

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2023.i6.01>

Study of gold-bearing ores using gravity enrichment methods

G.E. Askarova^{1*}, A.B. Begalinov¹, M.R. Shautenov¹, K. Amantaiuly²

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: askarova_guljan@mail.ru

Abstract. The article discusses issues related to increasing the efficiency of extracting gold-bearing ores from poor ores using the gravity enrichment method. Gold is a metal whose production and consumption are least susceptible to high fluctuations in the global and domestic markets. Global gold production faces certain challenges, including the depletion of rich and easily enrichable ores and shallow deposits suitable for open-pit mining. However, the simultaneous sharp increase in energy resources and transportation costs has reduced the profitability of domestic mining and technological production. The high variability in content, mineral composition, the presence of a large number of impurities, and differences in the forms and nature of deposits place gold among the most challenging raw materials to process. This requires the integration of various methods of enrichment and processing. The author presents the impact of the centrifugal concentrator Nelson (Knelson) on increasing the gold recovery from gold-bearing poor ores under high climatic conditions. The increase in extraction is achieved through the disruption of ore structure, substantial density reduction, and enhanced mineral liberation through gravity, reaching up to 63%. Thus, the optimization is classified as fine and medium-grained gold.

Keywords: raw materials, mineral processing, technological schemes, mineral, concentrate.

1. Кіріспе

Алтын – пайдалы қазбалардың ішіндегі асыл металдар түрлерінің бірі. Еліміздің экономикасының тұрақты дамуына байланысты, дағдарыс пен өндірістің құлдырауы жағдайында экономикалық қауіпсіздік үшін қажетті мемлекеттің валюталық резерві ретінде алтынның алатын маңызы өте зор. Қазақстан аумағы өзінің минералдық ресурстарына өте бай, басым бағыттардың бірі алтынның минералдық шикізат базасын нығайту болып табылады [1].

Еліміздің алтын байыту фабрикалары мен өндірісінің алдында алтын өндіруді Президентпен белгілеген деңгейге – жылына 70 тоннаға дейін ұлғайту маңызды міндет болып тұр. Бұл міндетті алтын кен орындарының неғұрлым келешегі бар түрлерін пайдалануға арқылы есебінен шешілуі мүмкін, олардың біріне құрамында алтынның бар қиын байытылатын кен орындарын зерттеу және игеру жатады, сондай-ақ кенді кешенді пайдалану. Мұндай кен орындарының болашағы зор, ең алдымен қазіргі таңда олардың көпшілігі үлкен және өте үлкен кенорын болып табылады. Васильков кен орны Қазақстандағы ең ірі алтын кен орны болып табылады, оны қазіргі уақытта «Altyntau Kokshetau» АҚ компаниясы әзірлеуде. Алайда, осы уақытқа дейін кен денелерінің қалыптасу механизміне, тау жыныстарының алтын кен денелерінің таралу тереңдігіне және т.б. бұл аталмыш кендерге қатысты көптеген мәселелер толық шешілмеген. Табиғи алтынның тығыздығы жоғары - 15.5-тен 19.7 т/м³ дейін [2].

Алтын минералдары да жоғары тығыздыққа ие. Үлкендігіне қарай табиғи алтын бірнеше түрге бөлінеді: олар ірі (2 мм-ге), ұсақ (0.05-2 мм), шаң тәрізді (5-

