

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау кен-металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

Еркінова Диана Мұхитқызы

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

«Алтын өндіру саласындағы биометаллургияның дамуы»

5B073700 – Пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы таукен-металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ:

МжПҚБ
кафедра меңгерушісі
тех.ғыл.кандидаты, профессор

_____ Барменшинова М.Б.
« _____ » _____ 2019 ж.

Дипломдық жобаға
Түсініктемелік жазба

«Алтын өндіру саласындағы биометаллургияның дамуы»

5B073700 – Пайдалы қазбаларды байыту

Орындаған: _____

Еркінова Диана Мұхитқызы

Ғылыми жетекші:

Профессор _____

Турысбекова Г.С.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау кен-металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ каф. меңгерушісі,
тех.ғыл.кандидаты, профессор

_____ М.Б. Барменшинова
«___»_____ 2019 ж.

Дипломдық жобаны даярлауға ТАПСЫРМА

Студент: Еркінова Диана Мұхитқызы

Тақырыбы: «Алтын өндіру саласындағы биометаллургияның дамуы»

Университет ректорының № _____ «__»_____ бұйрығымен
бекітілді.

Толық жобаны тапсыру мерзімі: «__»_____ 2019 ж.

Жобаға қажетті мәліметтер:

Технологиялық регламент (жұмыс істеп тұрған өндірістің), орындауға жүктелген сұрақтар тізбесі.

Жобаны орындауға негізделген сұрақтардың тізбесі немесе дипломдық жобаның қысқаша мазмұны.

Кіріспе. Кен орнының сипаттамасы. Жобаның технологиялық бөлімі. Алтын саласындағы биотехнологияның даму сатысын құрастыру. Технологиялық сұлбаны таңдау және негіздеу. Технологиялық сұлбаны есептеу негізінде алынған нәтижелер бойынша негізгі және қосалқы құрал-жабдықтарды таңдау және есептеу. Жобаның техника-экономикалық бөлімі. Еңбек қорғау және қоршаған ортаны қорғау сұрақтары.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Турысбекова Г.С., Бектай Е.К., Мерекутов М.А. Золото: Новые сырьевые источники. Вторичная металлургия. Аффинаж. / 2016. С. 76-90

2. Турысбекова Г.С., Бектай Е.К., Мерекутов М.А. Природные наночастицы и наноструктуры / 2017. С. 63-90

3. Канаев, А.Т., Хамуда, Р.А., Камалов, М.Р. Влияние концентрации меди, молибдена, цинка и алюминия на окисляющую активность *Acidithiobacillus ferrooxidans* // Биотехнология. Теория и практика. - 2008. - № 3. - С. 86-90

Дипломдық жобаны даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кенесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Алтын саласындағы биометаллургияның дамуы		
Бактериялық шаймалау		
Бақыршық кен орны		
Еңбек қорғау бөлімі		
Жобаның экономикалық бөлімі		

Дипломдық жобаның және оған қатысты диплом жобасының бөлімдерінің
кеңесшілері мен нормалық бақылаушының
қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Жобаны жетекші, кенесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Қауіпсіздік және еңбекті қорғау	Профессор Г.С. Турысбекова		
Нормалық бақылаушы	МжПҚБ каф.лекторы И.Ю. Мотовилов		

Ғылыми жетекшісі _____ Тұрысбекова Г.С.
(қолы)

Тапсырманы орындауға білім алушы _____ Еркінова Д.М.
Күні «__» _____ 2019 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жоба 65 беттерден, 6 суреттен, 15 кестелерден, атаулы библиографиялардан тұрады.

Дипломдық жобада алтын өндіру саласындағы биометаллургияның дамуы ұсынылған. Жобада тау - кен саласында, оның ішінде пайдалы қазбаларды байытуда биотехнологиялық әдістерді қолдану ең тиімдісі болып табылатындығы туралы айтылған. Оның ішінде Шығыс Қазақстандағы орналасқан «Бақыршық» кен орны алтын-мышьяқты кеннен алтынды шаймалауда бактериялық шаймалауды қолдана отырып үлкен нәтижелерге жетіп отыр.

Дипломдық жобада сондай-ақ технологияның қауіпсіздігі және еңбекті қорғау заңдары келтірілген.

АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте представлено развитие биометаллургии в области добычи золота. В проекте говорится, что применение биотехнологических методов в горнодобывающей отрасли, в том числе обогащения полезных ископаемых является наиболее эффективным.

В частности, месторождение «Бакырчик», расположенное в Восточном Казахстане, достигает больших результатов с применением бактериального выщелачивания при выщелачивании золота из золотомышьяковой руды.

В дипломном проекте также приведены законы безопасности технологии и охраны труда.

ANNOTATION

The diploma project presents the development of biometallurgy in the field of gold mining.

The project States that the use of biotechnological methods in the mining industry, including mineral processing, is the most effective.

In particular, the Bakyrchik Deposit, located in Eastern Kazakhstan, achieves great results with the use of bacterial leaching during the leaching of gold from gold ore.

The diploma project also contains the laws of technology safety and labor protection.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ		10
1	Бактериялық шаймалау	14
1.1.	Алтынды бактериялық жолмен шаймалау	18
1.2.	Үймелі шаймалауды өндірісте қолдану	18
1.2.1	Үймелі шаймалау әдісі бойынша алтын өндіру технологиясы	19
1.3	Алтынды перколяциялық шаймалау	22
1.4	Алтынды тиомочевиналық жолмен шаймалау	22
1.5	Аммиак-тиосульфатты және тиосульфатты жолмен алтынды шаймалау	23
1.6	Алтынды циан ертітінділерінен сорбциялық жолмен шаймалау	23
1.7	Микроорганизмдерді зерттеу әдістері	24
1.7.1	Силикатты бактериялар	24
1.7.2	Тионды бактериялар	27
1.7.3	Микроорганизмдердің шаймалау белсенділігінің оңтайлы шарттары	36
2	Зерттеу материалдары мен әдістері	33
2.1	Орта құрамы 9 к.	36
2.2	Кен орнының геологиялық құрылымы	37
2.3.	Алтыны бар кендерді өңдеудің технологиялық схемасын жасау	39
2.3.1	Алтыны бар кендерді өңдеуге ұсынылатын биогидро-металлургиялық схема	39
2.3.2	Алтын-мышьяк құрамды концентраттарды өңдеу технологиясы	43
2.4	«Бақыршық» кен орнындағы алтын-мышьяк концентраттарын тәжірибелік жолмен бактериялық шаймалау	48
	ҚОРЫТЫНДЫ	53
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	53
А	Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	54
А.1	Кәсіпорын алаңын жоспарлау және жақсарту	54
А.2	Технологиялық құрылғыларды қауіпсіз пайдалану және орналастыру	54
А.3	Көтеру – көліктік құрылғылар	55
А.4	Электр қауіпсіздігі	56
А.5	Жерлендіргішті есептеу	56
А.6	Жұмыс орнының аттестациясы	57
А.7	Техника қауіпсіздігі	58
А.8	Жобаланған нысананың қоршаған ортаға кері әсері мәселелері	58

Б	Алтын өндірісінің экономикасы	59
Б.1	Негізгі фондтың техника-экономикалық сипаттамасы	59
Б.2	Материалды шығындардың есебі	61
Б.3	Жұмысшылардың саны мен жалақысы	64
Б.4	Өзіндік құнын, пайдасын, рентабелін және басқа экономикалық көрсеткіштерді есептеу	64

КІРІСПЕ

Кендерден металдарды үймелеп және жер астында шаймалау бактериялық-химиялық процестері шикізат базасын неғұрлым толық және ұтымды пайдалануға, айтарлықтай төмендетуге, ал кейбір жағдайларда қоршаған ортаға зиянды қалдықтарды жоюға мүмкіндік береді. Мұндай технологияны жасау металдарды, атап айтқанда, алтынды ерітуге қабілетті ерекше бактерияларды анықтау мен бөлудің арқасында мүмкін болды.

Сүзгілеу әдістерінің мәні өнімді қабат, материал шоғыры немесе бағалы компоненттерді ерітіндіге ауыстыру күбілік жүктемесі арқылы металл еріткішін жіберуден тұрады. Алынған сүзгілерді одан кейін олардан металдарды алуға жібереді, қажетті реагенттермен бекітіледі және қайта пайдаланады.

Кендерден алынатын металдарды сүзіп шаймалау әдістерін жүзеге асыру үшін шималды тау-кен дайындау жұмыстары, қондырғылар салуға аздаған күрделі шығындар талап етіледі. Бұл ретте мұндай технологияның өзіне тән ерекшелігі-металдарды қойыртпақ түрінде емес, зауыттар мен фабрикаларда орын алатындай ақшылған өнімдер ерітіндісі түрінде алу болып табылады, бұл оларды одан әрі өндеуді едәуір жеңілдетеді.

Жоғары үнемділікпен қатар бұл әдістер кен орындарын өндеуді айтарлықтай жеделдетуге мүмкіндік береді. Өндірудің жаңа әдістерінің перспективалығы олардың әмбебап сипаты бар. Қолайлы жағдайларда үймелеп және жер асты сілтiсiздендiру арқылы түсті сирек кездесетін металдар, уран тобының металдары және басқа да пайдалы қазбалар кен орындарын өндеуге болады. Әдетте, осы технология бойынша алынатын соңғы өнім дәстүрлі технология бойынша алынатын өнімнен 2,0 есе арзан.

Кенді үймелеп және жер астында шаймалау кеңінен игеру химиялық процестерді минералды шикізатты байыту мен өндеудің қазіргі заманғы технологиясына енгізудің арқасында мүмкін болды. Металдардың химиялық еріткіштерін өндіру, су өткізбейтін негіздер мен сүзуге қарсы қарсы бөгеттерді жасау үшін полимерлі материалдардың химиясы саласындағы жетістіктердің; тау жыныстарын жер астында ұсақтаудың қазіргі заманғы тәсілдерін пайдаланудың арқасында мүмкін болды және т. б. Жаңа технологияның тиімділігі, ең алдымен, өте кедей кен шикізатын қайта өндеудің жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштерімен негізделген.

Соңғы жылдары АҚШ-та, Канадада, ОАР құрамында алтын бар баланстан тыс және қиын өңделетін кендерді үймелеп шаймалау және сынаудың үдемелі қарқынында жүргізіледі. Осы технологияның техникалық-экономикалық талдауы және оны кедей кендерді өндеудің басқа схемаларымен салыстыру үміт күттіретін нәтижелерді көрсетті. Осыған байланысты қоршаған ортаны қорғау, осы бөлікте улы емес алтын еріткіштерін пайдалану мәселелері тұр.

Соңғы жылдары әртүрлі кедей кендерді және түсті металл концентраттарын өндеудің микробиологиялық әдістері қарқынды зерттеледі

және игеріледі. Бактериялық технология үймелеп және жер асты шаймалау әдістерімен бірге шаймалауда қолданылады.

Жерасты және үймелеп шаймалау проблемасы алтынды бактериялық еріту және осы циклда химиялық аз улы және тиімді металл еріткіштерін пайдалану проблемаларымен тығыз байланыста қарастырылуы тиіс. Бұл табиғи жағдайларда улы цианды ерітінділерді қолдану қиынға соғады және тек шектеулі ауқымға ие болуы мүмкін. Қазіргі уақытта қоғамдық су қоймаларын сақтау, олардың сарқынды сулармен ластануының алдын алу мәселесі өзекті болып табылады, ал оларды шешу халық шаруашылығының маңызы зор. Микробиологиялық әдістерді қолдану аздаған күрделі шығындармен сілтісіздендіру процесін ресімдеуге, реагенттерге арналған шығындарды айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді, себебі металл еріткіші бактериялардың қызмет етуі нәтижесінде пайда болады және уытты қосылыстарды қолданумен немесе алумен байланысты емес. Үймелеп және жер асты шаймалау жағдайында кендерден мыс алу үшін тион бактерияларын қолданудың үлкен өнеркәсіптік тәжірибесі мысал болып табылады.

Кенді үймелеп және жер астында шаймалау кезінде микроорганизмдерді қолдану минералдық шикізатты өңдеудің жылдам дамитын саласының бір бөлігін — биологиялық синтезді пайдалануға, биохимия, микробиология, молекулалық биологияның жетістіктеріне негізделген биогеотехнологияларды құрайды. Бұл ғылымдардың жетістіктері табиғи процестерді жетілдіруге, сондай-ақ адамға пайдалы заттар өндіретін табиғатта жоқ жаңа процестер мен организмдер құруға мүмкіндік береді.

Қазақстандағы алтын өндірісі. Пайдалы қазбаларды өндіру кезінде қойылатын жалпы негізгі қағдалар бар. Біріншісі – кен қорының болуы. Екіншісі – көп салалы ғылыми орындардың, жоғары білікті мамандардың (геологтар, кеншілер,технологтар) бар болуы. Үшіншісі– қайта өңдеу кешендерінің бар болуы болып табылады. Төртіншісі –кен орындары игеруге арналған барлық мүмкіндіктерді беретін сәйкес қордың болуы.

Жоғарыда айтылған негіздердің барлығы Қазақстанда толық мөлшерде бар. Осыдан басқа, пайдалы қазбалардың әртүрлілігі, кенді және кенді емес пайдалы қазбаларды қайта өңдеу үшін дамыған өнеркәсіптің бар болуы осы саладағы мамандарға жоғары талаптар қояды. Қазақстандағы кендерді өндіретін және қайта өңдейтін бөлімдердің мамандары барлық әлем бойынша жоғары бағалануы кездейсоқ емес.

Алтынның қоры бойынша Қазақстан әлемде 10-шы орынға (ТМД-да 3-ші орын), ал оны өндіру бойынша 25-ші орынға (ТМД-да 4-ші орын) ие.

Алтынның кен орны Қазақстанның барлық өңірінде табылған, қорлардың деңгейі бойынша алдыңғы орындарға Шығыс, Солтүстік және Орталық Қазақстан ие. Алтын кенді және алтынкүрамды кен орындары 16 тау-кенді аймақтарда орналасқан, олардың ішіндегі ең маңыздылары: Шығыс Қазақстандағы Қалба мен Кенді Алтай аймақтары (Бақыршық, Большевик, Риддер Сокольное және т.б. кен орындары); Солтүстік Қазақстандағы Кокшетау және Жолымбет-Бестобе аймақтары (Васильковское, Жолымбет, Бестобе және

т.б. кен орындары); Оңтүстік Қазақстанда Шу-Іле және Жоңғар аймақтары (Ақбақай, Бескемпір, Арқарлы және басқалары); Орталық Қазақстанда Майқалы және Солтүстік Балқаш аймақтары (Майқайық, Бозшакөл, Саяқ IV, Долинное және т.б.); Батыс Қазақстанда Жітіқара және Мұғалжар аймақтары (Жетіқара, Комаровское, Юбилейное және т.б.).

Байырғы кен орындарынан басқа Қазақстан Республикасында генезис бойынша әртүрлі шашыранды алтынның айтарлықтай мөлшері анықталған және барланған. Негізгі гидрографиялық жүйенің аллювийлі және аллювийлі-пролювальді ұсақ таужыныстары болып келеді. Олар көбінесе Шығыс және Оңтүстік Қазақстанның таулы аймақтарында (Оңтүстік Алтай, Қалба, Тарбағатай, Жоңғар және Іле Алатауы, Қаратау) орналасқан құрамындағы алтынның орташа мөлшері шамамен $600-700 \text{ мг/м}^3$ болатын қорымен сипатталады.

Алтынқұрамды кендердің сипаттамасы. Табиғатта алтынның кендерде бос түрде, басқа минералдардың сульфидтерімен изоморфты қосылыс түрінде және минаралдармен ультра жұқа болып бірігіп кездеседі. Механикалық байыту жағынан қарағанда алтын құрамды кендерді жеңіл байытылатын және қиын байытылатын деп екіге жіктеуге болады.

Алтынқұрамды кендердің негізгі ерекшеліктерінің бірі алтынның әртүрлі минералдық табылу формаларда кездесуі және өнеркәсіпте бөліп алудың негізгі процесі – цианидтік-сорбциялық технологияны қиындататын қоспаларының бар болуы болып табылады. Осыдан алтынқұрамды кендерде табиғи минералдық көміртекті заттардың болуы, алтынды бөліп алуды қиындататын табиғи сорбция құбылысына әкеліп соғады.

Цианидтік-сорбциялық технология жағынан қарағанда алтынқұрамды кендер жеңіл цианданатын және берік кендер деп бөлінеді. Алтынды жеңіл циандалатын кендерден бөліп алу үшін алтынның ең қарапайым өндіру сұлбалары қолданылады. Осыған орай, алтынға бай аз сульфитті кендер таза гравитациялық сұлба бойынша тиімді өңдеуге болады. Бұл ең тиімді амал, алайда, мұндай кендер қазіргі кезде өте сирек кездеседі және олардың қорлары таусылуға жақын қалған.

Қазіргі кезде шашыранды жұқа алтыны бар жеңіл байытылатын кендер өндірісте бөліп алудың ең негізгі әдістерінің бірі болып цианидті шаймалауды пайдалану болып табылады. Бұл әдісте уланғыш реагенттер қолданылады, ол қалдықтарды залалсыздандыру мәселесімен байланысты болып келеді.

Қиын байытылатын берік кендер өзінің күрделі заттық құрамымен ерекшеленеді. Оны өңдеу кезінде арнайы тәсілдерді қолдануды талап етеді. Осыдан, жоғары сульфидті кендерді өңдеу кезінде бос алтынды бөліп алатын гравитация процесстен, үйінділерді өңдеу кезінде кедей флотоконцентратты сульфидтермен байланыстыратын алтынды бөліп алу үшін флотация процесстен, сонымен қатар сульфидті концентратты өңдеуден тұратын сұлбаны қолданады. Сульфидті концентратты өндіруді қарапайым циандаудан, немесе алдын ала күйдіруден, автоклавтарда алдын ала ыдыратудан (тотықтырудан), сондай-ақ биошаймалаудан кейін іске асырылуы мүмкін. Осындай әдістер

алтын өндірісінің құнын қымбаттатады, алайда, жоғары дәрежеде бөліп алуға қол жеткізеді.

Кендегі алтынның мөлшері төмендеген сайын, оның минералогиялық құрамы күрделене бастайтынын байқауға болады. Өндірісте құрамында минералогиялық органиканың жоғары мөлшері бар қиын балқитын сульфидті кендер (Сэйдж, Невада елінде), мышьяқты кендер (Тарор, Таджикистан елдерінде), алтынның ірілігі 1-5 мкм болатын жұқа шашыранды кендер (Алумбрера, Аргентина) қолданылады.

Негізінен, іс жүзінде кедей, жеңіл байытылатын кендерді, сондай-ақ кен орындарындағы жоғарғы мөлшерде тотыққан кендерін өндірудің экономикалық тиімділігін арттыру, кеннің барлық массасын ұсақтайтын, өзіне қымбат тұратын процесті қоспайтын үймелеп шаймалау процесін қолданумен іске асырылады.

Соңғы жылдары алтын өндіретін жаңа кәсіпорындардың арасында берік, минералдық құрамы бойынша күрделі болып келетін кендерді өндіру кәсіпорындарының үлесі артып келе жатқаны байқалады. Осындай алтынқұрамды кендердің ерекшелігі шашыранды болып кездесуі, сульфидтердің жоғары мөлшерде болуы, минералдық органика және мышьяқты минералдардың және тағы басқа қоспалардың бар болуы болып табылады. Жоғарыда айтылған алтынқұрамды кендерді өндіру үшін алдын ала тотықтыру операциялары (күйдіру, автоклавты процесс, биошаймалау) қолданылады.

Осыған орай, кендегі алтынның мөлшері жоғары болатын, жеңіл және қиын байытылатын кедей (1 г/т дейін) кендерді өңдеуге жұмылдыруға болатынын байқауға болады.

1 Бактериялық шаймалау

Әдетте металдарды алуудағы микроорганизмдерді пайдалану екі мақсаттың біреуіне ие: 1) ерімейтін металдардың сульфидтерін еритін сульфидтерге түрлендіру (тотығу) немесе 2) химиялық заттарды минерал бетімен үздіксіз өзара әрекеттесу және қажетті металды еріту үшін жағдай жасау. Бірінші процеске мысалы, ковеллин (CuS) немесе халькозин (Cu₂S) сияқты ерімейтін мыс қосылыстарын еритін сульфаттарға айналуы. Екінші процеске мысалы – құрамында алтыны бар арсенопириттен (FeAsS) темірдің, мышьяк пен күкірттің бөлініп шығуына байланысты, минералдағы алтынды циандау арқылы оңай алу. Бұл процестердің екеуі де тотығу болып табылады.

Бактериялық шаймалау өз кезегінде екіге бөлінеді: тікелей және тікелей емес бактериялық шаймалау.

Тікелей бактериялық шаймалау бактериялық жасушалардың минерал бетімен катализденген ферменттермен физикалық байланыста болғанда орындалады:

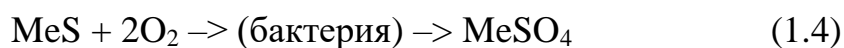


Барлығы:



Зерттеулер бойынша, *Acidithiobacillus ferrooxidans* мен тікелей өзара әрекеттесуде келесі құрамында темір жоқ сульфидті минералдар тотығуы мүмкін: ковеллин (CuS), халькозин (Cu₂S), сфалерит (ZnS), галенит (PbS), молибденит (MoS₂), стибнит (Sb₂S₃), кобальтин (CoS), миллерит (NiS).

Осылайша, тікелей бактериалды шаймалау келесі реакциямен сипатталуы мүмкін:

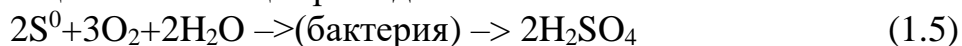


мұнда MeS - металл сульфиді.

