

Ա.Հ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա.Թ. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, Ն.Հ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ,
Ա.Գ. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ

**ՓՈՔՐ ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՍԲ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ՕՊՏԻՄԱԼ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Կատարվել է Ա հանքավայրի լեռնաերկրաբանական և լեռնատեխնիկական պայ-
մանների ու հանքային մարմինների ձևաբանության վերլուծություն, որի հիման վրա իրա-
կանացվել է տեխնիկապես կիրառելի մրցունակ մշակման համակարգերի առանձնացում:
Իրականացվել է նաև օպտիմալ մշակման համակարգի ընտրություն՝ հանքաքարում ոսկու
«կրիտիկական պարունակություն» գնահատանքային ցուցանիշի հիման վրա:

Պարզվել է, որ «կրիտիկական պարունակություն»-ից փոքր արժեքների դեպքում
նպատակահարմար է կիրառել հանքաքարի ենթահարկային շտրեկներով՝ հորատանցքե-
րով հանքաքարի պոկմամբ և հանութային տարածության հետագա սորուն չոր լցափակ-
մամբ, իսկ դրանից մեծ արժեքների դեպքում՝ հորիզոնական շերտերի հանույթով և պնդա-
ցող լցանյութով լցափակմամբ մշակման համակարգը:

Առանցքային բառեր. հանքավայր, մշակման համակարգ, կրիտիկական պարու-
նակություն, հանքային մարմին:

Ներածություն: Ստորգետնյա մշակման համակարգի ազդեցությունը հան-
քարդյունաբերական ձեռնարկության գործունեության տեխնիկատնտեսական
ցուցանիշների վրա դժվար է գերազնահատել, քանի որ 1 տ հանքաքարի ստոր-
գետնյա արդյունառանման ինքնարժեքում 40...60% բաժին է ընկնում օգտակար
հանածոյի կորզման նախապատրաստման, կտրման և մաքրման աշխատանքնե-
րի ծախսերին, իսկ ընդերքից օգտակար հանածոյի կորզման որակաքանակական
ցուցանիշները, հաճախ ամբողջությամբ պայմանավորված են կիրառվող մշակ-
ման համակարգով: Բացի դրանից, մշակման համակարգը զգալիորեն ազդում է
օգտակար բաղադրիչների պարունակությունների սահմանաքանակների վրա:

Ուստի հանքավայրի (հանքային մարմնի) կամ դրա առանձին մասի շահա-
գործման համար լավագույն (օպտիմալ) մշակման համակարգի ընտրումը չա-
փազանց պատասխանատու և բացառիկ բարդ լեռնատնտեսական խնդիր է: Այն
ենթադրում է տեխնիկապես կիրառելի մի քանի ստորգետնյա մշակման համա-
կարգերից մեկի՝ տնտեսապես առավել նպատակահարմարի ընտրում:

Ստորգետնյա մշակման օպտիմալ համակարգի ընտրման վրա ազդող լեռ-
նաերկրաբանական և լեռնատեխնիկական գործոնները պայմանականորեն ստո-

րաբաժանվում են երկու խմբի՝ մշտական (հաշվի առնվող ցանկացած դեպքում) և փոփոխական: Առաջինը հանքավայրը կազմող հանքամարմինների տեղադրման պայմաններն են՝ հանքամարմնի հզորությունն ու անկման անկյունը, հանքաքարի և պարփակող ապարների կայունությունը: Փոփոխական գործոնները են՝ հանքամարմնի ձևը և ըստ տարածման ու անկման չափերը, տեղադրման խորությունը, հանքաքարի և պարփակող ապարների ինքնաայրման, օքսիդացման և տնայնդեղության հատկությունները, հանքային մարմնում օգտակար բաղադրիչների բաշխվածության բնույթը, պարփակող ապարների հանքային կազմն ու հանքային մարմնի հետ դրանց հպումների բնույթը, հիդրոերկրաբանական պայմանները, երկրի մակերևույթի պահպանման անհրաժեշտությունը կամ էլ դրա փլուզման հնարավորությունը, ինչպես նաև օգտակար հանածոյի արժեքը: Բացի վերը թվարկված գործոններից, անհրաժեշտ է նկատի ունենալ նաև հանքավայրի հետախուզվածության աստիճանը, այս կամ այն մշակման համակարգի կիրառման փորձը, տվյալ շրջանում ամրակապման նյութերի արժեքն ու էժան լցանյութերի առկայությունը և այլն:

Որպես արդյունաբերական օբյեկտ դիտարկվող Ա հանքավայրի հանքային գոտիներում հանքայնացումը չափազանց անհավասարաչափ է. ըստ տարածման՝ հանքաքարերի աղքատ տեղամասերին հերթափոխում են սուլֆիդային հանքայնացմամբ հարուստ տեղամասերը:

Տեկտոնական տեղաշարժերը տեղի են ունեցել հանքային մարմինների հարթություններում, որոնք հանգեցրել են հանքերակների զալբանդների երկայնքով շփման կավերի կամ հանքատար գոտու երկայնքով փշրաքարերի և շփման կավերի առաջացմանը:

Երկրաբանահետախուզական աշխատանքների արդյունքում պարզաբանվել է, որ շտոկյաներում լեռնային ապարները առավելապես կայուն են, իսկ խիստ ջարդարված և ճեղքավորված գոտիների ապարներն անկայուն են, հանքային դաշտի ապարներն ունեն թույլ ճեղքավորվածություն, հիդրոթերմալ փոփոխված գրանոդիորիտներում միջին ծակոտկենությունը կազմում է 2.35%, հիդրոթերմալ փոփոխված պորֆիրիտներում՝ 1.22%, հանքայնացված գոտիներում՝ 3.09%, պորֆիրիտների և գրանոդիորիտների ամրության կարգը կազմում է XVI-XVII-XVIII-XIX, իսկ հանքային գոտիների ամրության կարգը՝ XIV-XV-XVI-XVII, հանքավայրն ունի պարզ հիդրոերկրաբանական պայմաններ, հանքաքարի ծավալային զանգվածը կազմում է 2.95 տ/մ³, իսկ պարփակող ապարների ծավալային զանգվածը՝ 2.65 տ/մ³:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Ա հանքավայրի հետախուզման տվյալների, ինչպես նաև բացող և նախապատրաստական փորվածքների անցկացման ու մաքրման աշխատանքների փորձի վերլուծությունը թույլ է տա-

լիս առանձնացնել մի շարք լեռնաերկրաբանական, լեռնատեխնիկական ու հիդրոերկրաբանական գերակայող հատկանիշներ.

- հանքաքարի միջին կայունությունը,
- պարփակող ապարների միջին կայունությունը,
- հանքաքարի տեսակաբանական հակումը,
- հանքային մարմինների անկման զառիթափ անկյունները՝ $55...85^\circ$,
- հանքայնացման չափազանց անհավասարաչափ բաշխվածությունը,
- հիդրոերկրաբանական բարենպաստ շահագործման պայմանները՝ 8.6

մ/ժամ,

- հանքային մարմինների կամ դրանց առանձին մասերի ոչ մեծ հզորությունները՝ բարակից մինչև միջին հզորությունը:

Որպես մրցունակ, տեխնիկապես կիրառելի մշակման համակարգեր առանձնացվել են.

1) բաց մաքրման տարածությամբ դասի ենթահարկային շտրեկներով՝ հորատանցքերով հանքաքարի պոկմամբ և հանութային տարածության հետագա սորուն չոր լցափակմամբ մշակման համակարգը (I),

2) հանութային տարածության լցափակմամբ դասի հորիզոնական շերտերի հանությամբ և պնդացող լցանյութով լցափակմամբ մշակման համակարգը (II):

