

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциалық емес
акционерлік қоғам.

Ө. А. Байқоңыров атындағы тау-кен және металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбалар байыту» кафедрасы

Жайықов Берік

Тақырыбы: «Қиын өңделетін алтын кендерін бактериалды шаймалау»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

6В07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ө. Байқоныров атындағы Тау – кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
МжПҚБ кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд.,
қауымдастырылған профессор
М.Б. Барменшинова
« 31 » 05 2023 ж.

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Темір кендерін өңдейтін, өнімділігі 20 млн.т/ж байыту фабрикасының
магниттік байыту бөлімінің жобасы»

6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту ББ

Орындаған

Батиханова А.М.

Рецензент:

тех.ғыл.канд., Д. В. Сокольский атындағы
жанармай, катализ және электрохимия
институтының сирек, шашыраңқы
элементтер секторының аға ғылыми
қызметкері

Шарипова А. С.
« 5 » июль 2023 ж.

Ғылыми жетекшісі:

Металлургия және пайдалы қазбаларды
байыту кафедрасының профессоры,
техникалық ғылымдарының кандидаты,
доцент

Шаутонов М.Р.
« 05 » 06 2023 ж.

Алматы 2023

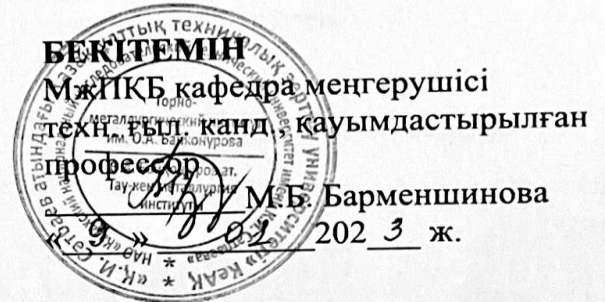
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ө. Байқоңыров атындағы Тау – кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

6В07203 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы



ТАПСЫРМА
дипломдық жобаны орындауға

Білім алушы Батиханова Айшолпан Марданқызы

Тақырып: «Темір кендерін өңдейтін, өнімділігі 20 млн.т/ж байыту фабрикасының магниттік байыту бөлімінің жобасы»

Басқарма Төреғасы-ректордың 2022 жылғы «23» қараша №408 бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «05» 06 2023 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері : _____

Дипломдық жобаның қысқаша мазмұны:

а) *Кіріспе. Кен орнының сипаттамасы. Жобаның технологиялық бөлімі;*

ә) *Шикізатты ұсақтау және ұнтақтау арқылы дайындау алу.*

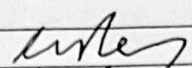
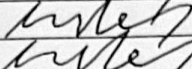
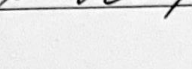
б) *Технологиялық сұлбаны есептеу негізінде алынған нәтижелер бойынша технологиялық құрал-жабдықтарды таңдау және есептеу*

Сызба материалдың тізбесі (міндетті сызбаларды дәл көрсетілуі тиіс): *фабриканың кен дайындау сұлбасы, сусыздандыру сұлбасы.*

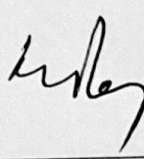
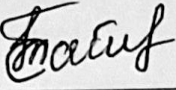
Жұмыс презентациясының _____ слайдтары ұсынылды

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 20 атаудан тұрады

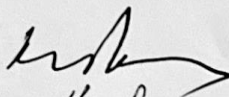
Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескертпе
Кіріспе бөлім	07.02.2023-26.02.2023	
Негізгі бөлім	28.02.2023-28.03.2023	
Технологиялық бөлім	1.04.2023-5.05.2023	

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған қолтаңбалары

Бөлімдердің атаулары	Кеңесшілер, А.Ж.Т. (ғылыми дәрежесі, атағы)	Күні қолы	Қолы
Жобаның технологиялық бөлімі.	Шаутинов М.Р, Металлургия және ПҚБ кафедрасының профессоры, техникалық ғылымдар кандидаты, доцент	19.05.2023	
Норма бақылау	Таймасова А.Н., техника ғылымдарының магистрі	31.05.2023	

Ғылыми жетекші



Шаутинов М.Р

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Батиханова А.М.

Күні

«05» мамыр 2023 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жоба 31 беттерден, 6 суреттен, 3 кестелерден, 30 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады.

Бұл дипломдық жобаның мақсаты – өндеуге қиын, құрамында алтын бар кендер үшін шаймалауда бактерияларды қолдану арқылы процестің нәтижесін жақсарту. Осы мақсатты іске асыру үшін үйінді бактериялық шаймалаудың мәселесін зерттеуге «Бақыршық» кен орны таңдалды.

Кенді бактерия арқылы үйінді шаймалау процесінің қазіргі уақыттағы жағдайы қаралды, металдық және материалдық баланс есептелінді, қоршаған орта мен еңбекті қорғау шаралары анықталды, өндірісте алынатын нормалар мен коэффициенттер нәтижелері бойынша процестің пайдалы әрекетін көрсететін есептеулер жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

Данная работа содержит пояснительную записку которая состоит из 31 листов, 6 рисунков, 3 таблицы и со списком использованной литературы из 30 наименований.

Целью данной дипломной работы является улучшение результатов процесса за счет использования бактерий в выщелачивании упорных золотосодержащих руд. Для реализации этой цели было выбрано месторождение «Бақырчык» с дальнейшим изучением проблемы кучного бактериального выщелачивания.

Рассмотрено современное состояние процесса выщелачивания руды, рассчитан металлический и материальный баланс, определены меры охраны окружающей среды и труда, проведены экономические расчеты, отражающие полезный эффект процесса по результатам норм и коэффициентов, получаемых на производстве.

ANNOTATION

This degree contains explanotary slip of 31 sheets, 6 pictures, 3 tables and list of references from 30 titles.

The purpose of this thesis is to improve the results of the process by using bacteria in the leaching of gold-bearing ores. To achieve this goal, the Bakyrchik deposit was chosen with further study of the problem of bacterial heap – leaching.

The current state of the ore leaching process is considered, the metal and material balance is calculated, environmental and labor protection measures are determined, economic calculations reflecting the beneficial effect of the process based on the results of norms and coefficients obtained in production are carried out.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Теориялық бөлімі	8
1.1	Алтын туралы жалпы мәлімет	8
1.2	Құрамында алтын бар шикізаттың сипаттамасы	9
1.3	Алтынды кендер мен концентраттардан бөліп алудың гидрометаллургиялық жолдары	12
1.3.1	Үйінді шаймалау процесінің теориялық негізі	12
1.3.1.1	Үйінді шаймалау процесінің химизмі	13
1.3.1.2	Үйінді шаймалау процесінің механизмі	15
1.3.1.3	Үйінді шаймалау процесіне әсер етуші факторлар	16
1.3.2	Бактериалды шаймалау	18
1.3.2.1	Сульфидті минералдардың бактериалды тотығуының механизмі	20
1.3.2.2	Алтынды микроорганизмдермен бактериалды шаймалауын реттейтін негізгі факторлар	21
2	Технологиялық бөлімі	23
2.1	Үйінді бактериалды шаймалауды қолдану	23
2.2	ҮБШ бойынша шетелдік тәжірибе	24
2.3	Бактериалды – химиялық шаймалау үшін үйінді дайындау мен құрылымы	29
2.4	«Бақыршық» кен орны	32
2.5	«Бақыршық» кен орнының қазіргі жағдайы	33
2.6	Екі есе қиын өңделетін кендерді өңдеудің мәселелері және олардың шешу мүмкіндіктері	33
3	Технологиялық есептеулер	36
3.1	Материалдық баланс есеп	36
4	Еңбек және қоршаған ортаны қорғау	37
	Қорытынды	38
	Қолданылған әдебиеттер	39
	А Қосымша	41
	Б Қосымша	49

КІРІСПЕ

Қазіргі кездегі мемлекеттің жылдам индустриялық – инновациялық жақтан дамытудың ең басты міндеттерінің ішіне минералдық – шикізат базасын кеңейту және Қазақстан Республикасының алтын қорын ұлғайту кіреді. Елімізде асыл металдардың өндіруінің жоғарлауына байланысты жер қыртысында кездесетін бай кен қорларының айтарлықтай азаюы байқалады. Бұл қиын, техногенді және күрделі шикізатты өндеуге тарту қажеттілігіне әкелді.

Алтын өндірудің көптеген жолдарының ішінде өнеркәсіпте ең жылдам дамып келе жатқан процестерінің бірі – үйінді шаймалау. Үйінді шаймалау негізінде өңдейтін шикізаттары кедей, кен байыту фабрикаларының қалдықтары және баланстан тыс кендер болып табылады.

Үйінді шаймалауда өтетін бактериялық – химиялық процестермен алтынды кендерден бөліп алу, шикізат базасын тиімді қолдануға мүмкіндік береді. Осы әдісті қолдану зиянды заттардың қоршаған ортаға шығарылуын айтарлықтай азайтады. Арнайы бактериялар анықтау арқылы металдарды, тіпті алтынды ерітумен бұл технология мүмкін болды.

Бұл әдіс жоғары тиімділікпен қатар, кен орындарды өндіруді едәуір жылдамдатуға мүмкіндік береді. Олардың іс жүзінде әмбебап болуы – өндірістің жаңа әдістерінің болашағы.

Құрамында алтыны бар кендерді үйінді шаймалауда микроорганизмдерді пайдалану минералдық шикізатты өңдеудің серпінді дамып келе жатқан саласы — биогeотeхнологияның бір бөлігін құрайды. Ол биологиялық синтезді қолдану, микробиологияның және биохимияның жетістіктеріне негізделген.

Адамзатқа пайда әкелетін жаңа, жоқ процестерді, организмдерді құру мен табиғи процестерді жетілдіру осы ғылымдардың жетістіктерінің арқасында мүмкін.

Цианды қосылыстарының улы болғанына байланысты, қоғамдағы су объектілерін қорғау мен олардың ағынды сулармен ластанбауын қамтамасыз ету мәселесі өте маңызды болып табылады.

Сол себептен үйінді шаймалауды жүргізу кезінде микроорганизмдерді қолдана отырып процесті жақсарту әдістері зерттеледі. Мысалы, металдарды ерітуге улы қосылыстарды қолдануға қарағанда, оған бактериялық активтілік нәтижесі арқылы қол жетуге болады. Осы әдіс қолданысы қоршаған ортаға зиянды заттар бөлінуін азайтуға және жұмсалатын реагенттер шығындарын төмендетуге мүмкіндік береді.

1 Теориялық бөлім

1.1 Алтын туралы жалпы мәлімет

Алтын – таза түрінде ашық сары түсті болатын жалғыз метал. Ол өте жұмсақ, басқалардан өзіндік созылмалық пен икемділігімен ерекшеленетін метал. Алтын барлық металдардан ең асылы болып табылады, және кристалдық торы бетке бағытталған текше түрде. Алтындық пластинадан өзінен жарық өткізе алатын фольга құрауға болады. Өтетін жарықта алтын түсі жасылға ұқсас және қалыңдығы 0.0001 мм – ге дейін болады. Пайда болған жұқа заттарды жапырақ алтын дейді және оны жасанды қабықтарға қолданады [1].

Бүгінгі таңда шығарылатын алтынның 97 % табиғи алтыннан, ал қалған 3 % оның, калаверит AuTe_2 , креннерит $(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$, сильванит AuAgTe_4 және петцит Ag_3AuTe_2 минералдарын түзетін, теллуридтерден алынады [2].

1 Кесте – Алтынның маңызды физикалық қасиеттері

Физикалық қасиеттері	Алтын
Атомдық номер	79
Атомдық масса	196,967
Атомдық радиус	0,144
Кристаллдық торының тұрақтысы, нм	0,40781
20°C – та тығыздығы, г/см ³	19,32
Қайнау температурасы, °C	2856
Балку температурасы, °C	1064,18
Моос бойынша қаттылығы	2.5

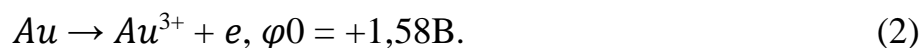
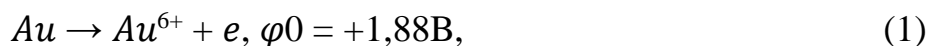
Көрсетілгеннен басқа алтынның жоғары жылу- және электрөткізгіштігін атап өтуге болады. Осы қасиеттерде алтын тек күміс пен мыстан төмен болып келеді [1].

Алтын 1-топтың d- элементіне жатады. Оның сыртқы электронды қабатында бір электрон, ал соңғы қабатында 10 электрон бар. Берілген электронды қабат белгілі бір жағдайларда электрондарды ішінара жоғалтуы мүмкін. Сондықтан алтынның тотығу дәрежесі +1 ғана емес, сонымен қатар +3 [1, 23].

Алтынның маңызды, өзіндік қасиеті ол оның төмен химиялық активтілігі. Алтын ауа ортасында, су болған уақытта да мүлдем өзгермейді. Оған дәлел ретінде ежелгі дәуірде алтыннан жасалған бұйымдар болады, олар қазіргі уақытқа дейін сол қалыпта сақталған. Жоғары температураларда алтын азот, күкірт, сутек, көміртек және оттегімен әрекеттеспейді [3, 23].

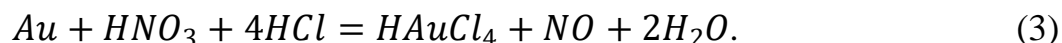
Алтын галогендермен қосылыс түзе алады. Бөлмелік температура өзінде оның броммен реакциясы басталады. Қыздыру кезінде фтор, хлор және йодпен процесс жүреді [3, 24].