Тікелей емес бактериялық шаймалауда бактериялар сульфидтік минералды химиялық тотықтыратын «тотықтырғыш» тудырады. Қышқыл ерітінділерде осындай тотықтырушы Fe^{+3} болып табылады және металдың еруі келесі реакциямен сипатталады: $\text{MeS} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{MeSO}_4 + 2\text{FeSO}_4 + \text{S}^0$

Ерітіндіде жеткілікті мөлшерде темірді ұстау үшін, металдың сульфидтерінің химиялық тотығуы қышқыл ортада $\text{pH} < 5.0$ жағдайда жүргізіледі. Реакциядағы екі валентті темір *At. Ferrooxidans* немесе *L.ferrooxidans* бактериялар арқылы қайта үш валентті темірге тотығуы мүмкін. Тікелей емес шаймалау кезінде бактериялар кеннің беткі қабатымен байланысуды қажет етпейді. Олар тек каталитикалық функцияны орындайды, Fe^{+2} -тен Fe^{+3} -ке дейін тотығуды жылдамдатады. $\text{pH} = 2,0-3,0$ кезінде Fe^{+2} бактериялық тотығуы химиялық тотықтыруға қарағанда 10^5 -нен 10^6 есе жылдамырақ болады.

Процесс барысында шығарылған күкірт *At. ferrooxidans* бактерияларының көмегімен күкірт қышқылына тотықтырылады:



1.1 Алтынды бактериялық жолмен шаймалау

Кендерден алтын алудың бактериялық әдістері ірі алтын кен орындарының микрофлорасын зерттеу нәтижелеріне негізделген, бұл бактериялар мен саңырауқұлақтардың басым түрлерінің мәдениеттерін оқшаулауға мүмкіндік берді. Белсенді бактериалды, бактериалды, хромобактерийдің, сондай-ақ индуцирленген мутагенезден алынған бактериялық бактериялардың штаммдарының өкілдері алтынның еруі процесінде белсенділікке ие. Алтынның еруінде үлкен белсенділікке *Bacillus*, *Bacterium*, *Chromobacterium* өкілдері ие.

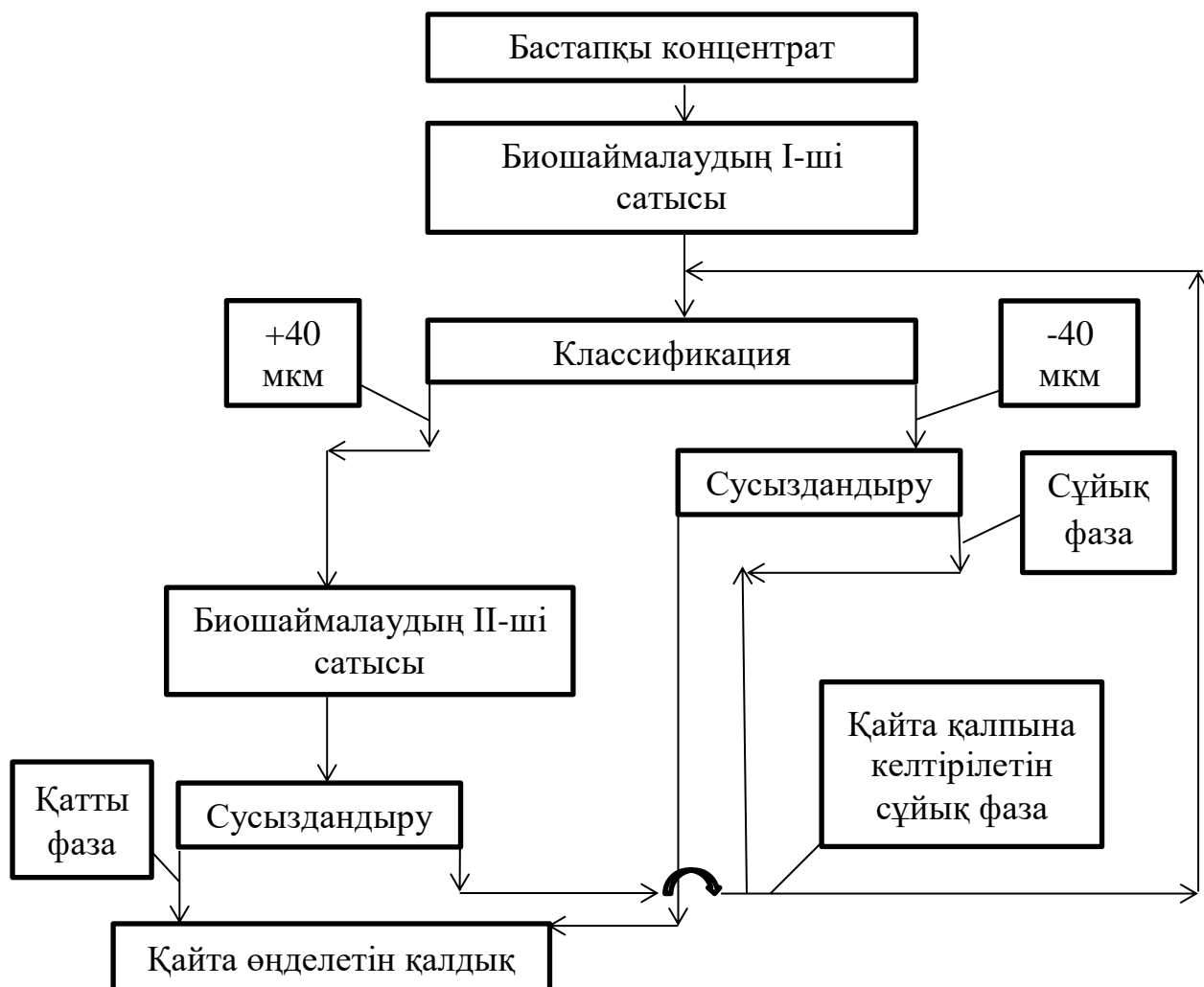
Микроскопиялық саңырауқұлақтар, бактерияларға қарағанда, ерітінділерден алтынды тез жинай алады. Ең тиімді өкілдері болып *Aspergillus niger* және *Aspergillus oryzae* табылады. Алтынды бактериялық шаймалау процестерінде шешуші рольді микробтық синтез өнімдері: аминқышқылдары, пептидтер, ақуыз және нуклеин қышқылдары атқарады.

Көмірсулар алтынның еруіне қатыспайды. Ақуыздар қышқыл ортада алтынды тұндырады және сілтілі ортада ерітеді. Микробтық синтездегі ерітілген ақуыздар малға арналған глобулинге қарағанда алтынға жақсы әсер етеді. Микробтық синтездегі еріген ақуыздар алтынға жақсы әсер етеді. Пептидтердің реакциялық қабілеті олардың молекулалық салмағына байланысты: төмен болған сайын алтынның ерігіштігі неғұрлым жоғары.

Бактериялық шаймалау - бірнеше технологиялық байланысқан циклдерден – операциялардан тұратын біріктірілген байытатын-гидрометаллургиялық технологияларда маңызды бөлім болып табылады. Мұндай операцияларға концентратты дайындау, бактериялық шаймалау, бактериялық шаймалау қалдықтарын өңдеу және бактериялық ерітінділерді қайта қалпына келтіру операциялары жатады. Дайындалған концентраттың бактериялық шаймалау бір немесе бірнеше сатыларда жүзеге асырылады.

1 суретте алтын-мышьяк концентратының екі сатылы шаймалау тізбегі көрсетілген. Концентраттың дайындалуы белгілі бір мөлшерге дейін ұнтақталудан және одан зиянды қоспаларды жоюдан басталады. Бұдан басқа, байыту немесе гидрометаллургиялық әдістер арқылы жүзеге асырылатын мақсатты (байытылған) металдардың немесе минералдардың концентрациялау іске асырылады. Мысалы, пирит флотация арқылы жойылады, ал карбонатты минералдар бар концентраттарды өндегенде олар күкірт қышқылымен өңделеді. Бактериялық шаймалау бактериялық шаймалау процестерін, өңделген өнімдердің жіктелуін, олардың дегидратациялануын, металдардың тұнуын, қатты фазалық жууды, ерітінділерді регенерациялауды және қалдықтарды көмуді қамтуы мүмкін. Егер биоөндеу кезінде элементтік (еркін) күкірт бөлінсе,

оны одан әрі пайдалануға болады. Күкіртті концентраттарға арналған кейбір өңдеу технологиясында қарапайым күкірттің шығарылуы 75% жетеді. Ерітінділердің регенерациясы тауарды және / немесе аударылған өнімдерді, сондай-ақ айналымдағы ерітінділерді алу үшін жүзеге асырылады.



1 сурет - Алтын – мышьяк концентратын екі сатылы бактериялық шаймалау

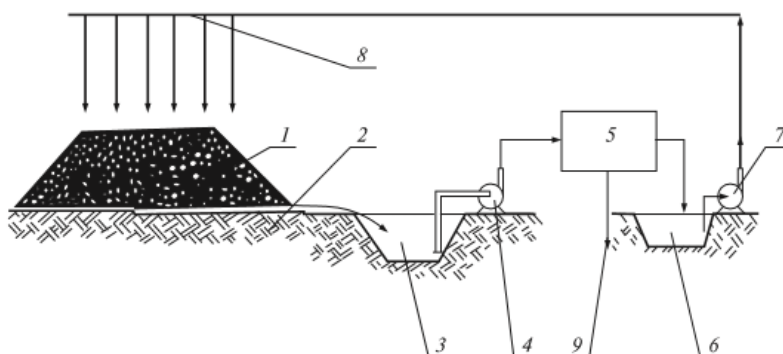
Кейбір жағдайларда бактериалды шаймалаудің қалдықтарын өңдеу және ерітіндінің регенерациясының (қайта қалпына келу) қайта өңдеу сызбалары біріктірілуі мүмкін. Мысалы, регенерация циклінің ерітінділері шаймалау қалдықтарын жуу үшін пайдаланылуы мүмкін. Жартылай өнеркәсіптік сынақтар, мысалы, шаймалау параметрлерін тұрақтандырудан бастап үздіксіз режимде жүзеге асырылады. Әр ферменттердің немесе пачуктың көлемі 0,2 м³ болуы мүмкін. Құрылғылар бір жүйеде - каскадта біріктіріледі. Бактериялық қойыртпақ ағыны кезінде алғашқы аппарат контактті күбі деп аталады және сыйымдылығы 0,9 м³ құрайды. Контактті күбіде сыртқы ерітінді майдаланған концентратпен араласады және одан пачук каскадына қойыртпақ өздігінен аға бастайды. Пачукта қойыртпақ 0,05 сағ-1 сұйылту жылдамдығы бар Қ:С=1:20-

1:15 қатынасына ие. Сонымен қатар қойыртпақтың құрамын, қышқылдығын, тығыздығын және басқа параметрлерді бақылап отырады. Шаймалаудың уақытына қарай бір немесе екі жолдан тұратын пачук қатарлары қолданылады. Осы технологиямен шаймалау уақыты 120-140 сағаттан 60-70 сағат аралықтарында ауытқып отырады. Қатты өнімге арналған каскадтың өнімділігі тәулігіне 60-75 кг немесе қойыртпақ бойынша 300-400 л / тәул. болуы мүмкін. Пачуктағы температура сулы қаптама бойымен ыстық судың әр пачугы айналып отқанынан тұрақты (бұл жағдайда 28-32° С) сақталады. Бактериялық шаймалауден кейін, қойыртпақ ірілігі 0,5-100 мкм кен бөлшектеріндей суспензия сияқты болады. Бірақ қойыртпақта 0,5 мкм өлшемнен кіші болатын да бөлшектер бар. Қойыртпақтың сұйық фазасы - химиялық қосылыстардан басқа, бактериялық жасушалар мен олардың тіршілік әрекетінің зат алмасу өнімдері (органикалық қосылыстар) қамтылған күрделі көпкомпонентті ерітінді. Лабораториялық жағдайларда фазалық бөлу әдетте вакуумда сүзгілеумен, ал ақырғы кептіру желдету арқылы жүзеге асырылады. Үздіксіз жағдайлар кезінде фазалық бөліну үздіксіз орындалады және әдеттегідей екі кезеңде жүргізіледі – тұндырғышта қоюландыру және сүзгілеу.

Қоюлатқыштарда қатты зат тығыздығының 50-60%-нан өнім алынады. Фильтрация вакуумдық сүзгілерде және рамалы сүзгіден өткізеді. Фильтрациядан кейін қойыртпақ тығыздығы 50-60% дейін артады. Каскадтың үлкен өнімділігі кезінде үздіксіз қозғалыстағы вакуумдық сүзгілер - барабан немесе диск сүзгілері қолданылады. Фильтрлердегі вакуум 650 мм сынап бағанасына дейін жетеді. Металдарды өнімді ерітіндіден бөлу металдарды металды ерітіндіден шығаруға, белсенді биомасса бөліп, оны кері шаймалаудің циклына айналдыруға бағыттау. Өнімнің өте күрделі химиялық құрамы болуы мүмкін, онда мақсатты металдардан басқа қосымша қоспалар болуы мүмкін. Мысалы, алтын-мысты кенді өнімді ерітіндіде шаймалау кезінде алтыннан басқа, мышьяк (10 г / л дейін) және темір (20 г / л дейін) және мыс-мырыш концентраттарын шаймалау кезде ерітіндіге мыс-2 (2-4 г/л) мырыш (25 г /л дейін) түседі. Сілтіленген металдар өнімді ерітіндіде сепарацияны қажет ететін күрделі еритін қосындылар ретінде кездесуі мүмкін. Биошаймалауді жүзеге асырушы аппарат механикалық немесе пневматикалық араластыру, жылу жүйесімен жабдықталуы және қышқылға төзімді материалдардан жасалуы тиіс. Мамандардың жүргізген экономикалық сараптамасы биошаймалауді қолданудан экономикалық пайда табуды дәлелдейді. Термохимиялық шаймалаумен және электролизге қарағанда, цементтеу және электролизі бар бактериялық шаймалау әдісі көрсеткендей, дайын өнімнің бірдей өнімділігі 500 000 тонна / жыл екінші әдіс бойынша күрделі шығындар 14,6%, операциялық шығындар 12,1% және қайта өңдеу құны 1 тонна концентрат біріншіге қарағанда 11,6% төмен. Күбілік әдіспен бактериялық шаймалау концентраттың терең байытуына мүмкіндік беретінін ескере отырып, бұл технологияны зерттеу жұмыстарында да, пилоттық сынақтарда да, пайдалы қазбаларды өңдеу үшін кенді байыту циклінде де қолдануға болады деген қорытынды жасауға болады.

1.2 Үймелі шаймалауды өндірісте қолдану

Кеннен минералды үймелі шаймалаудың сұлбасы 2-суретте көрсетілген



- 1 - кен үйіндісі; 2 - жердің (топырақ) беті; 3 - ерітінді жинау тоғандары;
4 - насос; 5 - цементация шұңқырлары; 6 - өңделген ерітіндіні жинау тоғаны;
7 - насос; 8 - суару жүйесі; 9 - дайын өнім

Сурет 2 - Үймелі шаймалау әдісінің сұлбасы

Нақты фракцияларға бөлшектелген үйінді биосуспензияға оңай өту үшін пештерге орналастырылады. Биосуспензия немесе химиялық белсенді ерітінді суару жүйесі арқылы насоспен (7) үйіндіге беріледі. Тордың астында, 2 топырақ бетіне жиналған шұңқырлар орналасады, оларға ерітінді жинау тоғандарына (3) өнімді ерітінділер (металдан айырылған биосуспензия) жиналады, оның ішінен өнімді ерітінділер насос арқылы (4) цементация шұңқырларына (5) металды пульпадан бөлу үшін айдайды.

Металл алудың тиімділігіне бірнеше факторлар әсер етеді: кен материалының ұсақтау дәрежесі; биосуспензияда белсенді компоненттердің құрамы мен концентрациясы; ортаның температурасы және өнімді ерітіндіні цементтеу процесінің толықтығы.

Алғашқы рет үймелі шаймалауды Испаниядағы Рио-Тинто (1752 ж.) кен көзінде қолданды. Кеніште мысты мысты пириттен алуды байқап көрді. Тау жынысындағы кеннің құрамы 1,5 % мыстан және 48% күкірттен тұрды. Әдіс жақсы нәтижелер көрсетті, XX ғасырдың басында қышқыл ерінді арқылы бір уақытта 20 млн т өндіре бастады. Жұмыс бірден бірнеше суару жүйелерінде жүзеге асырылды, олардың әрқайсысында 100 млн кеннен тұрады. Кендердің фракциясы 50-100 мм.

Террассаның су өткізбейтін беткейінде қоқыстар құлап түсіріліп отырды. Төңіректің іргетастарында кен жыныстарының табиғи аэрациясына және тотығу процестерін қамтамасыз етуге арнап ірі жыныстардан арналар жасалды. Осы каналдардың қиылысында тік түтіктер бір-бірінен 12-15 м қашықтықта

орналасты. Осындай құрылымды қалыптастыру қоқыстың массивінің 50-60 ° C дейін температураның ұлғаюына әкелді, бұл мыс сіңіру жылдамдығына оң әсерін тигізді. Құрамында ерітінділер (г / л): мыс 1-4; үш валентті темір 1-ге дейін; екі валентті темір 20-ға дейін және күкірт қышқылы 10-ға дейін. Мысты цементтеу процесі арқылы бөлініп алынады. Алғашқы екі жылда 60% мыс алынды, ал 7-9 жылда 80-85%. Қалдықтардың құрамындағы мыстың үлесі 0,3%.

1.2.1 Үймелі шаймалау әдісі бойынша алтын өндіру технологиясы

Үймелі шаймалау әдісімен алтын өндіру технологиясы шамамен ғасырға жуық уақыт қолданылып келеді. XX ғасырдың екінші жартысында Құрама Штаттарда бұл технология кеннен бағалы металдарды өндіруде кеңінен қолданыла бастады. Қазіргі кезде үймелі шаймалау кендерден алтын өндірудің басқа технологиялары арасында жетекші орын алады. Технология түрлі химиялық реакциялардан тұратын гидрометаллургиялық үрдістерге негізделген. Қымбат металл кенді суару үрдісі барысында циан натрийінің ерітіндісінде ерітіле отырып кеннен алынады. Одан кейін ерітінді арнайы сүзгілерде тазартудан (сорбция – десорбция) өтеді. Дүние жүзіндегі қымбат металдарды өндіруді айтарлықтай дәрежеде кеңейту, жаңа кен орындарындағы және қолданыстағы кен орындарындағы (баланстан тыс жерлерден және қоқыстардан) нашар кендер есебінен жүзеге асады. Шикізатты қайта өңдеу технологиясын дамыту, өңдеудің жаңа жолдарын енгізу арқылы осы шикізат көздерін өнеркәсіпке тиімді пайдалану мүмкін болды. Осылайша, құрамында алтыны бар нашар кендерді өңдеу үшін үймелі шаймалау әдісін енгізу қолдану тиімді әдіс болып табылды. Төменгі сортты кендерден бағалы металдарды алудың бұл жолы шетелде де, бүгінгі күні Қазақстанда да кең таралған. Тотыққан кендерден үймелі шаймалау әдісімен алтын өндіретін Қазақстандық кәсіпорындардың тәжірибесі мен әлемдік тәжірибе әдістің технологиялық пайдалылығын және экономикалық тиімділігін көрсетті.

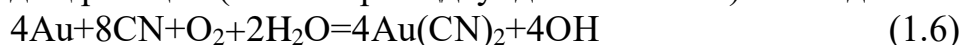
1.3 Алтынды перколяциялық шаймалау

Сұйық цианидация (перколяция) алтынды түбі бар резервуарға орналастырылған құрамында алтыны бар кеннің қабаты арқылы цианды ерітінділердің табиғи сүзгілеуі нәтижесінде сілтіленеді. Ерітіндіні ұсақ түйіршіктелген материалдың жарықтарынан сүзу өте баяу жүретіндіктен, бұл әдіспен тек қана ірі түйіршікті материалдар өңделеді. Осылайша, ағарту арқылы циандау тек қана бөлшектері цианды ерітінділерге салыстырмалы түрде оңай енетін (кеуекті құрылымға ие) кендерді өңдеуге, сондай-ақ, бөлшектері бөлінуге ұшырайтын беттік қабатында алтын орналасқан кендерді өңдеуге жарамды. Алтын өте ұсақ болуы керек. Әдетте, перколяцияға ұсақтығы 0,2-1 мм болатын бөлшектері бар жіктелген құмдар ұшырайды. Қолайлы жағдайда,

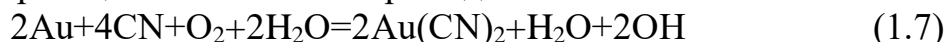
қанағаттанарлық нәтижелерді ұсақталған кенді шаймалау арқылы алуға болады (бөлшектерінің ұсақтығы 10-15 мм).

Цианидтеудің негізгі қағидасы бойынша цианид иондары алтын, күміс және басқа металдармен тұрақты күрделі кешендерді құрайды. Аз сілтілік цианидті ерітінділер кенде бірінші кезекте алтын мен күмісті ерітеді.

Алтынды цианид арқылы ерітіндіге өткізудің негізгі жолы ретінде қолданылатын иондық реакция (Эльсенер теңдеуі деп танылған) келесідей:



Кейінгі зерттеулер еру үрдісі екі кезеңде жүретінін көрсетеді. Алтынның негізгі бөлігі мына реакцияға сәйкес шығарылады:



Ал қалған бөлігі, яғни көзге түсетін бөлігі, (1) реакцияға сәйкес Эльсенер теңдеуіне сәйкес жүреді. Еру жылдамдығы натрий цианидінің концентрациясына (NaCN) және ерітіндінің сілтілігіне тәуелді, оңтайлы мән рН-10.3 болып табылады.

