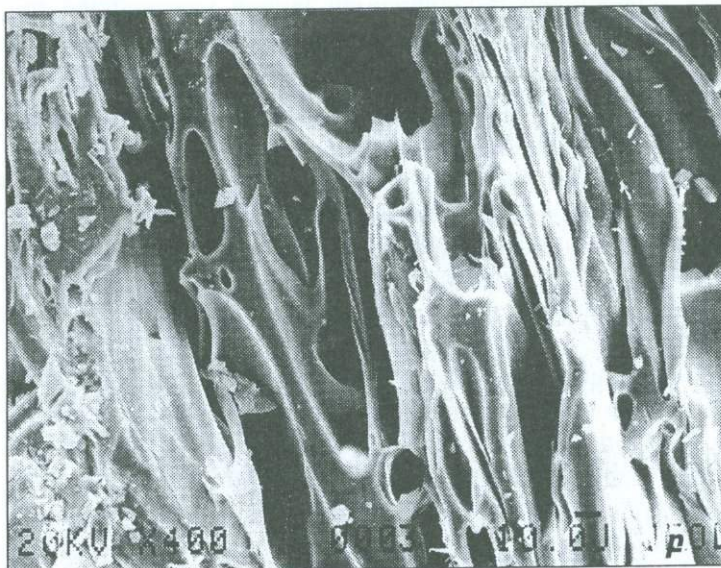
**Հրաբխային խարամներ:** Հիմնային, բազալտային, անդեզիտա-բազալտային կազմ ունեցող լավային հոսքերի մակերևութային պղպջակավոր, ծակոտկեն մասերն են, որոնք հաճախ առաջացնում են ինքնուրույն կոնա-բրզաձև մարմիններ: Մրանց հանքավայրերը կապված են արտավիժման կենտրոնների հետ և հանդես են գալիս բազմաթիվ բրզաձև մարմինների տեսքով:



Նկ. 2.4. Տուֆերի միկրոկառուցվածքները.  
*ա-բևեռապլած լույսում, խոշորացումը 60<sup>×</sup>, բ-Քափանցող տիպի էլեկտրոնային մանրադիտակում: Բնական կոտրվածքը Pt/C ռեպլիկա:*

Խարամներին բնորոշ է թեթևությունը, սպունգաձև կառուցվածքը: Սրանք ավելի շատ հանդիպում են ոչ մեծ, կլորավուն հատիկների տեսքով, չնայած երբեմն հանդիպում են բավական խոշոր չափսերի հրաբխային ռումբերի տեսքով արտավիժման կենտրոնի զգալի հեռավորությունների վրա:

Խարամների կառուցվածքը պորֆիրային է, որը ստեղծվում է ապակու մեջ պլագիոկլազների, բիոտիտի և պիրոքսենների առկայությամբ: Քիմիական կազմությունը տատանվում է բազալտայինից մինչև անդեզիտային (աղ.2.4), ծավալային կշիռը՝ 400-900 կգ/մ<sup>3</sup> թեթև տարատեսակների և 900-1400 կգ/մ<sup>3</sup> ավելի խիտ տարատեսակների համար:



Նկ. 2.5. Պենզաների միկրոկառուցվածքը էլեկտրոնային մանրադիտակներում.  
ա-բախանյող տիպի (Pt. C ռեպլիկա) խոշոռայունը 16000, բ-սկանային տիպի:

Ծակոտիները խարամներում, ի տարբերություն մյուս ապարների, հիմնականում կլորավուն են, վակուոլային, բջիջանման և տատանվում են մի քանի տասնյակ միկրոնից մինչև մի քանի միլիմետր և ավելի (նկ.2.3):

Հայաստանի հրաբխային տուֆերը իրենցից ներկայացնում են իրար եռակցված և բրձված մանր մասնիկներից առաջացած զանգվածներ, որոնք նստել են շիկայած և գազերով հագեցած վիճակում: Առաջացման պայմանները և հետագայում նրանց վրա ազդող բնական գործոնները, պայմանավորել են տուֆերի ծակոտկենության բնույթը՝ չափսերը, ձևը, փոխադարձ կապը և այլն: Չխորանալով տուֆերի կառուցվածքային մանրամասների մեջ, ասենք, որ նրանք ըստ իրենց գունավորվածության,

ծակոտկենություն, ամրության, լիթոլոգիայի պարունակության և այլն, բաժանվում են մի քանի տեսակի և ենթատեսակի: Այսպես, օրինակ, Մակարաշենի և Թալի-նի տուֆերը պատկանում են երևանյան տիպին: Գույնը՝ աղյուսի կարմրի մինչև սև: Սրանց մեջ բյուրեղային բաղադրիչը հասնում է մինչև 20-30% և ներկայացված է պլագիոկլազներով, բայ կանաչ պիրոքսեններով, հանքային միներալներով: Լիթոլոգիայի տեսակները հիմնային կազմի ապարներով են ներկայացված: Ապակին բշտիկավոր է, ֆլուկտուայիտն առանձնահատկություններով (ճկ.2.4):

Արթիկի և Աղավնատան տուֆերը նույնպես ունեն վիտրո-բյուրեղային-լիթոլոգիական կառուցվածք: Բյուրեղային բաղադրիչը սրանց մոտ ավելի շատ է, իսկ Արթիկի տուֆը գերազանցում է բոլորին: Սրանցում առկա են լաբրադորը, օլիգոկլազը, անորթիտը, տրիդիմիտը և այլ միներալները: Սրան բնորոշ է նաև այն, որ ապակե ֆազան համարյա ամբողջապես դեվիտրիֆիկացված է (ապակեթողմված է):

**Պենզաները** բայ մոխրագույնից մինչև սպիտակավուն, դեղնավուն և գորշ-շագանակագույն են: Ունեն ծավալային փոքր խտություն և բյուրեղային բաղադրիչը սրանց մեջ փոքր տոկոս է կազմում: Բնորոշվում են հոսքա-թելային, ֆիբրիլյար տեքստուրայով և մետաքսային փայլով:

Լիթոլոգիային պենզաները լիպարիտային կազմի ապարներից ամենից ավելի թեթև տարատեսակներն են: Սրանք փաստորեն բնության մեջ մասնակիորեն փքված պեռլիտներ են: Հանդես են գալիս խոշոր բեկորների, կարճ ազլոներատային հոսքերի, բրեքչիաների տեսքով: Սպիտակ են, բայ դեղնավուն, մոխրագույն, գորշ, կախված փքվածության աստիճանից:

Պենզաներին հատուկ է ցայտուն արտահայտված հոսքային կառուցվածքը (ճկ 2.5): Նրանց մեջ հանդիպում են օլիգոկլազի, քվարցի, եղջրախաբուսիկի ներփակումներ: Պարունակում է նաև ցիբկոն և ապատիտ: Երկբեկման ցույցիչը տատանվում է  $N=1,48-1,50$ : Ծակոտկենությունը հասնում է 50-60 և ավել տոկոսի: Ռենտգենագրամների վրա արտահայտված թույլ անդրադարձումները պատկանում են քվարցին և օլիգոկլազին:

Կատարված հետազոտությունները համոզում են, որ բոլոր հրաբխածին ապարները, անկախ պետրոգենետիկական պատկանելիությունից, կառուցվածքային առանձնահատկություններից ապակեման ապարներ են և ապակե ֆազան նրանց մեջ գերակշռողն է: Զիմիական վերլուծության տվյալները ցույց են տալիս, որ նրանք ալյումասիլիկատային կազմի են: Ըստ բյուրեղական բաղադրիչի որակի և քանակի, շիկայման կորստի ցուցանիշի (շ.կ), կարելի է եզրակացնել, որ ջուրը հիմնականում կապված է ապակե բաղադրիչի հետ:

## 2.2.2. ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԾԱԿՈՏԿԵՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Հրաբխածին ապարներին հատուկ է զարգացած ծակոտկենությունը, որի շնորհիվ նրանք օժտված են տեսակարար մեծ մակերևութով և փոքր կշռով: Սրանց ծակոտկենությունը կարևոր դեր ունի կրաշաղախի կառուցվածքի կազմավորման, խառնուրդի ջրապահանջության, շաղկապման ամրության սինթեզի, շինարարական շաղախի ֆիզիկա-տեխնիկական և այլ հատկությունների կազմավորման առումով:

Ապարների ծակոտկենությունը տարբեր է, բազմազան և պայմանավորված է ինչպես քիմիական կազմով, այնպես էլ նրանց գեներացիայով: Այսպես, օրինակ, տուֆերն ունեն մազանոթային, հաղորդվող ծակոտկենություն, որի շնորհիվ էլ բազմաթիվ տարատեսակներ ունեն ֆիլտրացիոն հատկություններ և հնուց ի վեր այդ հատ-

կությունը օգտագործվել է Հայաստանի սակավաջուր վայրերում ջուրը թորելու և խմելու ջուր ստանալու նպատակով: Տուֆերի այս հատկությունն օգտագործվել է դեռևս մ. թ. ա. I հազարամյակում ջրամբարի կառույցման ժամանակ, (նկարագրված I-զլխում):

Նյութի ծակոտկենությունը սովորաբար ընդունված է որոշել նյութի ծավալի և կշռի հարաբերությամբ  $V=G/\gamma_s\alpha$  բանաձևով, որտեղ՝

$V$  - նյութի ծավալն է,

$G$  - նյութի զանգվածը,

$\alpha=1-\gamma_s/\gamma_m$  - ծակոտիների և մազանոթների հարաբերական ծավալը:

Ծակոտկենության գնահատման եղանակներից է սնդիկայինը, աղսորբայինը, կապիլյար կոնդենսացիոնը և այլն: Մակայն այս բոլոր եղանակները գերծ չեն հայտնի սխալներից և չեն կարող լիարժեք կերպով բնութագրել նյութի ծակոտկեն կառույցվածքը: Այս եղանակներով մասնավորապես հնարավոր չէ վեր հանել նյութի փակ ծակոտկենությունը:

Լրիվ կամ մասնակի փակ ծակոտկենությամբ նյութեր են համարվում այն նյութերը, որոնցում ջրի մեջ երկար ժամանակ պահելուց հետո ծակոտիների որոշակի մասը մնում է օդով լրված՝ չի հագեցնում ջրով: Մակայն ծակոտիների ջրով ոչ լրիվ հագեցնալը կարող է ծակոտիի ոչ թե փակ լինելու, այլ կառույցվածքի պատճառով [45]: Մազանոթների (կապիլյարների) տրամագիծը տատանվում է շատ մեծ սահմաններում՝ մի քանի միլիմետրից մինչև մոլեկուլի չափսերը: Ըստ կտրվածքի փոփոխվում են ոչ միայն չափսերը, այլև ձևը: Այս բոլորից կախված փոփոխվում է նաև նրանցում կատարվող երևույթների որակը: Ընդհուպ մինչև այն աստիճան, որ որոշ մազանոթներում ջուրը չի սառչում հեղուկ ազոտի ջերմաստիճանում:

Ծակոտկենության գնահատման և ծակոտիների ձևի, չափի, որակի իրական պատկերի ստացման համար օգտագործվում են նաև մանրադիտակներ:

Մենք մեր ուսումնասիրություններում նախապատվությունը տվել ենք այս եղանակներին և կիրառել թե՛ լուսային և թե՛ էլեկտրոնային մանրադիտակները: Լուսային մանրադիտակների համար չափսերի ներքին սահմանը  $1-2 \times 10^{-4}$  մմ է, իսկ էլեկտրոնայինի համար՝ չափսերի գնահատման վերին սահմանն է; այստեղ ներքին սահմանը հասնում է անգստրեմների: Այսպիսով լուսային և էլեկտրոնային մանրադիտակների օգնությամբ հնարավոր է դառնում ուսումնասիրել ծակոտիները չափսերի և ձևի մեծ դիապազանով՝ սկսած մի քանի անգստրեմից մինչև մի քանի միլիմետր: Էլեկտրոնային միկրոսկոպիան թույլ է տալիս ուսումնասիրել ծակոտիները ապարի բնական կտրվածքում, որը գերծ է պահում հղկման և տաշման ընթացքում առաջացող երկրորդային աղավաղումներից:

Էլեկտրոնային մանրադիտակում ուսումնասիրությունները կատարվում են ինչպես թափանցող, այնպես էլ սկանային տիպի սարքերում: Թափանցող տիպի մանրադիտակներում ուսումնասիրությունները կատարվում են մեկ կամ երկաստիճանացող ռեպլիկների եղանակով:

Տուֆերի ծակոտկեն կառույցվածքի երկրաչափության գնահատումը իրականացրել ենք նյութը մոնոմերով վակուումում հագեցնելու և այնուհետև պոլիմերիզացնելու եղանակով: Հագեցված մոնոլները՝ նրանց բնական կտրվածքները ուսումնասիրվել են լուսային (անդրադարձված լույսում) և էլեկտրոնային մանրադիտակներում (նկ. 2.6): Ստացված արդյունքների վերլուծությունը ցույց տվեց, որ տուֆերում ծակոտկենությունը, նրա կառույցվածքը կազմավորված է բազմաթիվ տարբեր չափսերի և



Նկ. 2.6. ա-Պոլիմերով հագեցված տուֆի կոտրվածքը լուսային մանրադիտակում, բ-փակ ծակոտիները տուֆերում (էլեկտրոնային մանրադիտակ):

ուղղվածության միկրոմագնոթներով, որոնք տեղ-տեղ ունեն սֆերոիդալ, երբեմն իլիկանման և ձգված ձևեր: Սրանք հաղորդակցվում են, երբեմն ընդհատումներով, որ նույնպես ապայույց է այն բանի, որ սրանք պիրոկլաստիկ բեկորների, մասնիկների համակցման արդյունքում ստացված ապարներ են: Միջին հաշվով ծակոտիների չափսերը տատանվում են 0,001-ից մինչև 0,1 միկրոմետր և 200-ից մինչև 2000 անգստրեն:

Էլեկտրոնային մանրադիտակի օգնությամբ տուֆերում հայտնաբերվեցին նաև փակ ծակոտիներ՝ մեկուսացված գնդաձև փակ պոլիպլակներ, որոնք երբեմն հասնում են 1,5-2 միկրոնի: Դրանց ընդհանուր քանակը հասնում է 8-13 տոկոսի:

Էլեկտրոնային մանրադիտակի օգնությամբ որոշվել է ծակոտիների չափսերի

միջին դիսպարսիան  $0,005 < d < 2$  միկրոմետր, որոնք անհամասեռ են բաշխված և ապահովում են ապարի տեսակարար մեծ մակերևույթը: Ծակոտիների կառուցվածքը տուֆերում բազմազան է և կախված է նրանց գեներտիկական առանձնահատկություններից. արտավիժած կամ լավային տուֆերին հատուկ են ուղղված միկրոմազանոթները իլիկանման, պտտված ձևերը, որոնք արդյունք են միկրոհոսքերի, իսկ պիրոկլաստիկ, եփված տուֆերը բնորոշվում են հաղորդակցվող միկրոնեղքերով, միկրոմազանոթներով:

Հրաբխային խարամներում ծակոտիների չափերը ավելի մեծ են և հասնում են 10 և ավելի միկրոմի: Մրանց ծակոտիների ձևը, չափը, փակ ծակոտիների բացակայությունը հետևանք է հրահալույցի փոքր մածուցիկության, դյուրահալության:

Դայիտ, դայիտ-լիպարիտային կազմի պեմզաներին բնորոշ է և բաց և փակ ծակոտկենության առկայությունը: Բաց ծակոտիները քանակապես գերազանցում են և ունեն ուղղվածություն ըստ միկրոհոսքերի: Մայրական ապակե զանգվածում, մեծ խոշորացումներով հայտնաբերվում են փակ, գնդաձև մեկուսացված պղպջակային տիպի ծակոտիներ, որոնք քանակապես ավելանում են ապարի թթվայնության մեծացմանը զուգընթաց:

Այս ծակոտկենության գնահատականը, ինչպես ասվեց վերը, նպատակ ունի պատկերացնելու ապարի, նրանից ստացված ավազի տեսակարար մակերևույթը: Վերջինս անմիջականորեն կախված է ավազահատիկի չափսերից, նրա ֆրակցիոն կազմից և մեծանում է ավազի ֆրակցիոն չափի փոքրացմանը համապատասխան (աղ. 2.5):

**Աղյուսակ 2.5.**

**Հրաբխածին ապարների ավազների և նրանց առանձին ֆրակցիաների տեսակարար մակերևույթները ( $S_{տ}, մ^2/գ$ )**

Ապարի անվանումը	Ավազի հատիկաչափը, մմ-ով						
	5-2,5	2,5-1,25	1,25-0,63	0,63-0,315	0,315-0,14	0-0,14	0-0,08
	Կեսական մակերևույթը						
Կարմրաշենի խարամ	85	149	206	326	508	1541	2430
Աղավնատան տուֆ	63	98	140	250	460	1922	3100
Արթիկի տուֆ	153	170	230	327	615	2803	3760
Լիթոիդային պեմզա	87	156	213	328	612	2639	3230

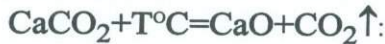
Ավազի փոքրացման, նրա տեսակարար մակերևույթի մեծացմանը զուգընթաց, որպես կանոն, մեծանում է քիմիական ակտիվությունը, այսինքն կալիումի հիդրօքսիդի հետ փոխազդեցության մեջ մտնելու, նրան կապելու ընդունակությունը:

### ԳԼՈՒԽ 3

## ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿԻՐԸ ԵՎ ՆՐԱ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Շինարարական կիրն ընդունված է ըստ իր տեսակների դասակարգել որպես 1 - օդային և 2 - հիդրավիկական:

**Օդային կիր** կոչվում է այն միացությունը, որը ստացվում է կալցիում-մագնեզիումային կարբոնատային ապարների ջերմային մշակման կամ բրժման միջոցով և սրանց մեջ կավային և սիլիկատային այլ խառնուրդների քանակությունը չի գերազանցում 6%.: Այս պրոցեսն ընթանում է հետևյալ ռեակցիայով.



Ջերմաստիճանը  $\text{T}^\circ\text{C}$  - կախված է հումքի քիմիական բաղադրությունից և կարբոնատի կառուցվածքից: Այն կարող է տատանվել 900-1200°C սահմաններում:

Կախված նրանից թե հետագայում ինչպես է վերամշակվում կամ օգտագործվում ստացված նյութը, տարբերում են կրի հետևյալ տեսակները՝ 1 – չհանգած կամ եռացող կիր, որն իրենից ընդհանրացված տեսքով ներկայացնում է կալցիումի օքսիդ -  $\text{CaO}$ , 2 – հանգած կամ հիդրատացված կրափոշի, որը ստացվում է եռացող կրի կամ կալցիումի օքսիդի ( $\text{CaO}$ ) հանգստան (կամ մարման) ճանապարհով: Այն ուղեկցվում է հետևյալ ռեակցիայով.

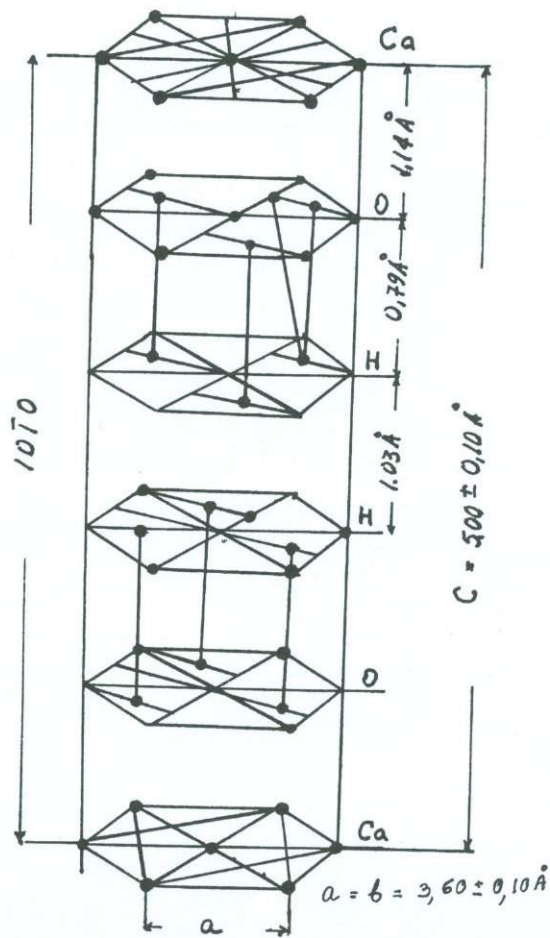


Կալցիումի հիդրօքսիդը կամ հանգած կիրը բնության մեջ հազվադեպ է հանդիպում և կրում է պորտլանդիտ անունը: Նման միացություն հանդիպել է Հյուսիսային Իռլանդիայի լառնիտ-սպյորիտային ապարների կոնտակտներում և ուղեկցվում է կալցիումի հիդրօքսիդների՝ աֆվիլիտի ( $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) ու կարբոնատի հետ: Այս միներալը նկարագրված է նաև Գերմանիայում Լաահեր լճի շրջակայքում, գնդաձև բյուրեղների տեսքով:

Իսրայելի կենտրոնական մասերում այն ասոցացվում է ֆտորապատիտի և էտրինգիտի ( $\text{Ca}_6 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26 \text{H}_2\text{O}$ ) հետ, որոնք կազմելով նուրբ երակներ, հատում են կալցիտա-սպյորիտային ապարները:

Պորտլանդիտի բյուրեղական ցանցը շերտավոր է և նման է բրուսիտի՝  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , ցանցին (նկ. 3.1): Առաջացնում է հեքսագոնային հաբիտուսի փոքր չափսերի թերթիկների տեսքով բյուրեղներ:

Արհեստականորեն ստացված բյուրեղները որոնք զարգացած են բյուրեղագիտական (0001) հիմքային հարթությամբ աղյուսածն են: Արհեստականորեն կալցիումի հիդրօքսիդ (բայի հանգսնելուց) կարելի է ստանալ նաև  $\text{CaCl}_2$  և  $\text{NaOH}$ -ի ջրային



Նկ. 3.1. Կալցիումի հիդրօքսիդի բյուրեղական ցանցը:

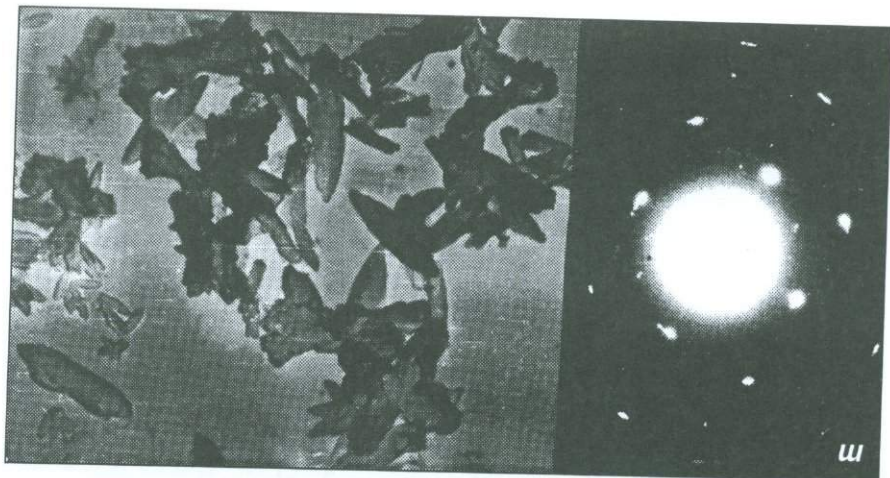
լուծույթների դանդաղ ընթացող փոխազդեցության միջոցով:

Մինչև 1960-ական թվականները Երևանի մեծ մասը կառուցվել է կրաշաղախով, որի համար հանգած կիրը ստացվում էր «Կաուչուկ» գործարանում (այժմ «Նաիրիտ» ֆիրմա): Այստեղ այն գոյանում էր ալեոլիտի արտադրությունում, որպես թափոն:

Ալեոլիտը ստացվում էր  $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$  ճանապարհով:

Կալցիումի հիդրօքսիդի մասին քիչ թե շատ մանրամասն քննարկման պատճառն այն է, որ սա ոչ միայն հուշարձաններում ամենից ավելի շատ օգտագործված կապակցանյութն է, այլև ունի խիստ որոշիչ դեր մաս ժամանակակից պորտլանդցեմենտային կապակցանյութով պատրաստված բետոնների հատկությունների և կառուցվածքի ձևավորման մեջ: Այս միացության (որը առաջանում է  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  միացության հիդրատացումից) ավելյունը կամ սակավությունը պայմանավորում են բետոնյա և երկաթբետոնյա իրերի և կոնստրուկցիաների երկարակեցությունը, նրանց այս կամ այն միջավայրերում ծառայելու նպատակահարմարությունը և այլն:

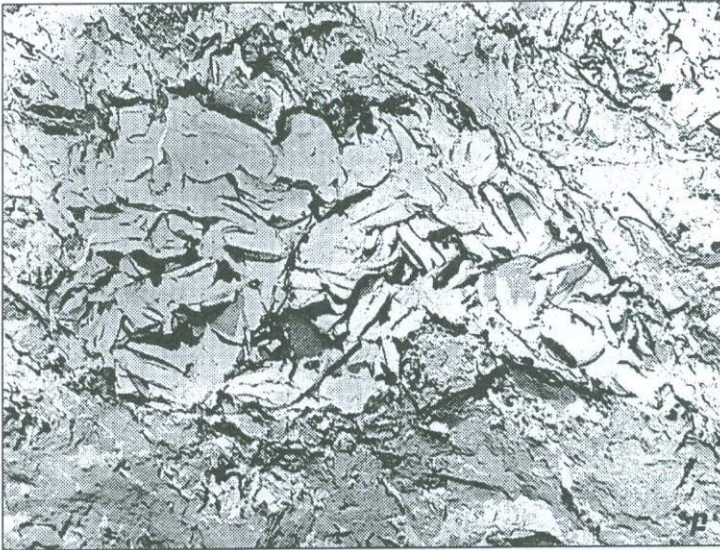
Կիրն ակտիվորեն քիմիական փոխազդեցության մեջ է մտնում հրաբխային



Նկ. 3.2. Պորտլանդիտի բյուրեղները էլեկտրոնային մանրադիտակում.  
ա-պարուրող ռեպլիկա և բյուրեղների միկրոէլեկտրոնոգրամը, բ-Pt/C ռեպլիկա:

ապարների ապակե բաղադրիչի հետ և պայմանավորում արհեստականորեն ստացվող կոնգլոմերատի միներալոգիական, ֆազային կազմի և կառուցվածքի ձևավորումը:

Դրանից բացի, բյուրեղագիտական որոշ տեղեկություններն այստեղ ավելորդ չեն, քանի որ ի տարբերություն հրաբխածին, ծակոտկեն և ապակի պարունակող ապարներից ստացված ավազներից, հաճախ պատահում են դեպքեր, երբ օգտագործված են լինում քվարցային, քվարց-դաշտաշաքարային, կարբոնատային և այլ տիպի ապարներից ստացված ավազներ, որոնք ունեն հստակ բյուրեղային կառուցվածք: Այս տիպի ավազների հետ կալսիումի հիդրօքսիդը գործնականորեն քիմիական փոխազդեցության մեջ չի մտնում, նրանց տեսակարար մակերևույթները բավա-  
կան փոքր են, սակայն, այնուամենայնիվ շաղախներն ունեն որոշակի և բավարար  
ամրություններ:



Նկ. 3.3. Կրաքարի միկրոկառուցվածքը էլեկտրոնային մանրադիտակում:  
 ա- Բնական կոտրվածքը, բ-կրաքարում երկրորդային կալցիտի բյուրեղների հարածումը  
 (Լուսաշողի սբ. Կարապետ հուշարձանի շաղախից), Pt/C ռեպլիկներ, խոշորացումը 8000<sup>×</sup>:

Այսպիսի ավազների կիրառմամբ հուշարձաններ բազմաթիվ են այն տարածքներում, որտեղ բացակայում են հրաբխածին ապարները (Կենտրոնական Ռուսաստան, Եվրոպա և այլն): Նման հուշարձան կա նաև Հայաստանում: Դա Լուսաշող ավանին մոտ 14-րդ դարի Սուրբ Կարապետ եկեղեցին է: Այն կառուցված է բացառապես կարբոնատային նյութով: Թե՛ որմնաքարերը, թե՛ շաղախների ավազները ներկայացված են տեղում, տարածված կրաքարերով (նկ. 3.3):

Այս դեպքերում, ինչպես սույն են տվել բյուրեղաքիմիական, կառուցվածքային հետազոտությունները [54], հարաճման ամրության ձեռք բերման համար (բացի հիդրօքսիդի կարբոնատի վերածվելուց) կարևոր դեր է խաղում նաև բաղադրիչների էպի-

տաքսիալ, այսինքն բյուրեղագիտական ուղղվածությամբ հարաճման երևույթը: Կալցիումի հիդրօքսիդի հագեցած լուծույթում տեղադրված քվարցի և կալցիտի միաբյուրեղների վրա կատարված հետազոտությունները, իրականացվել են ռենտգենյան ճառագայթների դիֆրակցիայի մեթոդով:

Ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ տեղի է ունենում ուղղված հարաճում ըստ հեքսագոնային պրիզմայի և հիմքային հարթության: Հարաճման ( $\overline{1010}$ ) ( $01\overline{10}$ ) հարթություններին տարված ուղղահայացների կազմած անկյունը չի գերազանցում  $10^\circ$ : Կրի բյուրեղների հետ քիմիական փոխազդեցության մեջ չմտնելու մասին է խոսում նաև այն փաստը, որ ռենտգենաֆազային եղանակով հետազոտված կրաշաղախներում մինչև մեկ տարեկան հասակը պահպանվում են ապարներում եղած միներալների ռեֆլեքսները առանց փոփոխության (լաբրադոր, օլիգոկլազ, պիրոքսեն, օլիվին, քվարց և այլն): Ամենայն հավանականությամբ այս միներալները մույնպես ընդունակ են կարգավորելու և ուղղվածություն առաջացնելու հարաճման ընթացքում:

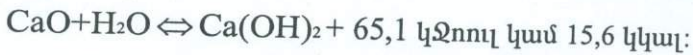
Բյուրեղների պահպանվածությունը կարող է բացատրվել նաև նրանով, որ կալցիումի հիդրօքսիդը վերածվելով կարբոնատի, այսինքն արդեն իներտ նյութի, և ծածկելով միներալի մակերեսը թույլ չի տալիս այլևայլ ազդեցիվ ազեմտների շփումը նրա հետ:

Այս հանգամանքը նպաստում է շինության երկարակեցությանը:

### 3.1. ՀԱՍՈՈՏ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԿՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՏԵՆՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

#### 3.1.1. ԿՐԻ ՀԱՆԳՑՆԵԼԸ

Օդային կրի կարևոր առանձնահատկություններից մեկն այն է, որ նրա մանրացումն ու փոշու վերածվելը կարելի է իրականացնել ոչ միայն աղայցներում, այլ նաև ջրով հանգցնելու միջոցով: Այս պրոցեսն, ինչպես հայտնի է, ուղեկցվում է ջերմության անջատմամբ՝



1 գրամնուլի համար, կամ 277 կկալորիա 1կգ  $\text{CaO}$ -ի համար: Սա բավական բարձր ջերմաստիճան է և կրի պահպանման, տեղափոխման ժամանակ այն անհրաժեշտ է պահել հերմետիկ պայմաններում:

Տեսականորեն կրի հանգցման և կրափոշու վերածելու համար անհրաժեշտ է  $\text{CaO}$ -ի զանգվածի 32,3% չափով ջուր: Սակայն գործնականորեն (ինչպես և պորտլանդյենեմետի դեպքում չի վերցվում տեսական հաշվարկին համապատասխան քանակությամբ ջուր) կախված կրի բաղադրությունից, նրա թրծվածության աստիճանից և հանգցման եղանակից, ջրի քանակությունը լինում է երկու, երբեմն նաև երեք անգամ ավել: Սա պայմանավորված է նրանով, որ մարելու ընթացքում գոլորշու մեծ քանակություն է առաջանում և ջրի որոշակի քանակություն հեռանում է:

Ջրի անբավարար լինելու հետևանքով կրի մարումը լիարժեք չի ընթանա, իսկ դա հետագայում կրեթի անցանկալի դեստրուկտիվ երևույթների: Ջրի մեծ քանակությունները մույնպես կարող են ունենալ բացասական հետևանքներ: Միջին հաշվով 1կգ կիրը հանգցնելու համար պահանջվում է մոտ 2,5 լիտր ջուր: Ջրի ավելի մեծ քա-

նակները կրային կաթ են առաջացնում: Կրի սառը ջրով հանգցնելը բավական երկար է տևում, որը հետևանք է հիդրատացված քաղանթի արագ ստեղծման և դրանով իսկ ջրի թափանցելիության փոքրացման: Այս պարագայում կիրը հանգցնելիս անհրաժեշտ է ինտենսիվորեն խառնել: Առավել արդյունավետ է հանգցման պրոցեսն իրականացնել փակ թմբուկներում բարձր ճնշումով գոլորշու միջոցով:

Մարումն ավելի լիարժեք է ընթանում  $\text{CaO}$ -ի մեծ պարունակությամբ թարմ կրի դեպքում: Կրի հանգցման ամենապրիմիտիվ եղանակներից է ձեռքով իրականացվողը: Այս դեպքում 20սմ բարձրությամբ կրի շերտը ցողվում է ջրով: Այս շերտի վրա լցվում է հաջորդ 20սմ-ոց շերտը, կրկնվում է նույնը, և այս գործողությունը կատարվում է մինչև 1-1,5մ բարձրությամբ շերտի ստացումը: Այնուհետև վերջին շերտը ծածկվում է մոտ 10-15սմ ավազի շերտով, արտաքին միջավայրից ինչ որ չափով մեկուսացնելու նպատակով:

Կրի հանգցման մասին նույն սկզբունքներն է շարադրում Թ. Թորամանյանը [55]: Թ. Թորամանյանի այս աշխատության մեջ բավական մանրամասն նկարագրված են կրաշաղախի ձեռքով պատրաստելու, շաղախելու ձևերը: Այն օգտակար կլինի հուշարձանների վերականգնման աշխատանքներն իրականացնելիս, երբ հուշարձանը վերականգնելիս մեքենայացման հնարավորությունները բացակա են:

Սակայն, ավելի նպատակահարմար է կրի մարումն իրականացնել հետևյալ, մեքենայացված տեխնոլոգիական սխեմայով՝ 1-թրծված կրի աղում, 2-հանգցնելը, 3-հանգած կրի ամբարում, 4-չմարած հատիկների մաղում և մարած կրի հետ խառնում, 5-ստացված վերջնական պրոդուկտի փաթեթավորում:

Հանգցրած կրափոշու գործարանային արտադրությունն ունի որոշ առավելություններ եռայող կրի տեղում մարելու և օգտագործելու նկատմամբ: Առավելություններից առաջնահերթն այն է, որ այս դեպքում չմարած կրի խոշոր հատիկներ չեն պահպանվում, երկրորդը՝ սա վերջնական պրոդուկտ է և ոչ կիսաֆաբրիկատ, երրորդը՝ փաթեթավորված հանգած կիրը տեղափոխելն ու չափաքանակությունները որոշելն ավելի դյուրին է, և վերջապես հանգցրած ու չորացրած կրի պահեստավորումն ու պահպանումն ավելի անվտանգ է և այն կարելի է ավելի երկար պահել:

### 3.1.2. ՀԱՆԳԱԾ ԿՐԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Չհանգած կրի օգտագործումն ունի իր որոշ առավելությունները, եթե համեմատում ենք հանգած կրի հետ: Ռուսական դասական գրականության մեջ ասվում է, որ չհանգած կրի օգտագործման ձևն առաջին անգամ առաջարկվել է Ի.Վ.Սիմոնովի և այնուհետև Բ.Վ.Օսինի [56] կողմից: Սակայն, Թ. Թորամանյանի աշխատության մեջ նկարագրված է չհանգած կրից շաղախ ստանալու տեխնոլոգիան, որը հավանաբար բազմիցս օգտագործվել է հնում: Ըստ Թ. Թորամանյանի ջրալից տաշտի մեջ ընկղմելով մարում և նույն տաշտի մեջ անմիջապես ավազը խառնելով շաղախ էին պատրաստում:

Շաղախի պատրաստման այս սկզբունքը կիրառում են Բալկանյան երկրներում և այս շաղախը դեռևս չսառած, լցնում են պատի մեջ: Այս ձևով պատրաստված և տեղադրված շաղախը բնականաբար ավելի արագ պետք է ձեռք բերի ամրությունը, քանի որ այն ընթանում է մարման ժամանակ անջատվող ջերմության պայմաններում:

Հրաբխածին ապարների և նրանցից առաջացած ավազների օգտագործման դեպքում անջատվող ջերմությունը նպաստում է նաև քիմիական փոխազդեցությունների ընթացքին, այսինքն ինտենսիվանում է մոնոլիտացման պրոցեսը:

Չհանգած կրի օգտագործման ժամանակ անհրաժեշտ է դառնում ջերմության անջատման ինտենսիվության նվազեցումը, որն իրականացվում է կամ սառեցման կամ հավելանյութերի միջոցով: Բոլոր դեպքերում եռայող կրի օգտագործումը հիդրատային ամրացման ժամանակ ապահովում է ավելի մեծ ամրությունների ստացումը, քան նախօրոք հանգրված կրի դեպքում: Այս խնդիրը դառնում է կարևոր, այն դեպքերում, երբ գործ ունենք վերականգնման աշխատանքների հետ և անհրաժեշտ է ստանալ հուշարձանում արդեն եղած, հարյուրամյակների ընթացքում որոշակի ամրություն ձեռք բերած մայրական շաղախների ամրությանը մոտ ամրություն ստանալու հիմնախնդրի հետ:

Այս կապակցությամբ կարելի է բերել տվյալներ, որ ստացվել են Յու. Ա. Բարշեվսկու [56] կողմից և շարադրված են իր «Բարձր ամրության շինարարական շաղախներ աղացած չհանգած կրի հիման վրա» թեկնածուական ատենախոսության մեջ:

Ըստ նրա կրի զանգվածի 3% գիպսի, ջրակրային 0,8 հարաբերության դեպքում, օդային պայմաններում 28-օրական հասակում շաղախներն ունեցել են հետևյալ ամրությունները՝

շաղախի կազմը	1:0	1:1	1:2	1:3
սեղման ամրության սահմանը ՄՊա	4,35	3,96	4,95	5,84

Ավազը քվարցային է: Կրի տեխնոլոգիական հատկություններն ըստ 1174-51 ստանդարտի եղել են՝

$CaO+MgO$  պարունակությունը չորացած նյութում – 85,5%

Լկզ կրից ստացվող կրային խմորի քանակը – 2,9լ

չմարած կրի հատիկների պարունակությունը – 0,5%

մարման արագությունը – 20 րոպե

Այսինքն, ըստ սահմանված դասակարգման կիրը եղել է I տեսակի:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ չհանգած կրի օգտագործման դեպքում շաղախների ֆիզիկա-տեխնիկական ցուցանիշները գերազանցում են մարած կրով պատրաստված շաղախների ցուցանիշներին: Մասնավորապես, որ շատ կարևոր է, ծավալային կծկումները Ջուր:կիր=1:1 հարաբերության դեպքում, մեկ անսական մոշններում, եթե հանգած կրով պատրաստված շաղախի համար կազմում է 14%, ապա եռայող կրի դեպքում այն կազմում է 6%:

Լ. Ա. Չախարովը [57] չհանգած կրի և տարբեր ապարների համատեղ և անջատ աղացման միջոցով ստացել է կապակցանյութեր (փույտլոնային ցեմենտներ) և որոշել է աղացման ազդեցությունը շաղախների ամրության վրա: Բացի դրանից, նա ստացել է տվյալներ կապակցանյութի պահեստավորման ժամկետների շաղախների ամրությունների վրա ազդեցության մասին: Յույց է տրված, որ ստացված կապակցանյութը նպատակահարմար է օգտագործել այն ստանալուց 7-10 օրվա ընթացքում: Աշխատության մեջ բերված են մանրամասն տվյալներ տարբեր ապարներով և տարբեր հարաբերություններով ստացված կապակցանյութերով պատրաստված շաղախների ֆիզիկա-մեխանիկական, տեխնոլոգիական ցուցանիշները:

Ամենից բարձր ամրություններ (28-օրական հասակում) ստացվում են երևանյան տուֆի և Անիի տուֆի օգտագործմամբ շաղախների դեպքում (մինչև 23,0 ՄՊա): Գրանիտի և բազալտի դեպքում՝ այդ ցուցանիշները չեն գերազանցում 5.5 ՄՊա:

Այսպիսով, ինչպես հանդգվում ենք, կրի օգտագործման ձևերը բազմազան են, իսկ չհանգած կրի օգտագործման դեպքում ստացվում են ֆիզիկատեխնիկական

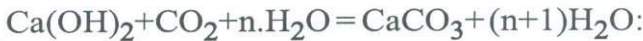
հատկությունների ակնառու առավելություններ:

Բոլոր դեպքերում, կախված հուշարձանում օգտագործված շաղախների բաղադրություններից և ֆիզիկա-մեխանիկական ցուցանիշներից, անհրաժեշտ է կրի, ավազի և ջրի տվյալ տեսակի համար կատարել սկզբնական փորձարկումներ, և ընտրել այնպիսի նյութեր ու ռեժիմներ, որ ստացվեն հուշարձաններում օգտագործվածներին ամենամոտ ցուցանիշները:

### 3.1.3. ԿՐԻ ԱՄՐԱՑՈՒՄԸ

Կախված կրի տեսակից և ամրացման պայմաններից տարբերում են ամրացման երեք տիպեր՝ կարբոնատային, հիդրատային և հիդրոսիլիկատային:

Կրաշաղախների կամ կրաբետոնների, որոնք պատրաստված են հանգյրած կրով, կարբոնատային ամրացումը սովորական ջերմաստիճանների պայմաններում ընթանում են երկու երևույթների միաժամանակյա ազդեցության ներքո: Երևույթներից մեկը՝ մեխանիկորեն կապված կամ խառնված ջրի հեռացման ու լուծույթի խտության մեծացման հետևանքով կալցիումի հիդրօքսիդի բյուրեղների առաջացման, և երկրորդը՝ կալցիումի հիդրօքսիդի, ըստ հայտնի ռեակցիայի կալցիումի կարբոնատի վերածման՝



Կալցիումի հիդրօքսիդի բյուրեղացումն ընթանում է բավական դանդաղ: Լուծույթում  $\text{Ca(OH)}_2$  բյուրեղները հարածում են միմյանց հետ, առաջացնում են կրային ցանց, որոնք պատում են ավազահատիկները: Կալցիումի կարբոնատի առաջացումն ընթանում է բավական ինտենսիվ, սակայն դրա համար պահանջվում է խոնավ միջավայր: Ամենից ավելի նպաստավոր պայմանը օդի 75% և հարաբերական խոնավությունն է: Մակերևույթին առաջացած կարբոնատային շերտը արգելում կամ դանդաղեցնում է  $\text{CO}_2$ -ի ավելի խոր շերտեր ներթափանցումը:

Կալցիումի հիդրօքսիդի բյուրեղացումը ընթանում է ջրի հեռացմանը զուգահեռ և այս պատճառով անհրաժեշտ է ունենալ դրական ջերմաստիճաններ և միջավայրի ցածր խոնավություն: Կարբոնիզացման համար ամենանպաստավոր խոնավությունը 75% է: Կրաշաղախների սկզբնական ամրությունները ցածր են 5-10 կգ/սմ<sup>2</sup>: Մի քանի տասնամյակ հետո այն աճում է մինչև 50-70 կգ/սմ<sup>2</sup>: Արհեստականորեն կարբոնիզացման դեպքում կարելի է ստանալ բարձր՝ 300-400 կգ/սմ<sup>2</sup> ամրություններ: Երբ օգտագործվում է չհանգած կիր, ապա այս պրոցեսները ընթանում են միաժամանակ, այսինքն մարումը, հիդրօքսիդի առաջացումը և վերջինիս բյուրեղացումն ու կարբոնացումը:

Կիր-ավազային խառնուրդների ամրացման մյուս տեսակը դա հիդրոսիլիկատայինն է, որի դեպքում օգտագործվում են ավտոկլավներ, այսինքն պրոցեսն ընթանում է բարձր ճնշումների (6-8 մթնոլորտ) և ջերմաստիճանների ( $\approx 175^\circ\text{C}$ ) պայմաններում:

### 3.2. ՀԻՊՐԱՎԼԻԿԱԿԱՆ ԿԻՐ

Օդային կապակցանյութերից հիդրավիկական կիրը տարբերվում է նրանով, որ օդային պայմաններում սկզբնական ամրության ձեռք բերելուց հետո այն շարունակում է ամրանալ նաև ջրային միջավայրում:

Հիդրավիկական կրի այս հատկությունները պայմանավորված են հումքի բաղադրությամբ:

Որպես հիդրավիկական կրի հումք են հանդիսանում այն կրաքարերը կամ դոլմիտները, որոնցում որպես բնական խառնուրդ առկա են կավերը:

Լինելով նստվածքային ծագման ապարներ, բացառված չէ նաև քվարցային ավազների որոշ պարունակություններ:

Հիդրավիկական կրի ստացման համար հումքի բաղադրության մանրագնին ուսումնասիրությանն անհրաժեշտ է, քանի որ դրանք չեն մանրացվում և այնուհետև խառնվում: Հետևաբար բաղադրությունների ճշգրտումները դառնում են անհնար:

Հումքի քիմիական բաղադրությունը բնորոշելու համար սովորաբար օգտվում են հիդրավիկական կամ հիմնային մոդուլ հասկացողությամբ, որն արտահայտվում է բաղադրիչների հետևյալ հարաբերությամբ՝

$$m = \frac{\text{CaO \%}}{(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)\%},$$

Սովորաբար այս ցուցանիշը տատանվում է 1,7-9 սահմաններում:

Այս հարաբերությունը իր հերթին պայմանավորված է նրանով, որ հիդրավիկական կրի արտադրության համար օգտագործվում են 6-20% կավային խառնուրդներ պարունակող կրաքարերը:

Կավային բաղադրիչի քանակությունից կախված տարբերվում են բարձր և ցածր հիդրավիկության կրեր:

Հիդրավիկական կրի արտադրությունը (ստացումը) կայանում է հումքի թրծման և այնուհետև թրծված նյութի աղացման կամ հանգցման մեջ:

Սովորաբար հիդրավիկական կրի թրծումը իրականացվում է 900-1100°C-ի պայմաններում:

Թրծման ընթացքում կալցիումի օքսիդի մի մասը կապվում է կավի բաղադրիչների հետ, առաջացնելով  $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  և  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  տիպի միացություններ:

Կալցիումի օքսիդի մնացած մասը մնում է ազատ վիճակում և ստացված խառնուրդը մարելու ժամանակ վեր է ածվում արդեն հայտնի (օդային կրից) կալցիումի հիդրօքսիդի  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ :

Անհրաժեշտ է նշել որ այսպիսի համակարգում հանգցնելու ընդունակություն ունի միայն  $\text{CaO}$ -ն, իսկ սիլիկատային, ալյումինատային և ֆերիտային միացությունները ամրանում են հիդրավիկական ճանապարհով:

Կրի հիդրադրավիկորեն ակտիվ մասը բնութագրելու համար օգտվում են հիդրավիկական մոդուլի հետևյալ բանաձևով, որտեղ հաշվի են առնվում ազատ, այսինքն չկապված կրի և սիլիկատների քանակությունները՝

$$m = \frac{\% \text{ CaO ընդհ.} - \% \text{ CaO ազատ}}{\% (\text{SiO}_2 \text{ ընդհ.} - \text{SiO}_2 \text{ ազատ}) + \% \text{ Al}_2\text{O}_3 + \% \text{ Fe}_2\text{O}_3},$$

Հիդրավլիկական կիրը դժվար է հանգչում այն պատճառով, որ իր մեջ պարունակում է չմարվող միացությունների զգալի քանակություններ:

Հիդրավլիկական կիրը մարելու համար տեսականորեն պահանջվում է ըստ զանգվածի 7-17 % ջուր, սակայն գործնականում դա բավարար չէ և ջուրը տրվում է մոտ 1,5 անգամ ավելի մեծ քանակությամբ:

Հիդրավլիկական կիրը օդային կրիչ ավելի ամուր է: Սեղման ամրությունը 28 օրական հասակում (7 օր օդային խոնավ և 21 օր ջրում ամրանալուց հետո) պետք է լինի մոտ 2-5 ՄՊա:

Սկզբունքորեն հիդրավլիկական կիրը պորտլանդցեմենտի նախատիպ է: Տարբերությունն այն է, որ պորտլանդցեմենտի արտադրության համար կրային և ալյումասիլիկատային բաղադրիչների քանակական հարաբերությունները պետք է բավարարեն որոշակի, խիստ ընտրված չափաքանակների, իսկ թրծման ջերմաստիճանը 1450°C է:

Հայաստանի հուշարձաններում հիդրավլիկական կրի օգտագործումը թերևս հազվագյուտ է, սակայն անհրաժեշտության դեպքում այն նույնպես կարելի է օգտագործել վերականգնման աշխատանքներում:

## 4. ՀՐԱԲԽԱԾԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՆՐԱ ՈՐՈՇՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿԸ

### 4.1. ՀՐԱԲԽԱԾԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ

Քիմիական ակտիվության ցուցաբերումը սերտորեն կապված է ապարների ապակեֆազի միկրոկառուցվածքային առանձնահատկությունների հետ:

Ունենալով ալյումասիլիկատային, ալկալային կազմ, այս ապակիները ենթարկվում են ապակու կառուցվածքի օրինաչափություններին: Լինելով գերսառեցված հալույքներ, սրանք մածուցիկության մեծացման հետևանքով օժտված են պինդ մարմինների մեխանիկական հատկություններով և բնորոշվում են ամորֆ վիճակով այնպես, ինչպես և բոլոր ապակեման գյուրերը: Ապակեմանից հեղուկ վիճակին անցնելը հետադարձ բնույթ ունի:

Հրաբխային ապակու կառուցվածքի ձևավորումը սկսվում է դեռևս նախքան մագմատիկ հրահալույքի արտավիժումը և շարունակվում է նրա արտավիժման և սառեցման ընթացքում:

Կառուցվածքի ձևավորման համար կարևոր նշանակություն ունի հալույքի մածուցիկությունը, որը կախված է բազմաթիվ գործոններից՝ և առաջին հերթին, հալույքի քիմիական բաղադրությունից:

Սիլիկահողի ( $\text{SiO}_2$ ) պարունակության նվազեցման պայմաններում սիլիկատային հալույքի մածուցիկությունը փոքրանում է: Ալկալային և ալկալահողային մետաղների օքսիդները քայքայում են սիլիկաթթվածնային ցանցերը: Դիսկրետ անիոնների տեսության համաձայն [46,47], սիլիկատային հալույքում իոնները բաժանվում են երկու խմբի՝ 1 -K, Na, Ca, Mg և 2 -Si, AL: Առաջին խմբի իոնները օժտված են շարժունակությամբ իսկ երկրորդ խմբինը առաջացնում են խոշոր դժվարաշարժ թթվածնային կոմպլեքսներ: Դրա համար էլ առաջին խմբի իոնների դիֆուզիայի գործակիցը մի կարգով բարձր է երկրորդինից:

Հրաբխածին ապարների և ապակիների քիմիական կազմը հիմնականում բավական հաստատուն է: Սակայն, ինչպես ցույց են տվել էլեկտրոնային միկրոզոնդի եղանակով կատարված հետազոտության արդյունքները, կատիոնները նրանցում ունեն անհամասեռ բաշխվածություն:

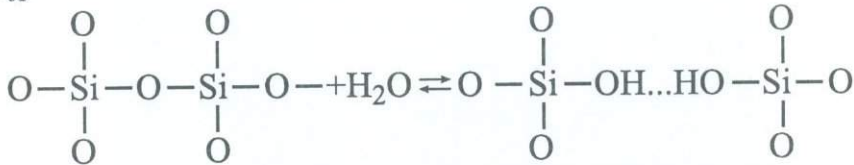
Միջին կազմից շեղումները, ըստ առումների տեսակների և նրանց քիմիական կապերի, պայմանավորված են լիկվացիայով, այսինքն հրահալույքում չխառնվող

հեղուկ ֆազերի առկայությամբ, որն էլ առաջացնում է ապակու մեջ քիմիական բնույթի անհամասեռություններ: (նկ.4.1. ա)

Լիկվայիայի երևույթները հատուկ են ապակեման վիճակին: Ինչպես ցույց է տրված [48] կատիոնների տեղակալումը, որը տեղի է ունենում մագմատիկ օջախում և արտավիժման ընթացքում, նույնպես նպաստում է ապակու կմախքում միկրոանհամասեռությունների առաջացմանը: Տեղակալվելով, կատիոնները տեղաշարժվում են ցանցում, և սա իր հերթին առաջացնում է լարվածություններ անմիջապես  $\text{SiO}_4^-$  տետրաէդրերում: Երկու տետրաէդրերի համար ընդհանուր թթվածինը, բարձր ջերմաստիճանների, ճնշման և ջրի առկայության պայմաններում գտնվում է առավել լարված վիճակում և նրա վրա ազդում են ջրածնի իոնները ( $\text{H}^+$ ), որոնք առաջանում են ջրի դիսոցումից: Ջրածնի շարժունակությունը հալոցքում շատ մեծ է: Քվարցային ապակու մեջ ջրածնի լուծելիությունը առաջացնում է հիդրօքսիդ խմբեր [49]:  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$  համակարգում,  $1400^\circ\text{C}$ -ի պայմաններում ջրածնի դիֆֆուզիան մեկ կարգով բարձր է, քան  $\text{Al}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Si}$  իոններինը [32,46]:

Սակայն  $\text{OH}^-$  խումբը այդպիսի արագությանը տեղաշարժվել չի կարող, այդ իսկ պատճառով պետք է ենթադրել, որ ջրածինը տեղաշարժվում է պրոտոնի ձևով:

Այս երևույթի արդյունքում  $\text{Si}_2\text{O}_7$  օքտաէդրի ընդհանուր թթվածինը, ըստ հայտնի միտմանի՝



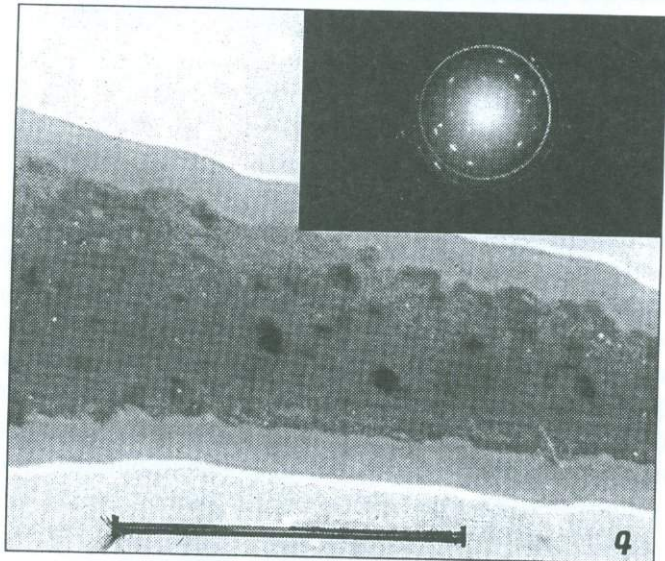
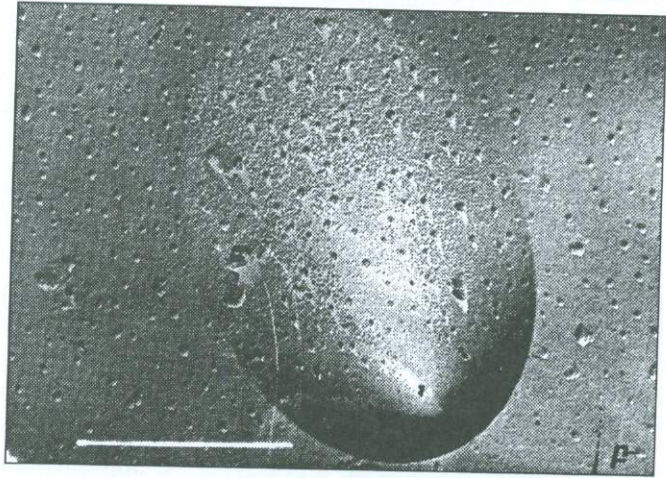
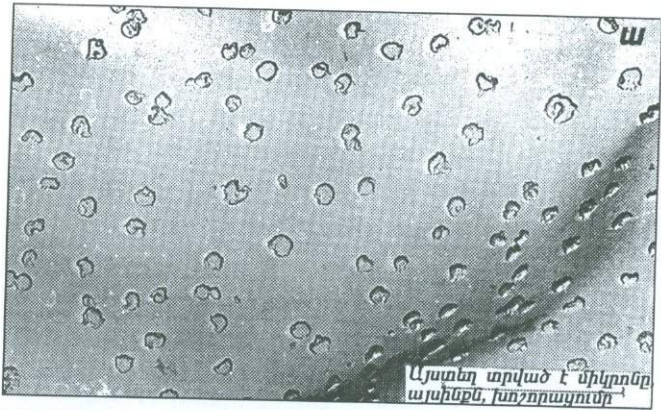
վեր է ածվում հիդրօքսիդի, առաջացնելով  $(\text{O}_3\text{SiOH})^{3-}$  տիպի անիոններ:

Հետազոտողներից շատերը նշում են  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$  և մոլեկուլյար ջրի առկայությունը հրաբխային ապակիներում: Համաձայն [45], ջուրը պինդ ապակու մեջ է մտնում  $\text{OH}^-$  և մոլեկուլյար ձևով և  $\text{OH}^-$  խումբը ջրածնային կապով կապվում է ոչ թե ջրի մոլեկուլի հետ, այլ մոտակա ալյումասիլիկատթթվածնային տետրաէդրի թթվածնի հետ:

Հիդրօքսիդ խմբերը  $\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{Si}\equiv$  համակարգում առաջացնում են տատանման էներգիայի փոփոխություններ և դրա հետևանքով լարված մոլեկուլյար խմբավորումներ ապակու ցանցում: Դ. Բրեքը [50] նշում է, որ սիլիցիումի ալյումինով տեղակալվելու դեպքում առաջանում են լարումներ և բացասական լիցքի ավելցուկ, որի չեզոքացման համար անհրաժեշտ են լրացուցիչ դրական լիցքեր (ալկալային կամ հողալկալային մետաղների իոններ):

Այս երևույթների հետևանքով առաջացած միկրոանհամասեռությունները վերաբերվում են քիմիական տիպին [26]:

Հրաբխային ապակիներում, որոնք ռենտգենամորֆ են, հայտնաբերված են մի այլ տիպի անհամասեռություններ՝ միկրոանհամասեռություններ, որոնք ունեն կառուցվածքային բնույթ [35]: Այս ռենտգենամորֆ ապակիներում գոյություն ունեն փոքր, լոկալացված, երկրաչափորեն կարգավորված մարզեր (150 - 400 անգստրեմ), որոնցից ստացվում են վերձանման ենթակա միկրոդիֆրակցիոն պատկերներ (նկ.4.1): Կարգավորված այս մարզերը կարելի է դիտարկել որպես միներալային մո-



Նկ. 4.1. Հրաբխային ապակու միկրոկառուցվածքը էլեկտրոնային մանրադիտակում. ա-լիկվապիոն առաջացումներ, բ-փակ ծակոտիներ, գ-կառուցվածքային անհամասեռություններ (բարակեցված նմուշը և նրա միկրոէլեկտրոնոգրամը):

տիվներ, որոնցից կազմավորված է ապակու կմախքը, ցանցը: Արագ և կտրուկ սառեցման կամ բյուրեղացման պայմանների փոփոխման հետևանքով դադարում է բյուրեղի աճը և բյուրեղի սաղը մնում է որպես կարգավորված մարգ ամորֆ ապակու կազմի մեջ: Սրանք էլ հենց առաջացնում են կառուցվածքային բնույթի միկրոանհամասեռություններ (նկ. 4.1գ):

Միկրոանհամասեռությունների մյուս տեսակը ստեղծվում է միկրոծակոտկեն կառուցվածքի շնորհիվ, որը խախտում է նյութի մեխանիկական համատարածության, համասեռության պայմանը (նկ. 4.1. բ):

Այսպիսով, կարելի է որոշակիորեն ասել, որ մագմատիկ հալոցքի արտավիժման պայմանները, ջերմային անցյալը և քիմիական բաղադրությունը կանխորոշում են հրաբխային ապակու անհամասեռությունը: Այս անհամասեռությունները և նրանց անցման սահմանները վեր են ածվում լարվածության կուտակումների կենտրոնների՝ պայմանավորելով ապարի ապակե ֆազայի քիմիական ակտիվությունը ինչպես դիսոլուկայիոն ղեֆեկտները բյուրեղային նյութերում:

Կիրավագային շաղախներում կալցիումի ակտիվ իոնները անմիջականորեն շփվելով ապարի հետ, որի կազմում կան  $(\text{SiO}_3\text{OH})^{3-}$ ,  $[\text{O}_2\text{Si}(\text{OH})_2]^{2-}$  տիպի անիոններ, հեշտությամբ դրանց կապում են իրենց ջրածնային կապի միջոցով: Այդպիսի միացության արդյունքում առաջացող հիդրոսիլիկատի օրինակ կարող է ծառայել աֆվիլիտը՝  $\text{Ca}(\text{HSiO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  [51]:

Հրաբխային ապակու և կրի միջև տեղի ունեցող փոխազդեցությունների մասին պատկերացում կազմելու նպատակով կատարվել են ուսումնասիրություններ էլեկտրոնային մանրադիտակի օգնությամբ [53]:

Կալցիումի հիդրօքսիդի խիտ լուծույթում երկար ժամանակ պահված օքսիդիանի և 20 տարեկան բետոնից հանված օքսիդիանի միկրոտոպոգրաֆիական ուսումնասիրությունը ցույց տվեց, որ նրանց մակերևույթը ամբողջապես ծածկված էր խաժատման փոսիկներով, իսկ որոշ տեղերում դրանք մորֆոլոգիապես համապատասխանում էին տրեբերմորիտային խմբի միներալներին: Էլեկտրոնոգրաֆիական ուսումնասիրությունը թույլ տվեց այդ համակարգերի կոնտակտներում հայտնաբերել  $\text{C}_2\text{SH}$ , քստնուլիտ, աֆվիլիտ, տրեբերմորիտ, իսկ հիդրաալյումինատներից՝  $\text{C}_3\text{AH}_6$  տեսակի միացություններ: Այսպիսով, համոզվում ենք, որ հրաբխածին ապարների քիմիական ակտիվությունը կապված է նրանց ապակե բաղադրիչի, նրա կառուցվածքի հետ, որը կանխորոշվում է այն հրահալոցքի վիճակով, որից նրանք առաջացել են:

## 4.2. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՔԱՆԱԿԱԿԱՆ ԱՐԺԵՔ

Ապարների քիմիական ակտիվությունը, ինչպես համոզվեցինք, պայմանավորված է քիմիական և ֆազային կազմով, ծակոտկենությամբ և այլն, որոնք կախված են նրանց գենետիկական, պետրոքիմիական առանձնահատկություններից:

Շինարարական աշխատանքներում, թե բետոններում և թե շաղախներում օգտագործվող ապարի, նրանից ստացված ավազի քիմիական ակտիվությունը անհրաժեշտ է հաշվի առնել ղեռնս կազմը ընտրելու փուլում, բնական է նախօրոք իմանալով տվյալ նյութի ակտիվության քանակական արժեքը:

Քիմիական ակտիվության քանակական արժեքի իմացությունը հնարավորություն է տալիս տարբեր նշանակության բետոնների, երկաթբետոնյա իրերի, այս կամ այն պայմաններում շահագործելու երկարակեցությունը կանխորոշելու առումով:

Օրինակ, գործարանային պայմաններում արտադրվող երկաթբետոնյա կոնստրուկցիաների հուսալիության և երկարակեցության՝ պողպատյա ամրանի պասիվ վիճակի ապահովման համար անհրաժեշտ է հիմնային միջավայր, այսինքն բետոնի pH-ի որոշակի արժեք, որն ապահովվում է կալցիումի հիդրօքսիդի քանակությամբ: Մեր շաղախներում այս մեծության իմացությունը հնարավորություն կտա կատարել բնական ծակոտներ ապարներից ստացված ավազների ճիշտ ընտրություն՝ համապատասխան անհրաժեշտ ամրություն ստանալու համար:

Քիմիական ակտիվության մեծության չափման համար գոյություն ունեցող այն եղանակները, որոնք արագացված չափումներ անելու հավակնությունն ունեն, գերծչին որոշակի թերություններից, որն էլ հնարավորություն չի տալիս ստանալ ճշմարտացի տվյալներ [51]: Դասական եղանակով այս մեծության որոշումը երկարատև է (30 օր):

Գոյություն ունեցող արագացված եղանակների անընդունելի լինելու պատճառով, ՀՀ Պետշինի շինարարության և ճարտարապետության ԳՀ ինստիտուտում մշակվեց մի այլ եղանակ, որի համաձայն սկզբում որոշվում են ապարի մեջ ռեակտիվային մեջ մտնելու ունակ  $\text{SiO}_2$  և  $\text{AL}_2\text{O}_3$ -ի քանակությունները, որից հետո չափվում է կալցիումի օքսիդի այն քանակությունը, որ կապվում է ապարի կողմից [52]:

Այս եղանակը սկզբունքորեն տարբերվում է մյուս գոյություն ունեցողներից նրանով, որ սա հիմնված չէ կալցիումի հիդրօքսիդի լուծույթի կոնցենտրացիայի փոփոխման վրա, այլ քիմիական եղանակով չափվում է  $\text{SiO}_2$  և  $\text{AL}_2\text{O}_3$  այն քանակությունը, որն անցել է լուծույթ:

Որպես ապարի բնութագիր ընդունված է ակտիվության այն մեծությունը, որը ստացվում է 0-0,14 մմ ֆրակցիայի համար, ընդ որում, հարկավոր է նշել, որ այն եղանակով կարելի է որոշել ավազի ուգած ֆրակցիայի ակտիվության չափը:

Չխորանալով այս եղանակի մանրամասների մեջ, բերենք, ակտիվության չափն արտահայտող բանաձևը.

$$A = \frac{1.17(a+a') + 1.65b}{g}$$

A – ակտիվությունն է, մգ CaO/g ավազի,

a –  $\text{SiO}_2$ -ի քանակը, մգ-ով,

a' – նույնը, «դատարկ» փորձի համար,

b –  $\text{AL}_2\text{O}_3$ -ի քանակը, մգ-ով,

g – վերըրած նմուշի քանակը, գ-ով,

Գործակիցները՝ 1,17 -  $\text{SiO}_2$ -ի և 1,65  $\text{AL}_2\text{O}_3$ -ի համար ստացված են էմպիրիկ ճանապարհով, բազմաթիվ կիրավագային ամրացած խառնուրդների միներալոգիական հետազոտությունների հիման վրա, որոնք իրականացվել են թերմոգրաֆիական, ռենտգենոգրաֆիական, էլեկտրոնոգրաֆիական, պետրոգրաֆիական եղանակների միջոցով:

Այս եղանակի առավելություններից մեկն էլ այն է, որ հնարավորություն է ընձեռում ավազի ակտիվության լրիվ որոշումը, քանի որ փորձը կատարվում է կրի ավելյուկի պայմաններում, որի շնորհիվ միշտ ապահովված է լինում  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ի լուծույթի հագեցվածությունը:

Ակտիվության համար, ինչպես վերը նշվեց, որոշակի նշանակություն ունի ավազ-

ների տեսակարար մակերևույթը, որը պայմանավորված է ապարի բնույթով՝ նրա ծակոտկեն կառույվածքով: Այս եղանակով տարբեր ապարների ավազների ակտիվության չափման արդյունքները բերված են աղյուսակում (աղ. 4.1.):

Աղյուսակ 4.1

**Ավազների ակտիվության որոշման արդյունքները**

Ավազներ	Ֆրակցիաների չափսերը մմ, $S_m$ սմ <sup>2</sup> /գ, A մգ CaO/գ					
	0-5		0-0.14		0-0,08	
	$S_m$	A	$S_m$	A	$S_m$	A
Պեմզա	1100	51,0	2650	82,0	3198	155,0
Տուֆ	650	42,0	1932	80,0	3000	152,0
Հրնբխ. խարամ	680	29,3	1540	41,2	2450	67,2

ինչպես երևում է աղյուսակում բերված տվյալներից, տեսակարար մակերևույթի մեծացմանը համընթաց մեծանում է նաև ակտիվության արժեքը: Բայցի դրանից, համոզվում ենք, որ տարբեր ապարներ ունեն տարբեր ակտիվություն և այն մեծանում է դեպի թթու կազմի ապարները (պեմզաներ): Ամենացածր ակտիվությունը ցույցաբերում են հիմնային կազմի ապարները, որ կապված են, անշուշտ, նրանցում SiO<sub>2</sub>-ի պարունակության հետ:

Բայցի սրանից, ակտիվության մեծությունը չափված է նաև 28 օրվա ընթացքում նորմալ պայմաններում ամրացած կիրավազային խարնուրդներում, (աղ. 4.2):

Աղյուսակ 4.2

**Ավազների ակտիվությունը, որոշված 28 օրական խառնուրդների մնուշներում:**

Ավազ	Տեսակարար մակ. $S_m$ սմ <sup>2</sup> /գ	A մգ CaO/գ
Պեմզա	2240	46,0
Տուֆ	1520	34,0
Հրաբխ. խարամ	1550	20,0

Կատարված չափումները թույլ են տալիս ավազները դասակարգել ըստ նրանց քիմիական ակտիվության, որը շատ կարևոր է շաղախների, ինչպես նաև բետոնների կազմի ընտրության համար:

Ավազների նկատմամբ այսպիսի մոտեցումը, այսինքն նրանց ընտրությունը ըստ քիմիական ակտիվության իրականացնելը հնարավորություն կտա ստանալ շաղախներ անհրաժեշտ (կանխորոշված) հատկություններով: Բարձր ամրություններ ստանալու համար նախընտրելի են բարձր ակտիվություն ունեցող ավազները:

**4.3. ՀՐԱԲԽԱԾԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԵՎ ԿԱԼՏԻՈՒՄԻ ՀԻՂՐՕՔՍԻԴԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԻՑ ԱՌԱՋԱՑԱԾ ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

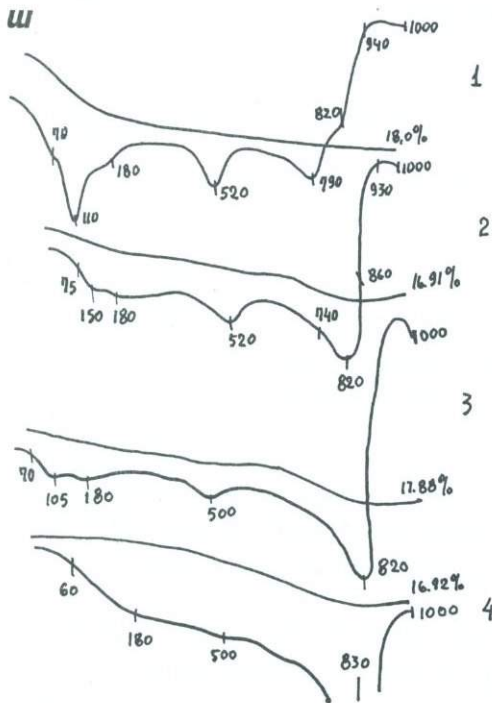
Ինչպես վերը ասվեց, հրաբխածին ապարները օժտված են քիմիական ակտիվությամբ և կրի հետ փոխազդեցության մեջ մտնելու հետևանքով առաջանում են միա-

ցություններ՝ սիլիցիումի և ալյումինիումի կալիտմային հիդրոսիլիկատներ, որոնք էլ ապահովում են կրաշաղախների կապակցումը և ամրությունը: Այս փոխազդեցությունները տարբեր ապարների հետ ընթանում են տարբեր ինտենսիվությամբ, որը պայմանավորված է քիմիական ակտիվության մեծության տարբերությամբ:

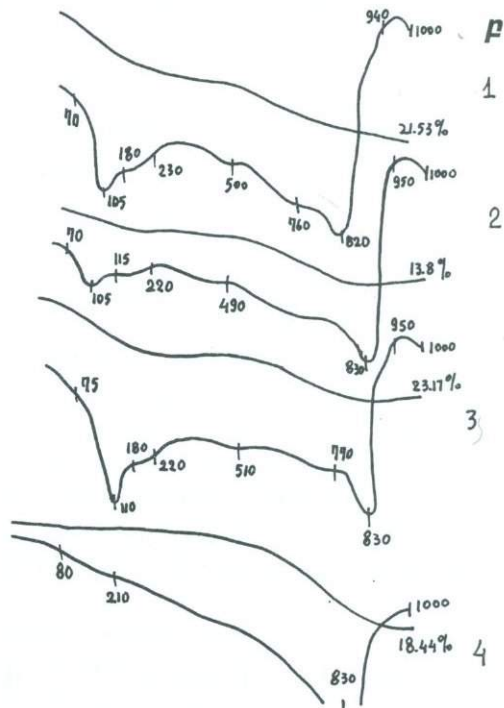
Օգտագործված ապարի տեսակի կախված նորագոյացումների քանակական և որակական գնահատման նպատակով կատարվել են մանրացված ապարի և կրի ամրացած շաղախների հետազոտություններ: Ավազի և կրի հարաբերությունը ընդունվել է 3:1, իսկ խառնուրդը ամրացել է օդային-խոնավ պայմաններում մեկ տարվա ընթացքում: Համեմատության և ամրացման արագացման նպատակով խառնուրդները ենթարկվել են նաև 6-ժամյա շոգեմշակման՝ 90-95°C-ի ռեժիմով:

Հետազոտությունները կատարվել են ուսումնասիրման ֆիզիկա-քիմիական եղանակների համակարգի օգնությամբ:

Նախօրոք, այսպես կոչված, «Ֆլորենտյան» եղանակով որոշվել են ապարների ռեակտիվայի մեջ մտնելու ընդունակ բաղադրիչները (աղ. 4.3): Որոշվել են  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  և  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ի այն քանակությունները, որոնք կարծրացած խառնուրդից անցնում են  $d=1,12$  գ/սմ<sup>3</sup> խտությամբ աղաթթվի սառը լուծույթի մեջ: Մանրացված ապարները նույնպես ենթարկվել են նման մշակման: Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ փոխազդեցության մեջ  $\text{SiO}_2$ -ից բացի ակտիվորեն մասնակցում է նաև  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ը, իսկ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ը կալիտում հիդրօքսիդի հետ չի միանում: Դրա մասին է վկայում այն փաստը, որ նրա քանակությունը լուծույթում սկզբունքորեն նույնն է և ապարի, և խառնուրդի համար:



Նկ. 4.2. ա- 6 ամսական նմուշներում 1-լիթոնիդային պենցալով, 2-Ջրվեժի տուֆով, 3-հրաբխային խարամով, 4-բազալտով, 6 ամսական հասակում:



Նկ. 4.2. բ) p-12 ամսական նմուշները 1-լիթոնիդային պենցալով, 2-Ջրվեժի տուֆով, 3-հրաբխային խարամով, 4-բազալտով, 12 ամսական հասակում:

## Ապարների ռեակտիվ ունակությամբ բաղադրիչները

Ապարի անվանումը և տեսակը	HCl-ի լուծույթ (d=1,12) անցած SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> և Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % տոկոսով											
	ապարից			ապարի և կրի խառնուրդը (70:30)								
				6 ամիս			12 ամիս			շոգեմշակում		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Պեմզա Ջրաբեր	0,20	0,77	1,22	10,78	2,41	1,12	11,94	2,61	1,03	13,99	3,76	1,26
Պեմզա Իրիմդ	0,35	0,45	1,59	8,13	2,69	2,07	8,33	2,79	2,02	14,47	4,12	1,79
Պեմզա ԱՆԻ	0,21	0,13	1,42	9,56	3,85	1,65	9,53	3,59	1,85	14,58	4,42	2,03
Տուֆ Աղավնատուն	0,16	0,23	1,48	6,17	1,31	1,53	6,39	1,79	1,70	12,09	3,18	1,42
Տուֆ Արթիկ	0,09	0,24	0,57	1,09	0,15	0,82	1,70	0,21	0,49	6,71	1,21	0,80
Խարամ Կարմրաշեն	0,27	0,31	1,27	4,79	1,92	2,03	5,52	2,38	1,90	8,70	2,75	1,99
Բազալտ Փարաքար	1,01	0,88	4,05	2,80	1,29	4,45	2,87	1,50	4,42	7,95	2,30	4,81

Բարձր ջերմաստիճանի պայմաններում (շոգեմշակում  $\approx 100^\circ\text{C}$ ) բոլոր ապարների ռեակցիոն ունակությունը մեծանում է: Արթիկ տուֆը մյուս ապարների հետ համեմատած ունի ավելի ցածր ակտիվություն:

Թերմազրաֆիական և ռենտգենյան հետազոտությունները (նկ. 4.2) ցույց են տվել, որ այս փոխազդեցությունների հետևանքով առաջանում են  $\text{CSH}$ ;  $\text{C}_2\text{SH}$  տիպի հիդրոսիլիկատներ և  $\text{C}_4\text{AH}_{13}$  տիպի ալյումինատներ: Ընդ որում, անհրաժեշտ է նշել, որ իրենց որակական տեսակետից այս նորազոյացումները ընդհանուր են բոլոր տեսակի ապարների համար: Տարբերությունը նրանց քանակական արժեքների մեջ է (աղ. 4.4.): Սա բացատրվում է նրանով, որ ռեակցիայի մեջ մտնող հիմնական բաղադրիչը՝ հրաբխային ապակին ալյումոսիլիկատային կազմի է, և նրա պարունակությունը տարբեր ապարներում տարբեր է:

Աղյուսակ 4.4.

**Ռենտգենազրաֆիական հետազոտության  
ընդհանրացված արդյունքները**

Միներալի անվանումը	Դիֆրակցիոն մաքսիմումներն ու նրանց ինտենսիվությունը ( $d(A) / I$ )
Տոբերմորիտ	3,07/10; 2,96/8; 2,80/8; 1,836/8; 1,671/6; 1,536/6
Տոբերմորիտ խմբի միներալները C S H (A) C S H (B)	3,21/6; 3,01/10; 2,78/6; 2,50/6; 2,23/8; 1,893/8 3,04/10; 2,77/3; 1,824/6; 1,659/3
Երկհիմքային կալցիումի հիդրոսիլիկատներ C <sub>2</sub> S H (A) C <sub>2</sub> S H (B) C <sub>2</sub> S H (C)	3,90/8; 3,54/8; 3,27/10; 2,80/8; 2,60/8; 2,41/9; 1,788/9 3,33/9; 3,02/9; 2,92/8; 2,92/8; 2,82/10; 2,76/8; 2,45/8; 2,37/8 3,01/10; 2,70/7; 2,48/6; 1,91/10; 1,89/9; 1,80/7
Կալցիումի հիդրոալյումինատներ C <sub>4</sub> A H <sub>13</sub> C <sub>3</sub> A H <sub>8</sub> C <sub>3</sub> A H <sub>6</sub>	2,88/4; 2,86/5; 2,79/3; 2,69/4; 2,47/4; 1,66/4 2,86/4; 2,47/5; 1,865/5; 1,655/5; 1,43/3 5,13/4; 4,45/4; 3,36/6; 3,14/4; 2,814/5; 2,47/3; 2,30/5

Ամենամեծ քանակությունը այս նորառաջացումների հատուկ է ամենամեծ քանակության ապակի ֆազա պարունակող (մինչև 97%) պեմզաներին [39]:

Պետրոզրաֆիական ուսումնասիրությունները իմերսիոն հեղուկներում և քափանցիկ շլիֆներում հայտնաբերել են տոբերմորիտ -  $\text{C}_4\text{S}_5\text{H}_5$ ;  $\text{C}_2\text{SH(A)}$   $\text{C}_2\text{SH(B)}$ ;  $\text{C}_4\text{AH}_{13}(\text{C}_3\text{AH}_8)$ ;  $\text{CSH(B)}$  և  $\text{C}_3\text{AH}_6$ :

Այս նույն մնուշները ուսումնասիրվել են էլեկտրոնային մանրադիտակի օգնությամբ: Բացի դրանից օգտագործվել է նաև էլեկտրոնների դիֆրակցիայի եղանակը, որը հազվագյուտ է կիրառվում նման բազմակոմպոնենտ համակարգերի համար: Այնուամենայնիվ, բարձր թույլատրելի ունակության շնորհիվ այս եղանակի օգնությամբ հնարավոր է դառնում ստանալ տեղեկություններ նյութի մասին:

Այս եղանակով կատարված հետազոտությունները լրացուցիչ ի հայտ բերեցին այնպիսի միներալներ, ինչպիսիք են հիլերրանդիտը, քսոնոտլիտը, աֆլիլիտը, հիդրոկարբոալյումինատը և այլն:

Փորձի մաքրությունն ապահովելու համար նմուշները վերցվել են հատուկ պատրաստված կրային խորանարդիկի մեջ տեղադրված ապարի շերտի և կրի կոնտակտային մակերևույթներից:

Այս փոխազդեցությունների քիմիական և ֆիզիկա-քիմիական մեխանիզմը բավական բարդ է: Սակայն ժամանակակից ֆիզիկա-քիմիական եղանակների կիրառությունը թույլ է տալիս որոշակիորեն խոսել այն մասին, որ կիրավազային շաղախներում դրանք անշուշտ գոյություն ունեն և որ կապակցման, շաղկապման ամրության համար ունեն որոշակի նշանակություն:

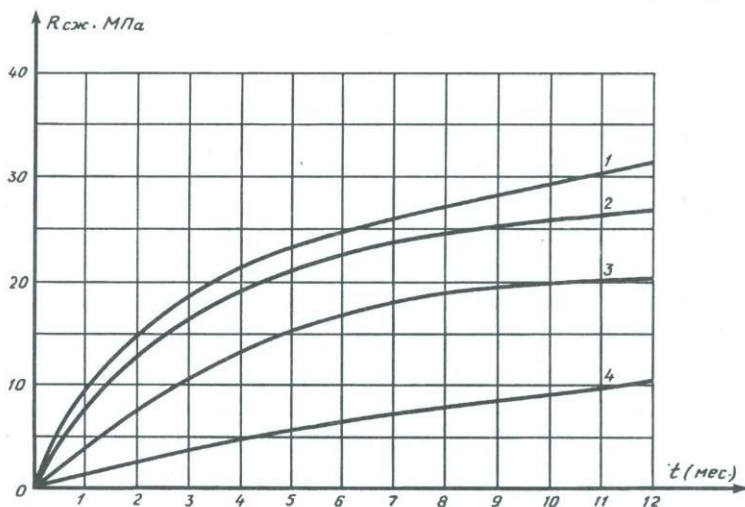
Շաղախները մոդելայնող կիրավազային (1:3) նմուշները ենթարկվել են նաև ֆիզիկա-մեխանիկական փորձարկումների (աղ. 4.5.): Ստացված տվյալները վկայում են այն մասին, որ այս նմուշների ամրությունները կախված են օգտագործված ապարների քիմիական ակտիվությունից և մեծանում են ակտիվության մեծության աճին համեմատ:

#### Աղյուսակ 4.5

#### Կրաշաղախների ֆիզիկա-մեխանիկական փորձարկումների արդյունքները

Ապարի անվանումը	Շաղախի նորմալ խտությունը		Ամրության սահմանը 28 օր հասկում ՄՊա			
	խմորի	խտանորոշի	սեղմման		ձգման	
			6	12	6	12
Պենզա	28,65	7,36	28,35	31,27	3,27	3,89
Տուֆ	38,09	9,65	23,45	26,75	2,86	3,09
Խարամ	27,30	6,96	16,34	24,37	2,03	2,97
Բազալտ	31,27	7,93	4,99	10,67	0,65	1,42

Ամենաբարձր մեխանիկական հատկություններ ցուցաբերում են պեմզաներից պատրաստված նմուշները, իսկ ամենացածրը՝ բազալտից: Եվ սա այն դեպքում, երբ բազալտի ամրությունը անհամեմատ մեծ է, քան պեմզաներինը: Ամրության աճի կի-



Նկ. 4.3. Կրաշաղախների ամրությունների կախվածությունը օգտագործված ապարից. 1-լիթոիդային պեմզա, 2-Աղավնատան տուֆ, 3-հրաբխային խարամ, 4-բազալտ:

նետիկան, ինչպես նաև օգտագործված ապարի դերը այս պրոցեսում պարզելու համար մոնիթորինգը փորձարկվել են սկսած 7 օրեկան հասակից: Բոլոր մոնիթորինգները ամրացել են նույն խոնավ-օդային պայմաններում: Ինչպես երևում է բերված գրաֆիկից (նկ. 4.3.), շաղախների ամրությունները անընդհատ աճում են ժամանակի ընթացքում, որը վկայում է քիմիական փոխազդեցությունների շարունակական բնույթի մասին:

Ամենաբարձր ամրությունը մեկ տարվա ընթացքում ( $\approx 30$  ՄՊա) հավաքում են պեմզայի հետ շաղախված մոնիթորինգը, այնուհետև տուֆի և ամենաքիչը՝ խարամային փոշու հետ պատրաստված մոնիթորինգը ( $\approx 24,0$  ՄՊա): Բազալտի փոշու վրա պատրաստված շաղախի ամրությունը աճում է շատ դանդաղ և զիջում է պեմզայի մոնիթին 3-3,5 անգամ: Դա հետևանք է բազալտի փոքր քիմիական ակտիվության:

Այս տվյալները կարող են օգտագործվել շաղախների բաղադրությունները ընտրելիս, որը հնարավորություն կտա վերականգնման աշխատանքները կատարելիս ստանալ անհրաժեշտ ամրությամբ շաղախներ:

## ԳԼՈՒԽ 5

# ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ՆՅՈՒԹԱԿԱՆ ԿԱԶՄԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

### 5.1. ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Հուշարձանների վերականգնման, կոնսերվացման, բուժման և պահանջվող այլ աշխատանքները սկսելույ առաջ անհրաժեշտ է իրականացնել, տվյալ օբյեկտին հատուկ համապատասխան ուսումնասիրություններ: Կախված նրանից, թե տվյալ օբյեկտում ինչ է նախատեսված իրականացնել, հետազոտման մեթոդներն ու խորությունը կարող են տարբեր լինել: Շատ դեպքերում առաջնահերթը կարող է լինել նյութերի ֆիզիկա-մեխանիկական ցուցանիշների որոշումը և բավարարվել դրանով: Մակայն, մեծ մասամբ հարկ կլինի դիմել շատ ավելի մանրազնին ուսումնասիրման:

Ուսումնասիրման մանրամասները կարևորվում են մի շարք առումներով: Մասնավորապես, ստացված շատ արդյունքներ լույս են սփռում հնում եղած և օգտագործված տեխնոլոգիական հնարքների, նյութի հատկությունների իմացության, և այդ հատկություններն օգտագործելու խնդիրների վրա և վերջապես սա էլ իր հերթին մասնավորապես է, շինարարական արվեստի պատմություն:

Այս մանրամասները վեր հանելու համար անհրաժեշտ է լինում դիմել վերլուծության քիմիական և ֆիզիկաքիմիական եղանակներին: Այս կարգի հետազոտությունները հատկապես կարևոր են այն դեպքերում, երբ գործ ունենք ապարների քայքայման, քայքայման պատճառների հայտնաբերման և բուժման, ինչպես մասնավորապես քայքայման և ճշման խնդիրների հետ, շաղախների բաղադրությունների պարզաբանման, նրանցում օգտագործված փոքրաքանակ հավելանյութերի հայտնաբերման, նրանց որակա-քանակական գնահատման, շաղախի և որմնաքարի հարակցման ուժի, ավազի ապարի կախված ֆիզիկա-քիմիական փոխազդեցությունների գնահատման և այլ խնդիրների լուծման ժամանակ:

Բայցի զուտ կիրառականից, այս տվյալներն ունեն մասնավորապես կարևոր նշանակություն և կարող են պիտանի լինել ժամանակակից մի շարք խնդիրների լուծման համար:

Այսպիսի հետազոտություններն իրականացվում են քիմիական, պետրոգրաֆիկական, ռենտգենաֆագային, դիֆերենցիալ թերմիկ վերլուծական մեթոդների օգնությամբ: Երբեմն լինում են դեպքեր, երբ սրանք բավարար չեն և այդ դեպքերում օգտագործվում են ավելի նուրբ մեթոդներ, ինչպիսիք են, օրինակ, ինֆրակարմիր սպեկտրաֆոտոմետրիան, էլեկտրոնային միկրոսկոպիան, միկրոռենտգենյան լույս վերլու-

ծությունը, էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսային կամ միջուկային մագնիսական ռեզոնանսային սպեկտրասկոպիաները և այլն:

Այսպես, օրինակ, Գանձասարի համալիրում անհրաժեշտ էր ուսումնասիրել որմնաքարերը, շաղախները և պարզել, թե որմնաքարերը որտեղից են վերցված, ինչպես նաև պարզել պատերը քայքայող նոր առաջացումների բնույթը:

Դրված հարցերին պատասխանելու համար մենք դիմեցինք քիմիական, հատուկ քիմիական, պետրոգրաֆիական, ռենտգենյան և դիֆերենցիալ թերմիկ վերլուծությունների եղանակներին:

Պետրոգրաֆիական վերլուծությունն իրականացվել է թափանցիկ շլիֆների և իմերսիոն պատրաստուկների միջոցով: Խորամուխ շլիմելով հետազոտական մանրամասների մեջ, մշենք, որ հետազոտման արդյունքները թույլ տվեցին պարզել ապարի տեսակը (Յուրա-ստորին կավճի հասակի փոփոխված մետամորֆացված հրաբխա-մտովածքային ապարներ) և հարակից այն տարածքը, որտեղից այն վերցված էր: Այնուհետև պարզվեց կրաշաղախի կազմը, կիր:ավազ հարաբերությունն ու օգտագործված ավազի ապարը, ինչպես նաև որմնաքարերի վրա հոսքային առաջացումների պատճառներն ու բաղադրությունը:

Մեկ այլ դեպքում, երբ անհրաժեշտ էր ուսումնասիրել հուշարձանն ու նրա դամբարանային հատվածը, որը տեղադրված էր զանգակատան և բուն եկեղեցու արանքում, և գրավում էր մոտ 20մ<sup>2</sup> տարածք և ավերված էր, անհրաժեշտ եղավ, ոչ միայն ուսումնասիրել ապարները, շաղախները, այլև հիմնատակերը և տեղանքի գեոմորֆոլոգիան: Հիմնատակերի (գրունտների) հետազոտությունը իրականացվեց հետևյալ եղանակով:

Այն հանգամանքը, որ հուշարձանն ամբողջապես կառուցված էր կրաքարով և գտնվում էր այնպիսի մի տարածքում, որտեղ հիմնական ապարները ներկայացված են Յուրա-կավիճ հասակի մասամբ վերաբյուրեղացված կրաքարերով, անհրաժեշտ էր բաժանել կրաքարային բաղադրիչը սիլիկատայինից:

Այս ուսումնասիրությունն անհրաժեշտ էր իրականացնել, քանի որ նպատակ ունեինք որոշել գրունտների լիթոլոգիական-ֆազային կազմը և մասնավորապես հստակ պատկերացում ստանալ ոչ կրաքարային բաղադրիչի գոյության, ինչպես նաև գոյության դեպքում որակա-քանակական գնահատման:

Ելնելով տարածքի երկրաբանական անցյալի մասին եղած տվյալներից, ինչպես նաև միջավայրում եղած մերկացումների որակից, պետք էր ենթադրել, որ դրանք կարող են լինել կավեր կամ սիլիկատային այլ առաջացումներ:

Գրունտների մուշները վերցվել են քանդված մասի տարբեր կետերից և տարբեր խորություններից: Գրունտների կրաքարային բաղադրիչը աղաթթվում լուծելուց հետո, ստացված չլուծված մնացորդը ենթարկվեց ռենտգենաֆազային վերլուծության և պարզվեց, որ չլուծված մնացորդն (59, 34 և 40 զանգվածային %) իրենից ներկայացնում է մոնոմորֆիլոնիտային կավ, համապատասխան դիֆրակցիոն մաքսիմումներով  $d(\text{Å}) = 10,91; 9,61; 6,707; 6,445; 4,98; 4,506; 2,55; 2,43; 2,15$ : Քվարցին և նրա պոլիմորֆ մոդիֆիկացիաներին պատկանող ռեֆլեքսները ռենտգենագրամներում բացակայում են:

Կավային բաղադրիչում գրանցվեցին նաև ռեֆլեքսներ, որոնք պատկանում են մուսկովիտին (փայլարների խմբից):

Չլուծված և ռենտգենաֆազային վերլուծության ենթարկված մուշները 0,63 մադով անցկացնելուց հետո նորից ենթարկվեցին վերլուծության, այս անգամ նաև թեր-

մագրավիաներիական և քիմիական եղանակներով: Արդյունքները նույնն էին, այսինքն, կավային բաղադրիչը, որ կազմում էր գրունտների մոտ կեսը, ներկայացված էր մոնոմորֆիոնիտով, որն ինչպես հայտնի է, ջրահագեցման դեպքում կարողանում է ուռչել և սողքի ու սահքի հիանալի պայմաններ ստեղծել:

Ռենտգենյան ճառագայթների դիֆրակցիայի մեթոդով վերլուծությունից հետո, այնուամենայնիվ, ավելի ստույգ տվյալներ ստանալու նպատակով, գրունտների աղաթթվում չլուծված և մաղված մասը կրկին ենթարկվեց քիմիական վերլուծության:

Մեկ այլ դեպքում, Տաթևի վանքի համալիրն ուսումնասիրելիս, շաղախների հետազոտության ժամանակ, պարզ դարձավ, որ նույն ժամանակվա կառույցում, աշխարհագրական տարբեր ուղղվածություն ունեցող պատերում կրի կարբոնիզացվածության աստիճանը տարբեր է:

Այս տվյալները հիմք են հանդիսանում գալու այն եզրակացության, որ կարբոնիզացվածության չի կարող չափանիշ լինել շինության տարիքը որոշելիս:

Այսպիսով, ինչպես հանդգլում ենք, ամեն մի դեպքում, ամեն մի խնդիր լուծելիս, անհրաժեշտ է օգտագործել հետազոտության ժամանակակից այն մեթոդներն ու հնարքները, որոնք առավելագույնս կօժանդակեն վերականգնման, ճիշտ և գրագետ աշխատանքներին և տեղեկություններ կտան հնում կիրառված տեխնոլոգիաների ու նյութերի ընտրության մասին:

## 5.2. ՄԻ ՔԱՆԻ ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՀԱՍՍԼԻՐ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Հուշարձանների շաղախների նյութական կազմի ուսումնասիրությունները կատարվել են Արթիկի և հարակից շրջաններում գտնվող, տարբեր տարիքով թվագրվող հուշարձաններից վերցրած նմուշների վրա: Դրանք են Պեմզաշենի VII, X-XII և XII-XIIIդդ. , Արթիկի Լմբատավան XIIդ. , ս. Գ-կորգ Աստվածածինը V-VIIդդ. , Լեռնակերտի Vդ. բազիլիկան, Հառիճի ս. Հովհաննես Xդ. և Ապարանի Քասախի IV-Vդ. բազիլիկան (նկ. 5.1):

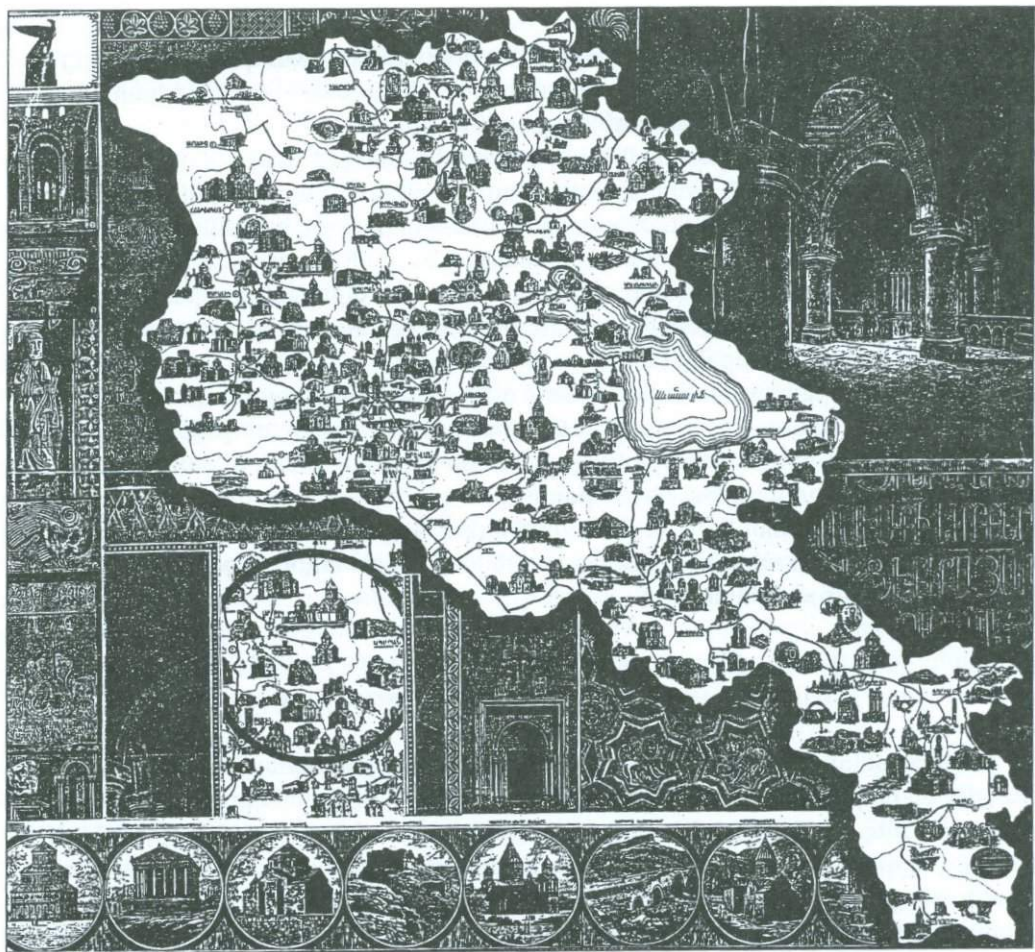
Վերջինիս ուսումնասիրությունը կատարվել է առավել մանրամասնությամբ և այդ արդյունքները կրեթվեն առանձին:

Ուսումնասիրության ենթարկված բոլոր շաղախները իրարից տարբերվում են գույնով, խոշոր լցիչի պարունակությամբ, ավազի որակով և քանակով և, վերջապես, ամրությամբ: Շաղախներում հիմնականում օգտագործված են եղել տեղական ապարները՝ տուֆեր, խարամներ, պեմզաներ և դրանց խառնուրդները:

Խոշոր լցիչը շաղախներում ներկայացված է բավական խայտաբղետ, ինչպես իր չափսերով, այնպես էլ ապարի տեսակով: Պեմզաների, խարամների, տուֆերի խոշոր կտորների հետ հանդիպում են նաև բազալտի, անդեզիտա-բազալտի խոշոր (մինչև 50սմ) կտորներ:

Շաղախներում երբեմն կարելի է հանդիպել նաև փայտածուխի կտորներ:

Քիմիական վերլուծությունը իրականացվել է չլուծվող բաղադրիչն անջատելուց հետո (աղ. 5.1): Սա հնարավորություն է տալիս անմիջապես դատել նաև շաղախում, ժամանակի ընթացքում տեղի ունեցած փոխազդեցությունների մասին: Չլուծված մնացորդը, որն հիմնականում ավազային բաղադրիչն է, ուսումնասիրվել է պետրոգրաֆիական եղանակով, որոշվել է ավազի այս կամ այն ապարին պատկանելը:



Նկ. 5.1. Հայաստանի տարածքի հուշարձանները: Շրջանակի մեջ վերցված են Թալինի և Արթիկի շրջանների մեր կողմից ուսումնասիրված հուշարձանները:

Քիմիական անալիզի արդյունքները ցույց են տալիս, որ շաղախները իրենց բաղադրությամբ տարբերվում են միմյանցից (աղ. 5.1), որ հետևանք է օգտագործված ավազի որակական և քանակական տարբերության, կարբոնատվածության տարբեր աստիճանով, ինչպես նաև փոքրաքանակ հավելանյութերի (կավ, գիպս) առկայությամբ կամ բացակայությամբ: Կիր-ավազ հարաբերությունը նույնպես տարբեր է և ամենայն հավանականությամբ պայմանավորված է եղել օգտագործվող ավազի տեսակով (աղ. 5.2): Տարբերություններ նկատվում են անգամ նույն տարածքում, նույն գյուղում գտնվող, բայց տարբեր ժամանակով թվագրվող հուշարձաններում (Իրինո):

Այդ տարբերությունները առկա են նաև կրաշաղախները ֆիզիկա-մեխանիկական փորձարկումների արդյունքներում: Նրանց սեղմման սահմանային ամրությունները տատանվում են բավական լայն սահմաններում (աղ. 5.2):

Շաղախների տարբերություններն արտահայտվում են նաև ռենտգենյան եղանակով ուսումնասիրման ժամանակ, որն արտահայտվում է միներալոգիական կազմով (աղ. 5.3):

## Շաղախների քիմիական անալիզի տվյալները

Նմուշի համարը	խոնավ. W	Չլուծվող մնացորդ	շ.կ.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>
1. Պենզաշեն, X-XII	5,03	47,23	22,79	0,48	3,08	0,75	21,22	0,64	0,13
2. Պենզաշեն, XII-XIII	1,02	80,22	7,75	0,22	0,94	0,48	9,14	0,22	չկա
3. Պենզաշեն դ. VII	5,63	61,33	15,04	0,23	2,08	0,54	14,78	0,44	1,98
4. Արթիկ Լմբատավանք ու.Ստեփանոս	2,82	57,06	18,87	0,33	1,34	0,49	20,13	0,32	0,24
5. Արթիկ ու. Գևորգ և ու.Աստվածածին XII	1,82	72,76	11,27	0,29	1,25	0,65	10,69	0,46	0,31
6. Լեռնակերտ V	7,35	58,98	18,74	0,23	1,71	0,45	14,84	0,52	0,56
7. Հառիճ ու.Գևորգ VII-VIII	3,14	68,99	13,31	0,46	1,04	0,77	12,08	0,47	0,21
8. Հառիճ XIX վերականգնված	0,69	75,20	10,80	0,32	0,61	0,72	11,72	0,64	չկա
9. Իրինդ VII	0,98	71,36	12,06	0,34	0,85	0,31	13,90	0,13	0,11
10. Բյուրական ու.Հովհաննես X	3,56	47,60	18,32	3,40	2,67	1,49	23,78	0,51	1,17
11.Ապարան Քասախ բազիլիկա	2,29	71,37	11,76	0,22	2,75	0,78	11,52	0,12	0,43

Շաղախների շլուծվող մնացորդի կազմը և ամրությունը

Աղյուսակ 5.2

Հ. ը/կ	Հուշարձանը	Տարե-թիվը	Չլուծվող մասը	Կիր:ավագ հարաբե-րությունը	Ավազի ապարը	Մինչև 5 տոկոս խտնությունները	Մեղման ամրությունը, ՄՊա
1.	Պեմզաշեն	X-XII	47,23	1:1	Պեմզա	Գիպս	18-20
2.	Պեմզաշեն	XII-XIII	80,22	1:4	Պեմզա	Գիպս	20-23
3.	Պեմզաշեն	VII	61,33	1:1,5	Պեմզա	Գիպս, ածուխ	11,0
4.	Արթիկ, Լմբաթ	XII	57,06	1:1	Տուֆ Արթիկ	-	7,5
5.	Արթիկ	V-VII	72,76	1:3	Տուֆ Արթիկ	Գիպս, կավ	8,0
6.	Լեռնակերտ	V	58,98	1:1,2	Պեմզա	Գիպս, կավ	9,5-15,2
7.	Հառիճ	VII-VIII	68,99	1:2	Տուֆ Աղավնատուն	Կավ, ածուխ, գիպս	10,0
8.	Հառիճ	XIX	75,20	1:3	Տուֆ, պեմզա	-	11,2
9.	Իրինդ	VII	71,36	1:2,5	Պեմզա	Գիպս	15,0
10.	Բյուրական	X	47,60	1:1	Տուֆ, խարամ	Կավ, գիպս	12,7
11.	Ապարան	V	71,37	1:2,5	Խարամ, տուֆ	Գիպս, կավ	15,0

Այսպես, օրինակ՝ որոշ հուշարձանների շաղախների (Իրինդ, Լեոնակերտ, Հանիճ, Բյուրական) դիֆրակտոգրամներում հայտնվում են կավային միներալների անդրադարձումներ, որոնք պատկանում են կաոլինիտային խմբի միներալներին:

Հիդրոփայլարները ներկայացված են պիրոֆիլիտով: Ալբիտի, անորթիտի և այլ միներալներին համապատասխանող ռեֆլեքսները պատկանում են ապարներին: Նորագոյացումներից վերծանվում են տոբեմորիտներ  $d(\text{Å}) = 3,07; 2,96; 2,80$ ; աֆվիլիտ ( $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ )  $d(\text{Å}) = 4,73; 3,28; 3,20; 1,77; 1,68$ , քսնոտլիտ ( $\text{C}_5\text{S}_5\text{H}$ ),  $d(\text{Å}) = 4,24; 3,23; 3,06; 2,82; 2,70$ , օկենիտ [ $\text{C}_2\text{S}_2\text{H}_2$ ]  $d(\text{Å}) 4,57; 4,23; 3,90; 3,56$ , հիլեբրանդիտ ( $\text{C}_2\text{SH}$ )  $d(\text{Å}) 2,93; 2,46; 2,30; 2,16; 1,81; 1,74; 1,59$  և կալցիումի այլ հիդրոսիլիկատներ:

### Աղյուսակ 5.3

#### Ռենտգենաֆազային ուսումնասիրությունների արդյունքները

$d(\text{Å})$	$J$	Միներալ	Հուշարձանի նմուշը
4,90	9	Պորտլանդիտ	4, 9
4,77	10	Բրուսիտ	6, 9, 11
4,54	9	Օկենիտ	4
3,79	7	$\text{C}_5\text{S}_5\text{H}$	3, 6
3,56	10	Կաոլինիտ	1, 5, 10
3,52	5	$\text{C}_2\text{SH}(\text{B})$	9, 10
3,49	10	Անհիդրիտ	7
3,33	9	$\text{C}_2\text{SH}(\text{B})$	9
3,31	8	$\text{C}_5\text{SH}$	3, 6
3,07	10	Տոբեմորիտ, գիպս	3, 11
3,04	10	CSH	1, 9
2,97	10	Տոբեմորիտ	2, 3
2,92	10	Ֆոշագիտ, հիլեբրանդիտ	5
2,69	6	$\text{C}_5\text{SH}$ , քսնոտլիտ	3, 4

Աղյուսակում չեն բերված կալցիումի կարբոնատի և ապարներում եղած միներալների ռեֆլեքսները: Նմուշները համարակալված են ըստ հուշարձանների: Համարակալումը տես քիմիական անալիզի աղյուսակում (աղ. 5.1, 5.2):

Ռենտգենաֆազային անալիզի իրականացման բարդությունը կայանում է նրանում, որ տարբեր միներալների ռեֆլեքսները իրար մոտ են և դրանից բացի նորագոյացումները փոքր չափերի են և հաճախ վատ բյուրեղացված:

Շաղախներում հիդրատային ֆազերի մասին լրացուցիչ տեղեկություններ ստանալու նպատակով կիրառվեցին նաև հետազոտության ինֆրակարմիր (ԻԿ) սպեկտրասկոպիայի և դիֆերենցիալ թերմազոաֆիայի եղանակները:

Իկ-սպեկտրներում բոլոր նմուշները բնորոշվում են կլանման մաքսիմումով  $950-945\text{սմ}^{-1}$  տիրույթում, որ համապատասխանում է երկհիմքային սիլիկատին: Կլանման շերտը  $1140\text{սմ}^{-1}$  բնորոշում է  $(\text{SO}_4)^{-2}$  անիոնի առկայությունը, որն արտահայտված է բավական բույլ և միայն  $\text{№}7$  նմուշում: Սա վկայում է նմուշում գիպսի առկայության մասին: Կլանման շերտերը, կապված հիդրօքսիլ խմբերի վալենտական տատա-

նումների հետ 3500սմ<sup>-1</sup> տիրույթում բոլոր նմուշներում բավական հստակ արտահայտված են:

Չնայած այն հանգամանքին, որ շաղախները բարդ, բազմակոմպոնենտ խառնուրդներ են, այնուամենայնիվ այս եղանակով ուսումնասիրությունը հնարավորություն է ընձեռում ստանալ տեղեկություններ դրանց նյութական կազմի մասին: Այսպես, օրինակ՝ մասնավորապես գիպսի, կավային միներալների առկայության մասին:

Թերմոգրաֆիական անալիզի արդյունքները լրացնում և հաստատում են մյուս եղանակներով ստացված տվյալները:

Այս եղանակներից բացի, շաղախները հետազոտվել են նաև լուսային մանրադիտակի օգնությամբ, իմերսիոն հեղուկների մեջ, որը հնարավորություն տվեց հայտնաբերել տոբերմորֆիտներ (բեկման ցուցիչը՝  $N=1,570$ ), հիդրոսիլիկատներ՝  $C_2SH(A)-N=1,620$ ;  $C_2SH(B)$ ,  $N=1,594$ , նուրբդիսպերս, քափանցիկ կամ կիսաքափանցիկ թեփուկների տեսքով: Այս թեփուկների չափերը հազիվ 5-7մկմ են:

Գիպսի և կավային միներալների քանակական գնահատական տալը վերը նշված եղանակներով բավական դժվար է, նրանց փոքր քանակությունների և կազմի բազմակոմպոնենտության պատճառով: Այնուամենայնիվ, բացի հիմնական կոմպոնենտներից, այն է կալցիումի կարբոնատի, կալցիումի հիդրօքսիդից և կալցիումի հիդրոսիլիկատներից, հնարավոր դարձավ հայտնաբերել նաև գիպսի և կավային միներալների որոշ քանակություններ:

Այդ միներալների մասին ավելի ստույգ տվյալներ ստանալու համար դիմեցինք նաև էլեկտրոնային մանրադիտակի միջոցով ուսումնասիրման եղանակին: Այսպիսի մոտեցումը այդ երկու նյութերի նկատմամբ բացատրվում է շաղախներում նրանց տեխնոլոգիական նշանակությամբ: Մրանք ամենայն հավանականությամբ փոքր քանակի հավելանյութերի ձևով օգտագործվել են մեկը որպես ամրացման կարգավորիչ, իսկ մյուսը՝ շաղախի պլաստիկությունը ապահովելու կամ մեծացնելու համար:

Էլեկտրոնային մանրադիտակով ուսումնասիրությունները իրականացվել են սուսպենզիոն պատրաստուկների (պրեպարատների) վրա, միկրոդիֆրակցիոն ռեժիմում: Քանի որ ստույգ տվյալներ կարելի է ստանալ միայն այս եղանակով: Փոքր քանակություններով այս միներալների առկայությունը հայտնաբերելու համար մշակվել է պրեպարատ պատրաստելու հատուկ եղանակ, որի էությունը կայանում է հետևյալում: Մանրացված և մաղված նմուշը հնարավորին չափ մաքրվում է ապարի հատիկներից և բեկորներից, որից հետո տեղափոխվում է փորձանոթ և ծածկվում սառը աղաթթվով: Այս պարագայում կարբոնատային բաղադրիչը լուծվում է, ապարի խոշոր մասնիկները նստում են փորձանոթի հատակին: Կավային և գիպսային միներալները, որոնք գտնվում են թթվի մեջ կախված վիճակում, զգուշորեն տեղափոխվում են մի այլ փորձանոթ, որտեղ և լուծույթը նոսրացվում է և նմուշը վերջնականապես լվայվում է աղաթթվից: Այս եղանակը հիմնվում է սառը աղաթթվի մեջ գիպսի և կավային միներալների շատ թույլ լուծելիության վրա: Սա հնարավորություն է տալիս բազմակոմպոնենտ սիստեմից անջատել փնտրվող միներալները:

Լվայված և մաքրված հատիկները (թորած ջրով) նստեցվում են կոլոդիումային կամ ածխածնային թաղանթով ծածկված ցանցի վրա: Պրեպարատի չորացումից հետո նրա վրա (վակուումային սարքում) նստեցվում է որևէ մետաղի (ալյումինիում, պլատին կամ ոսկի) թաղանթ, որը միկրոէլեկտրոնոգրամները հաշվելու ժամանակ

ծառայում է որպես սարքի ստանդարտ: Ամեն մի նմուշի ստացված էլեկտրոնոգրամները հնարավորություն տվեցին վերծանել նրանցում (նկ. 5.2 բ,գ) գիպս  $d(\text{Å}) = 2,69; 2,60; 2,075; 1,89; 1,80; 1,36$ ; կալցիումի սուլֆատի կիսահիդրատ  $-2 \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$   $d(\text{Å}) = 4,95; 2,13; 1,84$ ;  $\text{N}^\circ \text{N}^\circ 2,3,4,5,7,11$ :

Գիպսի ամենամեծ քանակությունը ի հայտ եկավ  $\text{N}^\circ 11$  նմուշում (Քասախի բազիլիկա), որը հնարավորություն է տալիս խոսելու այն մասին, որ գիպսը որպես ամրացման կարգավորիչ Հայաստանում կիրառվել է համեմայն դեպս, սկսած IV դարից եթե ոչ ավելի վաղ:

Այս եղանակով հայտնաբերվեցին նաև կավային միներալներ (նկ.5.2ա), որոնք հիմնականում ներկայացված են մոնոմորֆիլոնիտով  $d(\text{Å}) = 2,55; 2,50; 2,31; 1,29; 1,24$ ; ավելի հազվադեպ կաոլինիտով՝  $d(\text{Å}) = 3,548; 2,56; 2,48; 2,32; 1,84$ ;

Մրանց գուգահեռ հանդիպում են նաև փայլարներ՝ մուսկովիտ  $d(\text{Å}) = 3,34; 3,21; 3,10; 2,57$ ; պարագոնիտ  $d(\text{Å}) = 3,36; 3,14; 2,91; 2,59; 2,34$ :