I համակարգի ելությունը հետևյալն է: 40...45 *մ* բարձրությամբ շահագործական հարկը հանքային շտրեկներով բաժանվում է 14.5 *մ* բարձրությամբ ենթահարկերի, որոնք մշակվում են վերընթաց կարգով՝ հանքային մարմնի թևերից դեպի կենտրոն: Բլոկի երկարությունը կազմում է 30 *մ*, որից 25 *մ*-ը խցի երկարությունն է, իսկ 5 *մ*-ը՝ միջխցային բնամասի լայնությունը:

Կտրման աշխատանքներն ընթանում են հանքերակի կախված կողում՝ 1.5×1.2 *մ*² ընդլայնական չափերով կտրման վերընթացի անցկացմամբ, որը միանում է օդափոխման ենթահարկային շտրեկին և ունի 11.5 *մ* երկարություն:

Հանքաքարի մաքրահանումն իրականացվում է ուղղաձիգ շերտերի պոկմամբ՝ 64 *մ/մ* տրամագծով հորատանցքային լիցքերի պայթեցմամբ: Կտրման վերընթացի նկատմամբ նվազագույն դիմադրության գծի չափը կազմում է 1.0 *մ*: Շարքում տեղադրվում են 2 և 3 հորատանցքեր, որոնց միջև հեռավորությունը կազմում է մոտավորապես 0.8 *մ*:

Մաքրման տարածության նվազագույն լայնությունը կազմում է 1.8 *մ*, իսկ 1.0 *մ*-ից մեծ հզորությունների դեպքում դրա լայնությունը կորոշվի $m_{\text{տ}} = m + 0.8$ *մ* արտահայտությամբ, որտեղ 0.8 *մ*-ը հանքերակի պատկած և կախված կողերից պայթեցման պատճառով անխուսափելիորեն պոկվող պարփակող ապարների հաստությունն է՝ հաշվի առնելով նաև շերտազատումները կամ մասնակի ինքնափլուզումները:

Ենթահարկային շտրեկներով մշակման համակարգերը բնութագրվում են միջխցային և միջհարկային բնամասերում հանքաքարի զգալի տեսակարար կշռով [1]:

II մշակման համակարգի բնորոշ առանձնահատկությունը հետևյալն է: Շահագործական բլոկը մշակվում է հորիզոնական շերտերով վերընթաց կարգով: Յուրաքանչյուր շերտի հանույթից հետո այն լցվում է լցանյութով՝ թողնելով միայն ազատ տարածություն աշխատանքների համար: Լցվածքը պահպանում է հանության տարածության կողերը, իսկ դրա մակերևույթը, որպես հենարան, ծառայում է մաքրման աշխատանքների իրականացման համար: Լցվածքի մեջ հանքային մանրուքի մեծ կորուստներից խուսափելու նպատակով պահանջվում է յուրաքանչյուր շերտի մակերևույթի վրա բարձր որակի երեսարկի տեղադրում: Հանքաքարի կորուստների և աղքատացման դեմ պայքարի ամենաարդյունավետ միջոցը լցվածքային զանգվածի մակերևույթի ամրացումն է, այսինքն՝ 25...30 սմ հաստությամբ բետոնե երեսարկի օգտագործումը:

Դիտարկվող տարբերակի դեպքում 45 մ բարձրությամբ և 250 մ երկարությամբ շահագործական բլոկում նախապատրաստական աշխատանքները կատարվում են հանքային բացատարման և օդափոխման շտրեկների ու բլոկային վերընթացի անցկացմամբ: Հարկը մշակվում է վերընթաց կարգով՝ հանքային մարմնի թևերից դեպի կենտրոն:

Հանքաքարի մաքրահանման աշխատանքները սկսում են բացատարման շտրեկի առաստաղում 3...4 մ հաստությամբ վերշտրեկային բնամասի թողնելուց հետո կտրման հանքային շտրեկի անցկացմամբ: Բլոկում հանքաքարի հանույթն իրականացվում է 2...3 մ բարձրությամբ շերտերով:

Հանքաքարի պոկումն իրականացվում է վերընթաց հորատված պայթանցային լիցքերով, իսկ պոկված հանքաքարի առօրումը՝ բարձող-առօրերով մեքենաներով:

Աշխատանքների կազմակերպման բարելավման համար շահագործական բլոկը բաժանվում է երկու մասի՝ թևեր, որոնցում աշխատանքները հերթազայում են: Մի մասում իրականացվում է հանքաքարի պոկում և մինչև հանքիջանցք բարձող-առօրերով մեքենաներով դրա տեղափոխում (առօրում), իսկ մյուս մասում՝ մակերևույթից տրվող պնդացող լցանյութի և բետոնե երեսարկի տեղադրում:

Մշակման համակարգի հիմնական առավելություններն են. փլուզումից երկրի մակերևույթի պահպանման, հանքաքարի ընտրովի հանույթի կազմակերպման, փոփոխական հանքայնացմամբ և տեղադրման տարրերով հանքային մարմինների մշակման, մի քանի հարկերի միաժամանակյա մշակման, լցափակման համար հանքարդյունաբերության և մետալուրգիական արտադրության թափոնների օգտագործման հնարավորությունը, մաքրահանման աշխատանքներ

րի մեքենայացման բարձր աստիճանը և ընդերքից հանքաքարի կորզման բարձր որակաքանակական ցուցանիշների ապահովումը:

Մշակման համակարգի հիմնական թերություններն են. ցեմենտի հիմքով լցափակման լցանյութի մեծ ծախսը ու բարձր արժեքը և հանքաքարի արդյունահանման համեմատաբար բարձր ինքնարժեքը:

Մշակման օպտիմալ համակարգի ընտրությունը նպատակահարմար է իրականացնել բարակ և միջին հզորությամբ հանքային մարմինների կամ դրանց առանձին մասերի դեպքում՝ հինք ընդունելով հետևյալ նպատակային ֆունկցիան [2-4].

$$(\alpha^{Au} - \alpha_{mini}^{Au}) K_{li} \rightarrow \max, \quad (1)$$

որտեղ α^{Au} -ն ոսկու փաստացի պարունակությունն է հանքաքարային զանգվածում, q/m , α_{mini}^{Au} -ն՝ ոսկու նվազագույն արդյունաբերական պարունակության բնեղեն մեծությունը i -րդ մշակման համակարգի կիրառման դեպքում, q/m , K_{li} -ն՝ ընդերքից հանքաքարի կորզման գործակիցը i -րդ մշակման համակարգի կիրառման դեպքում, *միավորի մաս*:

Եթե համեմատվող մշակման համակարգերը չեն տարբերվում ընդերքից հանքաքարի կորզման գործակիցներով, ապա (1) նպատակային ֆունկցիան կարելի է ձևափոխել հետևյալ տեսքով.

$$\alpha_{mini}^{Au} \rightarrow \min: \quad (2)$$

Ոսկու նվազագույն արդյունաբերական պարունակության բնեղեն մեծությունը i -րդ մշակման համակարգի կիրառման դեպքում որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$\alpha_{mini}^{Au} = \frac{\gamma_{mini}^{Au}}{q_{ju}^{Au} K_{ni} \varepsilon^{Au}}, \quad (3)$$

որտեղ γ_{mini}^{Au} -ն ոսկու նվազագույն արդյունաբերական պարունակության դրամական արտահայտությունն է i -րդ մշակման համակարգի կիրառման դեպքում, որը հավասար է հանքաքարի արդյունահանման և վերամշակման լրիվ ինքնարժեքին՝ առանց շենքերի և շինությունների ու լեռնակապիտալ աշխատանքների ծախսերի մարման, \$ UUL/m , q_{ju}^{Au} -ն՝ խտանյութում 1 g ոսկու զինը, \$ UUL/g , K_{ni} -ն՝ արդյունահանման ժամանակ հանքաքարի որակի փոփոխման գործակիցը i -րդ մշակման համակարգի կիրառման դեպքում, *միավորի մաս*, ε^{Au} -ն՝ խտանյութի մեջ ոսկու կորզումը:

Առանձնացված մշակման համակարգերից օպտիմալի ընտրությունը նպատակահարմար է իրականացնել հանքաքարում օգտակար բաղադրիչի՝ ոսկու «կրիտիկական» պարունակության ($\alpha_{կր}^{Au}$) օգտագործմամբ [2-4].

$$\alpha_{\text{կր(I,II)}}^{\text{Au}} = \frac{\alpha_{\text{minI}}^{\text{Au}} K_{\text{կI}} - \alpha_{\text{minII}}^{\text{Au}} K_{\text{կII}}}{K_{\text{կI}} - K_{\text{կII}}} \quad (4)$$

Հետազոտության արդյունքները: Դիտարկվող Ա հանքավայրի շահագործման տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների հաշվարկման արդյունքով և ընդունված $q_{\text{կI}}^{\text{Au}} = 55 \text{ \$ } \text{ԱՄՆ}/q$ և $\varepsilon^{\text{Au}} = 0.7291$ արժեքների հիման վրա դուրս են բերվել Γ_{minI} -ի որոշման բանաձևերը.

- I մշակման համակարգի դեպքում

$$\Gamma_{\text{minI}} = 39.55 + 12.00/m_{\text{մ}}, \quad (5)$$

- II մշակման համակարգի դեպքում

$$\Gamma_{\text{minII}} = 49.032 + 2.680/m_{\text{մII}} \quad (6)$$

Տեղադրելով (5) և (6) արտահայտությունները (3) բանաձևի մեջ ու հաշվի առնելով արդյունահանման ժամանակ հանքաքարի որակի փոփոխման գործակցի (K_n) և հանքամարմնի հզորության (m , $մ$) միջև եղած կախվածությունը, α_{min} -ի արժեքները հաշվարկվում են տարբերակված՝ յուրաքանչյուր մշակման համակարգի համար (աղ. 1 և 2):

Աղյուսակ 1

I մշակման համակարգի դեպքում ոսկու արդյունաբերական պարունակության բնեղեն մեծության հաշվարկային արժեքները՝ կախված հանքային մարմնի հզորությունից

m , $մ$	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8
$K_{\text{նI}}$, <i>միավորի մաս</i>	0.667	0.692	0.714	0.733	0.750	0.765	0.778
$\alpha_{\text{minI}}^{\text{Au}}$, $q/տ$	1.67	1.59	1.53	1.48	1.44	1.40	1.37

Աղյուսակ 2

II մշակման համակարգի դեպքում ոսկու արդյունաբերական պարունակության բնեղեն մեծության հաշվարկային արժեքները՝ կախված հանքային մարմնի հզորությունից

m , $մ$	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8
$K_{\text{նII}}$, <i>միավորի մաս</i>	0.889	0.900	0.909	0.917	0.923	0.929	0.933
$\alpha_{\text{minII}}^{\text{Au}}$, $q/տ$	1.42	1.40	1.38	1.36	1.35	1.34	1.33

Տեղադրելով ըստ տարբեր հզորությունների $\alpha_{\text{minI}}^{\text{Au}}$ և $K_{\text{կI}}$ թվային արժեքները (4) բանաձևի մեջ՝ կստանանք հանքաքարում ոսկու «կրիտիկական պարունակություն» գնահատանքային ցուցանիշի թվային արժեքները, որոնք ամփոփված են աղ. 3-ում:

Հանքաքարում պայմանական ոսկու «կրիտիկական պարունակություն» գնահատանքային ցուցանիշի թվային արժեքները

m, մ	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8
$\alpha_{\text{կր}}^{\text{Au}}, \text{գ/տ}$	0.59	0.87	1.06	1.20	1.14	1.26	1.36	1.44	1.50

Աղ. 3-ի տվյալներից բխում են հետևյալ եզրահանգումները.