50 мкм) және жұқа (5 мкм-ден аз) болып жіктеледі. Байыту үдерістеріндегі жақсы жүруі кен, сондай-ақ құрамында табиғи сап алтын мен кендегі алтын бар минералдардың түзілу табиғаты мен олардың құрамына кіретін кірмелердің және кендегі минералдардың өзара байланыстарына байланысты. Құрамында алтынның бар кендердегі сап алтынды, сондай-ақ ірі және ұсақ табиғи сап алтын гравитациялық үрдістері арқылы жақсы алынады. Кенді, оның ішінде құрамында алтынның бар байыту процесін дұрыс таңдау, сондай-ақ минералдарды ашу үшін қажетті ұсақтау дәрежесін таңдау пайдалы қазбаның заттық құрамы мен құрылымын егжей-тегжейлі зерттеу нәтижелерін ескере отырып қана жүргізілуі және сенімді негізделуі мүмкін. Зерттелетін кендердің заттық құрамы мен жеке ерекшеліктері туралы жеткілікті негізделген және сенімді қорытынды оларды бірқатар әдістерді қолдана отырып терең зерттеу нәтижесінде ғана алынуы мүмкін: химиялық (дисперстік, фазалық химиялық-минералогиялық талдаулар), рентгенқұрылымдық, рентгеноспектрлік, минералопетрографиялық және дисперстік т.б талдаулар жүргізілді [1, 3].

Кесте 1. Зерттелетін кендегі алтынның рационалды құрамы

№	Алтынның бірлесу нысаны	Бағалы заттың үлесі, г/т	Бөліп алу дәрежесі, %
1	Сап алтын	6.6	68.75
2	Сульфидтер мен тау жыныстары бірге	2.1	21.87
3	Сульфидтермен байланысқан түрі	0.64	6.67
4	Тау жыныстарымен байланысқан түрі	0.26	2.71
	Барлығы	9.6	100

Кенді рационалды талдау нәтижесі бойынша ілеспе алтынның мөлшері: сульфидтермен 7-20%, тау жыныстарымен, минералдармен 2.7-7.11%. Сап алтынның мөлшері 2.4-3.8 г/т құрайды.

Кесте 2. Зерттелетін алтын құрамды кеннің химиялық құрамы

№	Элемент, байланыс	Символы	Бағалы заттың үлесі, %
1	Кремний оксиды	SiO ₂	64.62
2	Алюминий оксиды	Al ₂ O ₃	12.99
3	Кальций оксиды	CaO	4.2
4	Магний оксиды	MgO	1.43
5	Темір жалпы	Fe _{жал}	4.7
6	Күкірт жалпы	S _{жал}	1.22
7	Сульфидті күкірт	S _{сульфид}	1.18
8	Титан оксиды	TiO ₂	0.43
9	Мыс	Cu	0.005
10	Қорғасын	Pb	0.05
11	Мырыш	Zn	0.01
12	Мышьяк	As	2.22
13	Алтын	Au	9.6
14	Күміс	Ag	1.5

Минерологиялық талдауға сәйкес зерттеу сульфидті минералдануы орташа гранодиориттермен ұсынылған. Негізгі кен минералы – арсенопирит, пирит, пирротин және өте аз мөлшерде халькопирит, және басқалары аз мөлшерде кездеседі. Минерологиялық талдау бойынша Васильков кенорындарында сап алтын пирит, арсенопирит, аз мөлшерде халькопирит және висмутин, сондай-ақ кенде аз мөлшерде мышьяк кездеседі.

Кесте 3. Әр түрлі класс бойынша алтынның дисперстік талдауы

Классы, мкм	Шығым, %	Алтынның бағалы заттың құрамы, г/т	Таралуы, %
+60	24.63	1.8	41.7
-60+40	19.18	1.1	19.85
-40+20	18.6	0.065	11.37
-20+0	37.59	0.50	27.08
Барлығы	100	1.0	100.0

Мұндай зерттеудің тікелей мақсаты мынадай міндеттерді шешу болып табылады: - кеннің толық минералды құрамын анықтау; - алтынның минералды формалар бойынша таралуын зерттеу; - алтынның кеннің минералды компоненттерімен байланысын анықтау, онда ол жұқа дисперсті қосындылар мен изоморфты қоспалар түрінде болады. Осы сұрақтарға жауап бере отырып, жұқа дисперсті, микро және нано алу тұрғысынан құрамында алтын бар кендерді өңдеудің жоғары тиімді технологиясын жасауға болады. Құрамында алтын бар кендерді технологиялық зерттеу негізінен кендердің нақты құрамын және олардан асыл металдар мен басқа да құнды компоненттерді алу технологиясын анықтау үшін қажетті талдаулар мен эксперименттер жүргізуден тұрады. Құрамында алтын бар кендерді технологиялық зерттеу негізінен кендердің нақты құрамын және олардан асыл металдар мен басқа да құнды компоненттерді алу технологиясын анықтау үшін қажетті талдаулар мен эксперименттер жүргізуден тұрады.