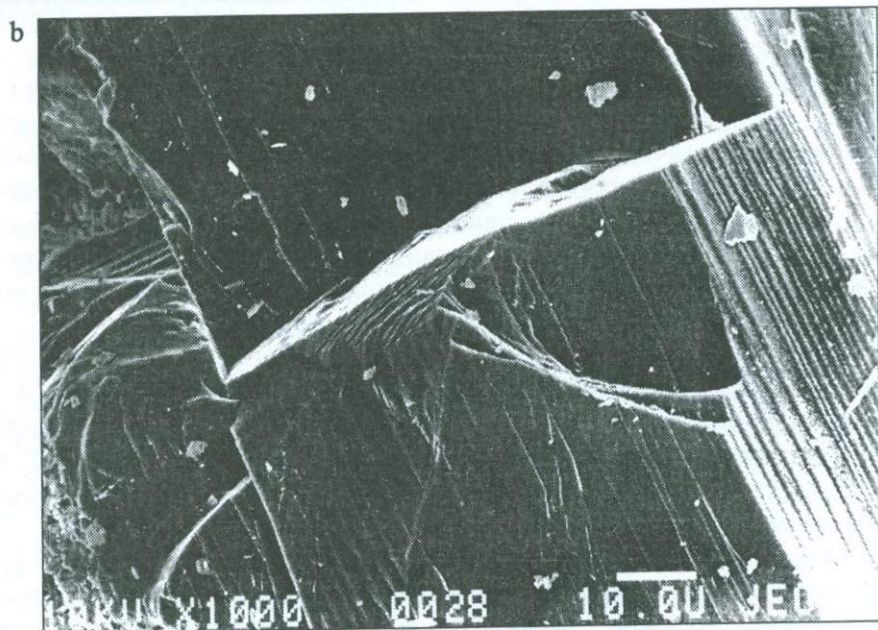
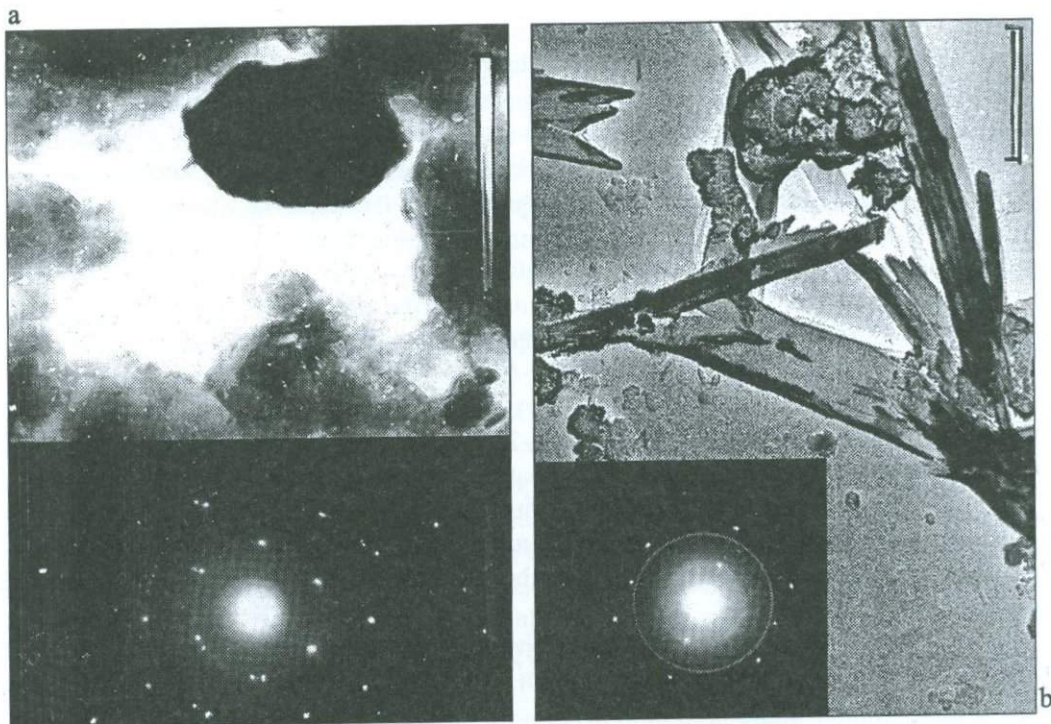
Փորձերի մյուս շարքը կատարվել է առանց կարբոնատային մասի և կալցիումային մյուս միացությունների լուծման: Ստացված միկրոէլեկտրոնոգրամները ցույց տվեցին աֆլիլիտի, քսոնոստիլիտի, ռիվերսայիտի և այլ միացությունների առկայությունը, որոնք առաջացել են կրի և ավազի քիմիական փոխազդեցության հետևանքով:

Այսպիսով, կատարված ֆիզիկա-քիմիական հետազոտությունները հնարավորություն են տալիս պարզաբանել, ստանալ տվյալներ շաղախների նյութական կազմի մասին:

Ուսումնասիրված բոլոր շաղախները նյութական կազմով հիմնականում մման են իրար և դա բնական է, քանի որ նրանք բոլորն էլ ունեն պատկառելի տարիք, օգտագործված են եղել նույնատիպ ավազներ: Նորագոյացումների քանակական և որակական որոշ տարբերությունները պայմանավորված են ավազների ապարները բնորոշող տարբերություններով: Բոլոր նմուշներում հայտնաբերվել են օրգանական նյութերի տարբեր քանակություններ: Սա հետևանք է այն բանի, որ դարերի ընթացքում սրանց մեջ առաջացել են օրգանական նյութեր՝ բուսական, և կենդանական (միկրոօրգանիզմներ) բնույթի: Սակայն չի բացառվում նաև այն հանգամանքը, որ մեր նախնիները՝ ժամանակակից մակերևութային ակտիվ հավելանյութերի սկզբունքով, օգտագործել են, մասնավորապես՝ ձվի սպիտակուց:

Ամփոփելով վերը շարադրածը, համոզվում ենք, որ մման հետազոտությունները հույժ կարևոր են նախքան վերականգնման աշխատանքների սկսելը: Չնայած այն հանգամանքին, որ այս հետազոտությունները բավական բարդ են, պահանջում են նյութի և եղանակների իմացություն, այնուամենայնիվ, սա արդարացված է, եթե հաշվի առնենք հուշարձանների գեղարվեստա-բարոյական արժեքները և նրանց նկատմամբ հատուկ վերաբերմունք ունենալու անհրաժեշտությունը:

Հաճախ հուշարձանների շաղախների ուսումնասիրությունները ավելորդ չէ իրականացնել ավելի մանրամասն, հանգույց առ հանգույց, քանի որ նրանք կառույվել են երկար և տարբեր ժամանակի ընթացքում, տեխնոլոգիական տարբեր հնարքներով և հաշվի առնելով այս կամ այն կոնստրուկցիայի, ֆունկցիոնալ նշանակությունը:



Նկ. 5.2. Շաղախներում էլեկտրոնային միկրոսկոպիայի եղանակներով հայտնաբերված փոքրաբանակ հավելանյութերը. ա-կավեր, բ-գիսս:

### 5.3. ՔԱՍԱԽԻ ԲԱԶԻԼԻԿԱՅԻ ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Հուշարձանների վերականգնման աշխատանքները ճիշտ կազմակերպելու համար անհրաժեշտ է կատարել ավելի մանրագին ուսումնասիրություններ, այսինքն՝ շղախները ուսումնասիրել վերականգնվող ամեն մի հանգույցից:

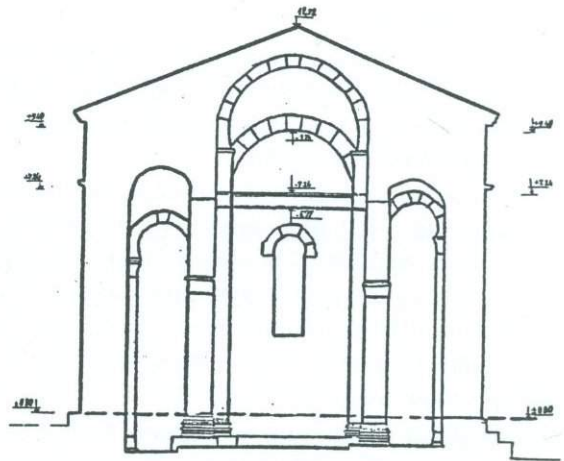
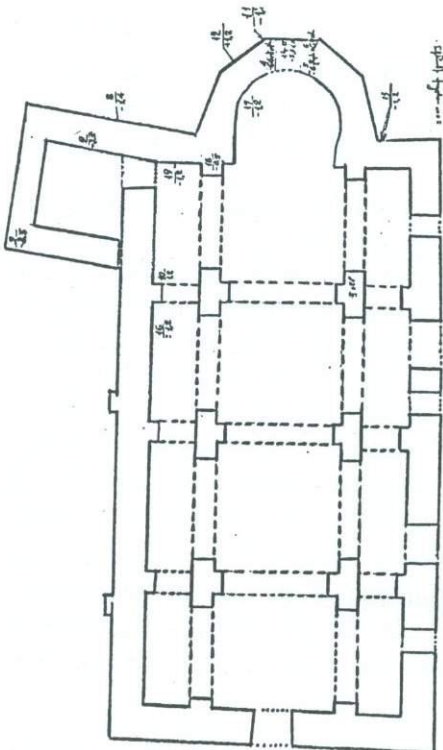
Այսպիսի վերաբերմունքը բացի նրանից, որ կապահովի վերականգնված հուշարձանի երկարակեցությունը, հնարավորություն կտա ինչ որ չափով պարզաբանել որոշ վիճելի հարցեր, կապված կառույման ճիշտ թվագրման հետ:

Բացի դրանից այս սկզբունքը հնարավորություն է տալիս նաև հետևել տեխնոլոգիական այն հնարքներին, որ կիրառել են մեր նախնիք, որ նույնպես կարևոր է հնադարյան շինարարական արվեստի ուսումնասիրման տեսակետից:

Հայտնի է, որ վաղ քրիստոնեական շրջանի բազմաթիվ հուշարձաններ, որպես կանոն, կառույվել են հեթանոսական տաճարների և նախաքրիստոնեական կրոնական այլ կառույցների տեղերում: Այդպիսի հուշարձան է, օրինակ, Էջմիածնի մայր տաճարը, որը կառույվել է քրիստոնեությունն ընդունելուց երկու տարի հետո:

Մման օրինակները բազմաթիվ են, սակայն կան նաև շատ-շատերը, որոնց կառույման ժամանակը մնում է վիճելի, իսկ գրավոր աղբյուրները հաճախ հակասական են:

Ներկայումս վերականգնվող հուշարձաններից մեկը, որը որոշակի հետաքրքրություն է ներկայացնում թե ճարտարապետա-գեղարվեստական և թե պատմական տեսակետից. դա IV-V դարերով թվագրվող Քասախի բազիլիկան է: Կան տեղեկուր-



Նկ. 5.4. Քասախի բազիլիկայի կտրվածքը:

Նկ. 5.3. Քասախի բազիլիկայի հատակագիծը և մնուշարկման տեղերը:

յուններ, որոնց համաձայն այն կառույվել է նախաքրիստոնեական կառույցի վրա կամ նրա տեղը:

Այս հուշարձանից մենք վերցրել ենք քսան նմուշ, նրա տարբեր հանգույցներից, որոնք ցույց են տրված հատակագծում և կտրվածքում (նկ. 5.3, 5.4):\*

Վերցված նմուշներում որոշվել են կիր և ավազ հարաբերությունները, ավազի ապարը, շաղախների ծավալային կշիռները, ջրակլանման և փափկեցման գործակիցները:

Այն նմուշներում, որտեղ հնարավոր էր, կատարվել են 3 և 2սմ կողով սղոցված 6-ական խորանարդիկների ամրության փորձարկումները: Որոշվել է աղաթթվի մեջ լուծված և լուծույթ անցած նյութի մեջ  $\text{SiO}_2$ -ի քանակությունը: Անջատված և լվացված ավազներում որոշվել են ավազի տարբեր՝ 0,5; 0,5÷1 և 1մմ-ից բարձր ֆրակցիաների տոկոսային քանակությունները, տվյալները բերված են աղյուսակ 5.4-ում:

Աղյուսակում բերված տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ շաղախները իրենց կազմությամբ, ամրությամբ և այլ ցուցանիշներով տարբերվում են միմյանցից: Այսպես, օրինակ, կիր: ավազ հարաբերությունը տատանվում է 1:1 մինչև 1:4: Լայն սահմաններում են տատանվում նաև ծավալային կշիռները՝ 1000-1850 կգ/մ<sup>3</sup>:

Ուշագրավ է այն հանգամանքը, որ վերցված բոլոր նմուշներում ավազը խառը կազմի է և ներկայացված է տեղական տուֆի և պեմզայի խառնուրդով: Ապարանամերձ շրջանի և Եղվարդի տարածքում պեմզաները իրենց հատկություններով նման են Իրիմոդի և Անիի պեմզաներին:

Ավազների հատիկային կազմի ուսումնասիրությունը ցույց տվեց, որ այս ցուցանիշով ևս շաղախները տարբերվում են իրարից: Որոշ նմուշներում փոշենման ֆրակցիան (< 0,14մմ) կազմում է մինչև 72%:

Միլիկահողի ( $\text{SiO}_2$ ) քանակությունը լուծույթում տատանվում է 0,07-0,14%: Այս ցուցանիշով կարելի է դատել կրի և ապարի փոխազդեցության հետևանքով առաջացած միացությունների մասին: Որոշ նմուշների հետազոտությունը ռենտգենաֆազային եղանակով ի հայտ բերեց հիլեբրանդիտի, օկենիտի, գիրոլիտի, քսոնոտլիտի, աֆվիլիտի առկայությունը:

Հետաքրքիր է այն հանգամանքը, որ ֆիզիկա-քիմիական և ֆիզիկա-մեխանիկական ցուցանիշների միջև որևէ օրինաչափ կապ չի նկատվում: ?

Այսպես, օրինակ, 9 համարի նմուշը, որը վերցված է խորանի պատի հյուսիս-արևելյան մասի շարից, ստիլոբատից հաշված 6-րդ շարքից ունի ամենամեծ ամրությունը՝ մոտ 15,0 ՄՊա: Այս նմուշում փոշենման ֆրակցիայի քանակությունը կազմում է 51,4%, կիր և ավազի հարաբերությունը՝ 1:2,5, իսկ ծավալային կշիռը՝ 1550 կգ/մ<sup>3</sup>:  $\text{SiO}_2$ -ի պարունակությունը կազմում է 0,08%: Վեցերորդ նմուշը (աղ. 10 նմուշ հ.6), որը վերցված է երկայնական պատի հիմքի ներսի մասից, պարունակում է 72% փոշենման ֆրակցիա, կիր և ավազ հարաբերությունը 1:2 է, ծավալային կշիռը՝ 1290 կգ/մ<sup>3</sup>, իսկ  $\text{SiO}_2$ -ի պարունակությունը լուծույթում կազմում է 0,11%: Մրա ամրությունը հազիվ հասնում է 5,0 ՄՊա:  $\text{SiO}_2$ -ի համեմատաբար մեծ քանակությունը կարելի է բացատրել ավազի ամենակտիվ փոշենման ֆրակցիայի մեծ պարունակությամբ:

Ամենափոքր ամրություն (0,5-0,8 ՄՊա) ունեն հ.17 նմուշը, որը վերցված խորանի հիմքի ներսի մասից: Մրա ծավալային խտությունը 1240 կգ/մ<sup>3</sup> էր և փոշենման ֆրակցիայի պարունակությունը 38,5%:

\* Քսասախի բազիլիկայի սանրամասն ուսումնասիրությունը կատարվել է վերականգնման համահեղինակ՝ ճարտարապետ Թ. Գևորգյանի պատվերով:

Քաասխի բազիլիկայի շաղախների ֆիզիկա-մեխանիկական հետազոտությունները

Նմուշի համարը, №	Ֆրակցիայի (մմ-ով) բաղադրությունը, %			Բաղադրիչների զանգվածը՝ G, գր.			Կիրավազ հարաբերությունը	Ծավալային զանգվածը գ/սմ <sup>3</sup>	Զրակլանման գործակիցը, %	Փափկեցման գործակիցը, %	Մեղման անրությունը, R կգ/սմ <sup>2</sup>	SiO <sub>2</sub> %	Ավազի ասպարը
	< 0,5	0,5-1	>1	Խկզբն.	Ավազ	Կիր							
№ 1	68,4	3,9	27,3	9,18	6,28	2,90	1:2	1,85	25,7	0,79	-	0,09	Պեմզատուֆ
№ 2	58,9	4,43	36,4	5,23	4,23	1,00	1:4	1,18	36,5	0,74	-	0,11	--
№ 3	41,8	9,3	48,0	7,07	5,19	1,88	1:2, 5+3	1,28	26,9	0,79	-	0,11	--
№ 4	48,6	10,4	33,1	7,796	5,31	2,50	1:2	1,25	32,4	0,75	-	0,12	--
№ 5	53,4	11,34	34,1	8,92	5,09	3,83	1:1	1,37	24,7	0,8	-	0,08	--
№ 6	37,7	10,85	48,1	6,71	3,91	2,80	1:2	1,534	21,1	0,84	-	0,09	--
№ 7	32,0	13,35	54,46	9,35	7,35	2,00	1:3	1,69	15,5	0,86	-	0,07	--
№ 8	5,55	10,4	84,0	6,53	4,87	1,66	1:3,5	1,23	29,5	0,77	60	0,12	Պեմզա
№ 9	51,4	4,52	44,17	9,41	5,84	3,57	1:2,5	1,55	24,8	0,8	146	0,08	--
№ 10	52,4	4,97	42,7	8,73	5,89	2,84	1:2	1,30	26,4	0,79	100	0,14	--
№ 11	34,23	1,03	64,7	8,70	6,03	2,67	1:2,5	1,00	41,2	0,71	10,0	0,12	--
№ 12	53,3	5,3	41,3	8,58	4,99	3,59	1:1,5	1,35	12,2	0,89	45,0	0,09	--
№ 13	4,53	3,95	91,56	9,43	7,3	2,13	1:3	1,23	28,9	0,79	55,0	0,10	--
№ 14	67,48	6,98	25,5	6,74	4,5	2,24	1:2	1,22	29,7	0,77	55,0	0,10	--
№ 15	61,1	12,17	26,79	8,62	4,99	3,63	1:1,5	1,29	28,0	0,78	15-80,0	0,23	--
№ 16	72,1	3,79	24,1	9,62	6,33	3,29	1:2	1,29	29,3	0,773	50,0	0,11	--
№ 17	38,5	12,95	48,5	10,48	7,19	3,29	1:2,5	1,24	29,1	0,77	5-8	0,08	--
№ 18	46,16	10,27	43,57	10,58	6,16	4,42	1:1,5	1,20	32,6	0,75	116	0,14	--
№ 19	48,8	3,38	47,8	10,58	6,37	4,21	1:1,5	-	-	-	-	0,11	--

Հետազոտման արդյունքների համեմատությունը թույլ է տալիս ենթադրել, որ շաղախների ամրությունները շինարարները ստանում էին ըստ անհրաժեշտության, այս կամ այն հանգույցի կոնստրուկտիվ, ֆունկցիոնալ նշանակության՝ ավել կամ պակաս խտայման եղանակով:

Տեխնոլոգիական այս հնարքից, ինչպես հայտնի է գրականությունից, օգտվում էին դեռևս շատ վաղ ժամանակներից: Օգտվում էին անգամ հիդրոտեխնիկական կառույցների իրականացման ժամանակ թե հին Հռոմում և թե հին Հայաստանում:

Յավոք, մենք հնարավորություն չունեինք մեխանիկական փորձարկման համար մուշ վերցնելու ամենամեծ ծավալային կշիռ (1850 կգ/մ<sup>3</sup>) ունեցող շաղախից: Այնուամենայնիվ, դատելով հ.11 մուշի տվյալներով, կարելի է ենթադրել, որ մեր դատողությունները ճիշտ են. 1,0 ՄՊա ամրության 1000 կգ/մ<sup>3</sup> ծավալային կշռի և փոշենման ֆրակցիայի 34,23% պարունակության դեպքում:

Ուսումնասիրված բոլոր մուշներից գործնականորեն միայն երկուսն էին, որ չէին տարբերվում միմյանցից: Դրանք խորանի պատի հյուսիս-արևելյան անկյունի հիմքի (աղ. 5.4, մուշ N8) և շեղված պատի հարավ (արևելյան անկյունի հիմքից (մուշ N3) վերցված մուշներն են: Այս շաղախներում ուշագրավ է մյուսների համեմատ փոշենման բաղադրիչի շատ ցածր պարունակությունը - 5,55 և 4,53% համապատասխանաբար: Կրի և ավազի հարաբերությունը երկուսի համար էլ 1:3 է: Ծավալային կշիռները նույնպես համընկնում են (1230) կգ/մ<sup>3</sup>: Ամրությունները կամ նույնն են կամ շատ մոտ են իրար: Նմուշների բոլոր բնութագրերի համընկնելը, ինչպես նաև նրանց նիշերը (-1,2; -1,4մ) հնարավորություն են տալիս թվագրել նույն ժամանակով: Շաղախներում SiO<sub>2</sub>-ի համեմատաբար մեծ պարունակությունը փոշենման բաղադրիչի փոքր քանակության պայմաններում կարելի է բացատրել նրանց տարիքով, որի ընթացքում փոխազդեցության ռեակցիաները ընթացել են ավելի լիարժեք: Ակնհայտ է դառնում, որ բազիլիկան կառույվել է արդեն գոյություն ունեցող հիմքի վրա, որը պատկանելիս է եղել նախաքրիստոնեական կառույցին: Վերջինս քրիստոնեությունն ընդունելուց հետո քանդվել է, իսկ հիմքի վրա դրվել է քրիստոնեական կառույցը:

Այսպիսով, ամփոփելով կատարված հետազոտությունների արդյունքները, կարելի է անել հետևյալ եզրակացությունները: Շաղախների ուսումնասիրությունները, նախքան հուշարձանների վերականգնումը, անհրաժեշտ է իրականացնել հանգույց առ հանգույց, քանի որ նրանց ամրությունները նույնը չեն և ստացված են եղել նախօրոք ծրագրով, օգտագործելով խտայման տեխնոլոգիական հնարքը (ժամանակակից թրթռացումը բետոնների համար):

Այս եզրակացությունը տրամաբանական է, եթե համադրում ենք շաղախների մնացած բնութագրերը (ամրություն, բաղադրիչների քանակական գնահատականը, նյութական կազմը և ծավալային կշիռը):

Թվագրման համար կարբոնատայվածության աստիճանը չի կարելի հիմք ընդունել, քանի որ այս պրոցեսը պայմանավորված է բազմաթիվ գործոններով՝ ընդհուպ մինչև աշխարհագրական կողմնորոշումը (այսպիսի փաստի մենք հանդիպել ենք նաև Տաթևի վանքի, Գանձասարի և այլ հուշարձանների կրաշաղախների ուսումնասիրման ժամանակ):

## 5.4. ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՄԻԿՐՈԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՄԵՋ ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ՁԵՎԱՎՈՐՈՒՄԸ ԱՎԱԶԻ ԱՊԱՐԻ ՏԵՍԱԿԻՑ ԿԱԽՎԱԾ