Сулы ерітінділерде алтынның электродты потенциалы өте жоғары:



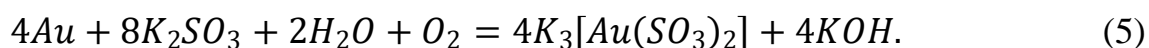
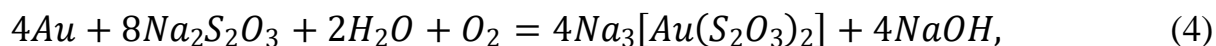
Осыған байланысты алтынның сілтілерде және күкірт, азот, тұз, фтор, сондай-ақ органикалық қышқылдарда еруі мүмкін емес [3.24]. Алтын сілтілі және сілтілі жер металдарының цианидтердің оттегінің қатысуындағы сулы ерітінділерінде, хлорға бай тұз қышқылында, патша арағында жақсы ериді.

Алтынның еру реакциясына мысал:



Осы ерітіндінің реакциясынан түзілгенді мұқият буландырудан хлорсутекті алтын қышқылының $HAuCl_4 \cdot 3H_2O$ сары кристаллдарын алуға болады.

Одан басқа, тиосульфатты және сульфитті ерітінділерде тотықтырғыштың көмегімен алтын комплекстер түзумен ериді:



Тиосульфатты және сульфитті ерітінділер аз қауіпті, бірақ олар алтынның ерітіндіге төмен бөліп алу дәрежесімен белгілі.

1.2 Құрамында алтын бар шикізаттың сипаттамасы

Алтын басқа да асыл металдар сияқты өте сирек кездесетін метал болып табылады. Геохимиктер мәліметтері бойынша, алтынның жер қыртысында орташа үлесі $5 \cdot 10^{-7}\%$ немесе 5 мг/т, бұл күміс кларкынан 20 есе аз. Жанама мәліметтерге сүйенсе, алтынның жер шарының ядросында үлесі жоғары екені белгілі. Теңіз суында алтынның үлесі төмен. Ондағы алтын концентрациясы 0,001-0,01 мг/ м³.

Құрамында алтын бар кен орындар екі түрге бөлінеді: алтын бос түрде кездесетін – шашыраңқы, бос түрде немесе қатты кристалды жыныстармен байланысқан түрде кездесетін – жергілікті [4].

Заманауи, жақсы дамыған шашыраңқы кендерде алтынның экономикалық минималды үлесі 0,1-ден 0,15 г/т-ға дейін. Жабық кен орындары үшін, кен құрамы мен сипатына байланысты, оның экономикалық минимумы 3-5 г/т. Сирек кездесетін бай кен орындарында алтын жүз г/т бола алады, шашыраңқы құмдарда 150-300 мг/м³.

Өзінің химиялық инерттілігінің арқасында алтын жиі түрде кендерде қосылыссыз кездеседі. Олар кенде дұрыс емес пішінді түрлерде қалыптасқан: сым тәрізді, губка тәрізді, қабыршақты, түйіршікті, ілмекті. Бөлшектердің химиялық құрамы үлкен шектерде өзгеріп тұрады. Алтынмен көбінесе бірге кездесетін қоспалары – күміс, мыс, темір, сирек жағдайда аз мөлшерде – мышьяк, висмут, теллур, платина және басқалары. Осындай қоспа түріндегі алтын мөлшері 75-90 % -ға жуық.

Метал түрінде алтынды алудың көздері:

- Құрамында алтын бар кендер;
- Полиметалды, платиномысты-никельді және алтынқорғасынды-мырышты сульфидті кендер;
- Екінші ретті шикізат.

Алтын бар кендер құрамында металды алтын, теллуридтер және селенидтер бар қиылысқан жыныстар болып табылады, жиі түрде сульфидтерде немесе кварцта. Полиметалды кендерде сульфидті минералдар алтын тасымалдауыштар болып келеді.

Ең маңызды технологиялық сипаттамалардың біріне түйіршіктердің ірілігі жатады. Алтын ірілігіне байланысты оларды мынандай түрлерге жіктеуге болады [4]:

- Өте ірі алтын (ірілігі 1 – 5 мм)
- Ірі алтын ірілігі (0,1 – 1 мм)
- Ұсақ алтын (0,001 – 0,1 мм)
- Жұқадисперсті алтын (0,001 мм-ден төмен)
- Субмикроскопиялық алтын (0,1 мкм-ден төмен)

Тотығу дәрежесіне байланысты кен бірінші ретті (сульфидті), жартылай тотыққан (аралас) және тотыққан деп бөлінеді.

Қазіргі кезде ең жиі қолданылатындары бірінші ретті кендер. Бірінші ретті кендерде сульфидтер үлесі 80-90 %-ға барады. Кейбір кендерде тотықты минералдарда кездеседі, бірақ аз мөлшеріне байланысты технологиялық өңдеуге әсер етпейді [5].

Тотықты кендер құрамында темір тотықтары болуымен сипатталады. Кейбір кендерде басқа металдардың тотықты минералдары мен шламды компоненттер болады. Кендерде сульфидтер аз мөлшерде болып, процеске ешқандай әсер етпейді. Темірдің және басқа металдардың тотықты минералдары жартылай тотықты, сульфидті кендерде кездеседі [5].

Баланстан тыс кен баланстық кеннен айырмашылығы – құрамында пайдалы компоненті аз материал. Осындай кендер категориялары бір кен орынның өзінде өзгеріп отырады. Солай, «Раунд Маунтин» АҚШ кен орнында 1992 жылы 0,4 г/т Au борттық құрамы (кендердің санаттарын сапасы бойынша бөлінетін) 0,2 г/т дейін төмендеді. Осы тенденция басқа кен орындарында орын алады.

Алтын түйіршіктерінің ҮШ кезінде ерітіндімен байланысып, сұйық фазаға өту үшін кенді ұсату қажет. Бір жағынан, металдың бөліп алуының жоғары жылдамдығын қамтамасыз ету үшін, ерітіндінің түйіршіктер арасында өте қолайлы ағып өтуі керек. Үйінді шаймалау кеннің алдын ала дайындалуын қажет етеді, әдетте ұсату немесе ұсату мен агломерация немесе тек агломерация (майда ұсатылған кендер мен флотация қалдықтары үшін), шикізат типіне байланысты.

Кесте 2 – Әртүрлі өндірістік кен орындарының минералды құрамы бойынша түрлерінің ҮШ әдісімен игеруге жарамдылық деңгейлері

Алтын кен орындарының эндогендік түзілуі	Түзілу сипаттамасы	Үйінді шаймалауға жарамдылық деңгейі
1	2	3
Алтынкварцты, Алтынсульфидті-кварцты	Кварца алтын негізінде бос түрде болады, кейде сульфидтерде.	Өте жарамды (кварцатағы жұқа дисперсті алтындардан бөлек)
Алтынсульфидті	Кендер құрамында негізгі роль ойнайтын минералдар – пирит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, сфалерит, галенит. Алтын сульфидтермен тығыз байланысқан. Кен орындар шөгінді және эффузивті қабаттардағы алтын сульфидтерінің қиылысу аймақтарымен ұсынылған.	Жарамды емес
Алтын-карбонат-сульфидті	Карбонатты қалыңдықтардағы және олардан түзілетін метасоматиттердегі кен орындар	Жарамды
Алтынсиликатты	Кен орындары сульфидті және алтын минералдануы бар скарн шөгінділерімен және граннтонд массивтерімен байланысты	Жарамдылығы төмен
Алтын-халцедонды-кварцты	Алтынның жоғары күмістілігі және күміс минералдардың көптігі тән, ал кейбіреулері үшін теллуридтердің болуы.	Жарамды немесе жарамдылығы төмен

Кесте 3 – ҮШ процесі үшін сульфидтердің әртүрлі мөлшердегі кендердің жарамдылық деңгейлері

Кен сипаттамасы	Сульфидтер үлесі, %	Үйінді шаймалауға жарамдылық деңгейі
Кедей сульфидті	2-ге дейін	Өте жарамды
Аз сульфидті	2 – 5	Жарамды
Орташа сульфидті	5 – 20	Жарамдылығы төмен
Жоғары сульфидті	20-дан жоғары	Жарамды емес

1.3 Алтынды кендер мен концентраттардан бөліп алудың гидрометаллургиялық әдістері.

1.3.1 Үйінді шаймалаудың теориялық негізі

Алтынның цианды үйінді шаймалаумен бөліп алу процесі 1967 ж. АҚШ-тың Тау-кен Бюросымен ұсынды және 1980 жылдардан бастап жақсартулардан кейін тотыққан алтын және күміс құрамдас кендерді өңдеудің тиімді әдісіне айналды [6].

Үйінді шаймалаудың алғашқы өндірістік қолданысы 1960 жылдар аяғында тіркелген. Ол кезде КарлинГолдМайнинг компаниясы Невада штатында ашылған алтын кен орнында тәжірибелер ұйымдастырды. Бірінші жоғары масштабты шаймалаумен 2 млн. тонна кедей кен өндіру 1970 жылдардың басында Кортес алтын кен орнымен (Невада штаты) жүргізілді.

Бастапқы материалдың бірқатар геологиялық және технологиялық ерекшеліктерімен байланысты, құрамында алтыны бар кендерге қатысты ҮШ-ды игеру соншалықты жақсы болған жоқ. Уран және мыс кендеріне қарағанда, алтын кендері минералды пішіндерінің, іріліктерінің, таралу біркелсіздігінің әртүрлілігімен және пайдалы компоненттің аз мөлшерімен сипатталады. Одан бөлек тағы бір мәселесі оны ерітуші реагентте – цианидте (әдетте натрий, калий немесе кальций цианиді түрінде), ол жоғары тиімділік пен селективтілікпен қатар өте улы зат болып табылады, оны пайдалану кезінде қауіпсіздік техникасы мен сыртқы ортаны қорғауды қатаң сақтау, ҮШ алаңдарының өткізбейтін қабаттарын құру, жауын-шашынның түсуін және т. б. есепке алу керек.

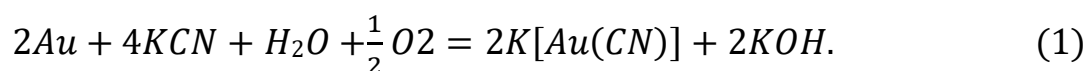
Кемшіліктерді есепке алу және түзету бүгінгі күні ҮШ-ды құрамында алтын бар кендерді өңдеудің перспективалық қосымша әдісі ретінде қарастыруға мүмкіндік берді.

Соңғы жылдары ҮШ технологиясын енгізу өте тез және өте тиімді. ҮШ әдісімен кенді өңдеу келесі технологиялық операцияларды қамтиды [7]:

- кенді әкелу (бастапқы материал);
- кенді дайындау;
- алаңды таңдау және дайындау;
- кенді үйінге жинақтау;
- кенді цианды ерітіндімен өңдеу;
- өнімдік және қайтарымды ерітінділерді жинау және сақтау жүйесін құру;
- металдарды бөліп алу циклі;
- қоршаған ортаны қорғау және ҮШ полигон рекультивациясы мен үйінді залалсыздандыру.

1.3.1.1 Үйінді шаймалау процесінің химизмі

Алтын және күмістің сілтілі және сілтілі жер металдар цианды ерітінділерінде ерігіштігі 1843 жылы орыс химигі П.Р: Багратионмен толықтай зерттелді. Сонымен бірге ол алтын мен күмістің ерітіндіге өтуіне оттек пайдалы әсер ететінің тұжырымдады. Алтын пластинкасымен Л. Эльснер 1846 жылы тәжірибе өткізді. Тәжірибеде ол циан ерітіндісінің бетінде қалқып жүрген және төңкерілген цилиндрде жабылған алтын пластинкасын қолданды. Соның нәтижесінде ол алтынның циан ерітіндісінде еруі үшін оттектің қажеттілігін дәлелдеді. Осы зерттеу негізінде, алтынның цианды ерітіндіде еру реакциясы:

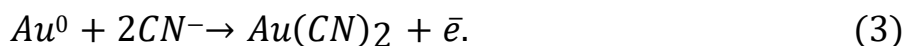


Калий цианиді немесе натрий цианидін қолдану жағдайында олар осы теңдеуде цианды калийді эквивалентті түрде алмастырады. Бұл теңдеу алтынның еруін тек жалпы түрде көрсетеді. Металдардың еруі кезде олардың алдын ала ионды күйге бөлінетіні белгілі, бұл зарядтардың атомдарымен байланысуын қажет етеді, яғни басқа процесс – артық электрондардың ассимиляциясы болуы керек. Сол себептен, алтынды еріту кезінде комплексті ион түзілу алдында, металды алтынның ионды түрге өту процесі жүруі керек [2]:



Оттегінің тотықсыздануының мүмкін жолдары алтын циан ерітіндісінде еріген кезде пайда болады:

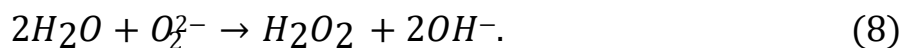
- алтын бетінің анодты бөліктерінде иондардың күрделі түзілуі жүреді және электрон бөлінеді:



Анодта артық электрондардың бөліну нәтижесінде, катодты бөліктерде оттегі тотықсыздануы жүреді:



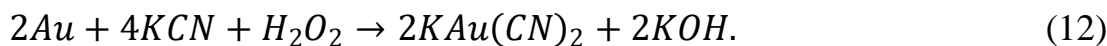
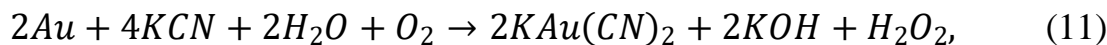
Оттегінің тотықсыздануы келесі екі сатыға өтіп, реакциясының аралық өнімі анон пероксиді ретінде түзілуі мүмкін:



Содан кейін берілген аралық өнімнің тотықсыздануы жүреді және гидроксил иондары түзіледі:

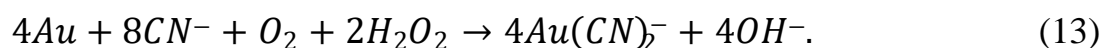


Г. Бодлендер алтынды еріту кезінде қатарынан екі реакция жүретінін айтады:



Сутегі асқын тотығының түзілуі суда еріген оттегінің тотықсыздану реакциясы нәтижесінде судың пайда болуымен бірге жүреді.

