

Т.Р. АВАГЯН

**ОБЖИГ МОЛИБДЕНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ**

Сделана попытка с помощью лабораторных исследований обосновать процесс обжига молибденовых концентратов с использованием оксида кальция. Показано, что данный процесс дает возможность разработать принципиально новую, экологически чистую технологию извлечения молибдена и рения.

Ключевые слова: молибденовый концентрат, оксид кальция, обжиг, рений, извлечение.

T.R. AVAGYAN

**ROASTING MOLYBDENUM CONCENTRATES BY MEANS OF
CALCIUM OXIDE**

By laboratory investigations, an attempt is made to substantiate the burning process of molybdenum concentrates by calcium oxide. It is shown that the given process allows the possibility to develop a principally new, ecologically pure technology for extracting molybdenum and rhenium.

Keywords: molybdenum concentrate, calcium oxide, burning, rhenium, extraction.

ՀՏԴ 621.762:669.15

Ա.Ա. ԱՅՎԱԶՅԱՆ, Տ.Ս. ԱՂԱՄՅԱՆ, Հ.Վ. ԱՎԱԳՅԱՆ

**ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՄԱՆՐԱՑՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ ԸՆԹԱՑՈՂ
ՖԻԶԻԿԱԲԻՄԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՆԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԶՄԸ ԵՎ ԿԻՆԵՏԻԿԱՆ
(Կապան)**

Ուսումնասիրվել են օքսիդացված հանքանյութերի մանրացման դեպքում ընթացող ֆիզիկաքիմիական գործընթացների մեխանիզմը և կինետիկան: Ցույց է տրվել, որ շպինելային հիմքով հանքաքարերի մեխանիկական ակտիվացումը ամորֆ նյութերի ստացման յուրահատուկ մեթոդ է, երբ բյուրեղացանցը կարգավորված վիճակից անցնում է չկարգավորված վիճակի: Մեխանիկական ակտիվացման տևողությունը մեծացնելիս շպինելները ելակետային վճակից վերածվում են ակտիվ վիճակի, արդյունքում՝ շպինելային կառուցվածքով օքսիդների ֆիզիկաքիմիական ակտիվացման ընթացքում տեղի են ունենում կառուցվածքային և քիմիական փոփոխություններ: Պարզաբանվել են ակտիվացված շպինելների կառուցվածքային փոփոխությունները:

Առանցքային բաներ. մեխանաքիմիա, օքսիդ, ակտիվություն, շպինել, կառուցվածք, բյուրեղացանց, ամորֆ վիճակ:

Ներածություն. Հայաստանի Հանրապետությունում առկա տարբեր հանքավայրեր հարուստ են պղինձ պարունակող զանազան հանքանյութերով: Բացի այդ, հայտնաբերվում և շահագործվում են նոր հանքավայրեր, որոնք իրենց