2. Негізгі бөлім

Зерттеудің түпкі мақсаты-қауіпсіздік талаптарын сақтай отырып, экономикалық тиімділігі жоғары барлық өнеркәсіптік құнды компоненттерді кендерден максималды түрде алу технологиясын жасау. Байыту үдерісі-бұл жеке элементтер өзара байланысты болатын біртұтас жүйе [4].

Дүние жүзілік өнеркәсіптік тәжірибеде алтын өндіруші кәсіпорындардың негізгі заманауи мәселелері кенорындағы кеннің сапасының нашарлауына қарай сонымен қатар шикізат базасының өзгеруімен және заманауи талаптарға сай келмейтін дәстүрлі технологияларды қолданумен байланысты. Соңғы жылдары алтын кен шикізатын гравитациялық байыту технологиясында үлкен жетістіктерге қол жеткізілді.

Бұл, ең алдымен, алтынның үлкен ғана емес, сонымен қатар өте ұсақ түйіршіктерін де бөліп алуға қолданылатын жаңа құрылғылар қолданылуда. Алтын құрамды кендер мысалы, отсадкалау машиналарында, винттік сепараторларда, концентрациялау столдарында бөлу, онда сап алтындарды тығыздығы төмен басқа минералдардың бөліп алу тиімділігі бірнеше есе артты.

Алтын кендерін алдын ала байытуға бола ма деген сұраққа жауап беру үшін фракциялық талдау әдісін жүргізіледі. Фракциялық талдау кен ішіндегі пайдалы минералдардың өзгермейтін қасиеттеріне негізделген. Оларға жататындар, мысалы, тығыздық және магниттік қасиет [5].

Фракциялық талдау негізінде екі мақсатпен жүргізіледі:

1) кенді алдын ала байыту мүмкіндігін анықтау;

2) кенді гравитациялық және магниттік әдіспен байытуда алынатын технологиялық көрсеткіштерге болжам жасау. Кен кедейленген сайын технологиялық көрсеткіштердің төмендей беретіні белгілі. Осыған байланысты оны алдын ала байытудың айтарлықтай маңызы бар.

Оның тиімділігінің бірінші себебі- байыту алдында ұнтақтау жүргізілмейді, кен белгілі ірілікке дейін тек ұсатылады да, байытуға түседі. Бұлай байытуда кеннен екі өнім алынады: ауыр және жеңіл фракциялар. Кейінгі фракция ақырғы қалдық түрінде алынуы тиіс. Оның шығымы кеннің қасиетіне байланысты кең шекте өзгеруі мүмкін, мысалы, 15-40% шамасында. Жеңіл фракцияны қалдық түрінде алудың шарты – ондағы бағалы компоненттің пайздық үлесі егер кен алдын ала байытусыз, дәстүрлі түрде байытылғанда алынатын қалдықтағы компоненттің пайздық үлесінен жоғары болмау керек.

Фракциялық талдауда сынама кенді белгілі ірілікке дейін ұсатқаннан кейін алынады да, әртүрлі фракцияларға бөлініп бағалы компоненттің әр фракцияларға бөлінуі және олардағы бағалы компоненттің пайыздық үлестері анықталады.

Осы деректерден алынған нәтижелер негізінде байытылу сызықтары сызылып, одан жеңіл фракцияның шығымы табылады. Толығырақ немесе дәлірек дерек алу үшін фракциялық талдау кенді бірнеше ұсақтыққа дейін жеткізіп, әр вариантта алынған нәтижелерді салыстыру жөн.

Әрине, фракциялық талдауға неғұрлым ұсақталған кен түскен сайын алынатын жеңіл фракцияның шығымы арта түседі. Себебі пайдалы компонентсіз кесектер немесе өте кедей кесектер саны көбейе бастайды.