Қазіргі түсініктерге сәйкес, дәстүрлі түрде алтынды цианидпен ерітуге негіз болып саналатын иондық реакция осы теңдеумен өрнектеледі:



1.3.1.2 Үйінді шаймалау процесінің механизмі

Үйінді шаймалау процесінің негізі, кеннің үйінге жиналған түрінде жоғарыдан цианды ерітіндімен суарады. Ерітіндінің кеннің қабатынан баяу өтуі арқылы алтынды шаймалау жүреді.

Үйінді шаймалау, цианды ерітіндінің өтуіне болатын, кеуекті кендерді және алтын жырықтардың ішкі бетінде шоғырланған кендерді өңдеуге жарамды. Алтынның кендегі ірілігі қажетті түрде ұсақ болуы керек.

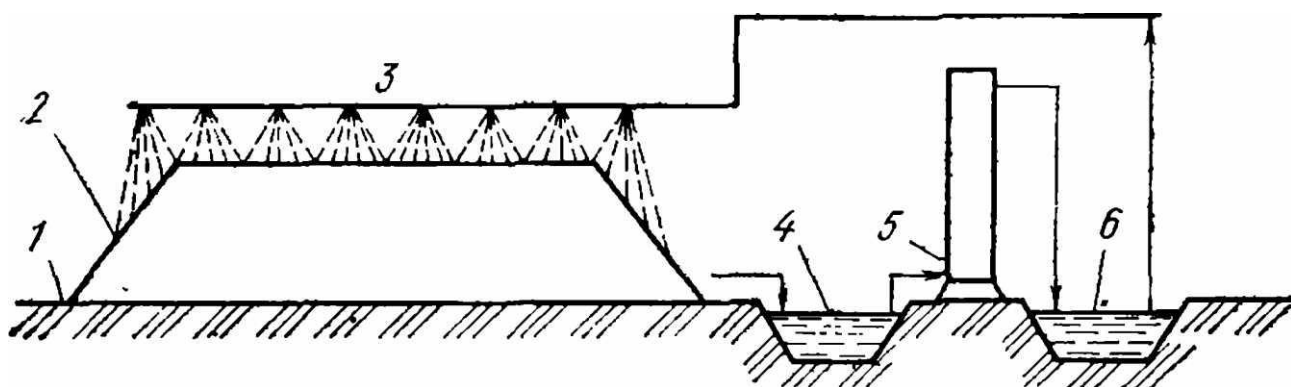
Әдетте, кен ірілігі 5-20 мм-ге дейін ұсатылғаннан кейін үйінді шаймалау ұшырайды. Бірақ та, кейде шаймалауға ірілігі 100 мм-ге баратын кен кесектері түседі. Сазды бөлшектер кеннің ерітіндіні өткізу қабілетін төмендетеді, сол себептен процес баяулайды және алтынның бөліну азаяды. Бұл жағдайда кенді цианид, цемент және сілті қосумен алдын-ала түйіршіктеу керек.

Үйінді шаймалау процесі арнайы дайындалған алаңдарда ашық жерде жүргізіледі. Алаңды су өткізбейтіндей жасайды. Беткі қабаты асфальт, бетон немесе тығыздалған глинадан тұрады. Кейде бұл үшін синтетикалық материалдардан жасалған пленкаларды қолданады. Ерітінділердің ағынын жеңілдету үшін, алаңды кішкентай көлбеулікпен (2 – 4°) орнатады [3, 26].

Алдын ала дайындалған алаңға үйіннің себілуі жүргізіледі. Бұл операция барлық технологияның ең маңызды бөлігі болып табылады. Үйіндідегі кен біртекті, массасы циан ерітінділерінің өткізгіштігі үшін бос болуы керек.

Негізінен үйіндіні төгу бульдозерлермен немесе алдыңғы тиегіштермен жасайды. Үйіндінің ең таралған пішіні – төртбұрышты қиықты пирамида.

Олардың биіктігі 3-тен 10-15 м-ге дейін өзгереді, сонымен қоса кен сыйымдылығы 100-200 мың тонна жуық болады.



- 1 – су өткізбейтін негіз; 2 – үйін; 3 – шашыратқыштар; 4 – құрамында алтын бар ерітінділердің жинағыш бассейні; 5 – алтынды тұндыру қондырғысы; 6 – алтыннан арылған ерітіндінің жинағыш бассейні.

1 сурет – Үйінді шаймалау

Үйінділер циан ерітіндісімен, оларға орнатылған шашыратқыш құрылғыларды қолдана отырып суарылады. Ерітіндінің берілу жылдамдығы кеннің табиғатына байланысты өзгеруі мүмкін – тәулігіне 1 м^2 үйінді бетіне $0,15 - 3 \text{ м}^3$ -ке дейін. Цианды ерітіндіде NaCN концентрациясы $0,05 - 0,1 \%$, pH 10-11. Қорғаушы сілті ретінде кейде каустикалық сода қолданылады, себебі әк шашыратқыштардың жиі бітеліп қалуын тудырады [3, 26].

Құрамында алтын бар ерітінді үйіннің негізінен ағып шығып, дренажды арналарға өтеді. Олар пластикпен қапталған, және үйіндінің жанында оның бойында орналасқан. Бұл арналармен жинағыш бассейнге бағытталады. Асыл металдар активтендірілген көмірмен сорбция арқылы тұндырылады. Алтыннан арылған ерітіндіге цианид пен сілті қосып, шаймалау процесіне қайтарылады. Сүзу процесінің соңында үйіндіде еріген алтынды жуу үшін сумен суарылады, кейін құрғатылған кен қоймаға тасымалданады. Технологиялық циклдің ұзақтығы үйінді төгуді, циан ерітіндісімен суаруды, сумен жууды, жуу ерітіндісін ағызуды және түсіруді қосқанда шамамен 30-90 күн болады. Алтын және күмістің бөліп алу дәрежесі $50 - 70 \%$ аспау керек.

1.3.1.3 Үйінді шаймалау процесіне әсер етуші факторлар

Алтынды ҮШ процесінің қолданылуына және тиімділігіне өңделетін кендердің геолого-минералогиялық, технологиялық ерекшеліктерімен қоса әртүрлі факторлар әсер етеді.

Жалпы жиынтықта геолого-географиялық топтағы факторлар қаралып жатқан процестің сәтті орындалуын анықтайды.

Кен орнының географиялық орналасуы ҮШ көрсеткіштеріне ерекше әсер етеді, оны жиі қолданудың орындылығын анықтайды. Қолайлы географиялық жағдайлар:

- инфрақұрылымы дамыған аудандарда және бірінші кезекте жұмыс істеп тұрған тау-кен өндірісінің қасында ҮШ объектілерін орналастыру;

- шаймалау жүргізудің ұзақ мерзімін қамтамасыз ететін және бөліп алудың химиялық процесіне әсер етпейтін (төмен температура металды ерітіндіге ауыстыру кинетикасын баяулатады) қолайлы климаттық жағдайлары бар аудандарда ҮШ полигондарының орналасуы, ерітінділердің балансына әсер ететін және процесті басқаруды қиындататын жауын-шашын мөлшері мен олардың түсу сипатын (нөсер немесе біркелкі) есепке алу. Жауын-шашын мөлшері аз және ұзақ уақыт жылы аудандарда орналасқан кен орындары қолайлы;

- жердің қолайлы рельефі және ҮШ объектісін орналастыру үшін жеткілікті жер ауданы;

- процесті жүргізуге жеткілікті мөлшерде тұщы судың болуы;

Цианды шаймалауды қолдануға қатысты экологиялық аспектілерге байланысты талаптар географиялық жағдайлармен байланысты [2].

Ашық ауада ҮШ ұйымдастырудың ерекшелігі әртүрлі табиғи

құбылыстардың – жаңбыр, қар, құрғақшылық, жел және т.б. әсер етуі. Бұл құбылыстар белгілі бір шамада процестің көрсеткіштеріне әсер етеді және полигонның жобалануы кезінде есепке алынуы керек. ҮШ учаскелері әртүрлі климаттық аймақтарда орналасады, өндірісті ұйымдастыру кезінде осы ауданда басым метеожағдайлар ескеріледі. Бір жағдайда – бұл қатал климаттық аймақтар, екіншісінде – қалыпты жаңбыр немесе қатты құрғақшылық бар аймақтар. Кейде климаттық жағдайлар ҮШ алтын әдісін қолдану мүмкіндігі мен сәттілігін анықтайды.

ҮШ процесінің компоненттерінің химиялық әрекеттесу жағдайларына әсер етеді:

- кендердің минералды және затты құрамы;
- реагентпен байланыс үшін пайдалы компоненттің қолжетімділігі;
- кеннің тиімді кеуектілігі;
- алтынның және алтын құрамдас минералдарының болуы.

ҮШ кезінде қолайлы технологиялық көрсеткіштер әртүрлі вулкандық жыныстармен, екінші ретті кварциттермен, кварц-сульфидтермен ұсынылған кендерді өңдеу арқылы алынады. Алтынның ҮШ айтарлықтай тәжірибесі негізгі жыныстардың заттық құрамының, металдың цианидті алу нәтижелеріне әсерін нақты анықтауға мүмкіндік берді.

Тұнбаларда жиі кездесетін көміртекті және органикалық заттардың алтынның ертінідігіе өту мөлшеріне теріс әсер ететіні бекітілді. Бұл құбылыс осы компоненттердің алтынцианды комплекске жоғары сорбциялық ұқсастылығымен байланысты. Сол себептен қарастырылған компоненттердің кенде шаймалау кезінде, алтынның ерітіндігіе өтуімен бірге көміртекті зат сорбциясының кері процесі жүреді.

Балшықты минералдардың жұқа дисперсті бөлігі де еріген алтынға қатысты белгілі бір сорбциялық қасиетке ие. Сонымен қатар олар кен бөліктері арасындағы сүзу арналарын толтырады және ерітінділердің ағып кетуіне жол бермейді. Бұл жағдай кейінге дейін балшықты заттар бар кендердің ҮШ ұйымдастыру мүмкіндігін шектеп тұрған.

Кендердің минералды құрамын және ҮШ бөліп алу процесіне әсерін қарастырған кезде негізгі келесі ерекшеліктерді келтіреді:

- асыл металдардың минералды пішіні;
- асыл металдардың бөлшектерінің бөліну іріліктері;
- минералда асыл металдардың таралуы және орналасуы;
- шаймалау процесінің жүруіне әсер етуі мүмкін кірме минералдар болуы;
- бастапқы материалдың тотығу дәрежесі.

Алтын құрамдас минералдардың кендерде ең тарағандары табиғи алтын мен электрум (құрамында 25 % астам күміс бар алтын). Осы минералдармен цианды ерітіндінің жақсы контакты кезінде олардың сұйық фазаға өтуінің жылдамдығы жоғары. Кендерде теллуридтер болатын жағдайда процестің кинетикасы ерітуден кейін қолайсыз, және алдын ала технологиялық операцияларды қажет етеді [2].

ҮШ жүргізгенде металдың еруінің белгілі қиындықтары алтын

түйіршіктерінің бетінде әртүрлі металдардан пленка болғанда пайда болады. Алда шаймалау процесінің өзінде осылардың түзілуі жүруі мүмкін. Пленкалар үздіксіз және қалың бола алады – осы жағдайда олар ерітіндінің минералдың түйіршігіне өтуіне жол бермейді. Егерде пленка кеуекті немесе аз орын алса бұл тек шаймалаудың жылдамдығының төмендеуіне себеп болады. Осындай мысал күмісті минералдардың еруіне тең дәрежеде сәйкес келеді [2].

Алтынның өлшемі жағынан ірі келетін түйіршіктеріне ерітіндімен ұзағырақ байланыс уақыты керек. Сондықтан осындай кендерден алтынды концентрат алу мақсатымен байыту процестерінен (флотация, гравитация) өткізеді. ҮШ үшін алтын түйіршіктерінің бетінді ешқандай қабықша, пленка болмауы және ірілігі 0,001-0,07 мм болуы қолайлы деп саналады.

Сонымен қоса еріткіштердің минералды түзілімдерге жетуі маңызды, бұл кеннің табиғи кеуектілігі мен жарықшақтығына, құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты. Әдетте, кендерде ұсақ алтын бос күйінде кездеседі, жырықтар бойымен, ішінара басқа минералдармен бірге пайда болады. Алтынның осы формалары мен түзілу орындары еріткіштерге оңай қолжетімді және метал сұйық фазаға салыстырмалы түрде тез ауысады. Кварцпен қапталған жұқа дисперсті алтынды алу мүмкін емес, өйткені бұл жағдайда кварц қақпағында кеуектіліктің болмауына байланысты диффузиялық шаймалау да жарамайды. Еріткіш алтынға оңай жеткен кезде, кеуектілігі жоғары жарылған кендерді шаймалау үшін ең қолайлы екені анық.