Կոմպոզիցիոն նյութերի, ինչպիսիք են նաև շաղախները, ժամանակակից բետոնները և այլն, ամրությունը, դեֆորմացիոն և այլ ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները սերտորեն կապված են նրանց կոնտակտային գոտիների վիճակների հետ: Առաջնահերթը կոնտակտում միացման, շաղկապման ամրությունն է, որի սինթեզի համար կարևոր գործոններից են բաղադրիչների միկրոկառուցվածքային առանձնահատկությունները և քիմիական փոխազդեցության մեջ մտնելու ընդունակությունները:

Կոնտակտները մեծ նշանակություն ունեն ոչ միայն կրաշաղախի կառուցվածքային և մեխանիկական ամրություններ ձեռք բերելու առումով, այլև կրաշաղախի և շարի քարի, խոշոր լցիչի հետ միաձույլ զանգված ստանալու առումով: Եվ քանի որ որպես ավազ և շարի քար հիմնականում օգտագործված են եղել ֆիզիկա-քիմիական, կառուցվածքային նույն բնույթի ապարները (պեմզաները, տուֆերը, խարամները), կոնտակտային գոտու ուսումնասիրությունները իրականացվել են շաղախների համար, որի արդյունքները կարող են տարածվել նաև համակարգի մյուս մասերի վրա:

Ուսումնասիրությունները կատարվել են լուսային մանրադիտակում թափանցիկ շլիֆներում բևեռացված լույսում և էլեկտրոնային սկանային տիպի մանրադիտակում բնական կոտրվածքների վրա (նկ. 5.5, 5.6):

Ստացված տվյալներով, կոնտակտի միկրոնրֆոլոգիան պայմանավորված է օգտագործվող ապարի տեսակով: Շլիֆներում հստակորեն երևում են կալցիումի հիդրօքսիդի հետ փոխազդեցության մեջ չմտած պլազիոկլազի բյուրեղները այն դեպքում, երբ մանրահատիկ նորառաջացումները թափանցում են ապարի ապակե բաղադրիչի խորքը, առաջացնելով նուրբ դիսպերս համատարած իզոտրոպ զանգված:

Լուսային մանրադիտակի թույլատրելիության սահմաններում թափանցիկ շլիֆներում գատել նոր առաջացած մանրահատիկ միներալները (բայի կալցիումի կարբոնատից և գիպսից) հնարավոր չէ:

Սակայն տեսանելի է, որ հատիկի ապակե ֆազան կորցնում է իր եզրերի հստակ գծագրությունը, իսկ երբեմն էլ նորառաջացումներն այնքան խորն են թափանցում նրա ներսը, որ նրանից անջատվում են առանձին բեկորներ, առաջացնելով կղզյակային կառուցվածք: Այսպիսի երևույթները մեկնաբանվում են այն փաստով, որ հրաբխային ապակիները ունեն միկրոանհամասեռ կառուցվածք, քիմիական տարրերի անհամասեռ բաշխման, լիկվայիոն առանձնացումների առաջացման պատճառով:

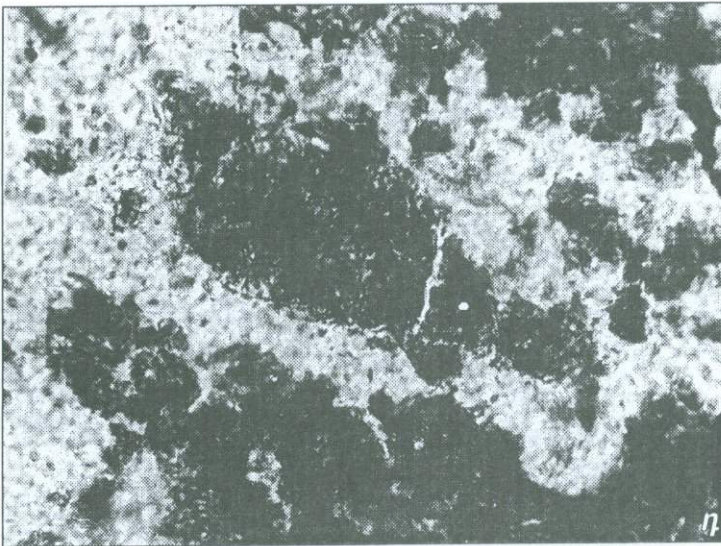
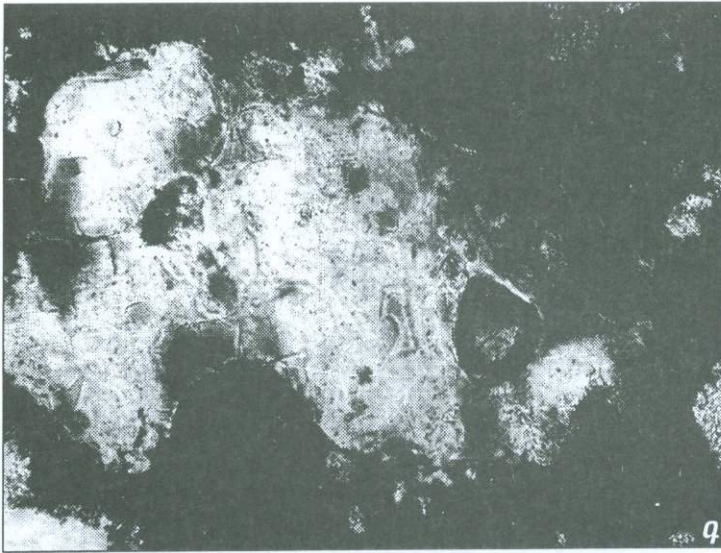
Բյուրեղային բաղադրիչը ապարում մնում է անփոփոխ, չի նկատվում էպիտաքսիալ հարաճման որևէ հետք: Այլ դեպքերում որոշակի գծագրվում է կոնտակտային գոտին, որը բաղկացած լինելով նուրբդիսպերս նորառաջացումներից, անմիջակա-նորեն և շատ հոծ կերպով կպած է ապարի հատիկի եզրերին, առաջացնելով համասեռ շերտ: Ավելի խոշոր չափսի միներալները խոր ներթափանցած են ծակուտկեն ապակու մեջ, որտեղ բյուրեղի աճի համար ապահովվում է աճի ազատության որոշակի աստիճան: Կոնտակտային շերտի լայնությունը երբեմն հասնում է մի քանի միկրոմետրի:



Նկ. 5.5. Կրաշաղախների կառուցվածքները քափանցիկ շիֆներում (ընեռայված լույս, խոշորացումը 60<sup>×</sup>, նիկոլները II). ա-բ-Լեռնակերտի հուշարձանի շաղախները պենզայի ավազով (N6 ըստ աղ. 5.1):

Թթու կազմի պենզաներում հաճախ կոնտակտային շերտը չի նկատվում, քանի որ հարաճումն այնքան խորն է, որ ջնջում է բոլոր սահմանները: Տարբերել կապակցանյութը, ապարը և կոնտակտը հնարավոր է դառնում միայն ապարի խորքում պահպանված նրա միկրոֆլյուիդային կառուցվածքի շնորհիվ (Նկ. 5.5 է, ը):

Կրաշաղախներում, բացի կոնտակտային մասում տեղի ունեցող փոխազդեցություններից, տեղի է ունենում նաև կապակցանյութի՝ կալցիումի հիդրօքսիդի կալցիումի կարբոնատի վերածման պրոցես, այսինքն՝ նախնական միներալի վերականգնում: Այս ընթացքում տեղի են ունենում ծավալային փոփոխություններ, մեծանում է նորառաջացումների բյուրեղների աճի համար կարևոր ազատության տարածքները



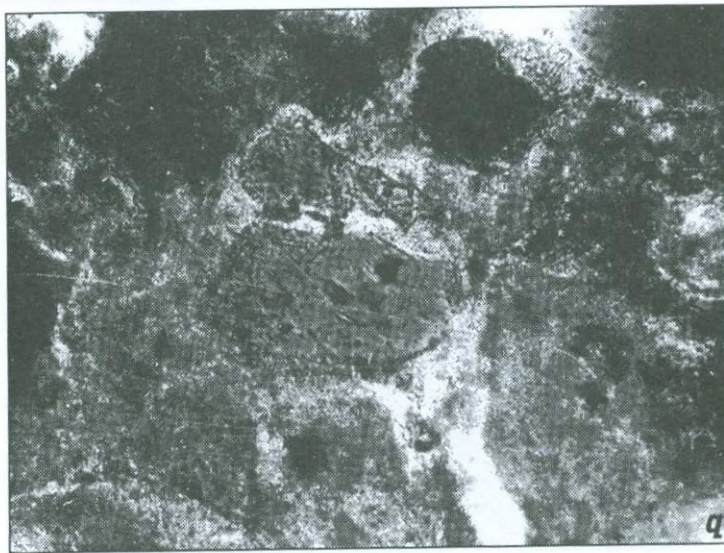
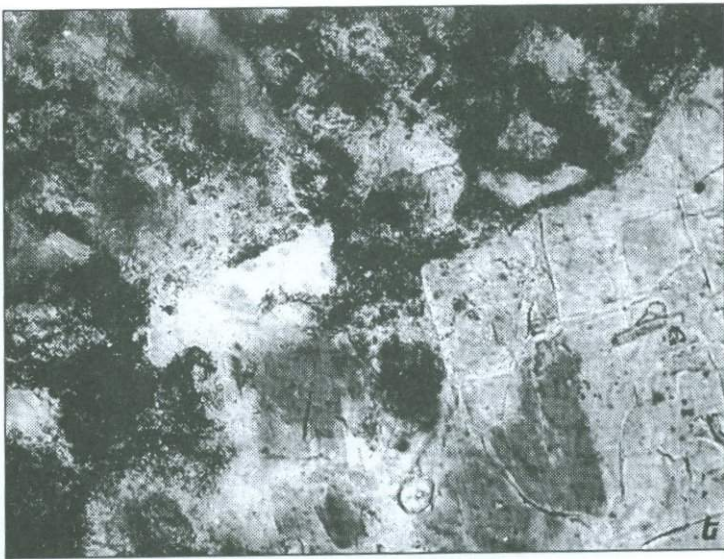
Նկ. 5.5. (շարունակություն)

q-Պենզաշենի շաղախը (N1), դ-N3 ավազը ներկայացված է պենզայով:

և բացի դրանից հնարավոր է դառնում կարբոնատի և նորառաջացման էպիտաքսի-  
ալ հարաճումը՝ նրանց բյուրեղաքիմիական բնույթի մոտիկության հետևանքով:

Հղկած շլիֆների ուսումնասիրությունը անդրադարձված լույսում նույնպես հնա-  
րավորություն տվեց տեսնել կոնտակտները: Այս հետազոտությունները անդրա-  
դարձված լույսում իրականացնելու համար նմուշի կտրված և հղկված շերտի մակե-  
րեսին նստեցնում ենք մետաղի շերտ՝ անդրադարձման ուժը մեծացնելու նպատա-  
կով:

Սկանային էլեկտրոնային մանրադիտակում հաջողվեց նկատել առեղծատա  
պրիզմատիկ բյուրեղների կուտակումներ կոնտակտային մասում, որոնք ամենայն  
հավանականությամբ (ըստ հաբիտուսի) պատկանում են տոբերմորիտային խմբի

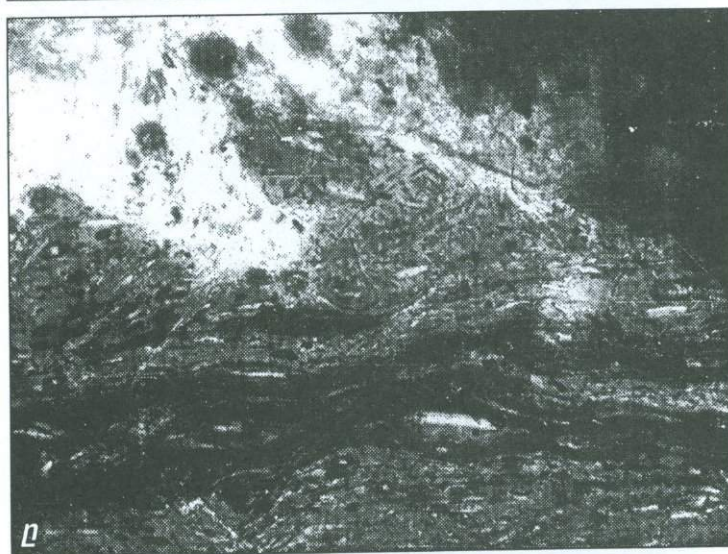
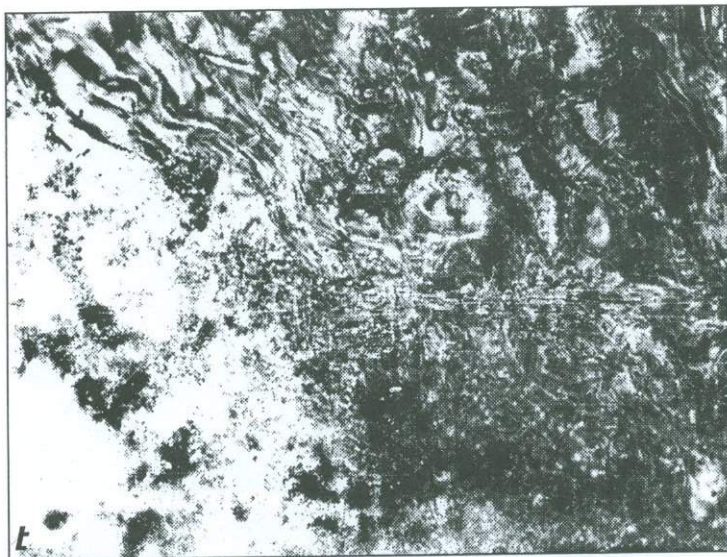


Նկ. 5.5. (շարունակություն)  
 ե-Հատիճի շաղախը (N7), գ-Իրինդի շաղախը (N9):

առաջացումներին: Երկրորդային կարբոնատի բյուրեղի մակերևույթը ծեփված է տարբեր չափերի նորագոյացումներով: Նիստի անհարթ մակերևույթը բարենպաստ պայմաններ է ստեղծում հարածման և կիպ կպչելու համար: Կարբոնատի բյուրեղայնան հետևանքով առաջացող ծավալային փոփոխությունները, կարող էին միկրոճաքերի տեսքով դեստրուկտիվ երևույթներ առաջացնել: Սակայն կոնտակտային շերտը, իր մանրահատիկությամբ և պլաստիկ հատկություններով տարբերվում է մայրական մասից և կատարում է ֆազաների սահմանում առաջացող հնարավոր այդ լարումները և նրա հետևանքով առաջացող ճաքերը մարողի դեր:

Նման խիտ հարածում է նկատվում նաև գիպսի բյուրեղի շուրջը:

Կոնտակտներում տեղի ունեցող քիմիական պրոցեսների մասին առավել վե-



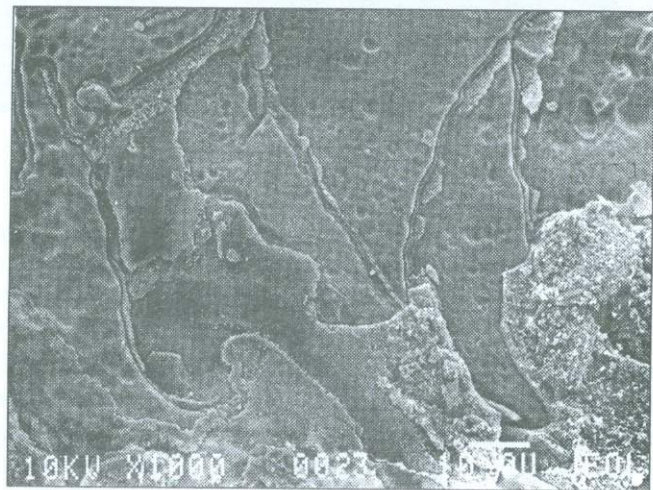
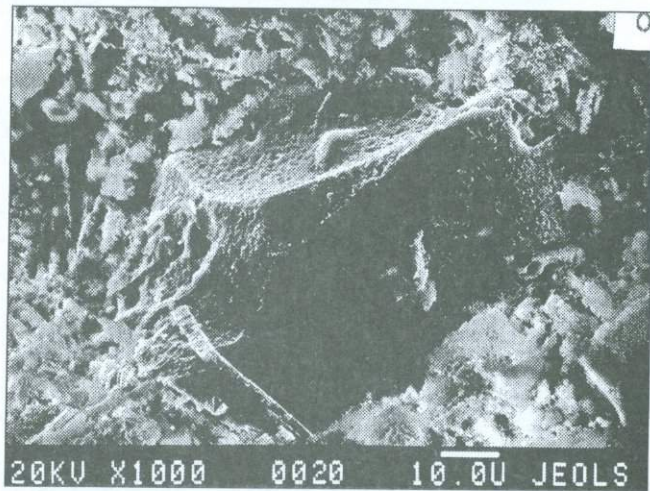
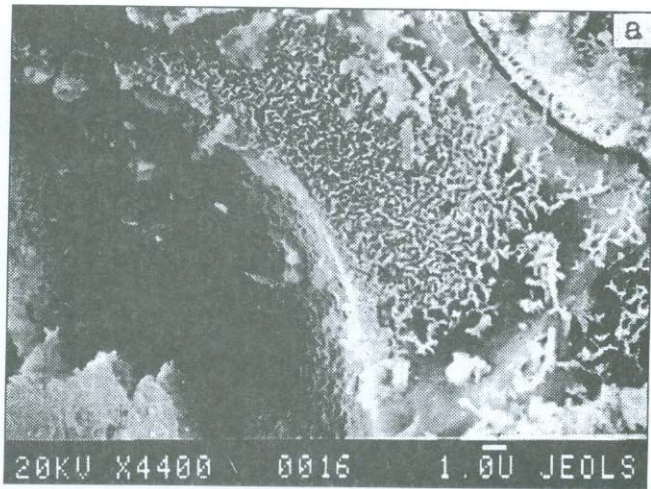
Նկ. 5.5. (շարունակություն)

t-Բյուրականի շաղախը (N10), p-Ապարանի Քասախի բազիլիկայի շաղախը (N11):

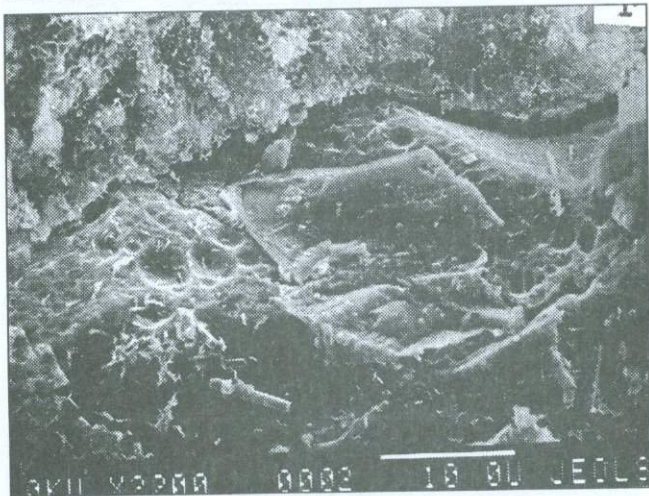
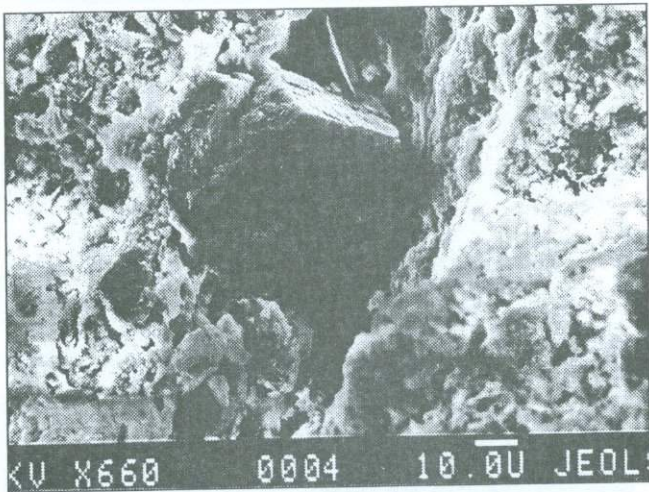
րահակելի և ստույգ տվյալներ ստանալու նպատակով, մեր կողմից իրականացվել են հետազոտություններ մոդելային մուշների վրա:

Որպես մոդելներ մենք ընտրել ենք մաքուր կրի և հրաբխածին ապարներից քիմիապես առավել ակտիվ լիթոլոգային պեմզայի համադրությունը: Այս բաղադրիչներից կազմված կոմպոզիցիան վեց ամիս նորմալ պայմաններում ամրանալուց հետո հետազոտության ենթարկվեց էլեկտրոնային միկրոգոնդի (միկրոռենտգենային լոկալ վերլուծություն) եղանակով, որը թույլ է տալիս գնահատել տարրերի բաշխվածությունը:

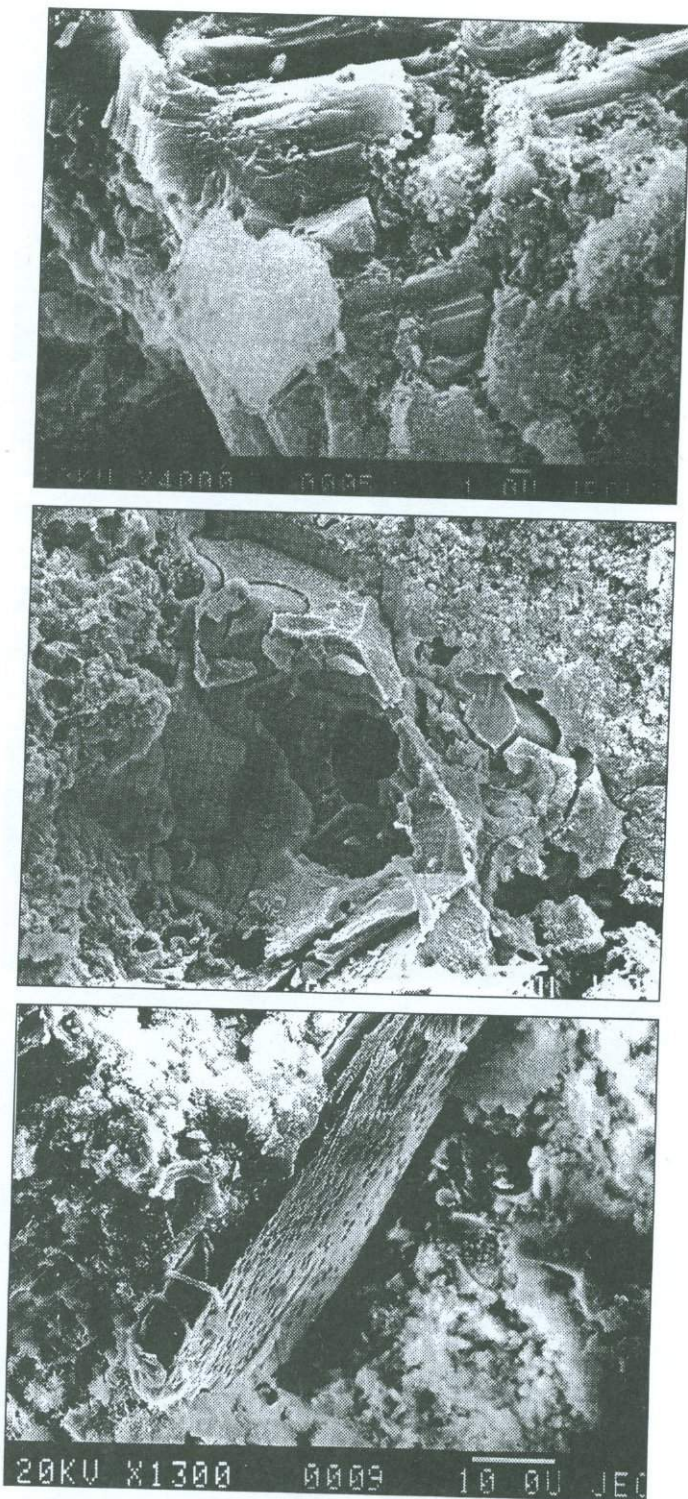
Հետազոտության արդյունքում պարզվեց, որ այս բաղադրիչների միջև տեղի է ունենում իոնների ինտենսիվ փոխանակություն (նկ. 5.7): Այս փոխանակումը, փոխա-