- ըստ հանքային մարմինների կամ դրանց առանձին մասերի հզորությունների՝ հանքաքարում ոսկու «կրիտիկական պարունակություն» $\alpha_{\text{կր}}^{\text{Au}}$ -ի թվային արժեքների դեպքում համեմատվող մշակման համակարգերն ապահովում են հավասար արդյունք՝ վնաս կամ օգուտ,

- ըստ հանքային մարմինների կամ դրանց առանձին մասերի հզորությունների՝ մինչև $\alpha_{\text{կր}}^{\text{Au}}$ -ի թվային արժեքները նպատակահարմար է մշակման համակարգ կիրառել հանքաքարի ենթահարկային շտրեկներով՝ հորատանցքերով հանքաքարի պոկմամբ և հանութային տարածության հետագա սորուն չոր լցափակմամբ, իսկ $\alpha_{\text{կր}}^{\text{Au}}$ -ից մեծ թվային արժեքների դեպքում՝ հորիզոնական շերտերի հանույթով և պնդացող լցանյութով լցափակմամբ:

Եզրակացություն: Կոնկրետ օրինակով ցույց է տրված օգտակար բաղադրիչի «կրիտիկական պարունակություն» գնահատանքային ցուցանիշի օգտագործման նպատակահարմարությունը:

Այդ ցուցանիշի գործնական նշանակությունն այն է, որ թույլ է տալիս միանշանակ ընտրել հանքավայրի հանքային մարմինների կամ դրանց առանձին մասերի համար ստորգետնյա մշակման օպտիմալ համակարգերը և, մինևույն ժամանակ, հիմնավորել կոնդիցիաների պարամետրերը՝ օգտակար բաղադրիչի պարունակության սահմանաքանակները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Справочник по горнорудному делу. Том III. Подземные работы / Под ред. А.М. Терпигорева, Р.П. Каплунова, и др. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 808 с.
2. Агабалян Ю.А. Теория и практика оптимального освоения недр. - М.: Недра, 1994.- 176 с.
3. Агабалян Ю.А. Общая теория оптимального освоения недр (твердые полезные ископаемые).- Saarbrücken.- Германия: Palmarium Academic Publishing, 2015.-288 с.
4. Աղաբալյան Յու.Ա., Հովհաննիսյան Ա.Հ., Բաղդասարյան Ա.Թ. Պինդ օգտակար հանածոների հանքավայրերի արդյունաբերական գնահատում և մշակման պարամետրերի օպտիմալացում: Դասագիրք / ՀԱՊՀ. - Երևան: Ճարտարագետ, 2017. – 260 էջ:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 14.12.2022:

А.Г. ОГАНЕСЯН, А.Т. БАГДАСАРЯН, Н.Г. СААКЯН, А.Г. БАРСЕГЯН

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ МАЛОМОЩНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ

Произведен анализ горно-геологических и горно-технических условий и морфологии рудных тел месторождения А, на основе которого осуществлено выделение технически применимых конкурентных систем разработки. Осуществлен выбор оптимальной системы разработки на основе оценочного показателя “критическое содержание” золота в руде.

Установлено, что при значениях меньше “критического содержания” целесообразно применять систему разработки с подэтажными штреками с отбойкой руды скважинами и последующей сухой сыпучей закладкой выемочного пространства, а при значениях выше этого - горизонтальными слоями с твердеющей закладкой.

Ключевые слова: месторождение, система разработки, критическое содержание, рудное тело.

**A.H. HOVHANNISYAN, A.T. BAGHDASARYAN, N.H. SAHAKYAN,
A.G. BARSEGHYAN**

SELECTING AN OPTIMAL DEVELOPMENT SYSTEM OF LOW-CAPACITY ORE BODIES

An analysis of the mining-geological and mining-technical conditions and morphology of the ore bodies of deposit A is carried out, on the basis of which the selection of technically applicable competitive development systems is performed. The choice of the optimal development system is carried out on the basis of the estimated “critical grade” of gold in the ore.

It has been established that at values less than the “critical content”, it is advisable to use a development system with sublevel drifts with ore breaking by wells and subsequent dry effervescent backfilling of the excavation space, and at values above this - horizontal layers with hardening backfilling.

Keywords: deposit, development system, critical content, ore body.