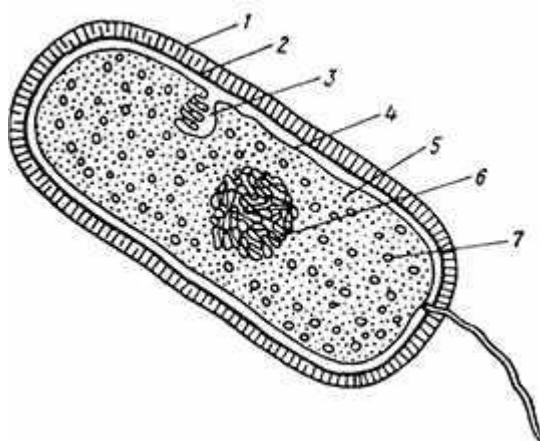
Еріту процесін жылдамдатын екінші маңызды фактор – минералды түзілімдердің бетін ашатын және еріткіштің алтынмен тікелей байланысы үшін минералды кішірейту. Осымен кен ішінде ерітіндімен еріген алтынның өтетін кеуектерінің ұзындығын азайтады [2].

Асыл металдардың ҮШ қолайлы жүру үшін әсер ететін тағы да бір фактор – өңделетін кендердің тотығу дәрежесі. Соңғы жылдары құрамында алтыны бар сульфидті кендердің цианды үйінді шаймалау алдында биотехнологиялық тотығуын өнеркәсіптік қолданудың алғашқы нәтижелері пайда болды, бұл баланстан тыс тотықпаған кендерді өңдеуге мүмкіндік берді.

1.3.2 Бактериалды шаймалау

Құрамында алтыны бар шикізатты ашудың ең заманауи әдістерінің бірі автоклавты және бактериялық шаймалау болып табылады. Химиялық тотығумен салыстырғанда бактериялық тотығудың айрықша белгісі темірдің үш валентті түрде бөлінуі (тікелей тотығу) болып саналады [11].

Темірді тотықтыратын бактериялар – *Thiobacillusferrooxidans* (Тионды темір тотықтырғыш), ал күкіртті тотықтыратын – *Thiobacillusthiooxidans* (Тионды күкірт тотықтырғыш) деп аталады. Егер бөлінетін метал ерітіндіге өткізілсе, онда ол биошаймалау процесі. Егер метал кенде қалатын болса, онда бұл биототығу [27].

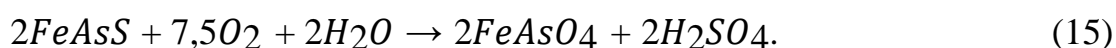
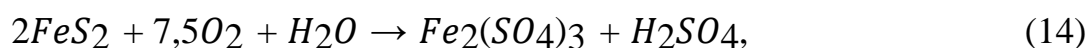


- 1 – шырышты капсула; 2 – клеткалы қабат; 3 – мезосомалар;
 4 – плазматикалық мембраналар; 5 – цитоплазма; 6 – нуклеоид;
 7 – рибосома

Сурет 2 – *Thiobacillusferrooxidans* жасушасының құрылымы

T. ferrooxidans микроорганизмдері прокариоттар класына жатады. Олар спора түзбейтін қозғалмалы, грам теріс, химоавтолитотрофты жасушалар. Олардың ұзындығы 0,8-1 мкм және қалыңдығы 0,4-0,5 мкм (сур. 2). Полярлық флагелланың көмегімен олар қозғала алады. Полярлық флагелланың ұзындығы 12 мкм, бұл жасушаның ұзындығынан бірнеше есе көп [13].

Бактериялар қатысында, сульфидтердің биохимиялық тотығу реакциялары осылай өтеді:



Бактериялардың рөлі сульфидтердің ыдырауында түзілетін өнімдердің тотығуын жылдамдатуға жатады; микроорганизмдер катализаторлар болып табылады, яғни электрондарды донордан (сульфидтен) акцепторға (оттекке) тасымалдайды. Пириттің биототығу дәрежесі микроқоспалар қатысында айтарлықтай жоғарлайды, және тотығу кезінде пириттің бетінде, сульфидтің тотығуын баяулататын, ярозит түзіледі. Пириттің тотығуы үшін оңтайлы шарттар: рН 0,8 – 3,0, температура 28 – 40 °С, пульпаның тығыздығы қаттының 10-20 % [8, 9].

Өндірісті масштабта бактериалды тотығу алғаш рет Фэйрвьюде (ОАР) қолданылды. Завод қиын өңделетін сульфидті кендерді өндіреді. Ең басты минералдар арсенопирит және пирит болып табылады. Арсенопиритте субмикроскопиялық ірілікте алтын шоғырланған. Құрамында 145 г/т Au: 29 % S: 8 % As бар алынатын сульфидті флотоконцентрат мышьяк пен күкіртті жою

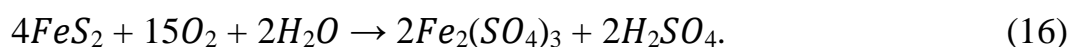
үшін екі сатылы күйдіру процесінен өткізіледі. Содан кейін пайда болатын күйіндіні циандауға жіберілетін [11].

1986 жылы осы заводта бактериалды тотықтыру үшін, өнімділігі 40 т/тәу. флотоциялық концентрат болатын құрылғы (BIOX) ойлап табылды. Бактерия ретінде *T.ferrooxidans* қолданылған. Нейтрализациялау үшін BIOX қышқылды ерітінділері пайдаланады. Темір арсенаты түрінде мышьяк тұндырылады. Бактериалды тотықтырудың өнімі цианданады, кейін алтын СІР процесі арқылы бөлініп шығарылады. Егер алтын пиритпен байланыста болса, процестің ұзақтығынан бактериалды шаймалау қолдану қолайсыз болуы мүмкін. Әдетте араластыру режимінде бактериалды шаймалау процесінің ұзақтығы 4-6 күнді құрайды. Пиритті минерализация кезінде бактериалды шаймалау 15-20 күнге созылуы мүмкін, бұл зауыттық технология бойынша кенді өңдеу қолайсыз [11].

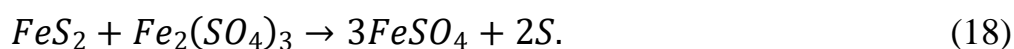
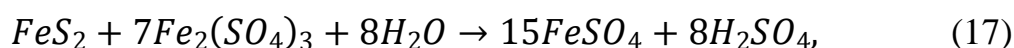
Бағалы минералдарды алуда жабдықтың оңайлығы, бактериялардың жылдам көбеюінің мүмкіншілігі сияқты артықшылықтар шығындарды төмендетеді. Сонымен қоса кедей және баланстанған кендерді қолдану шикізат қорларын айтарлықтай арттырады [11].

1.3.2.1 Сульфидті минералдардың бактериалды тотығуының механизмі

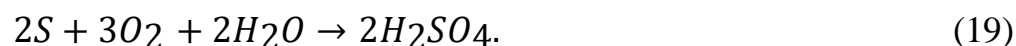
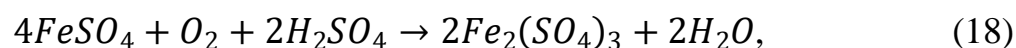
Тионды бактериялар сульфидті минералдарды тура және жанама түрде суда ерігіш сульфаттарға дейін тотықтырады. Бірінші жағдайда сульфитті минералдардың кристалды торын бұзылуы бактериялық ферменттік жүйелерді тартып, олардың тікелей тотығуымен жүреді. Екінші жағдайда сульфитті минералдардың тотығуы (II) темір мен темір бар сульфитті минералдардың тотығуының өнімі болып табылатын үш валентті темір әсерінен болады [10]. Осыған мысал ретінде пириттің бактериалды тотығуының химиялық процесін келтіруге болады:



Бұл реакция пириттің тура бактериалды тотығуын көрсетеді. Алынған темір (III) сульфаты темір (II) сульфаты мен элементар күкірт түзу үшін пиритті одан әрі тотықтырады [10]:



Реакция нәтижесінде темір мен күкірт бактериялар әсерінен тотығады:



Пириттің осы тотығу жолы жанама деп қарастырылады.

Тотығатын субстракт бетіндегі бактериялардың адсорбциясы сульфидті минералдарға биохимиялық әсер ету процесінен бұрын болады. Сульфидті минералдардан металдарды бактериялық шаймалау кезінде, олардың бетіндегі бактериялардың адсорбция процесі физикалық және химиялық сипатта болады. Физикалық тау жынысы молекулааралық әсерге байланысты, химиялық тау жынысы жасушамен минералдың кристалдық торының элементтері арасында химиялық байланыстың пайда болуына байланысты.

1.3.2.2 Алтынды микроорганизмдермен бактериалды шаймалауын реттейтін негізгі факторлар

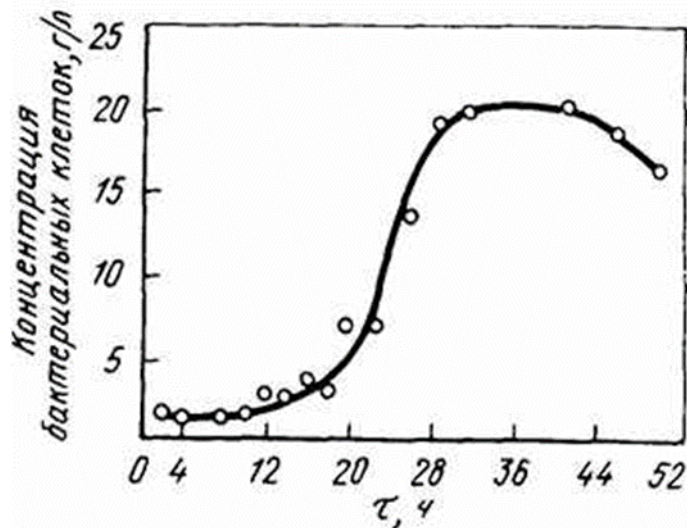
Алтын еритін қосылыстардың биосинтезі алтынды шаймалаудың микробиологиялық әдісінің бастапқы кезеңі болып табылады [10].

Жұмыста [12] *Bacillusmesentericusniger* және *Bacillusmegaterium* дақылдарының белсенді өзгерістері қолданылды, олар алтынды еріту қабілеті бойынша бастапқы штаммдардан едәуір асып түсті. Микроорганизмдер меласса және пептон орталарында 250 мл конустық колбаларда өсірілді, олардың құрамы айнамалы тербелістерде арастырылды (180-240 айн/мин). Популяцияның дамуы микроскопиялық түрде зерттелді [10].

Периодты өсіру жағдайында популяция өсімінің процестің ұзақтығына тәуелділігі анықталды. Аминқышқылдардың максималды синтезі жасуша дамуының сызықтық фазасында жүзеге асырылады.

Тұқымды материалда бактерияның жасы биосинтез нәтижелеріне маңызды әсер етеді. Егер тәуліктік культура (штамм 205) 1.1-1.2 мг/мл (амин азоты бойынша) мөлшерінде аминқышқылдарын синтездейтін болса, онда ұқсас жағдайларда төрт тәуліктік культура – 3 мг/мл дейін немесе одан да көп. Бірақ та аминқышқылдарының шығуы үлкен жастағы культуруда (5 тәулік) төмендейді [13].

Осылайша, үш- немесе төрттәулікті микроорганизмдерді таңдаған артық. Ерітінділердегі бактерияларды тікелей санау кезінде микроорганизмдер 32-37 °С-та және қоршаған ортаның аэрациясында ең қарқынды дамитыны анықталды [10].



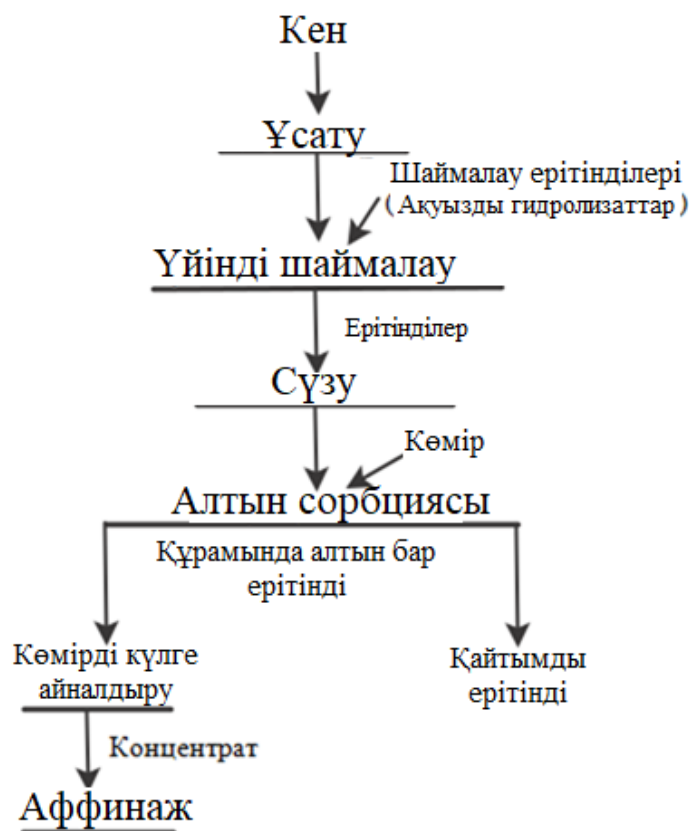
Сурет 3 – *Bacillus mesentericus niger*-129 популяциясының жоғарлауының өсіру ұзақтығына тәуелділігі

T. Ferrooxidans тіршілігі мен белсенді жұмысы үшін негізгі шарттарға ортаның температурасы, оның қышқылдығы, көмірқышқылы мен оттектің бар болуы [13].