միներալոգիական կազմով տարբերվում են ինչպես իրարից, այնպես էլ աշխարհում հայտնի նմանատիպ հանքավայրերից: Այսօր, Հայաստանի հարստացուցիչ ֆաբրիկաներն արտադրում են 26-28% պղնձի պարունակությամբ տարբեր խտանյութեր, որոնց համար ավանդական մշակման եղանակները հաճախ կիրառելի չեն: Ավանդական եղանակով պղնձի արտադրության կազմակերպումը հանրապետությունում դժվարանում է, քանի որ չկան ջրային, էներգետիկ և տնտեսական պայմաններ: Դեռևս չլուծված են մնում SO₂-ի կորզման հարցերը, որոնք պայմանավորված են բնապահպանական դժվարություններով, բացի այդ, նման եղանակով կորզվում է միայն պղինձը, մինչդեռ երկաթը, որի պարունակությունը այդ խտանյութերում կազմում է 25-30%, արտանետվում է թափոնների տեսքով: Նույնը կատարվում է նաև պղնձի և մոլիբդենի օքսիդացված հանքանյութերի դեպքում, որոնց պարունակությունը շատ մեծ է: Այդ իսկ պատճառով անհրաժեշտություն է առաջացել մշակել տեղական սուլֆիդային խտանյութերի և օքսիդացված հանքանյութերի նոր, ոչ ավանդական, պարզ և արդյունավետ տեխնոլոգիա, որը, շրջանցելով SO₂-ի առաջացումը, թույլ կտա քիչ ջերմաէներգետիկական ու տնտեսական ծախսերով համալիր ձևով կորզել ոչ միայն պղինձը, այլ նաև երկաթը, ընդհուպ մինչև մետաղական վիճակը՝ լեգիրող հավելանյութերի տեսքով:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Վերջին տարիներին մետալուրգիական գործընթացներում տեղ է գտել նոր ուղղություն, համաձայն որի խտանյութերի մշակումը կատարվում է մեխանաքիմիական և մետաղաթերմային վերականգնման եղանակների զուգակցմամբ, որը նպաստում է հետագա օքսիդավերականգնման գործընթացների ինտենսիվացմանը և սկզբունքորեն նոր, մոդիֆիկացված արգասիքների ստացմանը:

Պինդ նյութերի մեխանիկական ակտիվացումը պայմանավորված է ոչ միայն նյութի մանրացման աստիճանի և մակերևութային էներգիայի մեծացմամբ, այլ նաև նյութերի բյուրեղային ցանցում աղավաղումների առաջացմամբ [1-3]: Այսինքն՝ քիմիական ակտիվացման պատճառը ոչ միայն մասնիկների չափերի փոքրացումն է, այլև նյութերի բյուրեղային աղավաղումները: Երբ մանրացող նյութի չափերը դառնում են համաչափելի տարրական բջջին, տեղի են ունենում արմատական փոփոխություններ նյութերի ֆիզիկական հատկություններում: Մեծանում է պինդ նյութերի ռեակցիոն ունակությունը, որը հանգեցնում է քիմիական ռեակցիայի արագության մեծացմանը: Մեխանաքիմիական գործընթացների հետևանքով տեղի են ունենում մանրացվող նյութի քիմիական կազմի և կառուցվածքի փոփոխություններ: Նյութերը գերմանրացված վիճակում ենթարկվում են սկզբունքորեն նոր փոփոխությունների, որոնք պայմանավորված են կոն-

դեսացված վիճակի ֆիզիկական առանձնահատկություններով, կապերի ձևով, կառուցվածքով, տարրերի յուրահատուկ կազմով, ֆիզիկական բնութագրերի փոփոխությամբ և այլն [4-5]: Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ որոշ տիպի ջերմանջատիչ ռեակցիաներ մեխանաքիմիական ազդեցությունից հետո, ի տարբերություն ջերմային քայքայման ռեակցիաների, կարող են ընթանալ դետոնացիոն արագություններով և համեմատաբար ցածր ակտիվացման էներգիայով: Դա մասնավորապես վերաբերում է մեխանիկական էներգիայի ազդեցությամբ մի շարք մետաղների (Mo, Pb, Cu և այլն) օքսիդների և սուլֆիդների ու ակտիվ մետաղների միջև ընթացող վերականգնման պինդֆազ ռեակցիաներին, ինչպիսիք են MoS_2 -Mg, PbO-Mg, CuO-Al և այլն [6]:

Հիմք ընդունելով ՀՀ ԳԱԱ ԸԱՔ ինստիտուտում կատարված և այլ [6, 7] ուսումնասիրությունները, համաձայն որոնց ֆիզիկական հատկությունների փոփոխությունները, կապված մեխանիկական մանրացման հետ, խիստ ազդում են նյութերի քիմիական ունակությունների մեծացման վրա, խնդիր է դրված ուսումնասիրել Թեղուտի հանքավայրի պղնձի օքսիդացված հանքանյութերի մեխանաքիմիական մանրացման գործընթացը՝ դրանք սուլֆիդային միացությունների փոխակերպելու նպատակով՝ հետագայում ֆլոտացման ավանդական եղանակով պղնձի կորզման համար:

Այդ նպատակով ուսումնասիրվել են օքսիդացված հանքանյութի մանրացման գործընթացում շպինելային կառուցվածքով օքսիդների ֆիզիկական և քիմիական փոփոխությունները: Ուսումնասիրությունների հիմքում ընկած է այն փաստը, որ ակտիվացված շպինելների հատկությունները էապես տարբերվում են ելայինի նույն հատկություններից, և բյուրեղաքիմիական փոփոխությունները որոշելու համար նուրբ կառուցվածքային պարամետրերը լավ երևում են մեսսաուէրովյան փորձերով:

Հանքաքարերը, որոնք դասվում են շպինելային խմբին, իզոմորֆ խորանարդային ցանցով կրկնակի օքսիդներ են (նկ. 1) [8]: Բանաձևն ունի հետևյալ տեսքը՝ AB_2O_4 , որտեղ A-ն երկվալենտ կատիոնն է (Mg^{2+} , Fe^{2+}), B-ն՝ եռավալենտ կատիոնը (Fe^{3+} , Cr^{3+} , Al^{3+}): Տարրական բջիջը կազմված է ութ մոլեկուլից՝ $Me^{2+}Me^{3+}O_4^{2-}$: Իդեալական բյուրեղում թթածնի իոնները՝ O^{2-} , որոնց քանակը 32 է, առաջացնում են խիտ դասավորված խորանարդային նիստա-կենտրոն ցանց (նկ. 2), որի դատարկություններում գտնվում են մետաղների իոնները (թթվածնի իոնները ներկայացված են որպես կոշտ գնդեր՝ 0,132 նմ շառավղով): Երբ հարթ շերտի 3 գնդերի միջև տարածությունը վերևից ծածկվում է հաջորդ շերտի գնդով, ստացվում է քառանիստ դատարկություն՝ շրջապատված 4 գնդերով: Եթե համանման եռանկյունը ծածկվում է 60° -ով շրջված նույնատիպ գնդերի եռանկյու-

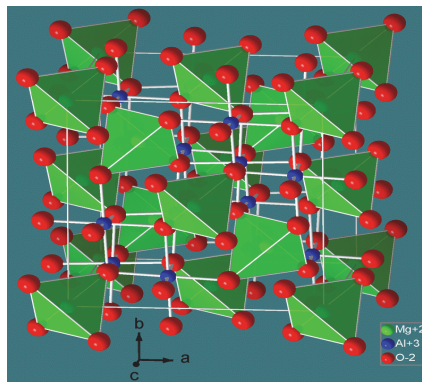
նով, ապա ստացվում է ութանիստ դատարկություն՝ 6 գնդերով շրջապատված [9]: Այսպիսով, ստացվում են 32 ութանիստ և 64 քառանիստ միջհանգույցներ, որոնցից զբաղեցված են 1/2 ութանիստային և 1/8 քառանիստային դիրքերը: Կատիոնները, որոնք 2 անգամ ավելի փոքր են անիոններից, զբաղեցնում են անիոնային ենթացանցի ութանիստային կամ քառանիստային հանգույցները: Բյուրեղաքիմիական բանաձևը կլինի հետևյալը.



որտեղ կատիոնները (կլոր փակագծում) քառա-, մյուսները՝ ութանիստային դիրքերում են, իսկ b-ն շպինելի փոխակերպման աստիճանն է:

Ըստ կատիոնների տեղաբաշխման՝ շպինելները բաժանվում են 2-ի խմբի՝ նորմալ և շրջված: Նորմալ շպինելներում (օրինակ, $MgCr_2O_4$) A^{2+} կատիոնները զբաղեցնում են 8 քառադիրքերը, իսկ B^{3+} կատիոնները՝ 16 ութադիրքերը: Շրջված շպինելներում ($MgFe_2O_4$) 8 եռավալենտ կատիոնները զբաղեցնում են քառանիստային, իսկ մնացած կեսը 8 երկվալենտ կատիոնների հետ՝ ութանիստային դիրքերը:

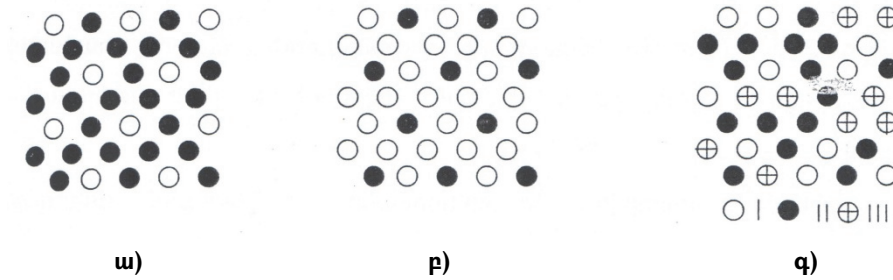
Շպինելների բյուրեղացանցը բնութագրվում է նշված պարամետրերով. a-ն՝ տարրական բջջի պարբերությունն է, b-ն՝ մետաղների իոնների դիրքը և A-ն հանգույցներում գտնվող եռավալենտ կատիոնների բաժինը, որն անվանում են փոխակերպման աստիճան, u-ն՝ թթվածնի իոնների դիրքը. այն կարևոր է հաշվարկների և շպինելների հատկությունները կանխատեսելու համար: Իդեալական շպինելներում $U=0,375$: Կախված կատիոններից՝ փոխվում է u-ի արժեքը՝ 0,384-0,390 [10]:



Նկ. 1. Շպինելի բյուրեղային ցանցի կառուցվածքը

Շպինելները հարմար նյութեր են մեխանիկական ակտիվացման արդյունքում տեղի ունեցող բյուրեղաքիմիական փոփոխությունները որոշելու համար,

քանի որ ակտիվացված շպինելների հատկությունները էապես տարբերվում են ելային շպինելների նման հատկություններից, իսկ դրանց շատ նուրբ կառուցվածքի պարամետրերը լավ ֆիքսվում են մետաուէրոլյան փորձերով (նկ. 2) [11]:



Նկ. 2. 111 տիպի հարթությունում կապիտոնների փոխադարձ դասավորությունը. ա) և բ) հարթություններն իրար հաջորդում են, գ) մեխանիկական ակտիվացումից հետո, I-ը դատարկ տեղերն են, II-ը՝ զբաղեցրած դիրքերը, III-ը՝ քառանիստային դիրքի անցած կապիտոնները

Շպինելների մեխանիկական ակտիվացումն ընթանում է 2 փուլով. Առաջին փուլում տեղի են ունենում դիսպերսման ինտենսիվ գործընթացներ, այնուհետև, երբ մասնիկների չափերը հասնում են որոշակի կրիտիկական չափերի, տեղի է ունենում 2-րդ փուլը՝ նյութի սեփական ակտիվացում, որն էլ ուղեկցվում է կառուցվածքային փոփոխություններով: Մեխանիկական ակտիվացման ժամանակ բոլոր կատիոնները անցնում են ութանիստային դիրքի և պատահականորեն վերաբաշխվում [11, 12]: Ենթադրվում է, որ այդպիսի անցումն իրականանում է հարթությունների իրար նկատմամբ տեղաշարժով՝ 111 տիպի սահքով, որի դեպքում խիտ դասավորությունը պահպանվում է, բայց անհետանում է թթվածնի իոնների դասավորվածության հեռավոր կարգը:

Մետաուէրոլյան սպեկտրասկոպիայի միջոցով հնարավոր է առանձնացնել մեխանապես ակտիվ նյութը ելայինից: Այդ դեպքում, կախված ակտիվացման տևողությունից, կարելի է առանձնացնել երեք՝ իրար փոխարինող վիճակներ: Այդ վիճակները տարբերվում են կուտակված արատների կոնցենտրացիայով և որպես հետևանք՝ մագնիսական հատկություններով [13]:

Ստացված տվյալները ցույց են տալիս, որ մեխանաքիմիական ակտիվացման ժամանակ տեղի են ունենում պլաստիկ դեֆորմացումներ՝ պայմանավորված թթվածնային ենթացանցերի հարթությունների տեղաշարժի և քառանիստային՝ դատարկ ութանիստային դիրքերի անցմամբ: Ակտիվացված շպինելների ֆիզիկաքիմիական բոլոր հատկությունները հնարավոր է բացատրել այս մոդելների սահմաններում [14]: Համաձայն այս մոդելի՝ մեծ չափեր ունեցող իոնները

դասավորվում են սերտ, իսկ փոքրերը զբաղեցնում են առաջացած դատարկ դիրքերը, ըստ որում՝ որքան մեծ են դատարկության չափերը, այնքան հավանական է դրանց լրացումը: Այդպիսի դատարկություններ են մեխանաքիմիապես ակտիվացված շափնելների համար ութանիստային դիրքերը: Մեսբաուէրովյան սպեկտրասկոպիայի մեթոդով փորձնականորեն հաստատված է, որ քառանիստ կատիոններն անցնում են ութանիստային դիրքը: Հետևաբար՝ ակտիվացված շափնելները բավարարում են ուսումնասիրվող ամորֆ պինդ նյութերի կառուցվածքային չափանիշները: Այսպիսով, հնարավորություն է ստեղծվում մեխանիկական ակտիվացումը դիտելու որպես ամորֆ նյութերի ստացման յուրահատուկ մեթոդ, համաձայն որի՝ բյուրեղացանցի կարգավորված վիճակն անցնում է չկարգավորված վիճակի:

Հետազոտության արդյունքները. Ուսումնասիրված են մեխանաքիմիական ռեակցիաներում ընթացող 3 հիմնական գործընթացները: Դրանցից առաջինը այն է, որ դեֆորմացման հետևանքով պինդ նյութերում տեղի են ունենում կառուցվածքի աղավաղումներ, որոնք ուղեկցվում է արատների խտության մեծացմամբ:

Երկրորդը մեխանաքիմիական ռեակցիաների կառուցվածքային ռելաքսացիան է, որը կարող է ունենալ արտահայտման տարբեր ձևեր: Ռելաքսացիաները կարող են լինել մեխանաքիմիական և մեխանաէմիսիոն: Մեխանաքիմիականի դեպքում բյուրեղներում տեղի են ունենում իրական աղավաղումներ, որի հետևանքով անջատվում է էներգիա: Առաջանում են տատանողական և էլեկտրոնագրգռման վիճակներ՝ ընդարձակված վալենտական կապեր, որոնք հեշտությամբ կարող են մտնել քիմիական փոխազդեցության մեջ՝ անջատելով էներգիա ջերմության ձևով: Մեխանաէմիսիոն ռելաքսացիայի դեպքում լիցքերի վերախմբավորում է տեղի ունենում, որն ուղեկցվում է էլեկտրական դաշտում նյութերի քայքայումով:

Մեխանիկաքիմիական գործընթացում 3-րդ կարևոր տեսակետը կրկին պայմանավորված է դեֆորմացումներով: Ակտիվացումը հանգեցնում է մասնիկների շարժունակության՝ հաղորդելով ոչ միայն ջերմային շարժում, այլև կառուցվածքային ցանցում սկսում է առաջացնել կետային արատներ, միջուկային սահմանագծում՝ դիսլոկացիաներ:

Հանքանյութերի մանրացման դեպքում ընթացող մեխանիկաքիմիական ռեակցիաներում կարևոր է մասնիկների միջև հպումը: Դրանք տարբերվում են դասական քիմիական ռեակցիաներից հետևյալ առանձնահատկություններով.