Նկ. 5.6. Հուշարձանների շաղախներում կոնտակտների միկրոկառուցվածքները սկանային էլեկտրոնային մանրադիտակում:



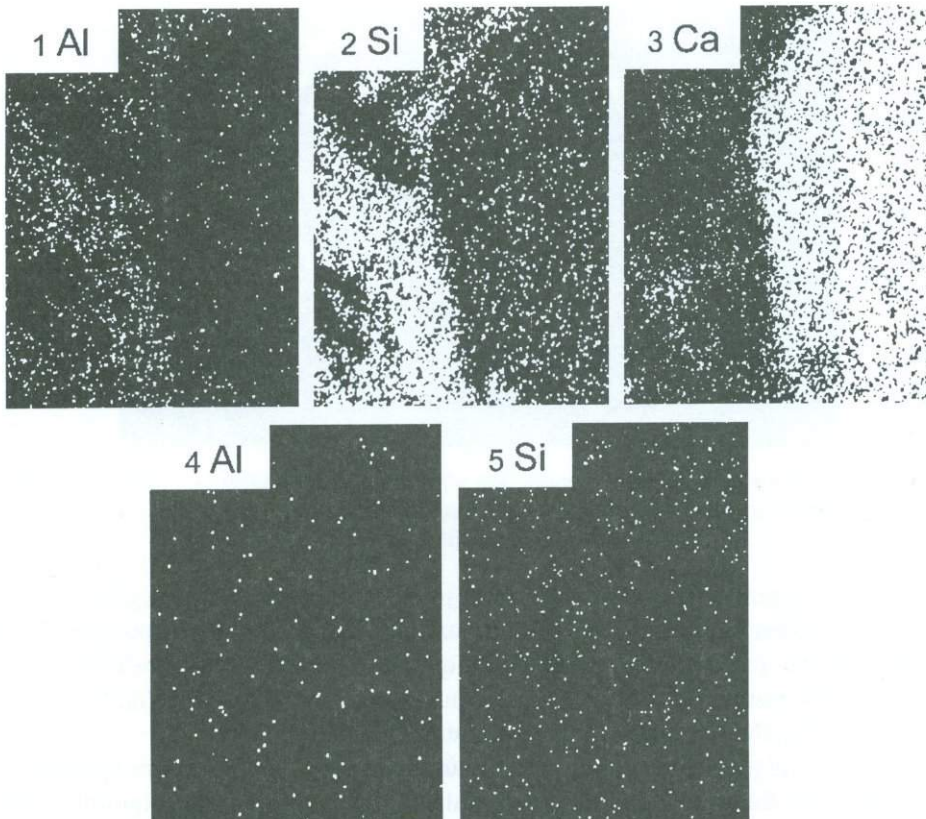
Նկ. 5.6. Շարունակություն:



Նկ. 5.6. Շարունակություն:



Նկ. 5.6.-ի շարունակությունը: տուֆի մակերևութից անջատած կրային բաղադրիչի միկրոկառուցվածքը թափանցող էլեկտրոնային մանրադիտակում (Pt/C ռեպլիկա):



Նկ. 5.7. Տարրերի բաշխումը կոնտակտային գոտում և կրի խորքում:  
1,2,3 - կոնտակտային գոտում, 4,5 - կրի խորքում:



Նկ. 5.8. Կրաշաղախների միկրոկառուցվածքը սկանային էլեկտրոնային մանրադիտակում. ա-հիդրոգելենիտի բյուրեղներ, բ-ասեղնաձև, պրիզմատիկ բյուրեղների հարաճուճը տուֆի ավազի հատիկի վրա:

նակման արդյունքում առաջացած միացությունների որակը՝ հիդրոգելենիտ, աֆվիլիտ, հիլլեբրանդիտ և նման այլ հիդրոսիլիկատներ (նկ. 5.8), թույլ են տալիս ենթադրել, որ հեղուկ ֆազային ռեակցիաներին զուգընթաց, փոխազդեցությունները կարող են ունենալ նաև տոպոքիմիական բնույթ: Դրա լավագույն ասպայույցներից է հիդրոգելենիտի բյուրեղների բացահայտումը շաղախներում (նկ. 5.8ա):

Այսպիսով, ամփոփելով կատարված հետազոտությունների արդյունքները, հանդգնում ենք, որ նախքան վերականգնողական աշխատանքները սկսելը անհրաժեշտ է իրականացնել հուշարձանում օգտագործված նյութերի մանրագին ուսումնասիրությունը:

Հուշարձանների բազմազանությունն ու տարաբաշխվածությունը պահանջում է, որ յուրաքանչյուր առանձին դեպքում նրանց նկատմամբ ցուցաբերվի «անհատական» մոտեցում:

Այսպիսի մոտեցումն անհրաժեշտ է հետևյալ նկատառումներով՝

ա - առավելագույնս պահպանել հուշարձանի սկզբնական ճարտարապետա-գեղարվեստական հորինվածքը,

բ - հնարավորին չափ օգտագործել նույն նյութերն ու տեխնոլոգիաները,

գ - ապահովել վերականգնված հուշարձանի երկարակեցությունը:

Այս հարցերը լուծելիս առաջնահերթ են դառնում շաղախները, նրանց բաղադրություններն ու ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները:

Համոզված ենք, որ հուշարձանների շաղախների երկարակեցության, ամրության և այլ հատկությունները առաջին հերթին պայմանավորված են նրանցում օգտագործվող ավազների ապարների տեսակով և մնացած բոլոր հավասար պայմանների դեպքում ամենաբարձր ամրությունները ստացվում են քիմիական բարձր ակտիվություն ունեցող ապարների դեպքում:

Մյուս հանգամանքը, որ մինչև օրս հաշվի չի առնվել, դա հուշարձանների վերականգնումից առաջ նրանցում օգտագործված նյութերի և հատկապես շաղախների մանրազնին ուսումնասիրություն կատարելու անհրաժեշտությունն է: Այս հետազոտությունները պետք է կատարվեն օգտագործելով ժամանակակից ֆիզիկա-քիմիական հետազոտությունների ողջ հնարավորությունները, որքան էլ որ դա ունենա բարձր արժեք: Այսպիսի հետազոտությունները հնարավորություն կտան ապահովել վերականգնվող հուշարձանի երկարակեցությունը, կպահպանեն նրա ճարտարապետական-գեղարվեստական նախնական հմայքը, և որ ամենակարևորն է՝ կբացանեն ցեմենտի ոչ ցանկալի, իսկ երբեմն նաև անթույլատրելի օգտագործումը:

## ԱՍՓՈՓՈՒՄ

Մենագրությունում ամփոփված են Հայաստանի տարբեր թվագրությամբ հնադարյան կառույցներում օգտագործված շինանյութերի հետազոտման արդյունքները:

Առաջին անգամ ուսումնասիրվող շինանյութերի բաղադրակազմերի վերծանման համար ավանդական մեթոդներին զուգահեռ կիրառված է ֆիզիկաքիմիական վերլուծության ժամանակակից մեթոդների համալիր:

Ստացված արդյունքները հնարավորություն են ընձեռում գնահատել ընտրված նյութերի ել նրանց ճիշտ համադրությունների դերը կառույցների երկարակեցությունն ապահովելու հարցերում:

Այս կարգի հետազոտություններն ու օգտագործված եղանակները, մեր կարծիքով, անհրաժեշտ են ոչ միայն Հայաստանի տարածքում ուսումնասիրվող և վերականգնվող հուշարձանների համար: Այսպիսի մոտեցումը ունիվերսալ է և օգտակար կլինի ամենուրեք, թե հուշարձանների, թե ժամանակակից շինանյութերի և թե հնագիտական պեղածո նյութերն ուսումնասիրելիս:

Ուսումնասիրության հիմքում ընկած են նյութագիտական հետազոտական սկզբունքները՝ այն է, բաղադրություն-կառուցվածք-հատկություն փոխհարաբերությունների մեկնաբանումը:

Իմանալով այս հատկությունները և փոխհարաբերությունները, հնարավոր է դառնում ընտրել այն բաղադրություններն ու տեխնոլոգիաները, որոնք անհրաժեշտ են տվյալ կառույցի համար:

Ավելորդ չէ նշել, որ այս կարգի հետազոտություններում առանձնահատուկ տեղ է գրավում էլեկտրոնային միկրոսկոպիան: Մյուս մեթոդներին զուգահեռ այս մեթոդի հնարավորությունների համալիր օգտագործումը (էլեկտրոնոգրաֆիա, էլեկտրոնային միկրոզոնդ, սկանային ռեժիմ և այլն), թույլ էն տալիս ստանալ մաքսիմում ինֆորմացիա նյութերի կառուցվածքների, հատկությունների մասին, որն էլ անհրաժեշտ է կոմպլոգիսիաների բաղադրությունները վերծանելու և ընտրելու համար:

## РЕЗЮМЕ

В монографии обобщены результаты исследований строительных материалов, использованных в древних сооружениях Армении, различной датировки.

С целью идентификации использованных материалов и их составов, наряду с традиционными, впервые был применен комплекс современных методов физико-химического анализа.

Полученные результаты позволяют оценить роль подобранных материалов и их правильное сочетание в обеспечении долговечности сооружений.

Аналогичные исследования с использованием современных методов, применимы на наш взгляд, не только для изучаемых и восстанавливаемых памятников Армении. Такой подход универсален и, может быть, полезным повсеместно, как применительно к памятникам, так и современным строительным материалам, и при изучении археологического подъемного материала.

Проведенные исследования базируются на материаловедческих принципах, т.е. выявления зависимости состав-строение-свойства.

Зная свойства и взаимодействия материалов становится возможным подбирать составы и технологии, которые необходимы для данного сооружения.

Считаем необходимым отметить неопределимую роль метода электронной микроскопии наряду с другими методами. Возможности этого метода (электроннография, локальный микрорентгеновский анализ, режим сканирования и т.д.) позволяют получать максимальную информацию о строении и свойствах материалов, что и необходимо при идентификации, а затем и подборе составов композитов.

## SUMMARY

The results of research of Armenian Ancient Monuments building materials are summarized in this monograph.

A complex of modern methods of physicochemical analysis were used for the first time for the purpose of identification of used materials and their composition, along with traditional methods.

Obtained results allow to evaluate the role of the selected materials and their correct combinations in ensuring the longevity of constructions.

Application of these methods is useful not only in studying the Armenian ancient constructions.

This approach is universal and multipurpose and can be applicable to a variety of constructions, starting with ancient monuments up to modern materials, excavated archeological materials, etc.

The research was based on the principles of material sciences i.e. on the interconnections between Composition-Structure-Properties.

Knowing the properties of the materials and their ability to interact, one can select correct compositions and technologies important for a given construction.

It is important to note the invaluable role of the electron microscopy method.

Along with other methods, this method (electronography, electron microprobe, scanning mode, etc.) allow to obtain maximum information about structure and properties of materials, which is important in their identification and then selection of proper compositions in each case.

# ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Мартиросян А.А. и др. Водохранилище Аргиштихинили и некоторые вопросы Урартского гидростроительства "Вестник общественных наук", АН АрмССР, N10, 1975, с. 57-67.
2. Израелян В.Р., Чугурян В.В. О применении вспученных обсидианов в строительстве храма Звартноц. Материалы II международного симпозиума по искусству Армении, т. II, Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1981.
3. Израелян В., Чобанян Д., Чугурян В. К вопросу обеспечения надежности и долговечности восстанавливаемых древних памятников архитектуры. Деп. рук. N7479 ВНИИ и С, Москва N4 1987.
4. Израелян В., Чобанян Д., Захаров Л., Вещественный состав растворов некоторых памятников архитектуры средневековой Армении. Деп. рук. N7149 ВНИИиС Москва N2 1987.
5. Чобанян Д., Израелян В., Захаров Л., Исследование строительных растворов памятников Армении. Арм. Хим. журнал т. 41, N4 Ереван, 1988, с. 191-194.
6. Israelian V. Chougurian V. The phisico-chemical properties of materials and the longevity of Some ancient Armenian Monuments. Mat. of IV ICAM, Concu Mexico 1995.
7. Israelyan V. TEM in Armenian Medieval Monuments Investigation. Mat. of 14-th Intern. Congr. on Electron Microscopy, Cancun, Mexica 1998.
8. Ширинян К.Г. Вулканические туфы и туфолавы Армении, Ереван, 1961, 158с.
9. Ацагорцян З.А., Мартиросян О.А. Туфы и мраморы Армении, Ереван, 1962.
10. Թրքիւմաշիւնի Թ., Շինանյութերը և նրանց օգտագործման կերպերը հին Հայաստանում:
11. Аракелян А.А. О некоторых физико-механических свойствах растворов кладки древних сооружений Армении. Изв. АН АрмССР, т. III, N1, 1950, с. 103-108.
12. Папкина Л.П. и др. О вяжущих материалах некоторых древних сооружений Армении. Изв. АН АрмССР, серия техн. наук, XVII, N2, 1964, с. 61-66.
13. Степанян В.А. Нормальное сцепление раствора с камнем. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1950, 235с.
14. Значко-Яворский И.Л. Очерки истории вяжущих веществ от древнейших времен до середины XIX века. Изд. АН СССР, М-Л, 1963, 494 с.
15. Мшвенирадзе Д.М. Строительное дело в Древней Грузии. Изд. Техника да Шрома, Тбилиси, 1952, 475 с.
16. Юнг В.Н. Основы технологии вяжущих веществ. Промстройиздат, 1951.
17. Швецов Б.С., Суровцев В.В. Древние строительные растворы. Труды Госинстром, вып. 32. Гостехиздат, М., 1930, с. 3-32.
18. Сулов В.В. Краткое изложение исследований Новгородского Софийского собора, Зодчий, 1894, NN11,12, с. 91-98.
19. Халпахчян О. Строительный традиции народных мастеров Армении. В кн. Архитектурное наследство. Гос. изд. литературы по строительству и архитектуре. М.,

- 1953.
20. Mtshedlow-Petrosian O.P. Papkova L.P. Zur Frage der kinetik langfristigen Eshartung anorganischer Bindemittel "Baustofindustrie" 1970, 13, N12, p. 415-418
  21. Багдасарян Л.Б., Захаров Л.А. О природе активных минеральных добавок вулканического происхождения. Сб. тр. ЕрПИ, серия химич. , т.34, вып. Ш, Ереван, 1971, с. 56-59.
  22. Багдасарян Л.Б. Исследование гидравлических свойств активных минеральных добавок вулканического происхождения месторождений АрмССР. Автореф. канд. дисс. Ереван. 1972, 28 с.
  23. Дарбинян М.В., Саакян Э. Р. Химическая активность заполнителей бетона из пористых вулканических стекол. Тр. и-та Камня и Силикатов, вып. IV Ереван, 1968, с. 223-226.
  24. Степанова В.Ф. Бетоны на природных пористых заполнителях для агрессивных сред. Бетон и Железобитон, N2.
  25. Виноградов Б. Влияние заполнителей на свойства бетона. Стройиздат, М. , 1979, 223 с
  26. Израелян В.Р. О природе химической активности вулканических пород в бетоне. ДАН АрмССР, т. 79, N3, 1984, с. 130-135.
  27. Рыскин Я.И. Связи водорода в кристаллах гидросиликатов и их аналогов. Сб. Проблемы силикатов. Наука, Л. 1974, с. 131-135.
  28. Маслов В.Н. , Зотов Ю. Л. Вода как полупроводниковый материал. Успехи химии. Т. 37, вып. 4, М. , 1968.
  29. Бондарь А.Н. , Михайлова Н. М. Протонный магнитный резонанс в вулканических стеклах. Сб. Перлиты. М., Наука, 1981, с. 153-166.
  30. Кадик А.А. Вода в магматических расплавах. М. , Наука, 1971.
  31. Зиборова Т.А. Состояние воды и гидроксила в природных стеклах по данным ИК-спектроскопии. Сб. Перлиты, М. , Наука, 1981. с. 177-187.
  32. Лебедев Е.В., Хитаров Н.И. Физические свойства магматических расплавов. М. , Наука, 1979, 199 с
  33. Петров В.П. Вулканическое стекло и цеолитообразование. Сб. Водные вулканические стекла и минералы. М. , наука, 1967.
  34. Israelyan V. Armenian obsidians structure and phase composition. XVIII Intern. Congr. on Glass San-Francisco 1998.
  35. Израелян В.Р. Электронномикроскопическое исследование обсидианов. Изд. АН АрмССР, Наука о Земле, т. 36, N6, Ереван, 1983.
  36. Израелян В.Р. и др. Механизм процесса вспучивания вулканического стекла. Изд. АН АрмССР. серия Техн. наук, т. 39, N1, 1986, с. 9-14.
  37. Израелян В.Р., Израелян Б.Г. Микроструктура вулканических стекол. Мат. всесоюзн. школы-семинара по перлиту. Ереван, 1986, с. 16-17.
  38. Швесте Л. и др. Исследование поведения природных и искусственных пуццолан. Тр. У Межд. конгресса по химии цемента. М., Строймздат, 1973, с. 421.
  39. Челани А. и др. Различный механизм действия пуццолановых материалов и шлаков в гидравлических вяжущих. Тр. У Межд. конгресса по химии цемента, М., Стройиздат, 1973, с. 422.

40. Турричани Р. Вопросы химии пуццоланов. Сб. Химия цементов. М., Стройиздат, 1969, с. 353-366.
41. Dron R. Bases mineralogiques des selections des pouzzolanes. Bull. Liaison lab. Ponts et Chauss. Paris, N92, 1977, p. 105-112.
42. Исраелян В.Р. Исследование структуры обсидианов и перлитов месторождений АрмССР в кн. Перлиты. Изд. Наука, М., 1981.
43. Исраелян В.Р. К вопросу изучения тонкопористой структуры легких заполнителей методом электронной микроскопии. Сб. тр. АИСМ, вып. 22, Ереван, 1973.
44. Исраелян В.Р., Абуева З.А., Багдасарян Л.Б. Физико-химические особенности поведения заполнителей вулканического происхождения в бетоне. Ереван, изд. Айастан, 1986, 110 с.
45. Симонов М.З. Основы технологии бетонов. М., Стройиздат, 1973, 584 с.
46. Белов Н.В. Кристаллохимия силикатов с крупными катнонами. Л., АН СССР, 1961, 68 с.
47. Донней Г. и др. Структурный механизм термических и концентрационных превращений в силикатах. Сб. Физика минералов. М., Изд. И.Л., 1964. с. 31-37.
48. Bell T. and oth. Water in vitrous silica Pt-2 Some aspects of hidrogen water-silica equilibrium. Phys. and Chem. Ser. 1962. vol. 3-5 p. 141-146.
49. Новохотский и др. О механизме диффузии водорода в шлаках. ДАН СССР, 1961, т. 136, N4, с. 868-870.
50. Брек В. Цеолитовые молекулярные сита. М., Мир, 1976, 778 с.
51. Исраелян В.Р., Абуева З.А., Багдасарян Л.Б. Способ определения активности заполнителя бетона. А. с. N11349 В.
52. Ли Ф.Х. Химия цемента и бетона. Госстройиздат, М., 1961, 645 с.
53. Исраелян В. Вулканогенные пористые заполнители для бетонов. Изд. Айастан, Ереван, 1998, 119 с.
54. Бутт Ю.М. и др. Срастание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с кварцем и кальцитом. Ж. Цемент, N5, 1972 с. 13-14.
55. Թորանանյան Թ. Շինանյութերն ու նրանց գործածության կերպը հին Հայաստանում. Երևան, 1932. 39 էջ:
56. Осин Б. Негашенная известь, Москва, Госстройиздат, 1954г.
57. Захаров Л.А. Вибропомол и вибропомольные известково-пуццолановые вяжущие. Ереван-1956.

# ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Նախաբան	3
<b>Գլուխ 1</b> Ընդհանուր տեղեկություններ պատմա-ճարտարապետական հուշարձանների նյութական կազմի ուսումնասիրվածության մասին	4
<b>Գլուխ 2</b> Շինարարության մեջ օգտագործվող ապարների համառոտ բնութագրերը	18
2.1. Ֆիզիկա-մեխանիկական բնութագրերը	18
2.2. Հայաստանի հրաբխածին ապարների ֆիզիկա-քիմիական հատկությունների համառոտ բնութագիրը	25
2.2.1. Պետրոգրաֆիական միներալոգիական բնութագրերը	25
2.2.2. Ապարների ծակոտկենությունը	32
<b>Գլուխ 3</b> Շինարարական կիրը և նրա հատկությունները	36
3.1. Համառոտ տեղեկություններ կրի օգտագործման տեխնոլոգիաների մասին	40
3.1.1. Կրի հանգյները	40
3.1.2. Չհանգած կրի առանձնահատկությունները	41
3.1.3. Կրի ամրացումը	43
3.2. Հիդրավլիկական կիր	43
<b>Գլուխ 4</b> Կրի նկատմամբ հրաբխածին ապարների քիմիական ակտիվությունը և նրա որոշման եղանակը	45
4.1. Հրաբխածին ապարների կառուցվածքը և քիմիական ակտիվությունը	45
4.2. Քիմիական ակտիվության քանակական արժեքը	48
4.3. Հրաբխածին ապարների և կալյիում հիդրօքսիդի փոխազդեցությունից առաջացած միացությունները	50
<b>Գլուխ 5</b> Հուշարձանների նյութական կազմի հետազոտման մեթոդները	56
5.1. Ընդհանուր տեղեկություններ	56
5.2. Մի քանի հուշարձանների շաղախների համալիր ուսումնասիրության արդյունքները	58
5.3. Քասախի բազիլիկայի շաղախների ուսումնասիրման արդյունքները	66
5.4. Շաղախների միկրոկառուցվածքի և նրանց մեջ կոնտակտների ձևավորումը, կախված ավազի ապարի տեսակից	70
Անփոփում	81
Օգտագործված գրականության ցանկ	82

19584