Сульфидті кен орындарында айтылған бактериялардың таралуы үшін ортаны рН көрсеткіші маңызды рөл ойнайтыны белгілі. Қышқылды ортада рН 1,5 – 3,5 олардың максималды саны байқалады. Арсенопириттің бактериалды шаймалауы кезінде оптималды рН көрсеткіші – 2,2-2,3, ал алтын-мышьяқты концентраттарының шаймалауында бұл өлшем процесс уақытында 2,25 – тен 1,6-1,7 – ге дейін өзгеріп тұрады. Бұл сульфидті минералдарда күкірттің SO_4^{2-} дейін тотығуына арқасында болады [13].

2 Технологиялық бөлімі

2.1 Үйінді бактериалды шаймалауды қолдану



Сурет 4 – Алтын құмдарының үйінді шаймалаудың принципті сұлбасы

Алтын-мышьяқты концентраттардың бактериалды шаймалау процесінде сұйық фазада биомассаның концентрациясы 3-3,5 г/л, бұл жасушалардың 80% қатты фазаның беткі қабатында, ал 20% сұйық фазада деп есепке алғанда. Осындай концентрацияланған биомассаны қолдану арқылы біршама артықшылықтарға ие боламыз. Біріншіден, бұл шаймалау процесінің жүруін жылдамдатады және жалпы технологиялық процестің уақытын қысқартады. Екіншіден, шаймалауда пульпаға түскен иондар мен қосылыстардың баяулатқыш әсерін төмендете алады. Биомассаның концентрациясы процесте маңызды көрсеткіш болып табылады. Сондай-ақ, біз бұл үшін биомассаны үздіксіз сепараторлардағы немесе центрифугалардағы ерітінділерден бөліп алу арқылы қол жете аламыз. Шаймаланған ингибиторлық иондарды трансплантациялау кезінде биомасса қатты фазадан бөлінгеннен кейін бактериялық ерітіндімен бірге процеске оралады. Қайтарылған иондар арсенаттар түрінде тұнбаға түседі. Биомассаның концентрациясы, тотыққан

темір және ерітіндіде қаттының үлесінің қолайлы қатынасы 1:40:100 болып табылады. Осындай ара қатынас сульфидті мышьяқтың үлесінің екі есе тез төмендетуге мүмкіндік береді. Мысал ретінде алтын-мышьяк концентратында жоғары тығыздықта культураның 60 сағат шаймалау, нәтижесінде сульфидті мышьяқтың үлесі 8,7-тен 2,5%-ға түсті. Тығыздығы қалыпты культурада осындай көрсеткіштерді 120 сағатта алады [13].

Әртүрлі кендерден алтынның биошаймалау процесін реттейтін негізгі факторларды зерттей отырып, бұл әдіс кварц, жұқа дисперсті алтын, дала шпаттары тәрізді құрамында бос жыныстардың минералдары бар кендерден және құмдардан алтынды бөліп алу үшін ең тиімді болып табылады [13, 16].

Шаймалау процесі культуралы ерітінділермен жүргізіледі. рН 9-10 және натрий асқын тотығы болғанда ерітінділерде аминқышқылдары мен ақуыз кездеседі. Осындай ортада алтын бөліп алу дәрежесі 120-240 сағатта 70-82%-ға жетуі мүмкін. Шаймалау ерітінділерінде аминқышқылдарының ең қолайлы концентрациясы 3-5 г/л болып табылады [13, 16].

Aspergillus niger 119 – микроскопиялық зең саңырауқұлақтары болып табылады. Осы бактериялардың метаболизм өнімдерінің арқасында, ақуызды экстракттар мен гидролизаттар, алтынның тиімді бөліп алынуы жүреді. Осы өнімдерде алтынды еріте алатын әртүрлі аминқышқылдар бар. Бұл аминқышқылдарға: аспарагин, серин, фенилаланин, гистидин, глицин және басқалары кіреді. Гидролиз бен ақуыз экстракциясы концентрациясы 200 г/л болатын NaOH сілтілі ерітіндісімен жүреді [13, 16].

Кварц-карбонатты кендерден алтынды ұшсатылы шаймалау процесінде ақуызды гидролизаттар қолданылған. Шаймалауда Қ:С пропорциясы 1:2 болып, процес перколяторларда жүргізілген. Кен ірілігі 0,1 мм-ден төмен болған. Тотықтырғыш ретінде концентрациясы 4 г/л болатын калий перманганатын пайдаланды. 50 сағатты процес нәтижесінде 72% алтын бөліп алынды. Алтынды үйінді шаймалау процесі үшін, жұқа шоғырланған алтынды кедей кенмен ақуызды гидролизаттар қолдануға болады [13, 16].

2.2 УБШ бойынша шетелдік тәжірибе

Үлгі түрінде ОАР алтын өңдейтін бір фабрикасың талдауға болады, және бұл фабрика шаймалау материалы ретінде қалдықтарды қолданған. Бұл қалдықтардағы алтынның үлесі 3 г/т, ал U_3O_8 уран 0,23%. Барлық сақтау уақытында, жатқан шламды қалдықтар қопсытуға ұшырайды. Қопсыту дискілі соқаның көмегімен шамамен 30 см тереңдікке дейін жүзеге асырылады. Осының арқасында шламды қалдықтарды түйіршіктерге айналдыруға болады. Бұл түйіршіктер арқылы ауа, су, сондай-ақ бактериялар еш қиындықсыз өтеді. Бастапқыда құрамында 4,3% пирит бар шлам суарылады. Суару ерітіндісі ретінде сұйытылған H_2SO_4 ерітіндісі қолданылады. Қышқыл 1 тонна шламға 1,5 кг қатынасында жұмсалады. Бұл рН 2-3 дейін қышқылдану үшін жасалады, өйткені бұл қышқылдық бактериялардың дамуына жақсы әсер етеді және

түйіршіктердің құрылымын тұрақтандыруға мүмкіндік береді. Қопсылытылған шламға бактерияларды енгізу осы шламда бактериялық ерітіндімен суару арқылы жүзеге асырылуы керек. Сондай-ақ, бактерияларды бастапқы шламды 10:1 қатынасында бұрын тотыққан шлам қабатымен араластыру арқылы енгізуге болады. Дайындалған шлам үйінділерге жиналып, шамамен 15% ылғалдылыққа дейін сумен суарылады. Бұл формада минералдардың толық тотығуы үшін 60 күн сақталады. Операциядан кейін шлам уранды бөліп алу үшін сумен шаймаланады. Сосын қалған шлам нейтрализациялаудан кейін алтынды бөліп алу жүреді. Осы әдіспен 86-88% жуық уран, 60% алтын бөлініп алынады. Шығындар шамамен 1 тонна шламға 4,5 рэнд есептеледі. Бұл бағалы металдарды алу кезінде жинақталған шламдарға бактериялық шаймалау процесін қолдану үнемді екенін көрсетеді [30].

ОАР мемлекетінде Голд Флокс кәсіпорны полигонда БШ қалдықтарға қолдану тәжірибесін жүргізді. Бұл кәсіпорын Витватерсрэнд алтын кен орнында орналасқан. Бұл қалдықтарды өңдеу үшін Эрго компаниясы алтын мен уранды бөліп алудың технологиясын ойлап тауып жүзеге асырды. Технологияға флотация және алтын бар пириттің тотықты күйдіруі кіреді. Дайындаудан кейін күйіндіні циандауға жібереді. Күйдіру кезінде пайда болған күкіртті газдар күкірт қышқылын өңдеуге барады. Болашақта осы күкірт қышқылын пиритті концентраттан уранды шаймалауға қолданады [30].

Альтернативті жол ретінде қалдықтарды БШ-циандау технологиялық схемасы арқылы өңдеу зерттеледі. Бұған қалдық қоймасында белгіленген факт негіз болады. Микроорганизмдердің арқасында түзілетін пирит бар қалдықтардың беттік биохимиялық тотығуы анықталды. Тотығу процестерінің нәтижесі материалдың жоғарғы қабатының қалдық қоймасында түзілуі болып табылады. Осы жұқа қабатта тотыққан күйде пирит бар, ал алтын негізінен циандау үшін қолжетімді түрінде болады. Қалдықтардың негізгі бөлігі бастапқы тотықпаған күйден тұрады. Қалдықтардың ылғалдылығы 7,5 және 14% құрайды; қалдық қоймасының жоғарғы жағындағы рН 2,4, тотықпаған аймақта – 7,6. Үйінділердегі алтын 0,2-0,65 г/т шегінде, ал сульфидті күкірт 1,2-1,6% диапазонында болады [30].

Тәжірибелер нәтижесінде осы кен орнында 2,0x1,8x0,5 м үйінділерде қалдықтарды бактериялық шаймалау процесін модельдеу шешімі қабылданды. Сонымен қатар, әртүрлі параметрлер өзгерді. Тотыққан және тотықпаған қалдықтардың арақатынасы өзгерді, бактериялар, қоректік заттар мен темір енгізілді. Процестің ең жақсы технологиялық көрсеткіштері ұзақтығы 80 тәулік болатын бактериялық шаймалау қалдықтардан 75% алтын алу болдып табылады. Бұл көрсеткіштерге жету үшін тотыққан және тотықпаған қалдықтардың қатынасын 1:4 деп алу керек. Ерітіндіге міндетті түрде қосымша қоректендіргіш қоспалар (фосфор,азот) және қосымша микроорганизмдер енгізіледі. Жүргізілген эксперименттер жағдайында Fe^{2+} болуы БШ процесін баяулататыны анықталды. Бұл дәл сол қалдықтардың шаймалау көрсеткіштеріне қайшы келеді. Мұны темір (II) болмаған кезде және материалдың ылғалдылығы жеткіліксіз болған кезде бактериялар тіршілік ету

механизмі бойынша пирит түйіршіктеріне көшетіндігінен. Бұл жағдайда пирит бактериялар үшін жалғыз энергия көзі болып табылады [30].

Қалдық қоймасының шламдарының зерттеулері аяқталғаннан кейін, полигонды БШ технологиясының өндірістік тестілеуі өтті.

Қалдық қоймасының тестілеуге таңдалған жері ауыр қондырғыларға қол жетімді болды. Сынақ учаскесінде бөгеттен 100 м перпендикуляр екі жолақ (А және Б) өлшемдері 9x50 м. Осы жолақтарды арасында ені 15 м болатын аймақ қалды [30].

Қалдық қоймасында 1,2 м және одан төмен жатқан тотыққан қалдықтар алынып складқа жіберіледі. Бақылайтын жолақтар шамамен 22% тотыққан 78% тотықпаған қалдықтардың қоспасың алу үшін шамамен 0,46 м тереңдікте қос жүзді соқамен жыртылды. Әрбір сынақ жолығында 20x6 м өлшемді 3 аймаққа бөлінді, оларда рН-2 және 15 шашыратқыш бар су ыдысынан тұратын суару жүйелері орнатылды.

А жолағында А1 аймағы тиіспеген түрде қалды. А2 аймағына қоректендіргіш қоспалар енгізіліп, күкірт қышқылын қолданып рН көрсеткіші реттелді. А3 аймағы А2 аймағына ұқсас болды, бірақ қышқылдық ерітінділердің өңдейтін материалмен араласуын жақсарту үшін оның жері қосымша жыртылды. Б жолағында Б1, Б2, Б3 аймақтарға бөлінген. Бұл аймақтарда А жолағында жүргізілген жұмыстар жүргізілді. Оның басты айырмашылығы, Б2 және Б3 аймағына қосымша бактериялардың енгізілуімен байланысты. Процесс барысында барлық аймақта рН көрсеткіштері, Fe^{2+} және Fe^{3+} концентрациялары бақыланып, БШ қалдықтарында сульфидті күкірттің үлесі анықталды. Сонымен бірге, ылғалдылықты 15% деңгейде тұрақты ұстап отырылды. Бұл циклдің ұзақтығы 112 тәулікке тең болды. Циандаудың өнімдерінің сынағалары нәтижесінде БШ тиімділігі негізделді.

А2 және А3 аймағындағы тәжірибелер нәтижесінде биохимиялық ашылудың жақсырақ көрсеткіштер шықты. Сульфидті күкірттің үлесі 70-80 тәулікте 1,38-ден 0,74-0,78% -ға дейін төмендеді. Және циан еріген алтынның мөлшері 40-50-ден 70-75% -ға жоғарлады. Қоректендіргіштер қосу мен рН 2 көрсеткішінде ұстап отыру маңыздылығы анықталды. Эксперимент нәтижесі бойынша қосымша жер жырту арқылы жалпы БШ ұзақтылығы шамамен 1,5 есе қысқарды [30].

Осы көрсеткіштер бойынша БШ полигонының қалдығынан алтын алу технологиясың практикалық қолдану бойынша ұсыныстар берілді. Осы процес флотация – күйдіру арқылы қалдықты өңдеу сұлбасына қарағанда өте қолайлы екені атап өтілді. Бұл әдіс технологиялық және экономикалық тұрғыдан жоғары. Ең бастысы, бұл әдіс қоршаған ортаның ластануын азайтады.

Алтын құрамдас кендерді үйінді бактериалды шаймалау кенді міндетті түрде ұсақтауды және оны агломерациядан өткізуді талап етеді. Агломерация арнайы байланыстырушы материалдарды қолдану арқылы жүзеге асырылады және сонымен бірге түйіршіктерге бактериалды ертінділермен сіңіреді [30].