1) ջերմաստիճանը բարձրացնելիս մեխանաքիմիական ռեակցիաների ազդեցությունը կարող է նվազել,

2) մեխանաքիմիական արգասիքները կարող են տարբերվել ջերմային քայքայման արգասիքներից,

3) մեխանաքիմիական փոխարկումների հետևանքով մեծանում է նյութերի ոչ միայն լուծելիությունը, այլև լուծման արագությունը,

4) մեխանիկական ազդեցության ինտեսիվությունը մեծացնելիս ռեակցիաների արագությունը կարող է նվազել:

Հանքանյութերի մանրացման գործընթացում արդյունքները գնահատելիս պետք է հաշվի առնել լարումների դաշտի ձևավորման բնույթը՝ կախված ժամանակից, և դրան հաջորդող ռելաքսացիոն գործընթացների կինետիկան, քանի որ լարումների դաշտի առաջացումը և նրա հաջորդական ռելաքսացիան տեղի են ունենում ոչ թե նյութի մանրացնող սարքում գտնվելու ամբողջ ժամանակահատվածում, այլ միայն հարվածի պահին և դրանից մի քիչ ավելին:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ մեխանիկական էներգիայի մի մասը՝ մոտ 25-30%-ը, կախված մանրացման պայմաններից, կուտակվում է մանրացվող պինդ նյութերում: Մասնիկների կայունությունը և դրանց քայքայման համար ծախսված աշխատանքն աճում է մասնիկների չափերը փոքրացնելիս [15]: Դա բացատրվում է նրանով, որ մասնիկների չափերը փոքրացնելիս արատների առաջացումը նվազում է:

Դիսպերսման ժամանակ տեղի ունեցող գործընթացներում ծախսված աշխատանքը կազմված է առաձգական, պլաստիկ դեֆորմացման, ավելի փոքր մասնիկների վերածման և բաժանվող մասնիկներին կինետիկ էներգիայի հաղորդման աշխատանքների գումարից [16].

$$A = A_{\text{առ}} + A_{\text{պլ}} + A_{\text{վ}} + A_{\text{կ}} :$$

Մեխանաքիմիական գործընթացների ընթացքում ելակետային նյութերը վերածվում են վերջնանյութերի՝ առաձգական լարումների և քիմիական ուժերի համատեղ ազդեցության տակ: Առաձգական լարումները մեծացնում են ռեակցվող նյութերի ներքին էներգիան: Նրա միջոցով ստեղծվող աշխատանքը ծախսվում է ելային և վերջնական վիճակները բաժանող տարրական ակտերի էներգետիկ արգելքի հաղթահարման վրա: Փոխվում են նաև կինետիկական պարամետրերը:

Մեխանիկական ակտիվացման համար նպաստավոր են ցածր ջերմաստիճանները ($T < 0,5T_{\text{հալ}}$): Այս պայմաններում ջերմային շարժման տարբեր ձևերը, այդ թվում՝ համընթաց դիֆուզիան, արգելակված են և մեխանիկական ակտիվացման հետևանքով առաջացած անհավասարակշիռ վիճակները կայուն են ու հասցնում են իրենց դրսևորել քիմիական ռեակցիաներում: Մեխանաքիմիական

փոխարկումների հավասարակշռության դիրքը, կինետիկան, ուղիները և վերջնանյութերը ենթարկվում են տվյալ վիճակը բնութագրող համապատասխան օրենքներին [17-19]:

Եզրակացություն. Այսպիսով, շպինելային հիմքով հանքաքարերի մեխանիկական ակտիվացումը ամորֆ նյութերի ստացման յուրահատուկ մեթոդ է, երբ բյուրեղացանցը կարգավորված վիճակից անցնում է չկարգավորված վիճակի: Մեխանիկական ակտիվացման տևողությունը մեծացնելիս ելակետային վճակից շպինելները վերածվում են ակտիվ վիճակի: Տեղի են ունենում հեռավոր կարգի խախտումներ և նյութի անցում ամորֆ վիճակի: Դա էլ հնարավորություն է տալիս տարանջատել մանրացման գործընթացի երկու առանձնահատկությունները՝ նյութերի դիսպերսությունը և մեխանաքիմիական ակտիվացումը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Кулевакин В.Г.** Превращения сульфидов при активировании.- Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1983.- 209с.
2. **Аввакумов Е.Г., Болдырев В.В., Кособудский И.Д.** Механическая активация твердофазных реакций. Сообщ. 1: О взаимодействии пирита с железом // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук.- 1972.- Вып. 4, №9.- С. 45-50.
3. **Болдырев В.В.** Механохимическая активация твердых веществ // Успехи химии / РАН.-2006.- Т.75, вып.3.- С.203-216.
4. **Бутягин П.Я** Разупорядоченные структуры и механохимические реакции в твердых телах // Успехи химии.- М.: Наука, 1984.- Т.53, N11.- С. 1769-1789.
5. Физикохимия ультрадисперсных систем / **И.Д. Морохов и др.** // Институт металлургии им А.А. Байкова АН СССР.- М.: Наука, 1987.- 256с.
6. **Danelyan N.G., Janazyan S.K., Melnichenko V.V. and Yenikopolyan N.S.** Slow Burning Transition Into Detonation un MoS₂-Mg Mixture as a Result of Mechanical Alloying // Modern Physics Letters B.- 1991.- V.5, N19.-P.1301-1305.
7. **Григорян Г.Г., Бейлерян Н.М., Товмасын М.П., Мхитарян А.А.** Влияние механической обработки на каталитические и адсорбционные свойства силикагеля // Химический журнал Армении.- 2001.-Т. 54, N1-2.- С.79-84.
8. **Уэллс А.** Структурная неорганическая химия. Т.2.- М.: Мир, 1987.- 696с.
9. **Աղբալյան Ս.Գ.** Բյուրեղագիտություն և մետաղների բյուրեղային ցանցի արատներ / Ուսումնական ձեռնարկ.- Երևան: ՀՊՃՀ, 2006.- 124 էջ:
10. **Мошкина Е.В.** Особенности структуры природных шпинелей различного генезиса: Автореферат дис...канд. физ. мат. наук.- Петрозаводск, 2004.- 17с.
11. **Andreozzi C.B., Princivalle F., Skogby H., Della Giusta A.** Cation ordering and structural variations with temperature in MgAl₂O₄ spinel: an X-ray single- crystal study // Am. Mineral.- 2000. - №85. - P. 1164-1171.

12. Исследования дефектообразования при механической активации в окисных системах методом ЯГР / **Ю.Т. Павлюхин, Я.Я. Медиков, Е.Г. Авакумов и др.** // Изв. СО АН СССР. Сер хим. наук.- 1981.- N9, вып. 4.- С. 11-16.
13. **Павлюхин Ю.Т., Медиков Я.Я., Болдырев В.В.** Исследование кристаллохимических последствий механической активации некоторых ферритов с помощью ЯГР // Изв. СО АН СССР. Сер хим. наук.- 1983.- N4, вып. 2.- С.8-13.
14. **Павлюхин Ю.Т., Медиков Я.Я., Болдырев В.В.** Изменение катионного распределения в ферритах – шпинелях в результате механической активации // Докл. АН СССР.- 1982.- Т.266, N6.- С.1420-1423.
15. **Бутягин П.Ю., Стрелецкий А.Н.** Кинетика и энергетический баланс в механохимических превращениях // Физика твердого тела.- 2005.- Т.47, вып. 5.- С. 830-836.
16. **Ревиндер П.А.** Физико-химические исследования процессов деформации твердых тел // В кн.: Юбилейный сборник АН СССР к XXX-летию Великой Октябрьской Социалистической революции.- М.: Изд. АН СССР, 1947.- Т.1.- 333с.
17. **Найден Е.П., Итин В.И., Магаева А.А., Терехова О.Г.** Магнитные свойства и параметры структуры наноразмерных порошков оксидных ферромагнетиков, полученных методом механического синтеза из солевых систем // Физика твердого тела.- 2008.- Т. 50, вып. 5. – С. 857-863.
18. **Бутягин П.Ю.** Энергетические аспекты механохимии // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук.- 1987.- Вып. 5, N17.- С. 48-58.
19. **Руенов А.И.** Термодинамические основы механохимии.- СПб.: Наука, 2006.- 221с.