Процестің ұзақтығын анықтайтын ең маңызды көрсеткіштерінің бірі ену жылдамдығы болып табылады, ол бірлік уақыт аралығында күбінің көлденең қимасынан бірлік уақыт аралығында өтетін ерітінді ағынын көрсетеді. Оңтайлы ену жылдамдығы 50 л/(м²-сағ) және одан жоғары жылдамдық.

20 л/(м²-сағ) төменгі сіңіру жылдамдығымен перколяциялаудың еш жөні жоқ. Сіңу жылдамдығы көптеген факторларға байланысты, олардың ішіндегі ең маңыздысы – циандалатын тастардың табиғаты, оның өлшемі және онда майда фракциялардың (лай) болуы. Егер ерітінді азды көпті біртекті болса, тіпті бөлшектері кішкентай болса да кристалдық материал ертінідіні жақсы сүзеді. Керісінше, аморфтық материал тығыз қабатпен тығыздалған және ерітіндіні өткізбейді. Барлық шарттарды ескергенде ұсақ қиыршықты құм, майда түйірлерге қарағанда жоғары сүзу жылдамдығына ие. Құмда лай айтарлықтай мөлшерде кездесе, лай ірі түйіршіктердің арасын бітеп сіңу жылдамдығын төмендетеді.

Сіңу арқылы сілтілейтін күбілерді дөңгелек немесе тік бұрышты пішінде жасайды. 3-сурет дөңгелек пішінді күбі көрсетілген. Оның түбі жалған, яғни ол сүзетін шүберекпен торлай қапталған. Күбінің биіктігі 2-4 м, диаметрі 12-14 м дейін және өндірістің көлеміне байланысты артып отырады. Тікбұрышты күбілер ұзындығы 25 және ені 15 метрге дейін, сонымен қатар құмдар бойынша күбілердің сыйымдылығы 800-900 тоннаға жетеді.

Күбіге салмас бұрын құмды лай балшықтан арылту үшін жіктеледі, өйткені лай балшық сіңу жылдамдығын төмендетеді және айтарлықтай мөлшерде ылғал беріп, ерітілген алтынды шаюда қиындық тудырады.

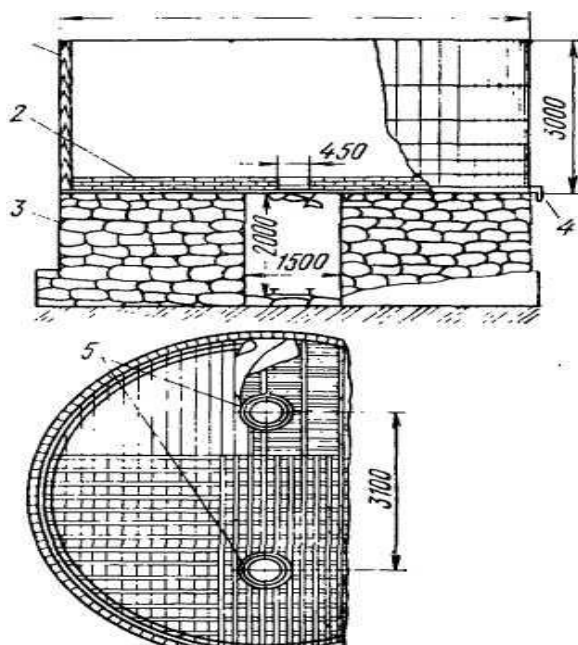
Құм күбіге қойыртпақ түрінде түседі. Күбіні толтырғаннан кейін, жүктемені жалған түп арқылы сүзіп сусыздандырады. Тасымалдаудың құрғақ әдістері де қолданылады (таспалы транспортерлер, грейферлі крандар, автотиегіштер және т.б.).

Күбіні толтырған кезде, материалды бос борпылдақ қабатпен жүктеуге тырысады, өйткені бұл ерітіндінің сіңуін жеңілдетеді және құмның желдетілуін

тудырады. Сондай-ақ тағы мән бере кететін жайт, жүктелетін материал құмның бүкіл көлденең қимасы бойынша біртекті тығыз әрі гидравликалық кедергіге ие болуы тиіс. Олай болмаған жағдайда ең төменгі гидравликалық кедергісі бар жерлерге ғана ерітінді сіңеді де, материалдың кейбір бөлігі сілтіленбей қалады.

Әдетте, сіңіру арқылы шаймалау концентрациясы азаймалы болып келетін цианды ерітіндіні бөлшектеп құю арқылы жүзеге асады. Қою ерітінділердің құрамында NaCN мөлшері 0,1-0,2%, орташа ерітінділерде 0,05-0,08% және сұйық ерітінділерде 0,03-0,05%. Бастапқыда күбіге қою ерітінді құйылады. Ол құрғақ құм массасының 25-50 пайызы мөлшерінде болады. Жүктеме ерітіндімен сіңіскеннен кейін (жабық кран) және күбіні құм деңгейінен 50-75 мм-ге жоғары деңгейге толтырғаннан кейін құмның ерітіндімен сіңісуі 6-24 сағатқа созылады.

Осы уақыт ішінде жүктеме толығымен ерітіндімен қанығады, және оған көп мөлшерде алтын түседі. Бірнеше уақыт ұстағаннан кейін су төгілетін кранды ашады, қою ерітіндіні құрғатып, жүктемені 6-12 сағатқа құмдарды аэрациялау үшін («желдету») қалдырады. Одан кейін орташа ерітінділерді құю (құрғақ құмдардың 25-40%) және барлық операцияларды аяқтау қажет.



1 - қорап; 2 - жалған түп; 3 - іргетас; 4 – құрамында алтыны бар ерітінділерді шығаратын крандар; 5 – жүк түсіретін люк.

Сурет 3 - Сіңу жолымен циандауға арналған күбі.

Әлсіз ерітінділермен өңдеуді (құрғақ құмдардың 25% -дан 100%) негізінен өткен циклдарда ерітілген алтынды жуу үшін қолданады. Саңылау бөгеті әдетте су төгетін клапан ашық болған кезде қолданылады. Ерітілген

алтынды жуудың соңғы сатысында жүктеме сумен жуылады (кұрғақ құмдардың 10-40%). Ерітінділер мен жууға арналған судың жалпы мөлшері 1 тонна құрғақ құмға шаққанда 1-2 тоннаны құрайды.

Құрамында алтыны бар ерітінділер алтынды тұндыруға қолданылады. Сілтіленген және жуылған құмдар құрғақ немесе гидравликалық әдіспен түсіріледі. Құрғақ түсірілім күбінің түбіне арнайы люктер арқылы жүзеге асырылады, түсірілген құмдар таспалы конвейерге немесе арбаға қойылып, үйіндіге тасталады. Оларды қалдық қоймалары құрылысында бөгеттерді салуға немесе кеніштерде өңделген шахталарды төсеу үшін пайдалануға болады. Ең үнемдісі гидравликалық түсірілім, мұндажүктемелік люктер арқылы су ағысымен құмды жуады.

Құмды өңдеудің ұзақтығы сіңу жылдамдығына, ерітінділердің мөлшеріне және шөгінділердің нақты және гранулометриялық құрамымен анықталатын өңдеу тәртібіне тәуелді, сондай-ақ күбіні тиеу-түсіру жұмыстарын механикаландыру деңгейіне байланысты. Іс жүзінде бір жүктеменің толық өңделу ұзақтығы орта есеппен 4-8 тәулікті құрайды. Нашар топтастырылған құмдарды өңдеу кезінде операцияның ұзақтығы 10, тіпті 14 тәулікке дейін созылады. Шөгінділерді өңдеудің ұзақтығы маңызды техникалық және экономикалық фактор болып табылады, себебі ол жабдықтың мөлшері мен құнын, кәсіпорын өнімділігін және өңдеу құнын айқындайды. Реагенттердің шығыны өңделетін материалдың сипатына байланысты және 1 тонна құрғақ құмға шаққанда цианидтің 0,25-0,75 килограммын және әктің 1 - 2 килограммын құрайды.

Кейбір жағдайларда сіңіру арқылы шаймалауді 5-тен 15 мм-ге дейін ұсақталған кендерге тікелей қолданылады. Себебі ұсақталған материалда айтарлықтай мөлшерде ұсақталған фракциялардың бар екендігі анықталған, ол сіңіру жылдамдығын төмендетеді, кендік масса кейде күбіге салмас бұрын алдын ала кесектеледі. Осы мақсатта кендерді: дымқылдандырады, цементтің аз мөлшерін (кен массасының 0,5% -ға жуығы), сондай-ақ цианидті және сілтілік заттарды қосады және барабан грануляторында түйіршіктеледі. Кесектелген материал борпылдақ, шаймалауға қолайлы құрылымға ие. Тіпті кесектеу, тасымалдану және күбіге материалды жүктеу кезінде-ақ алтынның едәуір мөлшері цианидпен әрекеттеседі, бұл сілтілену ұзақтығын едәуір қысқартады. Кесектеу процесі балшық кенін өңдеу кезінде болғаны абзал.

1.4 Алтынды тиомочевиналық жолмен шаймалау

XX ғасырдың 40-жылдарының басында М.А. Кожухова және И.И Плаксин тиокарбамидті шаймалау әдісін ұсынды. Шаймалау 2-кестеде келтірілген реакцияларға сәйкес жүргізіледі.

Кесте 1 - Процестің негізгі жартылай реакциялары

Жартылай реакция	Электронды потенциал E ₀ , В
$\text{Au}_0 + 2\text{CS}(\text{NH}_2)^{2-} - 2e^- \rightarrow \text{Au}[\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^{2+}$	+0,33
$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	-0,77

Жалпы реакция:



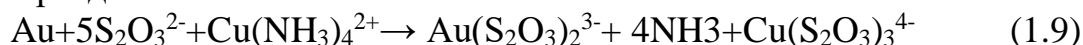
Цианидтеу алдында тиокарбамидті шаймалаудың маңызы және артықшылығы: 1) алтынның еру процесі 10 есе жоғары; 2) реагент шығынының аздығы және коррозиялық белсенділік; 3) ионды қоспалардың шағын әсері.

Реагенттердің жоғары құны, сондай-ақ қышқылға төзімді жабдықты қолдану бұл әдісдің негізгі кемшіліктері болып табылады. Сондықтан, тиомочевина шығынын ақтау үшін бұл әдіс өнеркәсіпте өте бай концентраттарды өңдеу кезінде ғана қолданылады.

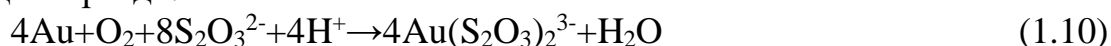
1.5 Аммиак-тиосульфатты және тиосульфатты жолмен алтынды шаймалау

Аммиак-тиосульфатты және тиосульфатты жолмен алтын шаймалау процестері төмендегі реакциялармен атқарылады:

а) сілтілі ортада:



б) қышқыл ортада:



Артықшылықтары: 1) шаймалау процесінің жылдамдығы; 2) шығынның төмендігі және реагенттердің төмен уыттылығы; 3) алтын мен күмісті алудың толық циклі. Кемшіліктері: 1) анықталатын тиосульфаттың жоғалуының жоғарылығы; рН концентрацияның оңтайлы еместігі; кейбір қоспалар мен бактериялардың болуы; ультракүлгін сәулеленудің әсері; 2) қатты сұйылтудың әсерінен пульпаның үлкен (К:С=6:1); 3) пульпаның қыздырылуына шығындардың көп кетуі. Осы кемшіліктерге байланысты әдіс өнеркәсіпте қолданысқа ие емес.

1.6 Алтынды циан ертінділерінен сорбциялық жолмен шаймалау

Бірінші әдіс. Цианид ертінділерімен алтынды сорбциялау белсенді көмірде де, синтезделген ион алмастырғыш шайырларда да жүзеге асырылуы мүмкін. Өндірістерде ион алмастырғыш шайырлар цианид пульпасынан алынған асыл металдардың шөгіндіруде үлкен қолданысқа ие болды, алайда

белсендірілген көмірге қарағанда, шайыр аз сорбциялық және кинетикалық қасиеттерге ие және алтын-цианид кешеніне қатысты жоғары селективті. Белсенді көмірлермен алтынды сорбциялау тотығу-қалпына келтіру процестерімен бірге жүреді. Ерітіндідегі дицианоаурат иондары көмірдің бетінде цианокарбонилдерге айналады және кейінірек металды алтынға қалпына келтіріледі. Әдістің артықшылықтары: 1) көмірдің жоғарғы меншікті үлесті беті; 2) белсенді көмірдің құнының төмендігі; 3) көмірдің тез қалпына келтірілуі (6-дан 7 сағатқа дейін). Көмірдің басты кемшілігі олардың механикалық беріктігінің төмендігі болып табылады.

Екінші әдіс. Ион алмастырғыш шайырдың құрамында анықталмаған алтыны бар ерітіндімен байланысымен, яғни циандау кезіндегі пульпамен байланысы арқылы анықталатын әдіс. Параллель құрылғыда шаймалау әдісі асыл металдардың пульпаның сұйық фазасына ктуі және ионитпен сорбциясы жүреді. Шаймалау мен сорбция аяқталғаннан кейін шайырды бөліп, алтыннан айырылған пульпаны залалсыздандыруға және көміп, төгуге жібереді. Алтынмен байытылған ион алмастырғыш технологияда қайта пайдалану үшін десорбция пен қалпына келтірілуге жіберіледі. Әдістің артықшылығы келесідей: 1) Технологиядан пульпаны сүзу және жуу сатысының қолданылмауы. Бұл экономикалық жағынан тиімді; 2) Алтынды бөліп алудың жоғарылығы. Кейбір жағдайларда алтынды бөліп алу 10-нан 20% -ға дейін өсуі мүмкін; 3) әдеттегі цианидпен салыстырғанда еріткіштің (иониттің) қатысуымен еріту үдерісінің жылдам өтуі.

1.7 Микроорганизмдерді зерттеу әдістері

Микроорганизмдердің өмірлік белсенділігі кендерінің тотығу аймағында көптеген химиялық элементтердің, оның ішінде алтынның көші-қон қабілетін арттырады. Олар сондай-ақ алтын кендерін бактериялық шаймалауда алтын құрамды ерітінділерден металл алу үшін қолданылады. Бұл тотығу аймағында микроорганизмдердің топтық және түрлік құрамын алдын-ала зерттеу қажет. Негізгі міндет алдымен силикат бактерияларының кварц құрамындағы компоненттерге деструктивті әсер етудегі ықтимал рөлі анықталады. Екіншіден, тотығу аймағын қалыптастыруда және алтынның биохимиялық өзгеруінде микроорганизмдердің ықтимал рөлін анықтау үшін; үшіншіден As-Sb-Hg шарттарына бейімделген алтынды шаймалауға *Acidithiobacillus thiooxidans* және *Acidithiobacillus ferrooxidans* қолданылуы мүмкін кендерін анықтау үшін.

1.7.1 Силикатты бактериялар

Профессор В.Г. Александровтың 1939 жылы ұсынған топырақтан алынған силикатты биокультуралар кенде орналасқан силикат кешендерін

жоюға байланысты тәуелсіз топқа бөлінеді. Бұл микроорганизмдерді қоректену әдісіне қарай автотрофтар-химосинтетикалық препараттардың отбасыларына, тыныс алу әдісіне қарай - факультативті аэробтарға жатқызуға болады. Силикатты бактериялар әрдайым таза емес мәдениет түрінде, тіпті стерилденбеген жағдайларда да дамиды, яғни көптеген микроорганизмдерге қарағанда күшті антагонист болып табылады. Рекультивация процесінде силикат бактерияларының сапалық сипаттамалары сақталады, бұл ыдырау (шаймалау) үздіксіз процесінің маңызды шарты болып табылады, мысалы алюмосиликаттар, әсіресе өнеркәсіптік ауқымда. Жүйелі классификациядағы силикат бактерияларының жағдайы: класс - эубактериум, тапсырыс - эубактериялық, отбасылық - бакал, түрлі - кремний (силикил немесе силикат).

Силикат бактерияларының қалыпты өмірін сақтау үшін фосфор қажет, оның көзі апатит немесе басқа фосфор құрамында тұздар болуы мүмкін. Қоректену көзі ретінде силикатты бактериялар CO_2 -ден немесе карбонаттардан көмірді сіңіре алады, сондай-ақ силикат торының байланыстары бұзылған кезде босатылған энергияны қолдануға қабілетті. Азоттың силикат бактерияларына арналған көзі ауаның молекулалық азоты болып табылады. Осы негізде олар азотты бекітетін микроорганизмдердің физиологиялық тобына жатады. Азоттың минералды нысандарын силикатты бактерияларға арналған қоректік ортаға енгізу өсу мен даму үшін жағымсыз жағдайлар туғызады.

Силикатты бактериялар магний, калий, натрий сияқты минералдық компоненттерге мұқтаж, алайда алюмосиликат кендерін ластау үшін бактерияларды қолданған кезде бұл компоненттерді қосу қажет емес. Силикатты бактерияларға деген сұраныс толығымен кенмен жабылады.

Темірдің концентрациясы (3-5 г / л дейін) силикатты бактериялардың өсуін және көбеюін ынталандырады, бірақ суспензиялардағы бұл компоненттердің үлкен концентрациясы олардың өмірлік белсенділігін тежейді. Сұйық әйнек және ерітілген кремнезем өсу мен дамуына іс жүзінде әсер етпейді. Кальций микроорганизмдердің кез-келген концентрациясы кезінде өсуінің ингибиторы болып табылады (3-5 г / л дейін). Бұл жағдай кальцийлік жыныстарды өңдеу кезінде алюмосиликаттардың шаймалау процесінде бактериялық шешімдерді мерзімді ауыстыру қажеттігін көрсетеді және кендерді бактериялық байытудың өндірістік процесін ұйымдастыру кезінде ескерілуі керек.

Зерттеулерге сәйкес, өнімді фазаның уақыты 2-ден 5 күнге дейін созылады. Бактериялық мәдениеттің дамуының 7-8-ші күндерінде өлім кезеңі басталады. Сондықтан жабық жүйе өсіруді бастағаннан кейін, осы кезеңнің аяқталуынан кейін, мәдени сұйықтықты толық немесе ішінара өзгерту және жаңа қоректік ортаны енгізу қажет.

Кварц пен силикаттар жойылса, кендердің бір бөлігі болып табылатын силикат минералдарының жойылуында бактериялар Si-дің ерітіндіге органикалық кешендер ретінде көшуіне және биогенді кварц пен басқа минералдардың пайда болуына ықпал етеді.

Силикат минералдары мен кварцтағы ең тұрақты байланыстар - Si-O-Si кремний-оттегінің тетраэдрінің коваленттік байланыстары болып саналады. $3s^2 3p^3$ және $3d$ - орбиталь кремнийіндегі максималды электронды жұптардың максималды пайдалануына байланысты көпір оттегі кремний-оттегі тетраэдрін кварц пен силикаттар құрылымында жеткілікті тұрақты және химиялық инертті етеді. Si^{4+} алмастырылған кезде, мысалы, Al^{3+} -те оттегіні алюминиймен байланыстыру үшін бір ғана электронды жұпты қамтамасыз етеді. Нәтижесінде делокализацияланған электрондар мен әлсіреген Al-O байланысы Si-O-мен салыстырғанда оттегіде пайда болады. Кварцтың беріктігі, ең алдымен, оның құрылымдық жетілу дәрежесімен байланысты кем әлсіз байланысқа қарағанда, яғни, кемшілігі бар тетраэдрлермен минералды бұзу неғұрлым қиын.

Силикат минералдарының деградациясы минералдардың құрамына кіретін катиондар мен микробтық синтездің органикалық қосылыстарының өзара әрекеттесуімен кешендердің пайда болуына байланысты.

Биогенді және химиялық факторлардың минералға әсері минералды кешеннің бұзылуын айтарлықтай күшейтеді. Сондай-ақ, микроорганизмдердің (әсіресе силикатты бактериялардың) бактериялық жа-сушалардың шырышты қабығымен жойылып, жойылып кететін бөлшектермен тікелей байланыстары бар.

Силикат бактериялары үнемі әр түрлі органикалық қышқылдар мен белсенді агенттер болып табылатын және пайдалы қазбаларды шаймалау кезінде, сондай-ақ еріген және қайталама минералды түзілімдерді тасымалдауда маңызды рөл атқаратын аминқышқылдарды береді. Силикат бактерияларымен шығарылған органикалық қышқылдар бактериялық суспензияның рН дәрежесі 4,0-3,6 дейін төмендетуге көмектеседі. Мұндай орта карбонаттардың, сондай-ақ темір оксидтерінің және гидроксидтердің ерітілуіне ықпал етеді.

Силикат бактерияларының метаболизм үдерісі бақылауға болатын әдіс ретінде саналады. Органикалық көміртектің болмауында қоректік ортада көміртегі диоксиді немесе карбонаттар бактериялық жасушаның ақуыздарын және басқа да құрылымдық компоненттерін құру үшін қолданылады. Бұл жағдайда метаболикалық өнімдермен органикалық қышқылдар мен аминқышқылдардың өнімділігі төмен (250 мг / л аспайды) және олардың минералдардың бұзылу процестеріндегі және элементтерді алудағы рөлі төмен. Органикалық көміртегі қоректік ортада жоғарылағанда, метаболизм өнімдерінің өнімділігі айтарлықтай артып, органикалық қышқылдар мен аминқышқылдардың концентрациясы артады. Яғни, органикалық көміртектің қоректік ортада концентрациясын өзгерту бактериялардың өміріндегі органикалық қышқылдардың және аминқышқылдардың концентрациясын өзгертуге, демек, олардың белсенділігін және минералдардың шаймалау процесін және компоненттерді ауыстыруды өзгертуге болады.