ИрГиредмет өзінің патентінде алтын кендерінің өңдеу әдісін ұсынды. Бұл патент, ұсатылған кеннің алдын ала циандауын өткізіп, тұнбаны жуып-шаю

қолдану арқылы пульпаны сүзу, кектерді байланыстырғыш материалдар арқылы араластыру. Байланыстырғыш материал ретінде цемент және темір сульфатын қолданады. Осы операцияларды жүргізгеннен кейін үйінді бактериалды шаймалауға кіріседі. Цемент пульпаға сүзуге дейін енгізіледі, ал темір сульфаты циандаудың кектерін жуып-шаю процесі кезінде енгізіледі. Алда үйінді бактериалды шаймалаудың өнімінен алтынды гидрометалургиялық әдістер арқылы бөліп алады [30].

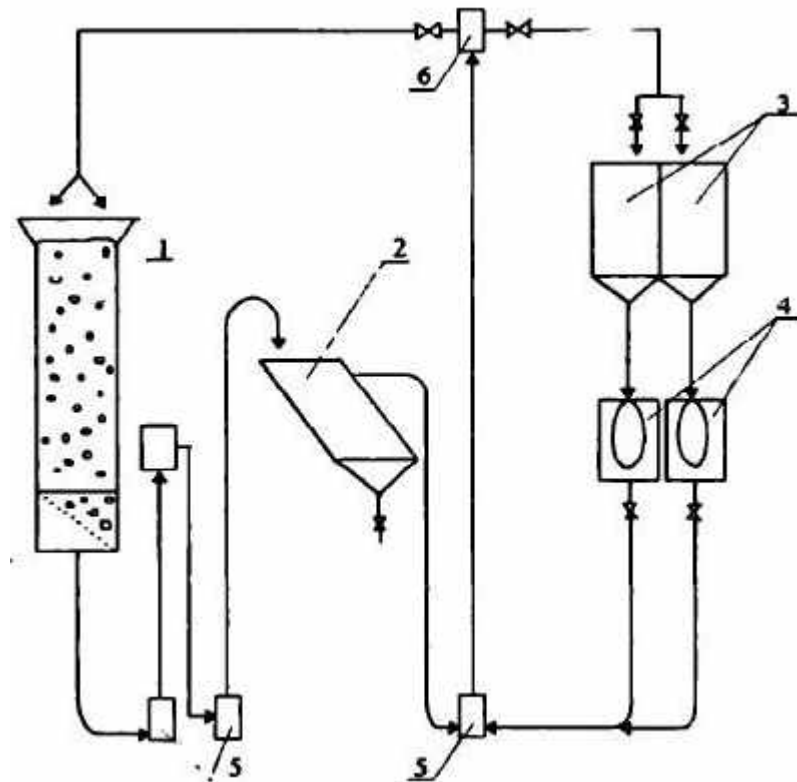
1989-1991 жылдары ИрГиредметте үйінді бактериалды шаймалау қолдану арқылы алтын флотоконцентраттарын өңдеу бойынша зерттеулер жүргізілді.

Әдісті әзірлеу 1991 жылы аяқтады, және «Балейзолото» комбинатының Тасеев ЗИФ концентраттарында үйінді бактериалды шаймалаудың жартылай өнеркәсіптік технологиясына тестлеу жүргізілді. Оптималды режимде концентрат сынамасы алдын ала циандаудан өтті. Алынған қалдықтар циандау процесінен кейін, алтын бар ерітіндіден қарама-қарсы декантация арқылы жуып-шайылған. Содан соң пульпаны сүзуден өткізілді. Кектің ылғалдылығы 5-7 % болғанға дейін кептірілді, кейін оны (10-15):1 қатынасында цементпен араластырылды. Пайда болған қоспаның ылғалдылығын 15-18 % дейін жоғарлатылып, түйіршіктеуге түсті. Олардың ірілігі 5-10 мм болды. Түйіршіктер құрамында негізгі материалдар үлесі, г/т: Au – 6,3, Ag – 3,8, жалпы темір – 6,73 %, сульфидті темір – 5,8 %, S – 5,8 %, As – 0,4 %.

ҮБШ технологиясына жартылай өнеркәсіптік сынақтар жүргізу үшін Балей фабрикасының құрамында арнайы қондырғы жасалды (сур. 5) дербес жұмыс істейтін екі модульден тұрады. Әрбір модуль диаметрі 0,54 м, биіктігі 5 м және сыйымдылығы 0,8 м³ титан колоннасынан тұрады, суару, дренаж, аэрация жүйелерімен жабдықталған.

Сынақтар екі сатыда жүргізілген:

- қондырғыны іске қосу, түйіршіктердің тотығуы және бактериалды ерітінділердің үздіксіз циркуляция режиміне шығу;
- жұмыс режимінде шаймалау.



1 – шаймалау колоннасы, 2 – бактериялар культиваторы, 3– ерітінділерді тазалауға арналған жабдықтар, 4 – фильтрлер, 5 – аэрлифттер, 6 – сепаратор

Сурет 5 – Үйінді БШ модулінің аппараттардың тізбектерінің схемасы

Процестің жалпы ұзақтығы – 3,5 ай. Осы периодта сульфидті темірдің тотығуы 87,4 % құрады. Ерітінділердің биологиялық сипаттамасы: ТТП – 690-787 МВ; темір (III) тотығуы бойынша бактериялар активтілігі – 7,8-8,0 г/л; темір (II) бойынша – 1,2-1,4 г/л [30].

ҮБШ процесі аяқталғаннан кейін түйіршіктер оларды бейтараптандыру мақсатында әкпен суарылды (шығатын ерітінділердің рН 7-8 жеткенге дейін), содан кейін материал бастапқы флотоконцентраттың ірілігіне дейін ұсатылды (95 % класс – 0,074 мм). Алынған пульпа 24 сағат бойы ауаны үрлеу және және циандаумен қосымша әкпен өндеуден өтті. Пульпаны сүзіп, кектерде екі сатылы жуғаннан кейін циандау қалдықтарындағы алтын мөлшері 2,0-2,5 г/т, күміс мөлшері 6-8 г/т құрады, бұл БШ – циандау цикліндегі металдардың 60-68 және 74-84% алынуына сәйкес келеді. Алдын ала жоспарлауды есептесек концентраттан алтынның жалпы бөліп алу дәрежесі 95-97 % деңгейінде.

Шаймалаудың 2-ші сатысынан (БШ кейінгі циандау) алынған ерітінділерден алтын мен күмістің бөліп алынуы ИрГиредметтың жақсартылған цементация технологиясың қолдану арқылы тиімді жүруі мүмкін. Құрамында 2,1-2,3 алтын және 14-16 мг/л күміс бар ерітіндінің цементациясынан кейін, құрамында сәйкесінше 0,05 мг/л алтын және 0,3 мг/л күміс алынды.

Тасеев концентраттарының үйінді бактериалды шаймалау сынақтары бойынша ИрГиредметтің зерттеу нәтижелері арқасында, көрсетілген технология экономиялық жағынан тиімді. Минималды капиталды және эксплуатациялық шығындармен алтынның жоғары бөлініп алуы алдын ала циандау – кесектеу – бактериалды шаймалау (циркуляциялық режимде) – периодтық циандау схемасы бойынша өңдеумен жүзеге асады.

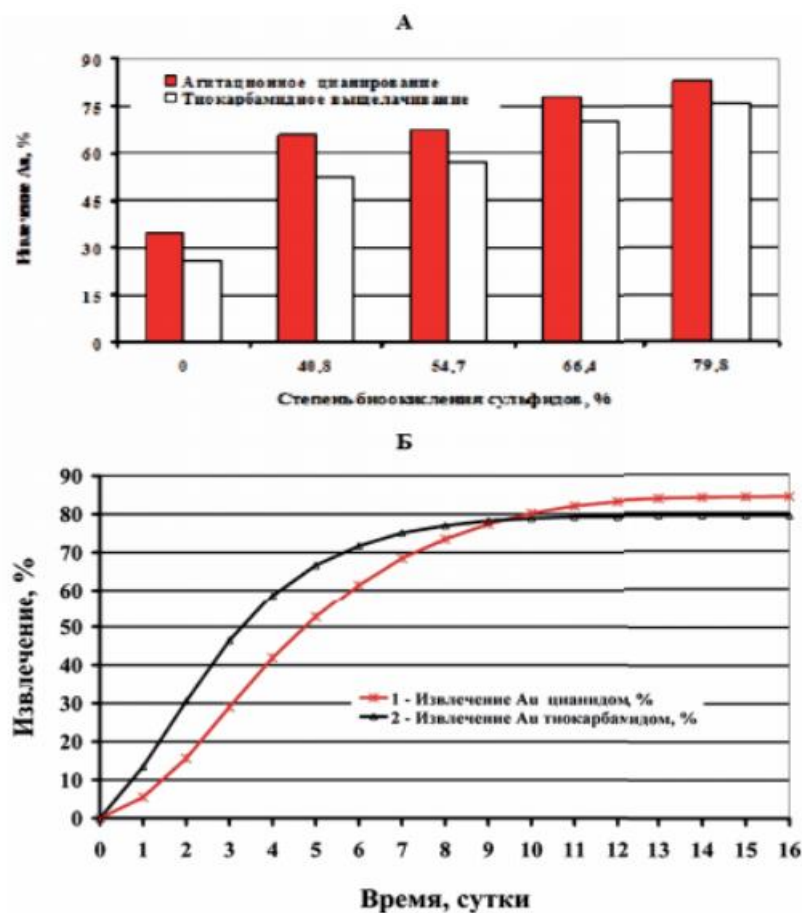
Құрамында алтын бар ИрГиредмет концентраттарының ҮБШ технологиясын жетілдіру жоспарында бастапқы ұсатылған кенмен бірге БШ кектерін флотациялауды көздейтін әдіс ұсынылды, бұл (Ангрен және Тасеев фабрикаларының кендері мысалында) алтынның жалпы өндірілуін 1,4-2,5 %-ға, күмісті 3-5 %-ға арттыруға және кенді өңдеуге электр энергиясының шығынын шамамен 10 %-ға төмендетуге мүмкіндік береді [30].

Жоғарыда көрсетілген үйінді бактериалды шаймалау қолдану мысалдары жұқа ұнтақталған материалдардың өңдеуін болжайтынын айта кету керек, және олар тотығатын сульфидтердің өте жоғары меншікті бетімен сипатталады. Әдебиеттерде ірі түйіршікті сульфидтер мен сульфидті концентраттарға, әсіресе бастапқы кендерге немесе кен үйінділеріне перколяциялық БШ қолдану туралы ақпарат жоқ, өйткені бұл, атап айтқанда, тотыққан мыс, уран және басқа кендерді үйінді циандау немесе қышқылмен шаймалау нұсқаларында қолданылады. Бұл құрамында алтын бар сульфидтердің ірі түйіршіктерінің (пирит, арсенопирит және т.б.) биототығу жылдамдығының өте төмен болуына байланысты, тіпті олар бос күйде болса да және бактериялық ерітінділермен байланыста болуы мүмкін.

Бұл жоспарда индиялық ғалымдардың темірді төмен сапалы пириттерден бөліп алудың биогидрометаллургиялық технологиясының зерттеу нәтижелеріне назар аудару керек.[30].

2.3 Бактериалды – химиялық шаймалау үшін үйінді дайындау мен құрылымы

Асыл металдар үйінді биототығуының қатты қалдықтарында шоғырланған және гидрометаллургиялық әдістермен алынады. Биототығу қалдықтарының "қышқылдық" сипатын (РН=1,8) ескере отырып, жұмыста қалдықтардан алтын алудың бірнеше әдістері зерттелді: агитациялық циандау, тиокарбамидті шаймалау, үйінді цианидті шаймалау және үйінді тиокарбамидті



Сурет 6 - Сульфидтердің (А) тотығу дәрежесіне байланысты агитациялық циандаумен және тиокарбамидті шаймалау арқылы кендердің үймелі биототығуының қатты қалдықтарынан алтынды алу; цианидпен және тиокарбамидпен (Б) алтынды үйінді шаймалау.

шаймалау. Биототығудың қатты қалдықтарынан асыл металдарды үйінді шаймалау тиімді болады. 10-13 күндік шаймалау кезінде цианид ерітіндісіне 84,4% алтын және 76,1% күміс, тиокарбамид ерітіндісіне 79,3% алтын және 70,2% күміс алынды (сурет. 6 Б). Тиокарбамидті еріткішті қолдану арқылы алтынды алу екі жағдайда да цианидке қарағанда төмен (шамамен 5%). Үйінді шаймалау процесіне қоймаларда жатқан кедей баланстан тыс немесе балансты ірі кесекті кендер түседі. Химиялық немесе бактериалды-химиялық шаймалауға түсетін кендерді сақтау үшін алдын ала жоба құрастырылады. Алаң, кенді үйінге жинауға арналған, өткізбейтін қабаттармен жабылады. Жиі түрде алаңды жабуға цементті қабат қолданады. Егер үйінді басқа алаңға тасымалдаса, онда ол алтынның құнын жоғарлатады. Осыған байланысты ескі үйіндерді табиғи топырақта шаймалаған дұрыс. Топырақ қалың және метал ерітіндісінің жоғалымдары минималды болатын жағдайда [15, 28, 29].