Фракциялық талдауда кенді неше фракцияға бөлу керектігі кен қасиетіне және қойылған мақсатқа байланысты.

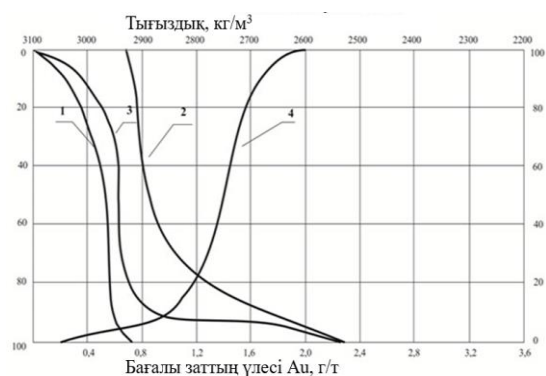
Көпшілік жағдайда төрт фракцияға бөлінеді. Егер фракциялық талдау тығыздыққа негізделсе, бастапқы сынама әртүрлі тығыздықты сұйықтардан өткізіледі. Талдау алдымен не аз тығыздықты (мысалы, 2700 кг/м³), не ең-үлкен тығыздықты (мысалы, 3500 кг/м³) сұйықтан өткізіліп, біртіндеп одан кейінгі тұрған тығыздықты сұйықтықтан өткізіледі. Алынған әр фракцияның шығымы есептеліп, ондағы компоненттің пайыздық үлесі анықталып, әр фракцияларға бөлінулері есептеледі [3,4].

Фракциялық талдау жүргізудің екінші мақсаты – гравитациялық байыту әдістерімен дәстүрлі байытуда алынатын технологиялық көрсеткіштерге болжам жасау. Бұл мақсат қойылғанда кен фракциялық талдауға түсер алдында пайдалы минералдар жеткілікті ажырағанша ұсатылалы, демек одан ақырғы өнімдер – концентрат және қалдық алу мақсаты қойылады. Осы мақсатқа сай кенді қандай фракцияларға бөлу қажеттігі анықталады. Алынған деректер нәтижесінде концентрат сапасы, оған компоненттің бөліну дәрежесі және ақырғы қалдықта жоғалым мөлшері айқындалады. Кеннің фракциялық құрамы туралы мәліметтер бізге металдардың тығыздық фракциялары мен өлшем кластары бойынша таралуы

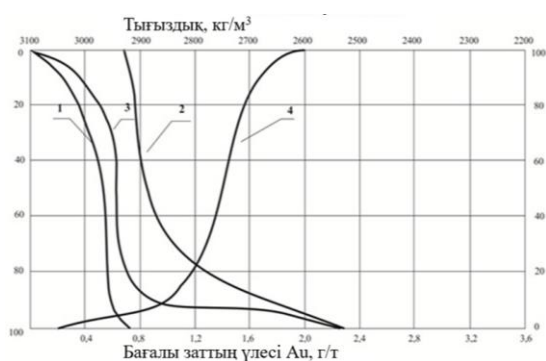
туралы ақпарат берді. Бұл жұмыста байыту сызықтары Анри-Рейнхард типі бойынша салынған, бұл сызықтар бастапқы кенде де, байыту өнімдерінде де мақсатты өнімнің бағалы заттың құрамы мен шығым арасындағы байланысты көруге көмектеседі. Алдын ала байыту үрдістері кеннің қасиеттерінің айырмашылығы негізінде жүргізіледі. Кеннің сепкілдігі байыту әдісін таңдауда өте үлкен роль атқарады. Кен ұсақ сепкілді болса, мысалы минерал түйіршіктерінің диаметрі 0.2 мм-ден артпаса, оны байыту тек флотациялық байыту әдісін қолданумен жүргізіледі, ал 1.0 мм-ден жоғары болса гравитациялық әдіс қолданылады, егер пайдалы минералдар тығыздығы бос жыныс минералдарынан айтарлықтай үлкен болса. Байытуда үлкен роль атқаратын бір жай - минералдардың өзара байланысу сипаттамалары. Пайдалы минералдардың жақсы бөлінуінің бір шарты-олардың бос жыныс минералдарынан және өзара неғұрлым жақсы ажырауы. Бірсыпыра кендерде оларды байыту алдында толық ажырату үшін өте ұнтақтау керек, ал ол кеннің шламдануына әкеліп соғады, демек қалдықта жоғалым өседі. Сондықтан минералдық талдауда осы жай нақтылы анықталуы керек. Егер шын мәнінде оларды кенді ұнтақтауда ажырату мүмкін болмаса, онда бір ғана қорытынды шығарылады: кенді ірілеу ұнтақтап бір-бірімен тығыз байланысты шоғырларды толығырақ бөліп, сапасыз концентрат түрінде бөліп алу. Негізгі байыту әдістері ретінде гравитациялық (отсадкалау столдарында, винтті сепараторларда концентрациялау столдарында) байыту жатады.