Силикатты бактериялар басқа металдардың силикаттарын, мысалы, никельді жояды, бұл үшін оның ферменттік жүйесін пайдаланады. Осыған орай, органикалық көміртектің қоректік ортада болуы және оны өңдеу қажеттілігі бактериялардың өмірлік белсенділігін белсендіреді, олардың көзі

кристалды силикаттар болып табылады. Демек, көмірсулардың немесе органикалық көмірсулардың басқа көздерінің аз мөлшерін енгізу (2.5-5.0 г / л дейін) қоректік ортаға әкелуі силикаттардың бұзылу процесін жеделдетуге әкеледі.

Силикатты бактерияларға арналған қоректік ортада органикалық көміртекті енгізу кеннен силикат минералдарын шаймалау процесін белсендіреді алады.

Силикат бактерияларының тірі жасушаларын органикалық көмірсіз силикат субстратында дамыту өте қарқынды жүруі және минералдардың силикат бактерияларымен жойылу процесі титан-бактерия бактерияларына ұқсас және тіршілікті қамтамасыз ететін ферментативті түрде күшейеді деп болжауға мүмкіндік береді. Силикаттардың жойылуы, ең алдымен, олардың құрылымында, яғни электронды өтулердің оңай болуын қамтамасыз ететін аймақтардан ең осал тетраэдрдан басталады, яғни силикат құрылымында ковалентті байланыстардың жойылуымен (бактериялық жасушалардың тотығу-қалпына келтіру ферменттерінің тіршілігін қамтамасыз ету мақсатында қолданылуы).

1.7.2 Тионды бактериялар

Күкірттің тотығуымен байланысты негізгі процестер тион бактерияларымен жүзеге асырылады. Тионды бактериялар физиологиялық және биохимиялық жағынан жақсы зерттелген геохимиядағы ең маңызды топ. Тиобактериялар күкірт қосылыстарының күкірт қышқылына тотығу энергиясында көміртекті игеру, жасуша денесін құрастыру және барлық басқа функцияларды орындау үшін пайдалана алады. Тиобактериялардың кейбіреулері күкірттің тотығуына, басқа қосылыстардың тотығуына, мысалы, органикалық заттардан немесе қара темірден басқа, олардың өміріне қолданыла алады. Бұл қабілет мезофильді микроорганизмдерден металдарды өнеркәсіптік шаймалауда кеңінен қолданылады.

Кейбір тионды бактериялар (*Acidithiobacillus thiooxidans*, *Acidithiobacillus ferrooxidans* - ацидофильді мезофильді бактериялар) ұзақ уақыт бойы сульфидті рудалардан металдарды бактериялық шаймалау тәжірибесінде қолданылып келеді және олар осы процесте ең тиімді болып саналады.

Acidithiobacillus thiooxidans – хемолитотрофты ацидофильді аэробтық бактерия, ол элементті күкіртті және сульфитті күкірт қышқылына дейін тотықтырады. Ат. *Thiooxidans* сульфитті кендерден металды биошаймалауде рөлі ерекше. Микроорганизмдердің формасы (0,5-0,8) × (1,0-2,0) мкм бір полярлы спиральды бөртпесі бар таяқша.

Кесте 3 - Биогидрометаллургияда қолданылатын микроорганизмдердің негізгі түрлері

Микроорганизмдер	Өсу температурасы, °C Өсу үшін энергия көзі Процестер Формасы, өлшемі, мкм	Қолданылуы
Мезофильді 25-40°C		
Acidithiobacillus ferrooxidans	25-40 Fe,S Сульфидті минералдарды тотықтыру Бір таяқшалы талшықты 0,4х(1-1,5)	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
Acidithiobacillus thiooxidans	25-40 S Сульфидті минералдарды тотықтыру Бір таяқшалы талшық 0,4х(1-1,5) Сульфидті минералдарды тотықтыру Спиральды талшықты 0,4х(0,5-0,8)	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
Leptospirillum ferrooxidans	30-40 Fe Сульфидті минералдарды тотықтыру Ұзындығы 3,5 болатын спиральды таяқшалы	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
Термофильді 40-50°C		
Sulfobacillus thermosulfidooxidans	50 Fe, S Сульфидті минералдарды тотықтыру Домаланған ұштары бар таяқшалы	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
Acidithiobacillus caldus	45 S Сульфидті минералдарды тотықтыру Таяқшалы	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
pAcidimicrobium ferrooxidans	45-50 Fe, S Сульфидті минералдарды тотықтыру Таяқшалы	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда

I – кесте жалғасы

Leptospirillum ferrooxidans	30-40 Fe Сульфидті минералдарды тотықтыру Ұзындығы 3,5 болатын спиральды таяқшалы	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
Қалыпты термофильді 60-80 ⁰ С		
Sulfolobus metallicus	60-70 Fe, S Сульфидті минералдарды тотықтыру Сфералық	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
Leptospirillum ferrooxidans	30-40 Fe Сульфидті минералдарды тотықтыру Ұзындығы 3,5 болатын спиральды таяқшалы	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
Metallosphaera sedula	65-75 Fe, S Сульфидті минералдарды тотықтыру Сфералық	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
Acidianus brierleyi	70 Fe, S Сульфидті минералдарды тотықтыру Сфералық	Сульфидті және аралас кендерді қалдықтардан, үймелі, жерасты және чандарда шаймалауда
Гетеротропты микроорганизмдер және олардың метоболиттері (бактериялар, мицелиальды саңырауқұлақтар)	Сульфидті, силикатты, алюмосиликатты минералдарды деструктирлеу (бұзу), марганецті тотықтыру, алтынды еріту, металдарды биосорбциялау	Тау жыныстарынан және карбонатты және силикатты кендерден минералдарды бөліп алу, кендерді байыту, алтынды шаймалау

Жасушалардың жылжымалылығы жас ұйымдарда байқалады. Көбею жартыға бөлу арқылы жүзеге асырады, көбінесе бөлінуден кейін жасушалар тарап кетеді, кейде тізбектер пайда болады. Күкірттің тотығуы ортаға ауа жіберу арқылы жақсарады. At. Thiooxidans күкірттің түрлі қосылыстарымен автотрофикалық түрде өседі, мысалы элементті күкіртпен, тиосульфатпен, тетратионатпен. At. Thiooxidans рН 0.6. дейінгі қышқылдығы жоғары ортада

дами алады. Нейтральды ортада ацидотолерантты форма болмай, ацидофильді болғандықтан микроорганизм дамымайды. At. Thiooxidans ортаның қышқылды реакциясы кезінде күкірттің физикалық құрамына байланысты түрлі формаларын қолданады.

At. Thiooxidans өсуі келесідей сілтілі металдарда байқалады: ковеллит, галенит, сфалерит, вюрцит. Күкірттің тотығуымен байланысты негізгі процестер тион бактерияларымен жүзеге асырылады. Тионды бактериялар физиологиялық және биохимиялық жағынан жақсы зерттелген геохимиядағы ең маңызды топ. Тиобактериялар көміртекті ассимиляциялау, жасуша денесін құрастыру және барлық басқа функцияларды орындау үшін қалыптасқан күкірт қосылыстарының күкірт қышқылына тотығу энергиясын қолдана алады. Тиобактериялардың кейбіреулері өздерінің өмір сүруі үшін күкірттің тотығуынан басқа, органикалық заттардың немесе қара темірдің тотығуы секілді басқада қосылыстардың тотығуын қолдана алады. Бұл әдіс кендерден металдарды мезофильді микроорганизмдерді өндірістік шаймалауде кеңінен қолданылады. Кейбір тионды бактериялар (*Acidithiobacillus thiooxidans*, *Acidithiobacillus ferrooxidans* – ацидофильді мезофильді бактериялар) сульфидті кендерден металдарды бактериалды шаймалау тәжерибесінде бұрыннан бері активті түрде пайдаланылады және олар осы процессте тиімді саналады.

Acidithiobacillus ferrooxidans тиобактериялар арасында айрықша позицияны алады, өйткені күкірт қосылыстарын тотықтыруға байланысты автотрофикалық өсу мүмкіндігінен басқа, темір темірдің тотығуын оксидке қолдануға болады. Микроорганизмдердің формасы таяқшалы, кейде жұппен орналастырылған, көбінесе $0,4 \times (0,8-1)$ мкм өлшеммен дара келеді. Грам бойынша бояуы теріс, дау тудырмайды. Бір полярлы байламға ия. Көбею көлденең бөлу арқылы жүзеге асырылады. Тотыққан темір жасушаларда қандай да бір формалы құрылымдары жоқ. At. Ferrooxidans жіңішке құрылымы Г.А. Заварзинмен зерттелді және *Pseudomonas* секілді грамасы теріс бактериялар морфологиясынан ерекшеліктері байқалмады. At. Ferrooxidans автотрофом болып саналады. At. Ferrooxidans көміртекті қоректенуі көмірқышқылмен қамтамасыз етіледі. Роулингс микроорганизмнің құмырсқа қышқылында өсуі жайлы еске түсіреді, автотрофты тамақтанудың абсолютті еместігін көрсетеді. Азот көзі аммоний болып табылады. Дене фосфаттың едәуір мөлшеріне мұқтаж және темірдің тотығу жылдамдығының көбеюі фосфаттың мөлшеріне тікелей байланысты, ал темір мен фосфатты анықталған полярографиялық комплексті құрайды. рН 2,5, 1,7, және рН 3,5 деңгейіндегі оңтайлы даму; 4,5-тен жоғары рН-да бактериялар дамымайды, соған қарамастан, At. ferrooxidans сульфидті минералдардың микрзоналы тотығуы орын алған бейтарап реакция бар кендерде кездеседі. At. Ferrooxidans басқа тиобактерияға қарағанда, сульфидті минералдардың кең спектріне әсер етуі мүмкін. Төмендегі қоспалардың тотығуы орнатылды: пирит, марказит, полидимит, реальгар, халькопирит, молибденит, кобальтин, ковеллин, марматит, виоларит, тетраэдрит, геокранит, миллерит, арсенопирит, пирротин, антимонит, аурипигмент, борнит, сфалерит, пентландит, халькозин, галенит, бравоит, энаргит.

1.7.3 Микроорганизмдердің шаймалау белсенділігінің оңтайлы шарттары

Кенді немесе көмірді бактериялық шаймалау тиімділігін барынша арттыру үшін, олар сілемде қала ма әлде үйінділерге шығарыла ма бұған қарамастан, мынадай талаптар қойылады: бактериялар өсу үшін қолайлы жағдайлар жасау, ерітінділердің, ауаның, және өңделуші жыныстың ішкі құрылысына сай микроағзалардың мейлінше толық араласуын қамтамасыз ету, құнарлы ерітіндіден барлық пайдалы құрамдастарын шығару, шаймалауге қатысатын кіріс және шығыс құнарлы ағындардың теңдігін қамтамасыз ету.

Температура. Бұл шаймалаудің маңызды параметрі, өйткені ол тау жынысы шаймалауші ерітінді жүйесінде микроағзалардың өмірлік белсенділігіне қатты әсер етеді. Белгілі бір шаймалау үрдістерінде бактериялардың белсенді өмірлік белсенділігі орын алатындай жүйеде температура ауытқуларының шектеулі ауқымы бар екенін айту жеткілікті. Атап айтқанда, пирит пен халькопиритті (мыс алу) шаймалау үшін максималды шаймалау әсері *Th. Ferrooxidans* дақылдарында 35 ° С температурада тіркелген және шаймалау процесі іс жүзінде 28-32 ° С температура диапазонында болады. Осы бактериялардың ең аз өнімділігі 20 және 65 ° С температурасында байқалады.

Температураның режиміне байланысты үйінділер мен шахталарда бактериялық шаймалауді пайдалану шарттары ерекшеленеді. Үйінділерде (төбелерде) жыл ішінде температура плюстан минусқа дейін айтарлықтай өзгереді. Шахталарда температура ауытқуы анағұрлым маңызды емес, өйткені шахта ауасына қоршаушы жыныстың үлкен массаларының тұрақты температурасы қатты әсер етеді, кенді дененің (қыртыс) орналасу тереңдігіне байланысты 15-50 ° С температура аралығында өзгеруі мүмкін. Сондықтан, температуралық факторға сәйкес жер асты шаймалау неғұрлым қолайлы режимде болады. Төгінділердегі температуралық жағдайларды талдай отырып, тотығу реакцияларында (мысалы, пирит) жылу бөлінетіндігін ескерген жөн, соның нәтижесінде қабаттағы жыныстың өзін-өзі жылытуы орын алады. Үйінділер биіктігі ондағы температураға әсер ететіндігі дәлелденген. Пирит тотығуы кезінде биіктігі 60 м болатын үйінді өзін өзі жылумен қамтамасыз етеді, алайда үйіндіге оңтайлы биіктік 12–21 м, басқа деректерге сәйкес 15-30 метр.

Аэрация. Бактериялық шаймалау үшін аэрация - оттегінің (ауаның) берілуі аэробты бактериялардың өмірлік белсенділігін қамтамасыз етудің қажетті шарты болып табылады. Төгінділерде ауа ағыны қиыршық тастан табиғи жолмен сүзу немесе құбырлар арқылы қысылған ауаны беру арқылы жүзеге асырылады. Кен өндіру жағдайларында аэрацияға ауа ағындары мен ұңғымалар қолданылады.

Диффузия - бұл пайдалы қазбалары бар тау жыныстарында ауа тасымалының негізгі механизмі. Аэрация үдерісіндегі маңызды мәселе – тау

жынысын құрғатудағы ерітіндінің дренажы, өйткені ылғал тау жынысын ылғалдандыра отырып ауа айналымын бұзады. Сондықтан ғалымдар «дренаждың шектеулі жылдамдығы» тұжырымдамасын енгізді, яғни ұсақталған тау жыныстарынан шаймалау ерітіндісінің ағу жылдамдығы, ол дегеніміз бірдей көлемдегі барлық бөліктердің бірлік бетіне кіретін оттегінің саны. Осылайша, тұжырымдай келе, тау жынысына ерітінді беру және оны құрғату процестері технологиялық түрде кезектестіріп отыру керек.

Микроағзалар. Ұнтақталған кен құрамында термофобты және термофилиялық (температураға төзімді) бактериялар жақсы дамиды. Темір бактериялары (*Galliumella*, *Lertothrich*), қайта қалпына келетін сульфаттар (*Desulfovibrio*), мицелиалы саңырауқұлақтар мен ашытқылар (*Penicillium*, *Cladosporium*), күкірт және фототрофтық бактериялар және т.б. Мысалы, Италиядағы Сан-Валентино шахтасында алынған метасульфидтерін тотықтандыруға қабілетті тиобацилл шоғыры *T. ferrooxidans* үшін 103 кл/л және рН 2,8-та *T. Thiooxidans* 10 кл/л. Сәйкестендіру үшін кеннен оқшауланған және кенде өміт сүретін бактериялар пайдаланылса, зертханалық зертеулерде мақсатты компонент бойынша ең өнімді бактериалды дақыл таңдалады. Қолданыстағы *T. Ferrooxidans* типті бактериялар үшін Летена, Сильверман и Лундгрэн 9К ортасы сияқты бәріне белгілі қоректік сұйықтық қолданылады. Олардың құрамында артық дозалануды болдырмау және осы тұздарды улы заттарға айналдырмау үшін қатаң дозаланатын металл тұздары бар. Осыған байланысты, дақылдық сұйықтық дайындау кезінде, ортаны дайындау үшін тәжірибелерде қолданылатын және жер асты сулары мен тау жыныстары бар шаймалау аймағына түсетін судың химиялық талдауын дәл білу қажет. Бұл шарт кендік материалдардың биоөңдеуі үшін қызмет ететін бактериялардың штамдарын тұрақты бақылау қажеттілігін анықтайды.

2 Зерттеу материалдары мен әдістері

1981 жылы Цюрихтегі IBM зертханасынан Герхард Биннинг және Хайнрик Ререз әлемге сканерлейтін туннельді микроскоп (СТМ, ағылш. STM-scanning tunneling microscope). Адам алғаш рет атомдарды көріп, оларға тиді. СТМ салынған идеяларды дамыта отырып, 1986 жылы Герхард Биннинг, Калвин Куэйт және Кристофер Гербер атомдық-күштік микроскоп (АСМ) құрды. Сол жылы Г. Биннинг пен Х. Ререз туннель, атомдық-күштік және жарық сканерлеу микроскопиясы қағидатын ашқаны үшін физика саласындағы Нобель сыйлығына ие болды. Жекелеген атомдар арасында пайда болатын тартылу мен итерудің күшін сезінуге қабілетті атомдық-күштік микроскоп құру нанобөлшектерді көруге мүмкіндік берді.

Атомдық-күштік микроскоптың (АСМ) негізі әдетте кремнийден жасалған және жұқа пластина-консоль (оны кантилевер деп атайды, ағылш. "cantilever" - консоль, балка). Кантилевердің соңында (ұзындығы — 500 мкм, ені — 50 мкм, қалыңдығы — 1 мкм) бір немесе бірнеше атомнан тұратын топпен аяқталатын өте өткір шип (биіктігі — 100 мкм, дөңгелектеу радиусы — 1-ден 10 мкм дейін) орналасқан. Микрозондты үлгінің бетін бойлай ауыстырған кезде шипа ұштары көтеріліп, беттің микрорельефін сызып түсіріледі. Кантилевердің шығыңқы шетінде (тікеннің үстінде) лазердің сәулесі түсетін және көрінетін айна алаңы орналасқан. Шип түсірілгенде және үстіңгі беттің тегіс еместігінде көтерілсе, шағылысқан сәуле ауытқиды және бұл ауытқуды фотодетектор тіркейді, ал шип жақын атомдарға — пьезодатчик тартатын күш. Нәтижесінде үлгі бетінің көлемді бедері құрылады. АСМ-әдісінің рұқсат ету қабілеті көлденеңінен 0,1-1 нм және тігінен 0,01 нм құрайды.

Бұл әдісті пайдалануға белгілі бір шектеулер бар: біріншіден, бұл үлгінің өткізгіштігі (үстіңгі кедергі 20 мом/см²-ден аспауы тиіс); екіншіден, жыраның тереңдігі оның енінен аз болуы тиіс, әйтпесе бүйірден туннелдеу байқалуы мүмкін. Сонымен қатар, инені қайрау технологиясы иненің соңында бір ұшқа кепілдік беруі тиіс. Дәрекі жақындасу технологиясы да алынған нәтижелерге әсер етеді. Егер инені үлгіге келтіргенде иненің беті туралы соққысын болдырмау мүмкін болмаса, онда бір атомнан тұратын инені санау үлкен артықшылық болады.

Сульфидтерде көрінбейтін алтынды сандық анықтау үшін 0,2 г / т алтын табу шегі бар Sims ионды микрозонды қолданады. Бұл микрозондпен көлемі 10-20 нм алтынның қосылуын 0,5–1,0 мкм тереңдікте ажыратуға болады. SIMS-талдау пириттегі көрінбейтін алтынның мышьякпен қосылуын тапты. Бұл әдістің көмегімен *Thiobacillus ferrooxidans* бактериялары алтын мен мышьяк байытылған пирит пен арсенопирит бетінің бөліктерін селективті шабуыл жасайды. SIMS арқылы талдауға болатын өрістің ең аз мөлшері 25×25 мкм. Бұл талдау бұзғыш болып табылады, оның көмегімен 20 нм дейінгі қимадағы өлшемдегі жабық субмикроскопиялық қосылыстар диагностикалануы мүмкін.

0,01 г/т алтын деңгейінде рұқсат ету қабілеті бар TOF-LIMS лазерлік микронзонды алтынның еру жылдамдығы мен толықтығына теріс әсер ететін наномасштабтың беткі түзілімдерін сәйкестендіру үшін пайдалануға болады. HRTEM жарық түсіретін электрондық микроскоп арсенопиритте Алтынды Атом деңгейінде анықтауға мүмкіндік береді (бірнеше атомдардан тұратын кластерлер). HRTEM әдісінің ажыратымдылығы 0,2 нм құрайды.

Көрінетін жарық пайдаланылатын сканерлейтін зонды технологияның ерекше түрі жақын жерден сканерлейтін оптикалық микроскопия (БСОМ) болып табылады. Бұл әдістеменің басқа атауы-сканерлейтін Жарық микроскопиясы. BSOM - бұл үлгіні сканирлейтін жарық шұңқыры. Диаметрі 10-30 нм жарық құйғыштың тар шетінен көрінетін жарық үлгіден көрінгеннен кейін немесе ол арқылы өтіп детекторға түседі. Оптикалық сигналдың қарқындылығы детектор әрбір өлшеу нүктесінде тіркеледі, ал барлық сканерлеу бетінен саналған деректер жинағы 15 нм-ге жуық рұқсат етілген беттің бейнесін құрайды.

БОМДАҒЫ жарық воронкасы оптикалық талшықтың қыздырылып, оны кіші диаметрге дейін созып, кейіннен бір ұшынан орап дайындалады. Осыдан кейін оптогалшыққа жақсы жарық өткізгіштік үшін металл қабатын жағады. Жарық құйғышын жасаудың басқа тәсілі АСМ-ның қуыс сканерлейтін инесінің өткір кішкене тесігін бұрғылауды және оның жарығының ішіне қарай бағыттауды көздейді.

PIXE протонды микроскоп кварц пен карбонаттардағы көрінбейтін алтынды 30 мкм тереңдікке дейін анықтау үшін аса жарамды. Протондар энергиясы 3 МэВ құрауы мүмкін, алтын табу шегі — 3-тен 6 г/Т дейін.

Сульфидті кендердің көптеген зерттеулері олардың ішіндегі алтын негізінен ұсақ және жұқа дисперсті екенін көрсетті. Сульфидтердегі алтын мөлшері 0,1-ден 150 мкм-ге дейін өзгеруі мүмкін. Бірқатар зерттеушілер пирит пен алтын бетінде дисперсті алтын концентрациясы пирит құрылымына кірмейді деп санайды. Басқа авторлар алтын күкірт және күшән атомдарын ауыстыра отырып, анион түрінде сульфидтердің кристалды құрылымына кіреді деп санайды, сондай-ақ темір атомдарын изоморфты алмастыра отырып, катиондық формада.