Үйіндегі кендердің ірілігі бақыланбайды, сол себептен ашық тау-кен жұмыстарында тау-жыныстарының ірілігі 1000 және 1500 мм-ге жетеді. Екінші ретті баланстан тыс кендер үйінді шаймалауға ұсатылады және орнатылған ережелер бойынша жиналады. [15, 28, 29].

Қалдық үйінділердегі кеннің мөлшері жүз миллион тоннадан асып

жатады. Үйінділер көбінесе жүздеген мың тоннаны құрайды. Пайдалы қазбаларды өндірудің экономикалық пайдасының арқасында бірқатар елдерде беткі қабаттағы тау жыныстарынан арылу жұмыстарының көлемі күрт өсті, ал үйінділерде құнды компоненттердің едәуір көлемі жинақталуда. Бүгінгі күні үйінділер топырақтың айтарлықтай механикалық беріктілігі мен су өткізбейтін алаңдарда немесе арнайы дайындалған алаңдарда сақталады.

Үйіндердің сақталатын орны мұқият дайындалады: өсімдік жабыны алынғаннан кейін су өткізбейтін қабат төселеді. Ол қабат ретінде асфальт, бетон, қара май мен байыту қалдықтарының қоспасы. АҚШ-да Аризона штатының жеке өндірістерінде тазаланған алаңға 150 мм-ге дейін құм себіледі. Гидроизоляция үшін полиэтиленді жұқа қабық қолданылады. Оның үстінде қалыңдығы 300 мм-ге жететін құм қабаты төселеді, бұл қабатта арасы 4,6 м болатын паралельді асбоцементті құбырлар орнатылады. Бұл құбырлардың беті перфорацияланған және ерітінді жинауға арналған 13 мм өлшемді тесіктері бар. Құбырлар үстінен ағаш төсемдермен қорғалған [15, 29].

Үйіннің жақсы аэрациясы үшін ірілігі жоғары, 200-300 мм-ге дейін кен кесектері бірінші қабатта төселеді. Негізгі үйін 10-30 мм-ге дейін ұсатылған материалмен немесе ұсақ және ірі материалдың қоспасымен жайылады. Ірі кесектер биіктік бойынша таралады, сонымен үйіннің жақсы аэрациясы мен ерітіндінің өтімділігін қамтамасыз етеді.

Сазды материалдардың болуы кезінде немесе ұсақ кеннің жоғары мөлшерінде 5-8 мм кластар еленеді. Тек сульфидті кендерді сақтау кезінде, үйіннің биіктігі негізінде 6-9 м-ден аспайды. Бұл тотығу болып жатқанда пириттің немесе басқа сульфидтердің тұтануын болдырмау үшін. Сульфидтер аз мөлшерде болғанда үйіндердің биіктігі 30-40 м-ден асады, мысалы, «Бьютт» (АҚШ) кен орнында. «Кананеа» (Мексика) кен орнында үйін биіктігі – 60 м, «Маркоппер» (Филиппины) кен орнында – 45 м, ал «Бингэм Каньон» (АҚШ) кен орнында үйін биіктігі 370 м. Ал оның негізгі ені 10-20-дан 100-200 м-ге дейін барады, ұзындығы 100-800 м-де өзгеріп тұрады [15, 29].

Үйіндегі ең жақсы аэрация мен сульфидтердің тотығуы үшін оның биіктігі 60 м-ден асырмау қажет. Егер де биіктігі 60 м-ден асатын болса, тесілген құбырлар мен басқа құрылғыларды төсеу арқылы арнайы қопсыту және жасанды аэрация әдістерін қолдану керек. Мұндай әдістерді атмосфералық ауаның 60 м-ге дейін тереңдікке енуіне байланысты қолдану керек, бұл сульфидтердің тұтануына әкелуіне мүмкін.

Үйіннің негізін дайындаудың қарапайым және сенімді әдістерінің бірін келесі әдіс деп санауға болады: ең алдымен өсімдіктерден арылып, содан кейін алаңды тығыздау керек. Оны жеткілікті тығыздауға сазды қабат жаю керек [15, 29].

Үйіндерді құру кезінде кен ірілігі үйінділерді төгуге қарағанда едәуір аз мөлшерде қолданылады. Сонымен, № 1 «Тригг» кәсіпорнында АҚШ – 150 мм ірі кен салынады, ал №2 кәсіпорында – 50 мм. «Магнула» Зимбабве 13-18 мм, «Пейдж» кен орнында – 100 мм. Кеннің ұсақ фракциялары, әдетте, алдын ала елеуден өткізіледі, өйткені олар ерітіндінің кендер арқылы өткізгіштігін

төмендетеді [15].

Үйінділердің негізі үлкен рөл ойнайды, олар мұқият дайындалу керек. Мысалға, АҚШ-да «Блюберд» кен орнында негізін бастапқыда осылай жасаған: өсімдік қабатты бульдозермен тазалап, алаңды түзулеген, топыраққа бетон төсеген, кейін оны битуммен қаптаған. Бүгінгі күнде осы кен орнында үйіндердің беті аз көлбеулікпен төгіледі. Өсімдіктерден арылудан кейін гравий қабатымен қапталады. Кейін қабатқа полиэтиленді дренажды құбырлар төсейді. [15, 29].

«Мангула» (Зимбабве) кен орнында үйінді төгу үшін алаңды түзулеп және битуммен қаптаған. Өнімді ерітінділердің ағыны үшін бойлық арықтар жасаған. Үйіндердің негізінің өлшемдері 366x61 м құраған. Үйінділер конвейерлермен және жылжымалы крандарымен төгіледі. Үйіндінің биіктігі – 6,1 м. Үйіндіні шаймалағаннан кейін кен пайдаланылған тау-кен қазбаларын төсеу үшін қолданылады [15].

2.4 Бакыршық кен орны

Бакыршық кен орны қор мөлшері бойынша Қазақстанда екінші орынды иеленеді. Осы кен орын Абай облысында Семей қаласынан 112 км жерде орналасқан және 1953 жылы геолог Ф.С. Подсеваткинмен ашылған [14, 17, 18].

Аталған кен орнының кендері жолақты және жаппай қиылысқан. Кеннің құрамына кіретін минералдар: алтын, күміс, пирит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, антимонит, марказит, галенит, сфалерит, кварц, киноварь, карбонаттар.

Пирит арсенопиритпен үш түрдің сорттары болып табылады. Осы екі сульфидтегі алтын микроскопиялық және субмикроскопиялық түрде шоғырланады. Егер пиритте алтын мөлшері 60 г/т болса, онда арсенопиритте алтын мөлшері 100-150 г/т жетеді [14, 18].

Негізгі масса – сульфидтердегі, жұқа дисперсті алтын, пиритте және арсенопиритте. Миллиметрдің ондық бөлігіне дейінгі алтын пиритте және арсенопиритте кварц, галенит, халькопирит, сфалерит және карбонаттармен байланыста кездеседі [14, 18].

Кеннің түзілу сатылары: алғашқы саты – колчеданды, яғни пирит-арсенопиритті кен. Орта саты – полиметалды, ал соңғы саты – кварц-карбонат-антимонитті болып табылады. Алғашқы сатымен алтынның болуы байланысты. Кварц ұсату және кварцтау аймақтарында алтын тасымалданбайды [14, 18].

Кен орын көптеген пайдалы элементтердің болуымен танымал: алтын, күміс, мыс, цинк, қорғасын, кобальт, молибден, бор, мышьяк, фосфор, никель, стронций [14, 18].

Кен орын қоры бойынша ерекше болып табылады. Тотығу аймағы толықтай өңделген. Бірінші ретті кендерді өңдеу игеру сатысында [14, 18].

Кеннің құрамында көміртек және улы мышьяк жоғары мөлшерде болады. Мышьяқтың үлесі 0,3-1,5 %-да өзгереді. Берілген кен орнының дамуы қоршаған

ортаға зиян келтіру мүмкіндігінен қиындайды. Мәселені алтынның жоғары құнын ескере отырып, негізделетін шығындарды көбейту арқылы шешуге болады. Бұл кен орын бактериялды шаймалау технологиясын қолданып флотоконцентраттарды өңдеу үшін қызықты [14, 17, 18].

2.5 Бақыршық кен орнының қазіргі жағдайы

Бақыршық кен орны кен құрамында 6,7-8,7 г/т алтын үлесі бар ерекше әлемдік кен орын болып табылады. Бірақ та, мышьяк және көміртектің жоғары үлесінен, сондай-ақ алтынның бос күйінде болмауынан (барлық алтын сульфидтермен байланысқан – пиритпен, арсенопиритпен) кен қиын өңделетін болып табылады. Осыған байланысты, инвесторлардың көп қызығушылықтарына және осы кенді өңдеудің әрекеттеріне қарамастан, бұл кен орында кәсіпорын салынбаған. Тек 2014 жылы ғана ресейлік «Polymetal» компаниясы кен орынды сатып алды.

Бақыршықта алтын концентраттарының екі түрін алады – көміртекті емес және жоғары көміртекті. Көміртекті емес концентратта көміртек үлесі 1,5 %-дан төмен, ал жоғары көміртекті концентратта көміртек үлесі 1,5 %-дан асады. Біріншісі ары қарай өңдеуге АТМК-қа жіберіледі, кейін қазақстандық алтын елге Доре балқымасы түрінде Астанадағы «Тау-Кен Алтын» аффинажды зауытына қайтарылады. Технологиясы әлі таңдалмаған концентраттың қиын өңделетін бөлігі Қытайға сатылады.

Амур металлургиялық комбинатында қиын өңделетін концентраттарды өңдеу үшін автоклавты тотықтыру (POX) және циандау (CIL) технологиялары қолданылады, сондағы алтынды бөліп алу үшін циандау алдында сульфидтерді тотықтыруды қажет етеді.

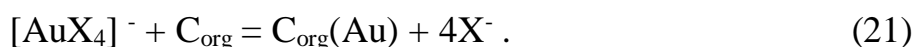
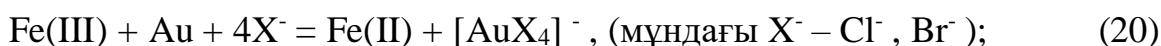
Автоклавты ашу сульфидті (пирит, арсенопирит, халькопирит және т.б.) флотоконцентраттарды қолайлы режимде өңдеуде алтынның бөліп алу дәрежесін 86-90 %-ға жоғарлатуға жол береді.

2.6 Екі есе қиын өңделетін кендерді өңдеудің мәселелері және оларды шешудің мүмкіндіктері.

Алтынды ашып оны пішінің өзгертуге, циандауға қол жетімді болу үшін, минерал матрицасын тотықтыру қолданады, оған автоклавты немесе биологиялық әдістермен және күйдірумен жетеді.

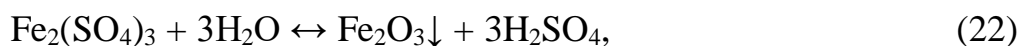
Көптеген сульфидті концентраттар толықтай автоклавты тотығып қалғаннан кейін 200 °С температурада кейінгі циандаудан соң алтынның бөліп алу дәрежесі 94-98 % көрсетеді. Осыған ұқсас алтынның сульфидті материалдарын қиын өңделетін деп атайды. Егер де өңделіп жатқан материалдың құрамында «органикалық көміртек» кездесе, автоклавты тотықтыру толықтай жүреді, бірақ кейінгі циандаудан соң алтынның бөліп

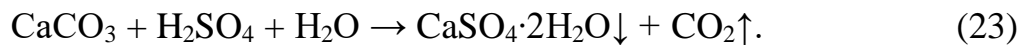
алынуы жай концентраттармен салыстырғанда 5-50 %-ға төмендейді. Осындай қасиеттермен иеленген кендер мен концентраттар екі есе қиын өңделетін деп аталады. Бұл кендердің флотациямен немесе флотация және гравитация арқылы байытқан кезде, «органикалық көміртекті» толықтай құтылу мүмкін емес, максималды тек 50-60 %-ға бөлініп алады. «Органикалық көміртекті» әртүрлі адсорбты қасиеттерге ие және алтынның көп не аз жоғалымдарын тудырады. Бұл процесс автоклавты прег-роббинг құбылысын көрсетеді. «Органикалық көміртектің» табиғаты белгісіз. Әдетте оның тотығатын материалдың құрамындағы үлесі 1,0-1,3 %-дан асып, 200 °С РОХ температурада кейінгі СІЛ процесіндегі алтынның бөліп алу дәрежесін айтарлықтай төмендетеді. Прег-роббингтің механизм осы теңдеулермен сипатталады:



Хлоридті иондар (20) сатыда тотыққан алтынды бірінші ертіндіге, кейін «органикалық көміртекті» бөлшектерінің бетіне апарып, тасымалдаушы рөл атқарады, (21) сатыда адсорбция және «органикалық көміртекті» металдық күйге дейін алтынның (III) қосылысының тотықсыздануы жүреді. Алдағы СІЛ режимінде циандау операцияларында алтын табиғи сорбенттен алынбай қалдыққа өтіп кетеді. Cl^- иондары аз мөлшерде болса да алтынның кейінгі бөлініп алуын басады, себебі, (21) реакцияда көрсетілгендей олар сол қалыпта қайтадан ерітіндіге өтіп (20) реакцияға түсіп автоклавты процесте алтынның бөлініп алуына кедергі келтіреді. Тотығатын материалда адсорбенттің, яғни «органикалық көміртектің» және автоклавты сұйық фазада тотыққан Au (III) галогенді түрдегі тасымалдаушылары болмаса, прег-роббинг процесі алтынның жоғалымдарына әкелмейді. Бірақ та, осы процестің себептерімен күресті автоклавты процес айтарлықтай қымбаттады, және оның өндірістік масштабта жасау мүмкін емес. Бұл, «органикалық көміртектің» үлесін төмендету үшін автоклавты процесте температура мен қысымды жоғарлатумен байланысты (215-240°C-ден асқанда «органикалық көміртектің» тотығып CO_2 түзуі көбейеді және алтынның жоғалымы азаяды), ал хлоридтер концентрациясын төмендету үшін (X^- аниондармен) автоклавқа баратын суды тазалаудың қымбат операциясын жүргізу қажет.