Кесте 4. Әр кластағы -40+20, -20+10 және -10+5 мм Васильковск кенорнының фракциялық талдау

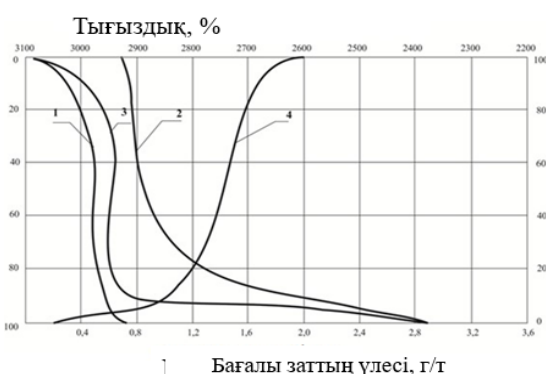
0	Шығым, %	Бағалы заттың үлесі, %	Көбей- тіндісі	Жеңіл фракция			Ауыр фракция		
				Шығым,%	Бағалы зат- тың үлесі, %	Көбейтіндісі	Шығым, %	Бағалы заттың үлесі, %	Көбей- тіндісі
класс -40+20 мм									
+3000	8.23	0.24	1.97	8.23	0.24	1.97	100	0.65	65
-3000+2900	3.52	0.41	1.44	11.75	0.39	4.58	91.77	0.66	60.57
-2900+2800	10.75	0.59	6.34	22.5	0.95	21.4	88.25	0.70	61.78
-2800+2700	16.50	0.55	9.07	39	0.54	21.06	77.5	0.77	59.7
-2700+2600	38.0	1.62	61.56	77	0.61	46.97	61	0.20	12.2
-2600	23.0	2.91	66.93	100.0	0.65	65	23	2.91	66.93
Барлығы	100	1.47	147.31	-	-	-	-	-	-
класс -20+10 мм									
+3000	3.99	0.24	0.96	3.99	0.24	0.98	100.0	0.69	69
-3000+2900	11.64	0.41	4.77	15.63	0.30	4.7	96.01	0.70	67.21
-2900+2800	35.30	0.59	20.83	51.93	0.53	27.52	84.37	0.75	63.28
-2800+2700	37.11	0.55	20.41	90.04	0.57	51.32	49.07	0.86	42.20
-2700+2600	8.57	1.62	13.88	95.61	0.63	60.23	11.96	1.75	20.93
-2600	3.39	2.91	9.86	100.0	0.69	69	3.39	2.03	6.88
Барлығы	100	0.65	65	-	-	-	-	-	-
класс -10+5 мм									
+3000	6.98	0.17	1.19	6.98	0.17	1.19	100.0	0.71	71
-3000+2900	14.64	0.42	6.15	21.62	0.35	7.6	94.02	0.75	70.52
-2900+2800	26.73	0.64	17.11	48.35	0.53	25.63	78.38	0.81	63.5
-2800+2700	40.50	0.59	23.9	88.85	0.56	49.76	41.65	0.96	39.9
-2700+2600	5.45	1.31	7.14	94.3	0.60	56.58	11.15	1.97	21.96
-2600	5.70	2.60	14.82	100.0	0.71	71	5.70	2.60	14.82
Барлығы	100.0	0.71	71	-	-	-	-	-	-