Мессбауэр және фотоэлектронды спектроскопия әдістерімен алтынның металл және изоморфтық формасының болуы анықталды. Шашыраған алтынның жоғары мөлшері Sims (ионды микронзонд) әдісімен Мышьяковистпен Карлин түріндегі алтын кен орындарының пиритінде орнатылған. Алтын субмикрондық қоспалар түрінде және иондық нысанда (Au^{+1}) бар.

Әрбір жағдайда алтын мышьякқа емес, табиғи жүйелердің қатаң белгіленген қалпына келтіру жағдайларында ғана тартылатынын атап өткен жөн. Бұл элементтердің әртүрлі минералдарда бірге болуы себептерінің бірі температуралық фактор болып табылады. Пирит-Көкпатас, Бақыршық кен орындарында алтын олардың бастапқы пайда болуы мен өсуі кезінде осы минералдардың ерте генерацияларында шоғырланады, ал олардың қайта салынған генерацияларында алтын іс жүзінде жоқ. Пирит-арсенопирит

минералдарының синхронды жұптарында пирит арсенопирит әдетте арсенопириттен (4-6 есе) басым болады, арсенопиритте алтынның жоғары мөлшері мышьяктың жоғары мөлшеріне байланысты. Пириттегі алтын мөлшері әдетте 200 г / т дейін, ал арсенопирит-1000 г / Т дейін.

Бірқатар авторлардың пікірінше, арсенопирит пен пиритте алтынның ең ықтимал түрлері au_{ass} , $FeAuS$, AuS_2 изоқұрылымдық қосылыстары болып табылады. Зерттеулер әртүрлі кенорындардағы пирит құрылымының ақауын, S және Fe құрамының қатынасын, күшән құрамын және оның пирит дәнінің көлеміндегі шоғырлануының жергілікті өзгеруін, субмикроскопиялық блоктардың мөлшерін және кристалл тордың микросіздену көлемін байланыстыратын бірқатар заңдылықтарды анықтады.

Стехиометрияға жақын немесе одан асатын S/Fe арақатынасы кезінде, бірақ күшән құрамының төмен (ондық үлесі % дейін) жағдайында пиритті концентраттар тірек болып табылмайды. Мұндай сипаттамалардың Березовский ЗИФ (мышьяк құрамы 0,02–0,07%), Коммунарский ЗИФ (мышьяк құрамы 0,05% - дан кем) концентраттары, мышьяк құрамы 0,2% - дан аспайтын Сухоложский кен орнының кейбір пириттары бар. Барлық осы пириттерде мышьяктың таралуы дәндердің барлық көлемі бойынша біркелкі.

Егер s/Fe қатынасы стехиометриядан төмен болса немесе оған жақын болса, бірақ мышьяктың жоғары (пайызына дейін) құрамы және оның бір астық шегінде Елеулі ауытқуы кезінде пириттік концентраттар тірек болып табылады. Мұндай сипаттамалар Сухоложский, Бақыршық, Марджанбұлақ кен орындарының пириттеріне ие.

В. В. Лодейщиковтың монографиясында алтынның кен компоненттерімен өзара қарым-қатынасының сипаты бойынша технологиялық төзімді кендерден бағалы металдарды алу мәселелеріне арналған, үш санат бөлінген:

- 1) беті толығымен оқшауланған алтын-жұқа тегістелген алтын;
- 2) Жартылай жалаңаш беті бар алтын-бұтақ емес пленкалармен қапталған өсінділердегі алтын;
- 3) беті толық жалаңаш алтын — еркін алтын.

Пирит пен арсенопиритте алтынның едәуір бөлігі бірінші санаттағы дисперсиялық бөлшектермен ұсынылған, бұл ретте алтынның ірілігі оптикалық микроскоптардың рұқсат ету қабілеттілігінен тыс жатыр.

Техногендік минералдық түзілімдердегі алтынның құрамы (ЗИФ қалдықтары) құрамында алтын бар кендерде Талдамалы жұмыстар кезінде Анықталмайтын және кен орындарын өңдеу кезінде Минералдық шикізаттан шығарылмайтын алтынның дисперсиялық (шашыраңқы) нысандарының болуын болжауға мүмкіндік береді. "Көрінбейтін" алтын ("invisible gold") ұғымы пайда болады. "Көрінбейтін" алтын деген термин негізінде оның құрылымнан тыс ультромикроскопиялық (0,1 мкм кем) және құрылымдық изоморфтық жай-күйі түсініледі.

Пиритте алтынның болуын түсіндіру мақсатында "көрінбейтін" түрінде бірнеше механизмдер ұсынылды:

- асыл тұқымды алтынның, алтын теллуридтерінің немесе Алтынды арсенопириттің субмикроскопиялық қосылыстары;
- гетеровалентті изоморфизм механизмі бойынша ауасс немесе (Au, As)₂ компоненттер түрінде оның кіруімен құрылымдық-байланысты Алтын;
- пирит кристалдарының Au⁰ түріндегі немесе Au⁺ түріндегі өсу беттеріндегі алтынның хемосорбциясы кейіннен Au⁰ дейін қалпына келтірумен;
- au⁺ au(HS)₀ кешені құрамында;
- au⁺ катиондық бос (Au⁺) ретінде, немесе au⁺ ретінде au₂s класстары түрінде, немесе au⁺ адсорбциясы нәтижесінде Fe(SAs) бөлшектері түрінде-Au(HS)₀ немесе Fe(SAs) - Au₂S₀;
- Fe(SAs)-au(HTe)₀ немесе Fe(SAs)-Au₂Te₀ кешендерінде Au⁺ сияқты.

Құрамында алтын бар кендерді қайта өңдеу кезінде алтынның капталуының сипаты, олардың басқа минералдармен байланысы туралы, бос және өсінділердегі алтынның құрылымдық, морфологиялық параметрлері туралы, сондай-ақ алтынға сыйысатын минералдар құрылымының ақаулары туралы шынайы ақпарат қажет.

2.1 Орта құрамы 9 к

Алтынды дәстүрлі әдістермен өндіру тиімділігі аз немесе рентабельді емес, пайдаланылған блоктардың, учаскелердің көп саны бар. Осы қорларды өңдеу үшін (техногендік кен орындары) күкірт қышқылы ерітінділерінде ерімейтін алтынның формаларын бактериялық темірмен тотығуы есебінен (III) ерімейтін ерітіндіге ауыстыру қабілетіне негізделуге болады, кейіннен бактериялардың тіршілік әрекеті нәтижесінде оны қалпына келтіруге болады.

Хемо-литотрофты микроорганизмдер үшін әр түрлі қоректік орталарды соңғы 10 жылда биотехнология процестерінде қолдануға шолу келтірілген. Негізгі компоненттер анықталды, олардың негізінде өсірілетін микроорганизмдердің түріне, оның қоректену түріне, сондай-ақ жоғары шаймалаудың физикалық-химиялық параметрлерінің ерекшеліктеріне байланысты ортаның модификациялары құрылады. Сульфидті кобальт-мыс-никельді кенді дистилденген сумен шаймалауды Эксперименталды зерттеу жолымен PO₄ иондарын кеннен қойыртыптың сұйық фазасына алу мүмкіндігі бағаланды.

Элементті күкірттің, қышқыл темірдің және сульфидті минералдар мен кендердің тотығу процестерінде Белсенді жаңа немесе белгілі микроорганизмдердің бөлінуінің табысы едәуір дәрежеде пайдаланылатын қоректік орталарға байланысты. Г. И. Каравайконың монографиясында бірлескен авторлары бар мезофильді де, термофильді де темір, күкірт және сульфидоқышқылдатқыш бактерияларды өсіру үшін қоректік ортаның кең тізбесі келтірілген. Ең кең таралған және қолдану келесі ортаны алды:

1) *Acidithiobacillus ferrooxidans* және басқа да темір тотықтырғыш бактериялар үшін (г/л): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 0,15; KCl - 0,05; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,5; KH_2PO_4 - 0,1; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,01; 10 %-дық ерітінді $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 10 мл;

2) *Acidithiobacillus ferrooxidans* (г/л) үшін Сильверман және Люндгрэн ортасы 9к: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 3; KCl - 0,1; K_2HPO_4 - 0,5; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,5; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,01; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 44,2 (осы ортаның жазуында "9К" индексі бар екенін білдіреді.

9 г/л Fe^{2+} сақталады; сондай-ақ бұл ортаны темір тұзын қоспай қолданады, оны "0К" индексімен белгілеуге болады»);

3) темір тотықтырғыш бактериялар үшін Маннингтің тығыз ортасы (г/л): $\text{FeS}\ddot{U}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 33,4; $(\text{NH}_4)_2\text{S}\ddot{U}_4$ - 6,0; KCl - 0,2; $\text{MgS}\ddot{U}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 1,0; $\text{Ca}(\text{N}\ddot{U}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\ddot{U}$ - 0,02; тазартылған агар L28-7,0;

4) *Leptospirillum ferrooxidans* үшін Норрис және Келли ортасы (G/л): $(\text{NH}_4)_2\text{S}\ddot{U}_4$ - 0,2; $\text{MgS}\ddot{U}_4 \cdot 7\text{H}_2\ddot{U}$ - 0,4; $\text{K}_2\text{HP}\ddot{U}_4$ - 0,1; $\text{FeS}\ddot{U}_4 \cdot 7\text{H}_2\ddot{U}$ - 50 ммоль / л;

5) *Acidithiobacillus thiooxidans* үшін Ваксман ортасы (м/л): $(\text{NH}_4)_2\text{S}\ddot{U}_4$ - 0,2; $\text{KH}_2\text{P}\ddot{U}_4$ - 3,0; $\text{MgS}\ddot{U}_4 \cdot 7\text{H}_2\ddot{U}$ - 0,5; $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\ddot{U}$ - 0,25; $\text{FeS}\ddot{U}_4 \cdot 7\text{H}_2\ddot{U}$ - іздер; сұр түсті (S0) - 10,0;

6) тиобацил-ламға жақын бактерияларға арналған "S" Постгейт ортасы (г/л): күкірт - 10,0 (немесе $\text{Na}_2\text{S}_2\ddot{U}_3 \cdot 5\text{H}_2\ddot{U}$ - 5,0); $(\text{NH}_4)_2\text{S}\ddot{U}_4$ - 2,0-4,0; $\text{KH}_2\text{P}\ddot{U}_4$ - 2,0-4,0; $\text{MgS}\ddot{U}_4 \cdot 7\text{H}_2\ddot{U}$ - 0,5; $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\ddot{U}$ - 0,25; $\text{FeS}\ddot{U}_4 \cdot 7\text{H}_2\ddot{U}$ - 0,01.

Бұл ортаның барлығы негізгі биогенді элементтер кешенінің, сондай-ақ қандай да бір энергия көзінің-мысалы, қышқыл темір тұзының, элементті күкірттің немесе күкірттің қалпына келтірілген қосылыстарының болуын біріктіреді. Әдетте, био сілтісіздендіру технологиялық процестерінде хемолитотрофты микроорганизмдер үшін энергия көзі сілтісіздендірілетін субстрат (кен, концентрат, минералдар), сондай-ақ одан босайтын екі валентті темір және элементті күкірт болып табылады .

Тап және Chen халькопирит, пирит, борнит, аралас кен, кварц бетіне *acidithiobacillus ferrooxidans* адсорбция процестерін зерттеді. Қоректік орта ретінде 10-2 М $\text{K}_2\text{S}\ddot{U}_4$ ерітіндісін және $\text{Ca}(\text{N}\ddot{U}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\ddot{U}$ тұзсыз Силь-верман және Люндгрэн 9к ортасын пайдаланды. Бұл зерттеу келесі нәтижелерді көрсетті: 2,91 % (бетінің жабыны) - 9к бар борнит; 2,44% - 10-2 М $\text{K}_2\text{S}\ddot{U}_4$ бар борнит; 1,76%-10-2 м $\text{K}_2\text{S}\ddot{U}_4$ бар PLL - кварц; 1,71% - 10-2 М $\text{K}_2\text{S}\ddot{U}_4$ бар халькопирит; 1,71% - 9к бар аралас кен.

2.2 Кен орнының геологиялық құрылымы

Зерттеу нысаны: «Бақыршық» кен орны (Шығыс Қазақстан облысы)

«Бақыршық» алтын кені Қазақстан Республикасының Шығыс Қазақстан облысы Жарма ауданында Қалба жотасының солтүстік-батыс бөлігінде орналасқан. Кен орнын 1953 жылы КСРО ИМ «Золоторазведка» трестімен геолог ғалым Ф.С. Подсеваткин ашты. Кен орын зерттеумен әр жылдары

Семипалатинск ГБЭ, «Алтайзолото» ТБК, Алтай ГБЭ «Каззолото» КҚ, Бақыршық ТМК айналысады. Соңғы уақыттарда кен орнына барлауды Бақыршық кен өндіру кәсіпорны өткізген. Кен-орны 1954 жылдан бастап «Алтайзолото» Бақыршық тау-кен байыту комбинатымен, «Бақыршық» кен орны - барлау пайдалану кәсіпорнымен игерілген. 1954-тен бастап 1997-ге дейін кен орнынан 3,8 млн тонна кен және 28,6 тонна алтын (орташа қамтылуы 7,5 г/т) өндірілді. Бүгінгі уақытта барлау жүргізілген учаскелеріндегі қышқылданған кендер толық түрде игерілген. Сонымен бірге алғашқы кендер Қызыл аймағында 1000 м жоғары тереңдікке дейін тараған.

Кен орнында алтын, күміс, қорғасын, мырыш, мыс, кобальт, никель, молибден, мышьяк, фосфор, бор, стронций сияқты көптеген элементтер кездеседі. Кендердің химиялық құрамы өте тұрақты, негізгі құнды компонент - алтын, сонымен қатар күміс, мышьяк және күкіртті сульфидтен тұрады.

Кендер корпусы қалыңдығы 20 м-ге дейінгі және ұзындығы 500 м дейін 1200 м тереңдікте орналасқан. Кендер жолақ бітімді және жаппай сеппелі. Таужыныстардың рудамаңы өзгерістері – серицитизациялық, карбонатизациялық және альбитизациялық, ал бұзылу аймақтарында – графитизациялық.

Кендердің текстурасы - сеппелі, ұсақ, жолақты, жиі брекцияланған(жентектасты) және қатпарлы. Кенді қалыптастыру кезеңдері: ерте колчеданды (пирит-арсенопиритті); орташа - полиметаллды; кейінгі кварц-карбонат-антимонитті. Негізгі алтын қалыптасуы ерте кезеңмен байланысты. Алтынның мышьяк және жалпы сульфид күкіртімен корреляциясы жоғары. Көмірмен тікелей байланысы 0.2-1.5% аралықта ғана орнатылады. Тығыз-термиялық метаморфизм аймағындағы қысқа зілзала аймағында синергетикалық сорбентогендік алтыннан жасалған материалды бірнеше рет трансформациялаумен кешенді полигендік табиғатты минерализациялау. Кендегі алтынның таралуы біркелкі емес, рудалардағы вариация коэффициенттері 56,5% -дан 86% аралығында өзгеріп тұрады. Алтынның басым бөлігі (95-97%) сульфидтермен - пирит пен арсенопиритпен байланысты, олардың сульфидтегі мөлшері 1-ден 8% -ға дейін өзгереді, яғни кен құрамына қарай аз сульфидті. Бақыршық кен орны негізгі руданың геологиялық құрылымының күрделілігі тұрғысынан II топқа жатқызылады, өйткені жалпы қорының 80%-ын құрайтын руда құрылымдары II класс болып табылады. Қор мөлшері бойынша бірегей. Алтынның орташа мөлшері 9,4 г / т құрайды. Тотығу аймағы толығымен өңделген. Даму сатысы бастапқы кенді өндіру.

2.3 Алтыны бар кендерді өңдеудің технологиялық схемасын жасау

2.3.1 Алтыны бар кендерді өңдеуге ұсынылатын биогидро-металлургиялық схема

Алтынмен байланысты кендерді байыту кезінде концентрациялық циклде айналымға түсетін, өнімнің тиімділігін төмендететін көптеген стандартты емес өнімдер шығарылады. Кедей, тұрақты сульфидті кендерді байыту кезінде дәстүрлі пирометаллургиялық әдістермен өңдеуге тиімсіз болып келетін түсті металдардың құрамында аз концентраттарды алуға болады.

Сульфидті концентраттардың сапасын жоғарылату мәселесін шешу негізінен флотациялық процестерді жақсартумен байланысты. Алайда байыту процесінде субстандартты өнімдерді алу және оны гидрометаллургиялық әдістермен, оның ішінде биохидрометаллургиялық әдістермен бөлек циклде өңдеу қажет. Сонымен бірге, флотациялық әдістерде минералды қоспалардың барынша аз концентраттарын алу және осындай өнімдерді пирометаллургиялық өңдеуге бағыттау ұсынылады. Бұл кенді байыту процесін арзандатуға, флотация схемаларын жеңілдетуге және пирометаллургиялық процестердің тиімділігін арттыруға жағдай туғызады.

Гидрометаллургиялық әдістер түрлі түсті металдар, сондай-ақ алтын бар түсті металдардың күрделі сапалы сульфид концентраттарын өңдей алады.

Түсті металдар мен алтынның биогидрометаллургиялық экстракциясы ерітіндіге органикалық кешендер ретінде көшуге және биогенді кварц пен басқа минералдардың пайда болуына ықпал ететін кварц пен бактериялардың силикаттарының бұзылуына негізделген. Қатты өнімнің ұсатылуынан кейін және флотациялық байытуынан кейін сульфидті минералдардың жойылуына түсті металдарды ерітіндіге немесе алтынның ашылуына дәстүрлі цианидизация әдісімен кейіннен алуды қамтамасыз ету. Бұл бұзылуды аэрозольді хомолитотрофикалық микроорганизмдердің тотығу белсенділігіне негізделген биоақпарат технологиясымен тиімді түрде жүзеге асыруға болады. Ұсынылған технологияның негізгі артықшылығы - темір сульфидтері (пирит пен пирротин) бар сульфид концентраттарынан алынған автохтонды микроорганизмдер, сульфидті минералдардың күшті тотықтырғышы- темір сульфатын өндіру болып табылады.

Кендерден металдарды бактериялық шаймалау микроорганизмдердің (*Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Bacillus mucilaginosus* және т.б.) әртүрлі топтарының тікелей әсерімен және олардың өмірлік белсенділігінің өнімдерінде пайда болуы мүмкін.

Түсті металдарды биошаймалауды күшейту тәсілдерінің бірі екі сатылы әрқайсысына оңтайлы жағдайлар жасау арқылы биологиялық өңдеуден тұрады. Fe^{2+} иондарының Fe^{3+} -ке тотығуы жеке биологиялық циклде, кейде силикаттардың өзара әрекеттесуінен кейін термоөңдеуге берілетін қатты фазаның қатысуымен жүзеге асырылады.

Силикат бактерияларымен алтын өңдеу технологиясы алтыннан, оксид компонентінен, әсіресе силикатты құрамынан ыдырайтын кеннен алу мүмкіндігін береді.

Күрделі сульфидті кендерді шаймалауды күшейту үшін зерттеудің келесі кезеңі тикобактериялардың алдын-ала силикаттық бактериялардың рудаларымен өңделуіне әсерін зерттеу болды. Зерттеу нысаны силикат бактерияларымен өңделген сульфидті алтынмен байланысты кен болып табылады.

Кварц құрамындағы минералдардың биошаймалануында *Bacillus mucilagenosus* бактериялары минералдың кристалдық торын жойып, реагенттердің алтынның қосындысына қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бірінші кезеңде максималды температура мен тығыздықты қамтамасыз ету керек. Кварцтың беріктігі, ең алдымен, оның конституциялық жетілдірілу дәрежесіне байланысты: оның құрамында әлсіреген Si-O-Al байланыстары аз.

Силикатты бактериялардың бастапқы кенді өзара әрекеттесу процесінде кендегі силикат құрылымы бұзылған. Таудағы силикат бактериялық мәдениеттердің әсері анағұрлым қарқынды болып табылады, бұл өмірлік белсенділіктің және қоршаған ортаның әсерін төмендететін тесікшелердегі микроағзалардың ішінара рекультивациясы үшін неғұрлым қолайлы жағдайларды көрсетеді. Беттің көбеюі негізінен кремнийлі кластерлерді оқшаулаудың барлық бағыттарында, кен құрылымының жойылуына және тығыздығының айтарлықтай төмендеуіне және оны құрайтын минералдардың бөлінуін арттыруға алып келетін, байыту технологиясының тиімділігін едәуір жақсартатын металдардың қосындыларын қамтитын тереңдікте жүреді. Өнеркәсіптік жағдайда кварц кендерін қайта өңдеу, олардың кейінгі биоқышқылдану тиімділігін арттыра алады.

Биологиялық өңдеудің екінші кезеңінде, микроорганизмдер бірінші сатыдан шыққан барлық өнімдермен тотықтырылған жерде, сульфидті минералдардың белсенді тотығушы пайда болады - Fe^{3+} иондары мен күкірт қышқылын қамтитын ерітінді. Бұл әдіс ұсатылған кендерді ұнтақтауға дейін силикат бактерияларымен бактериялық шаймалауға ұшырауымен ерекшеленеді, ал алтынның шаймалауы азот пен тұз қышқылының қоспасымен жүргізіледі. Осы әдіспен алынатын техникалық нәтиже - алтынның 99% -ға дейін алынуын арттыру.