А.А. АЙВАЗЯН, Т.С. АГАМЯН, А.В. АВАГЯН

МЕХАНИЗМ И КИНЕТИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ РУДЫ

Рассмотрены механизм и кинетика физико-химических процессов, протекающих при измельчении (дроблении) окисленных руд. Показано, что механическая активация на шпинельной основе является особым методом получения аморфных веществ, в процессе которого кристаллическая сетка из упорядоченного состояния переходит в неупорядоченное. Увеличивая продолжительность механической активации, шпинели из исходного состояния переходят в активное, и в результате при физико-химической активности оксидов шпинельной структуры имеют место структурные и химические изменения. Проведены исследования по разъяснению структурных изменений активированных шпинелей.

Ключевые слова: механохимия, оксид, активность, шпинель, структура, кристаллическая сетка, аморфное состояние.

A.A. AYVAZYAN, T.S. AGHAMYAN, H.V. AVAGYAN

THE MECHANISM AND KINETICS OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES PROCEEDING AT ORE CRUSHING

The mechanism and kinetics of physical and chemical processes taking place at crushing oxidized ores are observed. It is shown that the mechanical activation based on spinel is a special method for obtaining amorphous substances during which the crystal mesh transfers from the ordered state into the disordered one. By increasing the duration of mechanical activation, the spinels change from the initial state into the active state, and as a result, structural and chemical changes take place at physical and chemical activity of the spinel oxide structure. Researches are conducted to explain the structural changes of activated spinels.

Keywords: mechanochemistry, oxide, activity, spinel, structure, crystal mesh, amorphous state.

ՀՏԴ 621.762 + 669

Ս.Գ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Վ.Հ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Օ.Պ. ՏԵՐ - ԳԱԼՍՅԱՆ

**ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ԱԶՆԻՎ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ
ՄԵՏԱՂԱԹԵՐՄԱՅԻՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ ԿՈՐԶՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ**

Ածխածնային հանքանյութերում առկա ազնիվ մետաղների կորզման գործընթացի հետազոտությունը կատարվել է մետաղաթերմային եղանակով: Հետազոտությունում ստացված տվյալները վկայում են, որ ածխածնային հանքանյութերը և մետաղներով հարստացված դրանց արգասիքները ինքնաբոցատարածման բարձրջերմաստիճանային սինթեզի տեխնոլոգիաներով փորձարկելիս հումքում առկա ազնիվ մետաղները տեղափոխվում են գործընթացի արդյունքում գոյացած քիմիապես բարդ մետաղական միացություններ: Ցույց է տրված, որ ստացված արգասիքներում, ոսկուց և արծաթից զատ, կուտակվում են պլատինային մետաղներ, որոնց բացահայտումը ըստ էության հնարավոր է թթուներով տարրալուծումների միջոցով: Հետազոտության արդյունքների ամփոփումից հետևում է, որ ստացված խտանյութերում ազնիվ մետաղների ընդհանուր պարունակությունը կազմում է շուրջ 20 գ/տ:

Առանցքային բառեր. ածխածնային հանքանյութ, ազնիվ մետաղներ, պլատինային մետաղներ, մետաղաթերմային եղանակ, կորզում:

Ներածություն: Ածխածնային հանքանյութերը՝ ըստ ազնիվ մետաղների պարունակության, դասվում են դժվար հարստացող հանքանյութերի շարքը, ինչը պայմանավորված է դրանց երկրաբանական կազմով [1,2]: Այս հանքանյութերի մշակման տեխնոլոգիաները կատարելագործումների պահանջ ունեն,