Сурет 1. -40+20 мм кластың алтын бойынша байыту сызығы



Сурет 2. -20+10мм кластың алтын бойынша байыту сызығы



Сурет 3. -10+5мм кластың алтын бойынша байыту сызығы: 1 – қалқып шыққан фракция; 2 – батқан фракция; 3 – элементарлы фракция; 4 – тығыздық сызығы

-40+20, -20+10 и -10+5 мм ірілік класы үшін гравитациялық байытылымдылығы есептелді.

Алтын құрамды кенді алдын-ала байыту үшін ірі ұсақталған кейін қолданылады. Қазіргі кезде көптеген байыту фабрикаларында алтынқұрамды кенді отсадкалау машинасында байытып бөлу әдісі кеңінен қолданылады.

Бұл әдісті қолданудың болашағы зор, бұл әдістің артықшылықтары төменде сипатталған:

- тиімді технологиялық өнімділікті сақтай отырып, 1000 т/сағ дейінгі кеннің едәуір үлкен көлемін игеруге мүмкіндік береді. Бұл ретте өңдеуге көлемі 300 мм-ден 6-ге дейінгі кендер қолданылады.

- үлкен күрделі шығындарды мысалы: электр энергиясы мен жұмыс материалдарына шығындарды қажет етпейді.

- үрдіс іс жүзінде толығымен автоматтандырылған.

- технологиялық аппараттарда минералды шикізатты бөлудің дәлдігі жоғары.

Алынған алтын құрамды Васильков кенорнының кенінің фракциялық талдауының қорытындысы бойынша отсадкалау машинасында байыту оңтайлы болып табылады. Алынған гравитациялық концентраттың оңтайлы технологиялық көрсеткіштерін анықтау. Отсадкалау машинасына әсер ететін факторлар: судың қозғалыс жиілігі, диафрагманың қозғалыс амплитудасы, табалдырықтың биіктігі, судың мөлшері [5,6].

Бірқатар бастапқы кенді отсадкалау (шөгілдіру) аппараттарында байыту кезінде бай концентраттарды алу үшін судың қозғалыс жиілігін арттыру және диафрагманың қозғалысын азайту арқылы қол жеткізіледі. Алынған бастапқы концентраттар концентрациялау столдарында екі рет тазарту операциясынан өтеді. Гравитациялық байыту әдістерінің (винттік сепаратор, бақылау операциясы ретінде шөгілдіргіш машиналарында және тазалау операциясы ретінде концентрациялау столының) көрсеткіштері 5-7 кестеде келтірілген [5,6].

Кесте 5. Винттік сепаратордағы байытудың технологиялық көрсеткіштері

Өнім аттары	ШЫҒЫМ		Бағалы заттың үлесі, г/т	Алтынның салмағы, г	Таралуы, %
	г	%			
1-концентрат	43.0	2.15	21.5	0.4622	13.39
2-концентрат	65.0	3.15	7.6	0.2470	7.15
Қалдық	1892.0	94.6	2.9	2.7434	79.46
Кен	2000	100	3.5	3.4526	100

Кесте 6. Отсадкалау машинасындағы байытудың технологиялық көрсеткіштері

Өнім аттары	ШЫҒЫМ		Бағалы заттың үлесі, г/т	Алтынның салмағы, г	Таралуы, %
	г	%			
1-концентрат	32	1.6	77	0.1232	5.76
2-концентрат	51	2.55	5.7	0.1454	6.8
Қалдық	1917	95.85	1.95	1.8690	87.44
Кен	2000	100	2.3	2.1376	100