Кварц пен силикаттар жойылған кезде кендердің бір бөлігі болып табылатын силикат минералдарының екі сатылы бактериялық шаймалау технологиясына сәйкес бактериялар Si-дің ерітіндіге органикалық кешендер ретінде өтуіне және биогенді кварц пен басқа минералдардың пайда болуына ықпал етеді. Силикат минералдарының жойылуының белсенділігі олардың химиялық құрамы мен кристалды торының сипаттамаларына, қосылыстарға - микроорганизмдердің өмірлік белсенділігінің өнімдеріне байланысты. Силикат бактерияларында өмірлік белсенділігі барысында әртүрлі органикалық қышқылдар мен белсенді агенттер болып табылатын және минералдардың

шаймалауында, ерігіш және қайталама минералды беруде маңызды роль атқаратын аминқышқылдары бар.

Силикат бактерияларымен шығарылған органикалық қышқылдар бактериялық суспензияның рН ортасын 4,0-3,6 дейін төмендетуге көмектеседі. Мұндай орталар карбонаттардың, темір оксидтерінің және гидроксидтердің ерітілуіне ықпал етеді.

Тиобактериялар арқылы минералдардың жойылу процесі силикат бактерияларындағы сияқты энзиметикалық болып табылады және олар үшін тіршілік етеді. Кендердің сульфидті компоненттерін шаймалауда химиялық және құрылымдық әртүрлілік, олардағы қоспалардың болуы және сульфидтік кешендердің сипаты маңызды. Бактериялық класқа қарамастан олардың бірдей кенді өзара әрекеттестігі құрамдас кеннің бұзылуының бірдей түріне әкелетінін ескере отырып, түсті сульфидті шикізатты 2 сатылы биологиялық тазалауға бөлу процесінің бөлінуі оны айтарлықтай қарқындалуға әкелді.

Алынған нәтижелер ұсынылған технологияны пайдалана отырып, оларды жеке циклде өңдеу мақсатымен байыту процестерінен сапалы ұжымдық концентраттарды және өнеркәсіптік өнімдерді жою перспективасын көрсетеді. Бұл байыту процестерінің шығындарын азайтады.

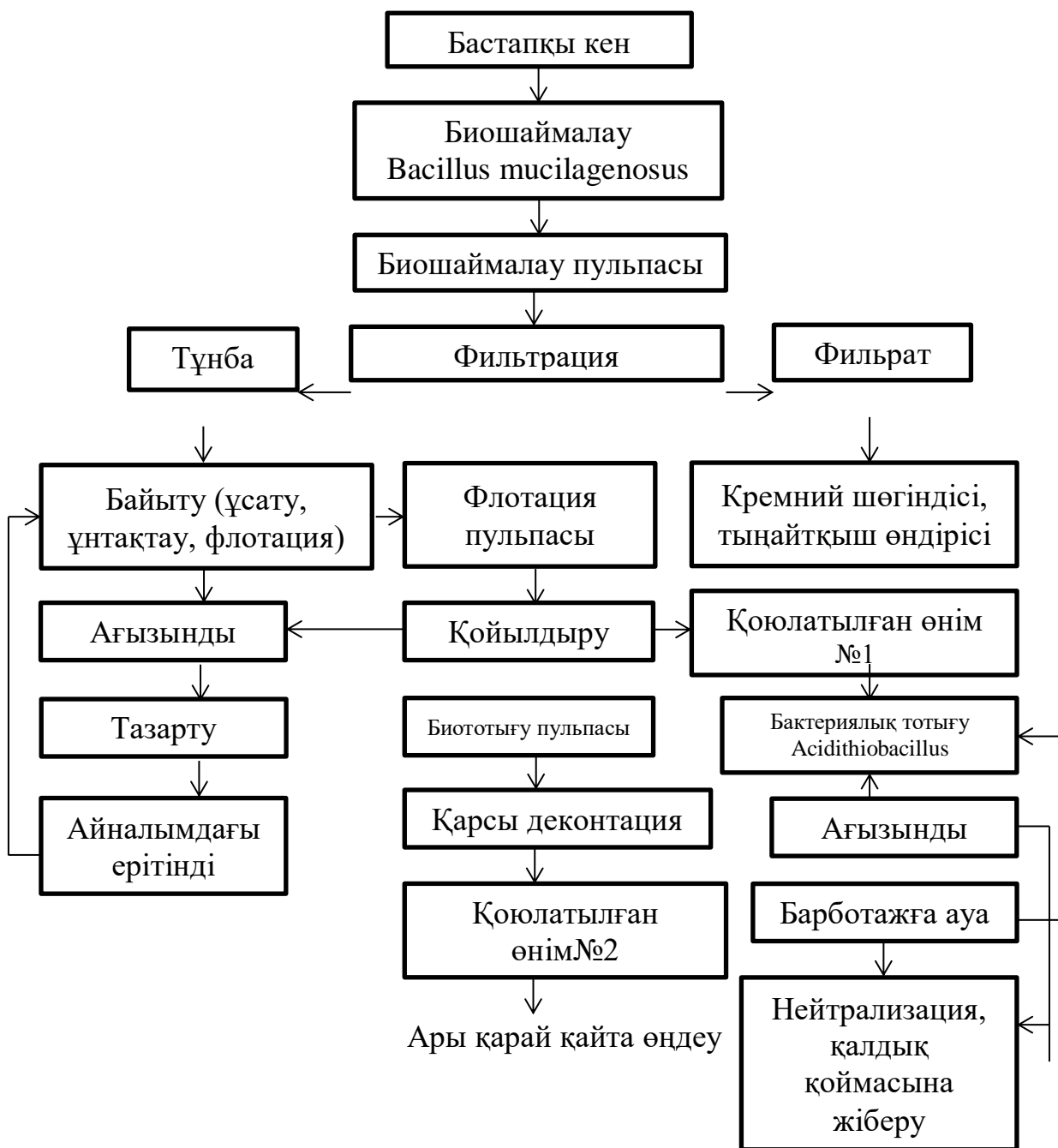
Ұсынылған технологияны концентрацияланған металлургиялық кешенге енгізу түсті металдарды өндіру бойынша қолданыстағы технологияларды жаңғыртуға және оларды өңделген шикізаттан шығаруды арттыруға әкеледі. Бұл жағдайда сульфидті кендерді байыту процестерінің құнын едәуір азайтуға болады, шаймалау күкіртті шикізаттың суб-стандартты шикізаты бойынша жүргізілуі мүмкін.

Қазіргі уақытта биотехнологияның көмегімен байырғы сульфидті кендерден алтын алуға үлкен көңіл бөлінеді. Биогеотехнология тіпті жоғары мышьяк төзімді алтын концентраттарын өңдеуге мүмкіндік береді. Жоғары дәрежеде тотығу және сульфидті минералдардың ашылуына қол жеткізіледі, содан кейін сорбциялық цианидтеу әдісімен 98% дейін алтын алынады, бұл тікелей ұсақтауды немесе пирометаллургиялық күйдіруді анағұрлым жоғарылаты.

Құрамында алтыны бар арсенопирит-пирит концентраттарын реакторларында биототықтыру технологиясының ең жиі тарағаны - BIOX®.

Күкіртті концентраттарын биототықтыру процестерінің тиімділігін арттырудың өзекті міндеті олардың қарқындылығы, өнеркәсіптік жағдайларда биототықтыру процесі орта есеппен 4-тен 6 күнге дейін жалғасады. Сульфидті шикізатқа арналған екі сатылы бактериялық шаймалау процесінің жаңа тұжырымдамасы. Бұл тұжырым *Bacillus mucilaginosus* бактериясын бактериалды шаймалауда және биототықтыруда кезекпен қолданумен қорытындылады. Силикат бактерияларымен өңдеу процесі кемінде 14 күнді құрауы қажет. Екінші кезеңде реактордағы сульфид флотация концентратының сульфидті флотациялық концентрат пен бактериялық ерітінді 18-25°C температурасында, көпіршігі үшін 40°C-ге дейін алдын ала қыздырылған

Acidithiobacillus ferrooxidans микроорганизмдердің қатысуымен ағып кету үшін газ ағыны қоспасын қолданып шаймалау.



Сурет 4 - Микроорганизмдер ассоциациясы арқылы (*Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Bacillus mucilaginosus*) екі сатылы бактериялық шаймалау негізінде алтын кендерін өңдеудің технологиялық схемасы

Сульфидтерді жою барысында пайда болған екі валентті темір негізінен ерітіндіде тотығады, газ фазасының температурасы 40°C-ге дейін ұлғаяды, реакция жылдамдығы екі еселенеді, бұл бүкіл биошаймалаудың жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді. Екі валентті темірді Fe^{2+} бактериялар арқылы

тотықтыруда алынған темір оксидінің сульфаты металдарды тотықтыруда ең мықты тотықтырғыш болып табылады, сондықтан оның концентрациясының өсуі бактериялық шаймалаудың жылдамдығын көбейтеді, арттырады.

2.3.2 Алтын-мышьяк құрамды концентраттарды өңдеу технологиясы

Алтын-мышьякты көмірлі концентраттар өзінің беріктілігімен ерекшеленеді. Олардың құрамында кездесетін алтын арсенопиритпен байланысқан және ондағы көмірлі тақтатастар алтынды-цианды кешенге деген жоғары сорбциялық белсенділігімен ерекшеленді. Мұндай концентраттарды өңдеу бойынша жүргізілетін зерттеулердің негізгі бағыты болып тотықтырып күйдіру мен автоклавты шаймалау болып табылады.

Иргиредметте осындай зерттеулердің бірнеше қатары жүргізілген. Соның нәтижесінде келесі негізгі операцияларды қосатын технологиялық сұлба ойланып табылды: арсенопиритті бірінші сатыда ыдырататын тотықтырып күйдіру және екінші сатыда сульфидтер мен көміртегіні толығымен тотықтыру, циандаудың бірінші сатысында кектерді қышқылмен аралық өңдеумен қатар ұсақталған күйіндіні екі сатылы циандау. Циандау кезіндегі алтынның бөліп алу дәрежесі 93 %-ды құрайды.

Ленинградтық тау-кен және де басқа институттарымен NaOH ертініділерінде автоклавты шаймалауды, көміртектес заттар мен циандаудың сорбциялық қасиеттерін басуға арналған реагенттердің сулы ерітінділерімен қатты қалдықтарды тотықсыздандырып өңдеуді қосатын, алтынды концентраттардан бөліп алудың гидрометаллургиялық сұлбасын ұсынған. Алтынның цианды ерітіндіге бөлінуі 94-96 %-ды құрады.

Алайда, жоғарыда айталған сұлба қоршаған ортаны қорғау талаптарына сәйкес, көміртекті заттардың активтенуін басуына, реагенттердің айтарлықтай шығынына, құрылғының күрделілігіне байланысты іске асырылмады.

Осыған орай, алтынды-мышьякты-көмірлі концентраттарды бактериалды шаймалау технологиясының іріленген зертханалық зерттеулері іске асырылды. Бактериялық шаймалау кезіндегі негізгі мақсат ұсақ шоғырланған алтынды аршуға және оны циандаумен бөліп алуға мүмкіндік беретін арсенопириттің бұзылуы болып табылады. Шаймалау кезіндегі сульфидті мышьяқтың мөлшерінің 2 %-ға дейін және одан әрі төмендеуі металлургиялық зауыттарда шаймалау қалдықтарын қайта өңдеуге мүмкіндік береді.

Тура ағынды шарттарда құрамында 9,6 % As мен 19,21 % C бар флотогравитациялық концентрат шаймаланды. Процесс үзіліссіз шарттарда тазартылған бактериялық ертініділердің айналымда болуымен жүргізілді. Ерітінділер әктас «сүтімен» және натрий сульфидімен тазартылып отырды. Көрсеткіштерді бірқатар бақылау мен ерітінділердің қышқылдығы реттеп отыру іске асырылды.

Іріленген зертханалық зерттеулер нәтижелері әктасты тазартуға қарағанда сульфидті тазартудан кейінгі аэрирленген айнымалы ерітіндіні қолданумен сульфидті мышьяқты тотықтыру қарқынды жүретінін көрсетті. Сульфидті тазартудан кейінгі айналымдағы ерітінділерді қолданана отырып шаймалау кезінде оның құрамындағы сульфидті мышьяқтың мөлшері 9,6 %-дан 1,47 %-ға дейін төмендеді, ал әктасты тазартудан кейінгі айналымдағы ерітінділерді қолданғанда 2,44 %-ға дейін төмендегені байқалды. Сульфидті мышьяқты бөліп алу дәрежесі бірінші жағдайда 94,4 %-ды, ал екінші жағдайда 83,9 %-ды құрады. Айналымдағы ерітінділерде активті өсіріндіні *T. ferrooxidans* қолдана отырып, 96 сағат шаймалаған кезде қалдықтағы сульфидті мышьяқтың мөлшері 1,8 %-ға дейін төмендейтінін және концентрат одан әрі алтынды белгілі әдіспен бөліп алуға жіберілуі мүмкін екендігін айта кеткен жөн.

Құрамында 18,6 % As бар арсенопиритті флотациялық концентрат пен 20,6 % As бар гравитациялық концентрат шаймаланды.

Зерттеу нәтижелері бактериялық шаймалау қалдықтарындағы сульфидті мышьяқтың мөлшерін 18,8-20,6 %-дан 0,64-0,99 %-ға дейін төмендетуге болатынын көрсетеді. Арсенопириттің бактериямен одан да қарқынды шаймалануы пульпаның рН ортасы 1,7-ден төмен болмаған кезде жүргізілетіні байқалды. Процестің негізгі көрсеткіштері 3-кестеде келтірілген.

рН ортаны қадағаламай отырып шаймалаған кезде 240 сағаттан кейін биологиялық активтілік нөлге тең болып, арсенопириттің шаймалануы айтарлықтай нашар өтетіні байқалады. Бұл ортаны қышқылдандырғанда бактериялардың улы металдарға тұрақтылығының төмендеуін дәлелдейді. Сонымен қатар, концентраттардағы сорбциялық-активті көмірлі тақтатастардың үлкен көлемде болуы (флотациялық арсенопиритті концентраттағы С 25 %) шаймалау процесі мен микроорганизмдердің активтілігіне айтарлықтай жағымсыз әсер етпейтіндігі туралы қорытынды жасауға болады.

Сондықтан, концентраттардағы мышьяқтың жоғары мөлшері мен оның уландырғыш қасиетіне қарамастан, бактериялардың көмегімен 95 %-дан аса арсенопирит шаймалап, құрамында 1 %-дан аз As бар концентрат алуға болады.

Бактериялық шаймалаудан кейін қалған қалдықтардан алтынды сорбциялық циандаумен бөліп алуға болады. Циандау шарттары: Қ:С=1:4, KCN концентрациясы – 0,1-0,2 %, СаО – 0,01-0,02 %, шайыр көлемі пульпа көлемінің 10 %-ы, циандау ұзақтығы 24 сағат. Ірілігі 95 % – 44 мкм болатын бастапқы гравитациялық концентратты циандау кезінде 3,8 % Au бөлініп алынады, осындай ірілікте флотоконцентраттан 10,4 % Au алынады. Бактериялық шаймалаудың қалдықтарын циандау нәтижесі арсенопиритті флотациялық концентраттан алтынды бөліп алу орташа есеппен 78,1 %-ды, ал гравитациялық концентраттан – 85,8 %-ды құрайтынын көрсетеді.

Кесте 4 - Жоғары мышьякқұрамды концентраттарды бактериялық шаймалау процесінің негізгі көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Арсенопиритті флотациялық концентрат		Арсенопиритті гравитациялық концентрат	
	Шаймалау уақыты, сағат			
	0	240	0	240
Пульпаның рН ортасы	2,45	1,76	2,26	1,85
Концентрация, г/л: Fe ³⁺	2,88	6,30	5,20	10,53
Fe ²⁺	0,20	0	0	0
As	0	4,06	0	4,88
Шаймалаудан кейін қалған қалдықтағы As _{сульф} мөлшері, %	18,6	0,99	20,8	0,64
Ерітінділердің биологиялық активтілігі, шартты бірлік	0,61	0,2	0,49	0,22

Кесте 5 - Тәжірибелік қондырғыда бактериялық шаймалаудың негізгі көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Түйіспелі сыйымдылық	Пачуқтар нөмері				
		1	3	5	7	9
	Шаймалау ұзақтығы					
	20	39	76	115	153	190
1	2	3	4	5	6	7
Пульпаның рН ортасы	2,45	2,23	1,62	1,74	1,59	1,58
Тотықтыру-тотықсыздандыру мүмкіншілігі Eh, Мв	649	654	705	717	730	754
Концентрация, г/л: Fe ³⁺						
Fe ²⁺	0,28	1,78	4,87	4,14	6,28	9,11
Fe _{жалпы}	2,65	1,68	0,42	0,14	0,1	0,12
As _{жалпы}	2,93	3,46	5,29	4,28	6,38	9,23
	1,5	2,3	3,6	2,4	4,3	5,5
1	2	3	4	5	6	7
Биологиялық белсенділігі, шартты өлшем	0,1	0,26	0,37	0,63	0,67	0,57
Бактерия мөлшері, дана/мл	$2,5 \cdot 10^8$	$6,0 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^9$

Бір кен орнын байытқан кезде алынған гравитациялық пен флотациялық концентраттардың қоспасы – флотогравитациялық концентрат тәжірибеден

өткізілді. Тәжірибе кезінде негізгі компоненттердің орташа мөлшері келесідей болады: 9,6 % As; 108 г/т Au; 19,2 % C; 18,2 % FeS; 17,2 % S_{жалпы}; 20,5 % SiO₂; 9,3 г/т Ag. Субмикроскопиялық сеппе алтын негізінен алтынмен және пиритпен байланысқан. Сондай-ақ концентраттың беріктігі оның құрамындағы 20 %-ға дейінгі көмертегімен анықталады. Ірілігі 95 % – 44 мкм болатын бастапқы концентратты циандау кезінде алтынның бөлініп алынуы 10 %-дан аспады. Қондырғының жалпы жұмыс істеу ұзақтығы 38 күнге тең болды. Оған келесідей үрдістер кірді: биомассаны дайындау және концентратты берер алдын қондырғыны бактериялық ерітінділермен толтыру; концентратты беру және берілген көрсеткіштерді орнату; концентратты орныққан тәртіптемеде айналымдағы ерітінділердің регенерациясымен бактериялық шаймалау. Ірілігі 87-90 % - 44 мкм болатын концентраттарда 28-30 °С температурада құрамында T.ferrooxidans бактерия өсіріндісі бар, алтын-мышьякқұрамды концентратты шаймалау жағдайына бейімделген сулы ерітінділермен шаймаланады. Қажетті мөлшердегі биомассаны алу үшін ильверман мен Лундгрэннің қоректендіргіш ортасы қолданылды. Қ:С = 1:5 кезінде орнатылған тәртіптемедегі қондырғының өнімділігі бастапқы концентраттың 36 кг/с құрады. Пульпаның рН ортасы ретке келтіріп отыру әктас сүтінің 20 %-дық суспензиямен іске асырылды.

Тәжірибелік қондырғыда жасалған бактериялық шаймалаудың негізгі нәтижелері 5 - кестеде келтірілген.

Алтын-мышьякқұрамды концентратты шаймалаған кезде №9 пачуктегі арсенопирит пен пириттің тотығу нәтижесінде пульпадағы жалпы темірдің концентрациясы 2,93-тен 9,23 г/л дейін көтеріледі. Сонымен қатар №9 пачуктегі мышьяқтың концентрациясы сәйкесінше 1,5-тен 5,45 г/л дейін жоғарылайды. Сульфидті күкірттің күкірт қышқылына дейін тотығу нәтижесінде, сондай-ақ шаймалау процесіндегі гидроксидтер мен арсенаттардың тұнбаға түсуі салдарынан ерітінділердің рН ортасы 2,45-тен 1,62-ге дейін төмендейді.

5-кестеде келтірілген тазарту әдісі жоғары активті айнымалы ерітінділер мен құрамында 20 %-ға дейін As бар аз еритін сульфидті тұнбаны алуға мүмкіндік береді. Тұнбадағы алтынның аз мөлшері (0,2 г/т) осы өнімді жарамсыз деп санауға болатынын көрсетеді.

Кесте 6 - Тәжірибелік қондырғыда бактериялық шаймалаудың негізгі көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Түйіспелі сыйымдылық	Пачуктар нөмері				
		1	3	5	7	9
	Шаймалау ұзақтығы					
	20	39	76	115	153	190
Қалдықтағы мөлшері, %, A _{Сульф}	5,03	4,65	3,10	1,55	1,20	0,80

6 – кесте жалғасы

As _{жалпы} Au циандау қалдығындағы	7,29 85,7	6,02 61,4	6,35 40,4	7,24 27,8	7,98 22,0	6,42 21,8
Бөліп алу дәрежесі, %, As _{сульф} Au қалдықтарды циандау кезінде	44,2 24,2	50,8 42,4	66,1 60,4	82,3 70,1	85,8 75,2	89,6 76,3

№5 пачуктен бастап рН ортаны 1,6-1,7 деңгейде ұстап тұру пачуктерге әктасты беріп отырумен іске асырылды. Ерітінділердің тотықтыру-тотықсыздандыру мүмкіншілігі түйіспелі сыйымдылықта 649 мВ-тан №9 пачукте 745 мВ-қа дейін көтерілді.

Шаймалау қалдықтарындағы мышьяқтың ақырғы мөлшері арсенопириттің тотықтыру дәрежесі 89,6 % болғанда 0,8 %-ды құрайды; бірақ №5 пачуктегі мышьяқтың мөлшері 2%-дан аз құрайды.

рН ортаны ұстап тұру үшін әктастың берілуіне байланысты бактериялық шаймалау қалдықтары пачуктар бойынша көбейеді және шаймалау соңына қарай ақырғы өнімдегі алтынның мөлшерінің 92 г/т-ға дейін төмендеумен қатар 100 %-ға дейін жетеді.