Кесте 7. Концентрациялау столындағы байытудың технологиялық көрсеткіштері

Өнім аттары	ШЫҒЫМ		Бағалы заттың үлесі, г/т	Алтынның салмағы, г	Таралуы, %
	г	%			
1-концентрат	29.0	1.45	11	0.1595	4.57
2-концентрат	48.0	2.4	4.5	0.1080	3.1
Қалдық	1923	96.15	3.35	3.2210	92.33
Кен	2000	100	3.5	3.4885	100

6-кестеде келтірілген зерттеу нәтижелері сүйене отырып диафрагманың тербеліс жиілігімен минутына 295, су ағынының жылдамдығы 5.22 дм³/мин және диафрагманың жүрісі 10 мм болған кезде алынды.

Бастапқы концентраттың шығымдылығын арттыру үшін режимі өзгертілді:

- диафрагманың тербеліс жиілігі минутына 224;

Суды тұтыну өзгеріссіз қалдырылады. Тазалау операциясы концентрациялау столында жүргізілді.

Кесте 8. Байыту үдерістерінің технологиялық көрсеткіштері

Тербеліс жиілігі, мин ⁻¹	Өнімнің аттары	Шығымы, %	Алтынның құрамы, г/т	Алтынның бөліп алу дәрежесі, %
295	Концентрат	7.11	22.1	41.58
	Қалдық	92.89	2.39	58.42
	Кен	100	3.8	100
224	Концентрат	6.07	25.2	40.21
	Қалдық	93.93	2.4	59.71
	Кен	100	3.8	100

8-кестедегі деректер сүйенсек бастапқы концентраттың шығымы отсадкалау машинасында тазарту 6-7%-ға дейін алтынның бағалы заттың құрамы 22-25 г/т және бөліп алу дәрежесі 41.58-40.21% құрайды.

3. Қорытынды

Әдебиеттерді шолу нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасалды:

- алдын ала байыту үрдістері асыл металл кендерін өңдеуде кеңінен қолданылады және көптеген артықшылықтарға ие;

- Васильковск кен орнының кенінің сапалық және сандық талдауын ескере отырып, бұл кен шикізатын отсадка (шөгіндіргіш) гравитациялық әдіспен алдын ала байыту үшін жарамды деп санауға болады, өйткені бұл әдіс минералды шикізатты бөлуде жоғары дәлдікті қамтамасыз ете алады. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, зерттеу жұмыстың мақсаты Васильковск кен орнындағы қиын байытылатын алтын құрамды кендерін гравитациялық алдын ала байытудың оңтайлы технологиялық режимдерін жасау болып табылады.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- кендегі құрамында алтын бар минералдары мен барлық минералдардың химиялық және минералдық құрамын зерттеу;

- фракциялық талдау әдісімен ұсатылған кеннің гравитациялық байытылуын зерттеу;

- кеннің фракциялық құрамын есептеу және гравитациялық байыту графиктерін құру;

- Негізгі байыту көрсеткіштерін есептеу, машина класын және гравитацияны алдын ала байыту үшін қажетті бөлу тығыздығын анықтау;

- алдын ала гравитациялық байыту сұлбасын жасау.

Ірі ұсақталған кеннің гравитациялық байытылуын (40-60 мм дейін) фракциялық талдауды қолдану арқылы бағалау кенді ауыр және жеңіл фракцияларға бөлу мүмкіндігін анықтады. Тығыздығы +2900 кг/м³ ауыр фракцияда 10.2% өндірумен барлық алтынның 25% дейін ауыр фракцияда кенмен салыстырғанда, ол алтынмен 2.4 есе байытылған көрінді.