Айналымдағы ерітінділерді тазарту кезінде мышьяк пен темірді жою үшін әктас пен натрий сульфиді қолданылды. 7-кестеде сульфидті тазарту әдісінің нәтижелері көрсетілген. Тұндырғыш реагент ретінде 30 %-дық күкіртті натрий ерітіндісін қолданды. Сульфидтің шығынын азайту үшін бактериялық ерітіндіге рН ортасы 1,8 болатындай аз мөлшерде әктас қосты. Бактериялық активтілігін арттыру мақсатында тазартылған ерітінділер пачуктағы азрацияға жіберілді. Айналымдағы ерітінділерді тазартудың негізгі көрсеткіштері 7-кестеде келтірілген.

7-кестеде көрсетілгендей, мұндай тазарту әдісі жоғары белсенді айналымдағы ерітіндіні алуды қамтамасыз етеді, сонымен қатар құрамында 20 %-ға дейін As бар аз еритін сульфидті қалдықтарды алуға болады. Қалдықтардағы Au аз мөлшері (0,2 г/т) бұл өнімді жарамсыз үйінді ретінде есептеуге болады.

Кесте 7 - Бактериялық шаймалау қалдықтарын химиялық және аспаптық талдаудан кейінгі нәтижелері

Бактериялық шаймалау қалдығының құрамы	Мөлшері, %
SiO ₂	16,7
C	15,07
Fe	14,42
S _{жалпы}	11,27
As _{жалпы}	6,42

As _{сульф}	0,80
Al ₂ O ₃	6,2
Ca	5,46
Na	0,22
Au, г/т	92,0
Басқалары	39,37

Кесте 8 - Айналымдағы ерітінділерді тазартудың негізгі көрсеткіштері

Техникалық эктастың шығыны, кг/т	Күкіртті натрийдің шығыны, кг/т	Ерітіндінің биологиялық белсенділігі, шартты шама		Қалдықтардағы мөлшері	
		Тазартуға дейін	Тазарту мен ауа жіберуден кейін	As, %	Au, г/т
5	35	0,61	0,78	19,9	0,2
6	30	0,57	0,76	18,8	0,2
8	25	0,48	0,70	17,6	0,2

2.4 «Бақыршық» кен орнындағы алтын-мышьяк концентраттарын тәжірибелік жолмен бактериялық шаймалау

Алтын-мышьякті концентраттарда алтын әдетте майдаланып, сульфидтермен тығыз байланыста болады, мысалы, пирит және арсенопиритпен. Осыған байланысты оларды қарапайым әдістермен өңдеу қиынға соғады. Көптеген зерттеушілердің жұмыстары алтын концентраттарын өңдеудің перспективті жолдарының бірі *Acithibacillus ferrooxidans* бактериясының көмегімен металдарды шаймалау екендігі дәлелденді.

Мысал ретінде Бақыршық кен орнындағы алтын-мышьякті концентраттарының тәжірибелік жолмен бактериялық шаймалануын қарастырайық.

Күкірт қышқылымен өңдеуден кейінгі Бақыршық кен орнынан алынған алтын-мышьякті кендегі өнімдердің құрамы: SiO₂ - 30-35%; Fe - 10-12%; S - 14,3%; C - 11,7%; As - 5,8%; Au - 70,3 г/т.

Тәжірибеде түсті металдардың, мышьяқтың және күкірт қышқылының жоғары құрамына бейімделген *Acid ferrooxidans* бактериясы қолданылады. Тәжірибе 200 мл қуаттылығы бар скважиналардағы сыққышта келесі реттілікпен жүргізіледі:

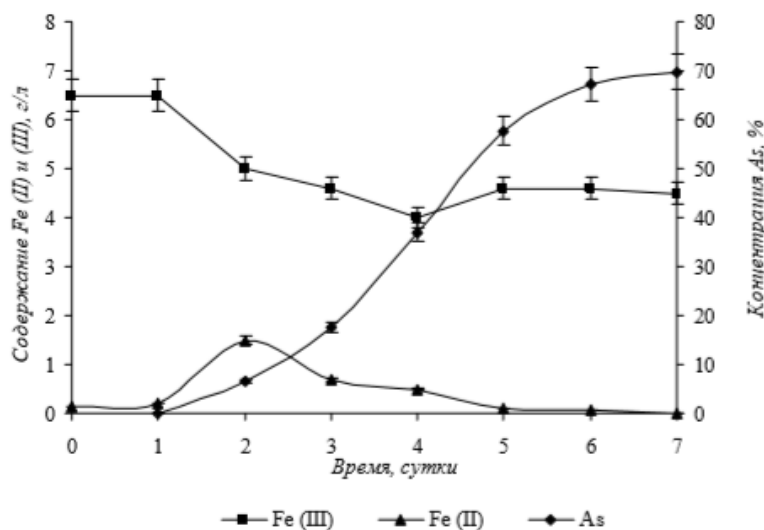
1. Бір сағат ішінде тәжірибе жүргізу мақсатымен концентраттан карбонат бөлшектерін жуу үшін 2% күкірт қышқылымен алдын ала өңделеді.
2. Қышқылымен өңдеуден кейін концентрат құрамдары 6,0 г/л Fe³⁺; pH 1,5; 107 кл/мл *Acid. Ferrooxidans* бактериялары; 3,0 г/л H₂SO₄ дейін болатын бактериялық ерітіндімен шаймаланады. Экспериментті қатты

(концентрат) және сұйық (ерітінді) Қ:С=1:5 қатынасында жүзеге асырылады. Тәжірибенің уақыты 7,0 тәулік.

3. Кейін ортаны бейтарап қышқылдыққа (рН 7,0) дейін бактериялық шаймалаудан соң қатты сүзінді (кек) сумен жуылады.
4. Содан кейін алынған қатты материал (кек) цианидті өңдеуге ұшырайды: Қ:С=1,0:3,35; NaOH - 0,1 - 0,5 %, NaCN - 0,2 %; NaS₂O₃ - 0,8 %, CuSO₄ - 0,01 %; Na₂SO₃ - 0,8 %, CuSO₄ - 0,01 %; уақыты – 24 сағат. Күкірт қышқылымен өңдеуден кейін ерітіндіге 1,55 г/л Fe₃⁺ және 305,2 мг/л As дейін жеткізіледі, бұл жалпы металл құрамының 2,63% құрайды (8 кесте).

Кесте 9 - Бактериялық шаймалау алдында күкірт қышқылын тұтыну мөлшері

Кен бөлшегінің мөлшері, мм	Қ:С	H ₂ SO ₄ . г/л		Шығын H ₂ SO ₄		Бөлінуі			
		Дейін	Кейін	г	кг/т	FeΣ, г/л	AsΣ, г/л	As мг	As %
0,074	1:5	20,5	8,46	5,59	55,9	1,55	305,2	152,6	2,63



Сурет 5 - Бақыршық алтын – мышьяк концентраттарының бактериялық шаймалау кезінде концентраттардан мышьяқтың шаймалануы және темірдің қайта қалпына келуі мен тотығу динамикасы

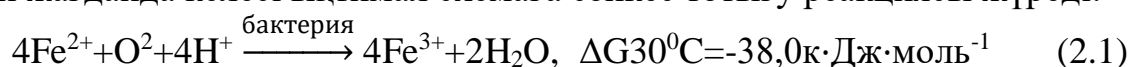
Мышьяқтың Acid. ferrooxidans бактериясы арқылы темір қышқылын тотықтыруға әсерін зерттеу. Құрамында 70,3 г/т Au (алтын) және 5,8% As (мышьяк) бар 100 г кен алынады. Қышқылдық өңдеуден соң ерітінді сүзгіленеді және алынған қатты фильтрат 7 күн бойы бактериялық шаймалауға ұшырайды. Екі және үш валентті темірдің әртүрлі мөлшерін қамтитын бактериялық

ерітінділер пайдаланылады. 5-суреттен Fe^{3+} қайта қалпына келуі мен Fe^{2+} тотығуының өте баяу жүріп жатқаны көрсетілген. Осыдан үш валентті темірдің қайта қалпына келтірілуі және екі валентті темірдің тотығуының аяқталу сатысы жетінші күнге жақындағанын көруге болады. Қара темірдің Acid. Ferrooxidans үшін ең жеңіл тотықтырғыш субстраты екенін атап өткен жөн.

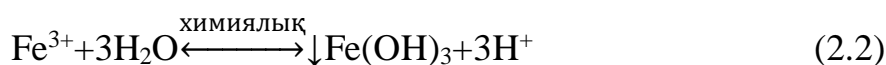
Кесте 10 - «Бақыршық» кен орнынан мышьякты кен концентраттарынан бактериялық шаймалау

Күні	рН	A.ferrooxidans кл/мл	As ерітіндіде			As шөгіндіде		Бөліну As	
			г/л	мг	%	Мг	%	Мг	%
1	2,5	10^8	-	-	-	-	-	-	-
2	2,20	-	0,78	390	6,72				
3	1,95	-	2,05	1025	17,67				
4	2,00	10^7	4,30	2150	37,06				
5	2,10	-	6,70	3350	57,75				
6	1,90	-	7,80	3900	67,24				
7	1,90	10^8	8,10	4050	69,82	950	16,38	5000	70

Мұндай жағдайда келесі ықтимал схемаға сәйкес тотығу реакциясы жүреді:



Бұл реакция алтынның шаймалануы үшін өте маңызды, себебі Acid. Ferrooxidans жасушалары алтын концентратының Fe^{3+} күшті тотықтырғышын алуға және ортаны жоғары тотығу-қалпына келтіру әлеуетін құруға мүмкіндік береді. Темір тотығы оның концентрациясына және ортаға рН мәніне байланысты гидролизденеді, олардың кейбіреулері шөгіндіге түседі және H^+ ионы бөлінеді:



Бұл ерітіндідегі рН пен темір тотығының концентрациясын реттеуге мүмкіндік береді. Ерітіндіде As (мышьяк) дамуы 5-суретте және 9-кестеде көрсетілген. Мышьяк концентрациясының дамуы 5,8 г/л-ге дейін жететіндігі, ал ерітіндідегі мышьяқтың қалпына келтірілуі 69,82%-ды, ал тұнбадағы – 16,38%-ды құрайтындығы нәтижелерде көрсетілген. Көріп отырғанымыдай, мышьяқтың максималды тотығу жылдамдығы 8,1 г/л, сондай-ақ мышьяк негізінен арсенопирит ретінде ерітіндіге шығарылады.

9-кестеде рудалық концентрат кен орындарынан мышьяқты шаймалау және алудың нәтижелері келтірілген. Қышқылды өңдеуден кейін концентраттың қалдықтарын құрамында 6-6,5 г/л Fe^{3+} , 3,0 г/л H_2SO_4 және 107

к/мл Acid. Ferrooxidans бактерияларымен Қ:С= 1: 5 қатынасында 7 күн ішінде шаймалайды. Кестедегі деректерге сәйкес мышьяк концентраттардан ерітіндіге дейін 69,82%-ға жетеді, шөгіндіде 16,38% сақталады. Осылайша 6-7 күн ішінде сульфидтік минералдардан шамамен 70% мышьяк шаймаланады, сонымен қатар сульфидті минералдарымен байланысты алтынның бөлшектенуі жүреді.

Цианидті қосылыстар алтын-мышьяк рудаларын өндеуде кеңінен қолданылады. Үйілмді шаймалау технологиясының негізі CN-цианид иондарының алтын және күміспен өзара әрекеттесуінен тұрақты суда еритін күрделі қосылыстар - натрий дицианоаурат $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ және натрий дицианоаргат $\text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ түзілуіне алып келу болып табылады. Цианид ерітінділерінің концентрациясы әрбір кен үшін жеке анықталады және оның көбеюі алтынның еріту уақытын қысқаруына ісер етпейді, бірақ цианидті тұтынуды көбейтеді, бұл нәтижесінде ағын сулардың қоршаған ортаға теріс әсерін арттырады. Еріткіштер ретінде NaCN , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, Na_2SO_3 қолданылды.

10-кестеде көрсетілген деректерден көріп отырғанымыздай, бастапқы байыту концентрациясын цианидден өткізу эксперименттері көрсеткендей, Acid. ferrooxidans қолдану шаймалау тиімділігін арттырады. Концентратты цианидпен шаймалау нұсқасында тек 12,4% алтын ғана қалпына келтірілді. Тек концентратты Acid. ferrooxidans өндегеннен кейін ғана Au (алтын) 82,5% -ды құрады. Химиялық талдаулар бойынша, тиосульфат пен сульфаттың болуы Бақыршық концентраттарынан алтынның алынуын тиісінше 87,7 және 86,8% -ға дейін ұлғайтты.

Кесте 10 - «Бақыршық» кен орнынан алтынды биошаймалау калдықтарынан әртүрлі еріткіштермен бөліп алу

п/п	Материал	ап. г/т	Еріткіштер, %					Алтынның бөлінуі	
			NaCN	NaOH	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Na_2SO_3	CuSO_4	мг/л	%
1	Флотациялы қ концентрат	70,3	0,2	0,15	-	-	-	2,61	12,4
2	Флотация концентраты	-	0,2	0,15	-	-	-	17,32	82,5
	-ның бактериялық-химиялық шаймалауынан	-	-	0,5	0,8	-	0,01	18,45	87,7
	кейін-гі кек	-	-	0,5				18,27	86,8

ҚОРЫТЫНДЫ

Тау - кен саласында, оның ішінде пайдалы қазбаларды байытуда биотехнологиялық әдістерді қолдану ең тиімдісі болып табылады. Биотехнологиялық әдіс өндірісте тірі организмдерді пайдалана отырып шаймалауды талап етеді. Шаймалау әдістерін өндіріске енгізу арқылы қиын бөлінетін минералды тиімді және тез, сонымен қатар артық шығындарсыз өндеуге болады. Алтынды-мышьяқты құрамы кедей, тастанды, баланстан тыс және қиын байытылатын кендерден алтынды сілтісіздендіру үшін белсенді реагент ретінде *A. ferrooxidans* бактериясын қолдану экологиялық тиімді әдіс болып саналады. Қазіргі таңда осы әдіс арқылы еліміздегі көптеген өндіріс орындары осы әдіс арқылы минералдарды байытуда қолдануда. Оның ішінде Шығыс Қазақстандағы орналасқан «Бақыршық» кен орны алтын-мышьяқты кеннен алтынды шаймалауда бактериялық шаймалауды қолдана отырып үлкен нәтижелерге жетіп отыр.

Алтын-мышьяк концентраттарын бактериялық шаймалау үрдісімен қатар, мыс-мырыш кендерін, никельді және полиметалл кендерін өндеуге

Арналған схемаларда биотехнологиялық әдіс барған сайын кенінен қолданылады. Бұл үдерістің жоғары тиімділігі мен табыстылығы және оның экологиялық қауіпсіздігі осы әдістің кеңінен қолданылатын және индустрияландырылған гидрометаллургиялық әдістердің арасында лайықты орынға жеткізеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Турысбекова Г.С., Бектай Е.К., Мерекутов М.А. Золото: Новые сырьевые источники. Вторичная металлургия. Аффинаж. / 2016. С. 76-90
- 2 Турысбекова Г.С., Бектай Е.К., Мерекутов М.А. Природные наночастицы и наноструктуры / 2017. С. 63-90
- 3 Чантурия В.А. Развитие золотодобычи и технологии обогащения золотосодержащих руд и россыпей / В.А. Чантурия, Г.В. Седельникова // Горный журнал. 1998. №5. С. 4-9.
- 4 Комогорцев Б.В. Проблемы переработки бедных и упорных золотосодержащих руд / Б.В. Комогорцев, А.А. Вареничев // Горный информационно-аналитический бюллетень наунотехнический журнал, 2016. №2. С. 204-218.
- 5 Мезина О.А. Новый метод извлечения золота из руд и концентратов / О.А. Мезина, Н.М. Теляков // Записки горного института, 2004. Т.159. № 2. С. 119-121.
- 6 Лазутин Н.А. Развитие микроорганизмов в процессе кучного выщелачивания золотосульфидных руд / Н.А. Лазутин, Л.И. Зайнитдинова // Узбекский биологический журнал, 2006. №1. С. 87-91.
- 7 Теляков Н.М. Перспективы применения биотехнологий в металлургии и обогащении / Н.М. Теляков, А.А. Дарьин, В.А. Луганов // Записки Горного института, 2016. Т.217. С. 113-124.
- 8 Плаксин И.Н. Взаимодействие сурьмяных и мышьяковых минералов с цианистыми растворами при извлечении золота / И.Н. Плаксин, М.Д. Ивановский. М.: Металлургиздат, 1940. С. 409-425.
- 9 Канаев, А.Т., Хамуда, Р.А., Камалов, М.Р. Влияние концентрации меди, молибдена, цинка и алюминия на окисляющую активность *Acidithiobacillus ferrooxidans* // Биотехнология. Теория и практика. - 2008. - № 3. - С. 86-90.
- 10 Камалов, М.Р., Канаев А.Т., Хамуда, Р.А. Биотехнология доизвлечения золота из хвостов цианирования // Биотехнология. Теория и практика. - 2008. - № 2. - С. 94-99.

А қосымшасы

А Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі

А.1 Кәсіпорын алаңын жоспарлау және жақсарту

Металлургиялық кәсіпорындарда орын алатын жазатайым жағдайлар көбінесе жобалау кезінде ережелер мен нормалардың сақталмауынан, техникалық регламент талаптарын бұзудан және жұмысшылар мен қызметкерлердің қауіпсіздік шарттарын сақтамауынан болады. Осының алдын алу үшін, цехты немесе кәсіпорынды жобалау кезінде қателіктер мен кемшіліктер жіберілмеуі тиіс. Себебі бұл жазатайым жағдайлардың, техногенді апаттардың, өрттер мен кәсіптік науқастанудың жанама, тіпті тікелей себебі де болуы мүмкін. Барлық ұйымдастырушылық және техникалық амалдарды қолдана отырып, өндірістің қауіпсіздігін қамтамасыз ету өндіріс басшылары мен мамандардың ең маңызды міндеттерінің бірі болып саналады.

Еңбек қорғаудың әртүрлі тәсілдерін негізгі 4 топқа бөлуге болады: өндірісін пен еңбекті ұйымдастыру; кәсіпорындар мен цехтардың құрылымы; технологиялық процестер мен жабдықтар; жеке қорғаныс. Еңбек ету жағдайын жақсарту – бұл осы аталған топтардың барлығын қамтитын кешенді шараларды іске асыруды талап етеді. Өндіріс пен еңбекті ұйымдастыру, маманды таңдап алу, жұмыс және демалыс уақытының регламентін тағайындау, еңбек тәртібін тағайындау, жұмыстарды дұрыс жүргізу, стандарттарды, гигиеналық нормативтер мен қауіпсіздіктің техникалық нормативін тағайындау, ережелер мен қауіпсіздік техникасының нұсқаулықтарын жасақтау – міне осы жұмыстарды кешенді ұйымдастыра білу қажет.

Еңбек қорғау бөлімі осы заңдық актілерді негізге ала отырып, күрделі және жан – жақты жұмыс жүргізеді. Гигиена мен еңбек мәдениеті, рационалдық жарықтандыру, желдету құрылғылары, электр қауіпсіздігі, шумен және дірілмен күресу, өрт қауіпсіздігі және осындай қалыпты еңбек жағдайын қамтамасыз ету жөніндегі көптеген сұрақтар үнемі осы бөлімшенің назарында болады. Жұмысшылар мен қызметкерлердің қауіпсіздік ережелерін сақтауын бақылау мақсатында құрылған комиссия мен тәуелсіз инспекторлар үнемі рейд жүргізіп, қадағалап отырады.

А.2 Технологиялық құрылғыларды қауіпсіз пайдалану және орналастыру

Бұл дипломдық жобада Астаналық аффинаж зауытының күмісті, алтынды алу цехтың құрамына кіретін концентраттарды тікелей балқыту процестері қарастырылады. Жобаланатын цехтың негізгі жабдығы – газ жүретін және

А қосымшасының жалғасы

шаңды – газды қоспаларды тазарту жүйесімен қамтамасыз етілген.

Сонымен қатар, цехтың құрамына бас ғимарат, қоймалар, әкімшілік – тұрмыстық ғимарат кіреді. Бас ғимаратта негізгі алаң, суық материалдарды дайындап, айналмалы өнімдерді шығаратын қосымша бөлімшелер бар. Кендік флюс транспортер арқылы конвертердің бункеріне түседі. Газ шығатын құбырдың артында шаң аулау камерасы орнатылған. Газдар камерадан өткеннен кейін, алдымен циклондарда ірі шаңдардан тазартылып, одан әрі құрғақ электр сүзгіштеріне жіберіледі, мұнда газдарды ұсақ шаңдардан тазартады. Тазартылған газдар күкірт қышқылы өндірісіне шикізат ретінде беріледі. Шаңды камера мен газ арналары герметикалық қабатпен қапталған. Балқытылған шикізат пен өнімдерді және суық материалдарды тасымалдауға сәйкесінше ковштар, көпірлі және магнитті – грейферлі крандар қолданылады. Конвертерлеу цехының құрылысына арналған алаң келесі тұжырымдарға негізделіп таңдалынды – барлық процестердің кешені бір өнеркәсіпке біріктірілген, кен орындары жақын орналасқан, автокөлік және темір жол магистральдары бар, бұл шикізат пен өнімдерді тасымалдауға қолайлы, өндіріс ауданы сумен, энергия көздерімен және жұмыс күшімен қамтамасыз етілген.

А.3 Көтеру – көліктік құрылғылар

Көтеру – көліктік құрылғылар – жүктерді тасымалдауға (шикізаттарды, өнімдерді), оларды арнайы орнына дейін апару, пайдалану немесе сақтау, сондай – ақ осы процестердің механикаландыруына арналған.