Әдебиеттер / References

- [1] Shohin, V.N. (1993). Gravitacionnye metody obogashheniya. *M.: Nedra*
- [2] Bert, R.O. (1990). Tehnologija gravitacionnogo obogashheniya. *M.: Nedra*
- [3] Arsent'ev, V.A., Bashhenko, N.T., Bogdanov, O.S. & etc. (1984). Spravochnik po obogashheniju rud. *M.: Nedra*
- [4] Mitrofanov, S.I. (1962). Issledovanie poleznyh iskopaemyh na obogatimost'. *M.: Gosgortehizdat*
- [5] Leonov, S.B., Bel'kova, O.N. (2001). Issledovanie poleznyh iskopaemyh na obogatimost'. *M.: Intermetinzhiniring*
- [6] GOST 4790-80. (1988). Metod frakcionnogo analiza. *M.: Nedra*

Алтын құрамды кендерді гравитациялық байыту әдістерімен зерттеу

Г.Е. Аскарова^{1*}, А.Б. Бегалинов¹, М.Р. Шаутенов¹, К. Амантайұлы²

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: askarova_guljan@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада гравитациялық байыту әдісімен кедей кендерден құрамында алтын бар кендерді өндірудің тиімділігін арттыру мәселелері қарастырылған. Алтын-бұл әлемдік және отандық нарықтарда сұранысы мен тұтынуы жоғары ауытқуларға аз ұшырайтын металл. Әлемдік алтын өндіру бай және жеңіл байытылатын кендердің сарқылуымен және кен орнын ашық өндіру үшін қол жетімді таяз жатқан қорлармен байланысты белгілі бір қиындықтарға тап болады. Бірақ сонымен бірге энергия ресурстары мен көліктің күрт қымбаттауы отандық тау-кен-технологиялық өндірістердің рентабельділігін төмендетті. Құрамындағы минералды құрамындағы жоғары өзгергіштік, көптеген қоспалардың болуы, секрециялардың формалары мен сипатындағы айырмашылықтар алтынды байыту мен өңдеудің әртүрлі әдістерін біріктіруді қажет ететін шикізаттың ең қиын түрлеріне қояды. Автор Нельсонның (Knelson) орталықтан тепкіш хабының жоғары климаттық жағдайларда құрамында алтыны бар кедей кендерден алтын алу дәрежесінің жоғарылауына әсерін ұсынады. Кен құрылымын бұзу және тығыздықты айтарлықтай төмендету, сондай-ақ ауырлық күші арқылы минералдардың ашылуын 63%-ға дейін арттыру арқылы өндірісті арттыру. Осылайша оңтайландыру ұсақ және орташа түйіршікті алтын ретінде жіктеледі.

Негізгі сөздер: шикізат, пайдалы қазбаларды байыту, технологиялық сұлба, минерал, гравитациялық байыту әдісі, концентрат, қалдық.

Исследование золотосодержащих руд методами гравитационного обогащения

Г.Е. Аскарова^{1*}, А.Б. Бегалинов¹, М.Р. Шаутенов¹, К. Амантайұлы²

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: askarova_guljan@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности добычи золотосодержащих руд из бедных руд с помощью гравитационный метода обогащения. Золото является металлом, спрос и потребление которого на мировом и отечественном рынках в наименьшей степени подвержены высоким колебаниям. Мировая добыча золота испытывает определенные трудности, связанные с истощением запасов богатых и легкообогатимых руд и неглубоко залегающих, доступных для открытой добычи месторождения. Но одновременно резкое удорожание энергоресурсов и транспорта снизило рентабельность отечественных горно-технологических производств. Высокая изменчивость содержания, минерального состава, наличие большого количества примесей, различия в формах и характере выделений ставят золото в ряд наиболее трудно перерабатываемых видов сырья, требующих интеграции различных способов обогащения и переработки. Автором представлено влияние центробежного концентратора Нельсона (Knelson) на повышение степени извлечения золота из золотосодержащих бедных руд при высоких климатических условиях. Повышение добычи за счет разрушения структуры руды и существенному уменьшению плотности, а также увеличению раскрываемости минералов с помощью гравитации до 63%. Таким образом, оптимизация классифицируется как мелкое и средне-крупнозернистое золото.

Ключевые слова: сырье, обогащение полезных ископаемых, технологические схемы, минерал, гравитационные обогащения, концентрат, хвосты.

Received: 06 July 2023

Accepted: 16 December 2023

Available online: 31 December 2023