Көтеру – көліктік құрылғылардың белгілері мынадай бойынша сыныпталады:

- функционалдық мақсаты бойынша (жүк көтергіш құралдар, тасымалдағыш жабдық, тиеу – түсіру жабдығы),
- бағыты бойынша жүктің орын ауыстыруы (көлденең, тік, еңіс),
- құрылымы бойынша жұмыс циклінің (периодты, үздіксіз іс – қимылды),
- түрі бойынша жетекті құрылғы (қол, электр механикалық, гравитациялық),
- түрлері бойынша конструкцияларды (стационарлық, жартылай стационарлық құралдары, еркін жүріп – тұру)
- негізгі техникалық параметрлер бойынша габаритті өлшемі, салмағы, жүк көтергіштігі, қуаттылығы.

А қосымшасының жалғасы

А.4 Электр қауіпсіздігі

Жобаланатын цехтағы ең назар көп аударылатын жағдай – электр қауіпсіздігі, себебі процесс негізінен тоқ күшімен жүргізіледі. Сондықтан кезекшілер электролиз бойынша сауатты болып, электр қауіпсіздігі бойынша екінші топта болуы тиіс.

Цехты жобалау кезінде электр қауіпсіздігімен қамтамасыз ету үшін ТЭЕ және ТҚЕ бекітілген барлық нормалар мен ережелердің орындалуы керек.

Барлық электрқозғалтқыштар қол жетпейтіндей жерленген. Кабельді желілер ғимараттың еден мен жабуларда орналасқан канал, блок және құбырлардан жүргізіледі. Цехта электр тоғы бар барлық қондырғыларды жерлендіру шаралары ескерілген. Сонымен қатар, жұмыс кезінде жұмысшыларда тоқ өткізбейтін қолғап болуы тиіс.

Цехтағы барлық тоқ жүретін аймақтар арнайы белгілермен белгіленіп, алдын ала ескертіледі.

Электр тоғынан сақтану шаралары:

- тоқ жүретін қондырғыларды оқшаулау;
- электроаспаптардың металды қораптарын жерлендіру;
- тоқ жүретін ауданды қоршау.

А.5 Жерлендіргішті есептеу

Грунттың меншікті кедергісін мына формуламен есептейміз:

$$P = P_{из} \cdot K_{п}, \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (\text{A.1})$$

мұндағы: $P_{из}$ – грунттың меншікті кедергісі, Ом · м
 $K_{п}$ – төмендеткіш коэффициент, 1,75 деп аламыз

$$P = 220 \cdot 1,75 = 385 \text{ Ом}.$$

Жерлендіргіштің тоғының кедергісінің таралуын есептейміз:

$$R = \rho/2l(1_{п} \cdot 2l/d + 0,5 I_n \cdot 4t + l/4t - 1). \quad (\text{A.2})$$

мұндағы: l – тік жерлендіргіштің ұзындығы, м
 d – тік жерлендіргіштің диаметрі м
 t – байланыс сызығының тереңдігі, м

Бұл тәуелділік келесі жағдайларда орындалады:

А қосымшасының жалғасы

$l \gg d; t_0 > 0,5 \text{ м.}$

t_0 – электрод тиелген тереңдік.

$$R = 385/2 \cdot 3,1 \cdot 1,5(\ln 2 \cdot 1,5/0,95 + \ln 4 \cdot 1 + 1,5/4 \cdot 1 - 1,5) = 63 \text{ Ом.}$$

Жерлендіргіш очагының кедергісі МЕСТ 12.1.030 – 81 бойынша $R^1 = 30 \text{ Ом}$ – ға тең. Тік жерлендіргіштердің санын келесі формуламен табамыз:

$$n = R/R_0 = 63/30 = 2,1$$

Жерлендірудің кедергісі 10 Ом – ға тең, негізгі рұқсат етілгені 10 Ом бұндай жағдайда комбинирленген жерлендіргіш МЕСТ 12.1.030 – 81 – ге жауап береді.

А.6 Жұмыс орындарының аттестациясы

Еңбек жағдайы бойынша өндірістік объектілерді аттестациядан өткізу – бұл өндірістік объектілердегі қауіптер мен зияндылықтарды анықтап, оларда жұмыс істейтін адамдардың денсаулығына зиянды және қауіпті факторлардың әсерін анықтап, қауіпсіздік пен еңбек қорғау бойынша жүргізілетін іс – әрекеттерді анықтау.

Өндірісте жұмыскерлердің еңбек қорғау бойынша нұсқаулықтан өткенін тіркеу журналы болуы тиіс және оған қоса олардың білімдерін тексерген комиссияның қорытынды хаттамасы тіркелуі тиіс. Еңбек қорғау бойынша нұсқаулықтар тізімі:

– кіріспе нұсқаулық – барлық жұмысқа қайта қабылданған жұмыскерлерге, олардың біліміне, осы мамандық немесе қызметі бойынша еңбек стажына, уақытша жұмыскерлерге, іс – сапарға келгендерге, өндіріске оқуға келген немесе тәжірибеге келген оқушыларға және студенттерге түгелдей жүргізіледі;

– алғашқы нұсқаулық – жеке жұмыс орнында және төменгі жағдайларды жүргізіледі: ұйымға барлық қайта қабылданған жұмыскерлерге, бір бөлімшеден басқа бөлімге ауысқан кезінде; жұмыскерге жаңа жұмысты орындағанда, іс – сапарға келгендерге, уақытша жұмыс атқарғанда; жұмыс істеп тұрған ұйымдардың территориясындағы құрылыстық – монтаждау жұмыстарын орындайтын құрылысшыларға; өндірістік тәжірибеге келген немесе оқуға келген оқушылар мен студенттерге;

– екінші реттік нұсқаулық – жұмыс стажына, арнайы біліміне, мамандығына тәуелсіз, бірақ орындалатын жұмыстың сипатына байланысты жарты жылда бір рет жүргізіледі;

А қосымшасының жалғасы

– жоспардан тыс нұсқаулық – қауіпсіздік пен еңбек қорғау бойынша нұсқауларды, ережелерді, стандарттарды қайта қарау немесе жаңаларын енгізу кезінде, сонымен бірге осы аталғандарға өзгерістер енгізілген кезде; еңбек қорғауға әсерін тигізетін, материалдарды, алғашқы шикізаттарды, аспаптарды, жабдықтарды ауыстыру мен технологиялық үрдістердің өзгеруі кезінде; жұмыскер қауіпсіздік талаптарын бұзып, салдары апатқа, жарылысқа немесе өртке, улануға алып келуі мүмкін болған кезде; бақылау – қадағалау органдарының талаптары бойынша жүргізіледі;

– мақсатқа сай нұсқаулық – тура міндеттерімен байланысты емес жұмыстарды бір рет орындау кезінде жүргізіледі.

Нұсқаулықтарды жүргізу және арнайы оқыту құзырлы орындармен бекітілген Ережеге сәйкес арнайы бағдарлама бойынша жүргізілуі қажет.

А.7 Техника қауіпсіздігі

Күміс электролизі цехындағы жұмыскерлерді арнайы қорғаныс киімдерімен қамтамасыздандырады, олар: арнайы етіктер, шаңға қарсы респираторлар, қорғаушы көз әйнектер, шуға қарсы аппараттар.

Шаңға қатысты жұмысы бар жұмысшыларды (ұнтақтаушылар, мөлшерлеушілер, прессовщиктер, броновщиктер, затарщиктер, т.б.) бас киім, жабық комбинезон, халат, респиратор, шуға қарсы аппараттармен қамтамасыз етіледі. Пеште жұмыс істейтіндерге арнайы аяқ киім, қорғаушы көз әйнек және қолғаптар, ал электролизершілерге резина етіктер мен қолғаптар беріледі.

Цех жұмысшыларына арнайы тағамдар беріледі, олар: сүт, айран және қаймақ. Бұл тағамдармен жұмыс кезінде міндетті түрде тамақтанады.

А.8 Жобаланған нысананың қоршаған ортаға кері әсері мәселері

Бірқатар цехтарды (ұнтақтау, ұсақтау, сорбция және т.б.) қамтитын байыту фабрикасы адам ағзасына әсер ететін және су мен ауа бассейндерін ластайтын шаң мен ластанған ағын суының ауқымды көлемінің түзілу көзі болып табылады.

Қоршаған ортаны қорғау мақсатымен байыту фабрикаларына, зиянды әсерді жою немесе қысқартуына әсер ететін, пайдалы қазбаларды өңдеу мен байытудың аса заманауи технологиялық процестерін ендіруде, сонымен қатар оларды ұстау мен бейтараптандыру бойынша әртүрлі шаралар жүзеге асырылуда.

Б қосымшасы

Б Алтын өндірісінің экономикасы

Б.1 Негізгі фондтың техника – экономикалық сипаттамасы

Гидрометаллургиялық цехтың жылдық өнімділігі 2452 тонна жылына. Гидрометаллургиялық цехтың алтын бойынша жылдық өнімділігі:

$$(2542 \cdot 99,5) / 100 = 1582,8 \text{ кг.}$$

Есептеу үшін бастапқы берілгендер:

- гидрометаллургиялық цехтың бастапқы концентрат бойынша жылдық өнімділігі – 2452 тонна концентрат жылына;
- сметалық құжат бойынша жалпы капитал – 1129536,644 мың теңге;
- ғимараттар бағасы – 561545,7134 мың теңге;
- құрылғылардың бағасы – 120720,38 мың теңге;
- категория бойынша жұмысшылардың саны – ИТР – 11, қызметшілер – 2, жұмысшылар – 32;
- электроэнергияның жылдық шығыны – 12019125,25 кВт;
- судың жылдық шығыны: қайталмалы – 22735,8 м³, тұрмыстық – 2273,6 м³, құрылғыларды эксплуатациялау – монтажсыз барлық құрылғылардың бағасынан 0,5 % – 603601,9 теңге.

Сметалық бөлім және тез тозатын жабдықтар мен инвентарь 10000 теңгеге есептегенде 1 жұмысшыға 1230000 теңге.

Объекті бойынша капиталенгізу есебі. Ғимарат бағасын есептеу гидрометаллургиялық цехтың сметалық баға көрсеткіштерімен орындалған. Құрылғылардың бағасын есептеу прејскурант негізіндегі құрылғылардың көтерме бағасымен орындалған. Монтаж, көлік және қойма құндарының шығыны жабдық құнынан пайызбен алынған. Электржабдығы және электржарықтандыру қуат 1 кВт бағасына жүргізген.

Гидрометаллургиялық корпус. Құрылыс көлемі – 45630 м³ бағасы 3200 теңге бойынша 1 м³ – ке – 146016000 теңге болады. Технологиялық металконструкциялар бағасы 42000 теңге болғанда 1 т үшін – 1000 м³. Құны – 1916460 теңге. Корпустың жалпы құны – 147932460 теңге. Құрылысқа кетеін шығындар – 26627842,8 теңге. Жоспарлық жинақталу – 3698311,5 теңге. Жалпы құрылыс жұмысы – 17825864,3 теңге. Қалған ғимараттар мен жабдықтарға капиталенгізу ұқсастырылып алынады.

Құрылыстың құрама сметасы. Орындалған есептердің нәтижелері бойынша құрылыстың құрамалық сметаның шығыны. Құрама сметасы 5.1 кестеде келтірілген.

Есептердің нәтижесі Б.1 кестеде келтірілген.

Б қосымшасының жалғасы

Б.11 Кесте – Құрылыстың сметалық есебінің құны

Аты	Жалпы сметалық құны, мың.тенге
Құрылыс ауданын дайындау	28077,29
Негізгі және қосымша тағайындалған объектілер:	
– ғимараттар және жабдықтар	561546,7134
– технологиялық жабдықтар	120720,38
– өзгеше құрылыстық жұмыстар	2807,73
– металлоконструкциялар	1916,460
– өндірістік инвентарь	603,6
– КИПиА құралы	18108,1
– электрожарықтандыру	665,5
– қалдық шаруашылығы	15847,241
Энергитикалық шаруашылықтың объектілері	9054,03
Көлік шаруашылығының объектісі	11600
Сыртқы жүйелер	2100
Көгалдандыру және сәулеттендіру	8423,19
Уақытша ғимараттар мен жабдықтар	11230,91
Басқа жұмыстар мен шығындар	44635
Құрылыс дирекциясы	6120
Жобалау – іздеу жұмыстары	105513
Эксплуатациялық кадрларды дайындау	26781
Ескерілмеген жұмыстар	53787,5
Барлығы	1,129536644

Б.12 Кесте – Объекті бойынша капиталдық шығындар

Ғимараттар мен жабдықтардың аты	Жалпы көлем, м ³	1 м ³ объектінің құны, теңге	Ғимараттардың құны, теңге	Сметалық құны, теңге
ӨТК	21402	3040	66525885,6	90208364,15
Компрессорлық	1880	1520	2986192	4072121,36
Реагенттер дайындайтын корпус	9830	3040	3055572	41537864,26
Қойма бөлімі	6840	1140	8265456	11293674,48
Химиялық лаборатория	6840	1140	8265456	11293674,48
Барлығы			11659856,16	561545713,4

Б қосымшасының жалғасы

Қалдық шаруашылығы. Айдалатын пульпаның көлемі:

$$46400 \cdot (1 + 4,4) \cdot 3,5 = 876960 \text{ т/км}$$

Қайта айналатын судың айдалатын көлемі:

$$46400 \cdot 4,4 \cdot 0,40 \cdot 3,5 = 285824 \text{ т/км.}$$

Пульпанасосты ұстау үшін кететін шығындар 6138720 мың теңгені құрайды. Қайта айналатын су жабдығына кететін шығындар 1857856 мың теңге. Пулпаны және суды айдау диаметрі 130 мм болатын құбырмен жүзеге асырылады. 3,5 метр тереңдікке еңгізгенде шығыны 33600 мың теңгені құрайды. қалдық сақтайтын қойманының және қайта айналатын су жүйесінің құрылысына 15536511 мың теңге кетеді. Қосымша объектілерге жалпы капиталдық шығындардан 2 % – ды құрайды және ол 310730,22 мың теңгені құрайды.

Қалдық сақтау қоймасы және су жабдығы құрылысының жалпы капиталдық шығындары 15847241,22 мың теңгені құрайды. Қайта айналатын судың көлемі:

$$148,6 \cdot 0,45 \cdot 340 = 22735,8 \text{ м}^3/\text{жыл.}$$

Б.2 Материалды шығындардың есебі

Эксплуатациондық шығындардғ есебі. 1 тонна шикізат құны 1000 теңге. Концентрат мөлшері жылына 2452 тоннаны құрады. Жылдық шығыны 46400000 теңге. Концентратты тасымалдауға кететін шығын жылына,яғни 2452 тоннаны бағасы 25 теңгеден, сонда жылдық шығыны 1160000 теңгені құрайды. Негізгі материалдардың құны Б.3 кестеде, ал қосымша материалдардың құны Б.3 кестеде келтірілген.

Б.13 Кесте – Негізгі материалдардың құны

Материалдардың аты	Шығын нормасы, кг/т	Жылдық шығыны т/жыл	Бағасы, тг/т	Жлдық суммасы, тенге
Аммоний сульфаты	6,86	318,3	4000	1273200
Гидрофосфат диония	1,33	61,71	4000	246840
Натрий цианиді	20	928	72877	67659856
Улы натрий	2,58	150	20900	2508000
Эктас	85	3944	5600	22086400

Б қосымшасының жалғасы

Б.14 Кесте – Қосымша материалдардың құны

Аты	Өлшемі	Мөлшері	Бағасы мың. тг	Қосындысы мың. тг
Реакторлар		6	10500	63000
Аралық чан	КЧР – 6,3А	3	150	450
Қойылтқыш ПТД	СЦ – 12А	3	5200	15600
Ультрасеп қойылтқыштары	СЦ – 4А	2	350	750
Нейтрализация		6	2625	15750
Агитаторлар 4,5*4,5	КЧА – 100РИФ	9	433,8	904,2
Агитаторлар 6*4,5	КЧА – 100РИФ	2	433,8	876,6
Аралық кран		1	1020	1020
Желдеткіш		5	252	1260
Ортадан тепкіш насос	ПР – 63/22,5	10	198	1980
Ортадан тепкіш насос	ПР – 12,5/12,5	8	198	1584
Элюирлеу бағанасы		1	350	350
Электролизер		1	2500	2500
Ескерілмеген жабдықтар 10%				10974,58
Барлығы				120720,38
Тасымалдау және жөнелтпе шығындары 6 %				7243,2
Технологиялық жабдықтардың монтажі 10 %				10974,58
Автоматизация құралдары 15 %				16461,87
Жалпы капитал				155400,03

Электрэнергия құны: $12019125,12 \text{ кВт} \cdot 7 = 84133875,84 \text{ тг.}$

Б қосымшасының жалғасы

Шығындалатын судың құны: таза $189040 \cdot 8 = 1511320$ тг.,

айналмалы: $22735,8 \cdot 8 = 181886,4$ тг.

Жабдықтарды ұстау және эксплуатациялау шығындары. Жабдық эксплуатациясы жабдық құнынан 0,5 % – ды құрайды:

$120720380 \cdot 0,005 = 603601,9$ тг.

Соңғы жөндеудің құны жабдық құнынан 3,5 % құрайды

$120720380 \cdot 0,035 = 4225213,3$ теңге.

Кезекті бөліктер және тез тозатын инвентарь жабдық құнынан 3 %:

$120720380 \cdot 0,03 = 3621611,4$ теңге.

Амортизациялық бөліп шығару жабдық құнынан 25 %:

$120720380 \cdot 0,25 = 30180095$ теңге.

Ғимарат және жабдықтар амортизациясы олардың жалпы құнынан 2,9 %:

$561545713,4 \cdot 0,029 = 16284825,69$ теңге.

Зерттеуге және сынауға кететін шығындар 1 % жұмысшылар жалақысының жылдық фондынан 1 %:

$527564871,6 \cdot 0,01 = 5275648,72$ теңге.

Еңбек қорғауға кететін шығын жалақы фондынан 5 %:

$527564871,6 \cdot 0,05 = 263782435,8$ теңге.

Аз бағалы және тез тозатын инвентардың құны ғимарат және жабдық құнынан 0,2 %:

$120720380 \cdot 0,002 = 241440,76$ теңге.

Б қосымшасының жалғасы

Б.3 Жұмысшылардың саны мен жалақысы

Б.15 Кесте – Жұмысшылардың саны мен жалақысы

	1 кг алтын			Алтын, жылына	
	саны	бағасы	сомасы	саны	сомасы
Элюат					
Электрэнергия	1351,15	1500	2027025	1582,8	2374200
Жалақы	–	–	7583,6		12019125,25
Амортизация 25 %			2567,2		4380000
			40		62500
Цех шығыны			2037425		1883582,525

Б.4 Өзіндік құнын, пайдасын, рентабелін және басқа экономикалық көрсеткіштерді есептеу

Концентратты өндеудің өзіндік құнының калькуляциясы Б.16 кестеде келтірілген.

Б.16 Кесте – Концентратты өндеудің өзіндік құнының калькуляциясы

Аты	Бағасы, тенге	Жылдық мөлшері	Жылдық қосындысы	Шығын
Концентрат	1000	46400	46400000	1000
Концентратты тасымалдау	25	46400	1160000	25
Натрий цианиді	72877	928	67629856	1457,5476
Әктас	5600	3944	22086400	476
Улы натрий	20900	120	2508000	54
Күкірт қышқылы	4000	11600	46400000	1000
Кальций сульфаты	4000	84	336000	7,2
Темір купоросы	20000	44,54	890880	19,2
Тұз қышқылы	4000	81,2	324800	7
Белсенді көмір	300000	15,3	4590000	99
Барлығы			448160046,2	9658,6

Дайын өнімнің көтерме құнын есептеу
1гр. алтынның өзіндік құны

$$\text{Өқ.} = 2027025 + 7583,6 + 2767,2 + 40 = 203742,5 \text{ тенге.}$$

Б қосымшасының жалғасы

Шартты түрде 1 гр. алтынның рентаблi 20 % болғандағы құны.
Рентабельдi келесi формуламен анықталады:

$$R = (П \cdot 100) / Г_{\text{шығын}}. \quad (\text{Б.1})$$

мұндағы: П – пайда, теңге;
Г_{шығын} – жылдық шығын, теңге;

$$R = (490617,475 / 1883582,525) / 100 \% = 26 \ \%.$$

Бұдан пайданы есептейміз:

$$П = (Г_{\text{шығын}} \cdot R) / 100, \quad (5.2)$$

$$П = 1582,8 \cdot 1500 - 1883582,525 = 490617,4755 \text{ теңге.}$$

Салықты ескере отырып, пайданы есептейіз:

$$П = П + 0,35П = 1,35П, \quad (\text{Б.3})$$

$$П = 134448013,9 + 47056804,8 = 181504818,7.$$

1 гр. алтынның бағасы:

$$П = Q_T \cdot \beta_{\text{Au}} \cdot E_{\text{Au}} (C_{\text{Au}} + \text{СБ});$$

және

$$C_{\text{Au}} = (П + Q_G \cdot \beta_{\text{Au}} \cdot E_{\text{Au}} \cdot \text{СБ}) / (Q_G \cdot \beta_{\text{Au}} \cdot E_{\text{Au}}), \quad (\text{Б.4})$$

$$C_{\text{Au}} = 181504818,7 + 46400 \cdot 41 \cdot 83,2 \cdot 283,14 / 46400 \cdot 41 \cdot 83,2 = 274,3 \text{ теңге.}$$

Салықты ескере отырып, 1 гр. алтынның бағасы келсiдей:

$$C_{\text{CB}}(\text{Au}) = C_{\text{Au}} + 0,28C_{\text{Au}} = 284,3 + 79,6 = 363,9 \text{ теңге.}$$

Кәсiпорынның өзiндiк құнын анықтау:

$$T = C_{\text{смет}} / П_p. \quad (\text{Б.5})$$

мұндағы: C_{смет} – кәсiпорынның сметалық құны, теңге;

$$T = 1129536644 / 181504818,7 = 4,2 \text{ жыл.}$$