Fe (III) жоғары концентрациясы да прег-роббингтің пайда болуына әкеледі, себебі Fe (III) қосылыстары сулы ерітінділерде гидролизға түсуге жақын, және температура жоғарлауымен гидролиз жылдамдығыда жоғарлайды. Күкірт қышқылының концентрациясын 20-35 г/л-ге дейін төмендету арқылы прег-роббингтің азаюына қол жеткізуге болады. H_2SO_4 концентрациясын азайту үшін әктас қажет:





Алайда бұл салыстырмалы аз әсер береді. CaCO_3 және H_2SO_4 реакциясы нәтижесінде автоклавта CO_2 бөлінеді, және ол автоклавтағы оттектің парциалды қысымын төмендетіп пирит пен арсенопириттің тотығуын баяулатады, ал ол тотығу үшін оттектің артық шығынын әкелуі мүмкін.

Осылай, әдебиеттік деректердің талдауы нәтижесінде, бақыршықта екі есе қиын өңделетін кендерді автоклавты әдіспен өңдеу, оның өте маңызды кемшіліктері бар және олар алтынның толығымен алынуына мүмкіндік бермейді. Осыған байланысты, мен Бақыршық кен орнындағы кендерді өңдеуге үйінді бактериалды шаймалауды зерттедім, себебі екі есе қиын өңделетін кендер үшін үйінді шаймалауды (автоклавпен салыстырғанда) тиімді ұйымдастырудың бірқатар мүмкіндіктерін анықтадым, соның ішінде суда еритін органикалық қосылыстардың (blanking agents) және көміртекті, сульфидті қосылыстардың ыдырауына ықпал ететін бактериялардың қоспаларын енгізу. Егер оларды үйінді шаймалаумен бірге қолданса, бақыршықтың кендерін тиімді өңдеудің мүмкіндіктері пайда болады. Сонымен, құрамында көміртектің үлесі үлкен екі есе қиын өңделетін кендерді өңдеу мүмкіндігі туады, қымбат автоклавтар мен басқа да жабдықтарды сатып алумен байланысты шығындар азаяды, сондай-ақ жарылғыш автоклавтық процестерлі пайдаланумен байланысты өндіріс қауіпі азаяды, зиянды химиялық қосылыстардың әсері азаяды (өйткені бактериялар қолданылады).

Бақыршық кен орнының кендерінің болмауына байланысты, менің зертханалық жағдайда тәжірибелер жүргізуге мүмкіндігім болмады. Алайда, әдебиеттің деректерді зерттеу нәтижесінде, менімен бақыршықтағыдай екі есе қиын өңделетін кендер үшін үйінді-бактериалды шаймалауды қолдану мүмкінділігі және тиімділігі анықталды.

3 Технологиялық есептеулер

3.1 Материалдық баланс есептеу

Бұл бөлімде құрамында 4 г/т алтын кендерінің үйінді-бактериалды шаймалау кезіндегі материалдық балансы бойынша есептеулер жүргізілді.

Есептеулер нәтижесінде анықталды:

- NaCN еріткішінің 100 т кенге шығыны –

- Әктің 100 т кенге шығыны –

Материалдық баланстың толық есептелуі А Қосымшасында келтірілген.

4 Еңбек пен қоршаған ортаны қорғау

Бұл бөлімде алтын өндіретін кәсіпте зиян және қауіпті факторлардың талдауы жүргізілді, сонымен қатар өндірістік шарттарда қауіпсіз еңбек ұйымдастыру және қоршаған ортаны қорғау жолдары сұрақтары қаралды.

Бөлімнің толық сипаттамасы Б Қосымшасында келтірілген.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жоба микроорганизмдерді қолдану арқылы үйінді шаймалауды жақсартуға арналады. Дипломдық жобада үйінді шаймалау туралы теориялық және технологиялық мәліметтер келтірілген.

Бірінші бөлімінде алтын бойынша жалпы ақпарат, алтын кендерінің сипаты, алтынды кендер мен концентраттардан бөліп алудың гидрометаллургиялық әдістері қаралды.

Екінші бөлімінде бактериалды шаймалаудың шетелдік тәжірибесі қарастырылған. Өртүрлі эксперименттер талданды. Соның ішінде ИрГиредметтің зерттеулері де бар.

Микроорганизмдер қолдану арқылы үйінді шаймалауды зерттеу үшін «Бақыршық» кен орнының кендері қаралды.

Процесте қолданылатын химиялық заттардың қоршаған ортаға және адамның ағзасына әсер етуіне анализ жүргізілді. Анализ нәтижесінде, қоршаған ортаға бөлінетін зиянды шығаруларды төмендету үшін технологиялық шешімдер ұсынылды.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Конспект лекций для студентов очного обучения по направлению 240600 – «Химическая технология материалов современной энергетики» / Сост. Маслов А.А., Оствальд Р.В. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 67 с.
- 2 Кучное выщелачивание благородных металлов. / Под ред. М.И.Фазлуллина. — М.: Издательство Академии горных наук. 2001. — 647 с.
- 3 Масленицкий И.Н., Чугаев Л.В. Металлургия благородных металлов. — М.: Metallurgy, — 2-е изд., 1987, 432 с.
- 4 Романтеев Ю.П. Металлургия благородных металлов: Учебное пособие. - М.: МИСиС, 2007. – 259 с
- 5 Зеленев В. И. Методика исследования золотосодержащих руд. Изд, 2, перераб. и доп. М., «Недра», 1978, 302 с.
- 6 Дементьев В.Е., Дружина Г.Я., Гудков С.С. Кучное выщелачивание золота и серебра,- Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 2004.- 352 с.
- 7 Минеев Г.Г., Васильев А.А., Никитенко А.Г. Кучное выщелачивание золотосодержащих руд // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 4. С. 147–156.
- 8 Технология золотосодержащих руд: моногр. / В.А. Бочаров, Д.В. Абрютин. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2011.- 420 с.
- 9 Технология переработки золотосодержащего сырья: учеб, пособие / В.А. Бочаров, В.А. Игнаткина, Д.В. Абрютин. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. - 328 с.
- 10 Биометаллургия золота. Минеев Г.Г. - М.: Metallurgy. 1989.- 160 с.
- 11 Семенихин Д. Н. История добычи и переработки золотосодержащих материалов // Реферат по истории отрасли наук
- 12 Коробушкина Е.Д., Черняк А.С., Минеев Г.Г. и др. Исследование процесса бактериального выщелачивания // Девятое Всесоюзн. совещ. по химии, анализу и технологии благородных металлов. - Красноярск. - 1973. - С. 212.
- 13 Полькин С.И. Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1987, 428 с.
- 14 Справочник под редакцией А.А. Абдуллина, Х.А. Беспяева, Э.С. Воцалевского, С.Ж. Даукеева, Л.А.Мирошниченко, Алматы, Информационно-аналитический центр геологии, экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, 1997, 232 с.
- 15 Полькин С.И., Адамов Э.В., Панин В.В., Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов. — М., Недра, 1982. - 286 с.
- 16 Лолейт С.И., Современные проблемы металлургии и материаловедения благородных металлов / Лолейт С.И., Меретуков М.А., Стрижко Л.С., Гурин К.К. - М.: МИСиС, 2012. - 196 с.

17 Канаева З.К., Канаев А.Т., Семенченко Г.В. МИКРОБОЦЕНОЗЫ ЗОЛОТО-МЫШЬЯКОВИСТОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАКЫРЧИК И ИХ РОЛЬ В ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 12-2. – С. 283-286 с.

18 Ваулин О.В., Восточно-Казахстанская область. Золото. Справочник. Усть-Каменогорск - Бишкек, «РОКИЗОЛ», 2016 г. - 331 с.

19 Пат. 5246486 США, МКИ С 22 В 11/00. Biooxidation process for recovery of gold from heaps of low-grade sulfidic and carbonaceous sulfidic ore materials / J. A. Brierley, D. L. Hill ; Newmont Gold Co. ; заявл. 18.10.92 ; опубл. 21.09.93.

20 Пат. 5196052 США, МКИ С 01 G5/00. Bacterial-assisted heap leaching of ores / A.E.Gross, C.J.S.Gomer; Nalco Chemical Co.-№901508; Заявл. 19.06.92; Опубл. 23.03.93; НКИ 75/712.

21 Пат. 5332559 США, МКИ С 22 В 11/00. Biooxidation process for recovery of metal values from sulphur-containing ore materials / J.A. Briertey, D.L. Hill; Newmont Gold Co.; Newmonl Mining Corp..- №894059; Заявл. 3.6.92; Опубл. 26.7.94; ЖИ 423/27.

22 СТ КазНИТУ – 09 – 2017. Стандарт организации. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. – Алматы.: КазНИТУ, 2017. – 49 с.

23 Статья на тему свойства серебра и золота // Режим доступа: <https://znaesh-kak.com/q/s/свойства-серебра-и-золота>

24 Химические свойства золота // Режим доступа: <http://searchgold.ru/index.php/info/article14>

25 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://uz.denemetr.com/docs/769/index-88329-1.html?page=2>

26 Статья на тему кучное выщелачивание золота // Режим доступа: http://znaesh-kak.com/au/zoloto/kuchnoe_vichelachivanie.html

27 [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://spmi.ru/sites/default/files/imci_images/sciens/dissertacii/2018/dissertaciya_ma_ksimova_1_1.pdf

28 Подготовка и устройство куч и отвалов для бактериально-химического выщелачивания // Режим доступа: <https://studizba.com/lectures/129-inzhenerija/1827-biotehnologicheskie-processy-v-metallurgii/35844-12-podgotovka-i-ustrojstvo-kuch-i-otvalov-dlja-bakterialno-himicheskogo-vyschelachivaniya.html>

29 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://studizba.com/lectures/129-inzhenerija/1827-biotehnologicheskie-processy-v-metallurgii/35844-12-podgotovka-i-ustrojstvo-kuch-i-otvalov-dlja-bakterialno-himicheskogo-vyschelachivaniya.html>

30 Статья на тему кучное бактериальное выщелачивание упорных руд золота серебра // Режим доступа: <http://industrial-wood.ru/tehnologiya-izvlecheniya/11246-kuchnoe-bakterialnoe-vyschelachivanie-upornyh-rud-zolota-i-serebra.html>

А Қосымша

Материалдық баланс есептеу

Зерттеу объектісі ретінде «Бақыршық» кен орнында алынған алтын-мышықты кен алынған.

Кеннің химиялық және рационалды құрамы А.1 кестесінде көрсетілген.

А.1 Кесте – Шаймалауға түсетін кеннің химиялық және рационалды құрамы, %

Элемент, қосылытар	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Ca O	MgO	Fe	As	Cu	Pb	Zn	Ni	Sоб щ	O ₂	Басқал ары	Барлы ғы
SiO ₂	54, 86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,86
Al ₂ O ₃	-	14,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,04
CaO	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,5
MgO	-	-	-	6,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	2,66	-	-	-	-	-	-	1,14	-	3,8
FeO	-	-	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-	0,07	-	0,28
FeS ₂	-	-	-	-	1,59	-	-	-	-	-	1,81	-	-	3,4
Feмет	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07
FeAsS	-	-	-	-	0,85	1,16	-	-	-	-	0,49	-	-	2,5
CuFeS ₂	-	-	-	-	0,12	-	0,14	-	-	-	0,14	-	-	0,4
Cu ₂ S	-	-	-	-	-	-	0,024	-	-	-	0,006	-	-	0,03
Cu ₂ O	-	-	-	-	-	-	0,024	-	-	-	-	0,006	-	0,03
PbS	-	-	-	-	-	-	-	0,26	-	-	0,04	-	-	0,3
ZnS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,08	-	-	0,28
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	-	0,021	-	-	0,009	-	0,03
NiO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,014	-	0,006	-	0,02
Басқалары	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,76	5,76
Барлығы	54, 86	14,04	7,5	6,7	5,5	1,16	0,188	0,26	0,221	0,014	2,566	1,231	5,76	100

А Қосымшасының жалғасы

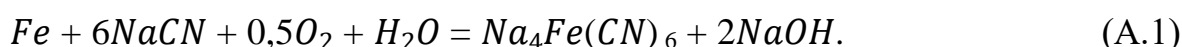
Есептеу кезінде, сульфидтер – пирит (FeS_2), арсенопирит (FeAsS) және халькопирит (CuFeS_2) – тотықпаған түрде ерітіндіде (NaCN) ерімейді деп есеплеген.

1. *Темір*. Темір компоненттер ішінде NaCN ерітіндісімен ұсатуда және ұнтақтауда кенге өтетін $\text{Fe}_{\text{мет}}$ және FeO :

а) $\text{Fe}_{\text{мет}}$ – жұқа ұнтақталған темір NaCN -да ерітпейтін $\text{Fe}(\text{OH})_3$ беткі қабат түзіп жылдам тотығады.

$\text{Fe}_{\text{мет}}$ еру дәрежесі салыстырмалы аз мөлшерде алынды – 1%, ерітіндіге өтетін темір мөлшері, $0,07 \times 0,01 = 0,0007$ т болады.

Еру реакциясы:



NaCN шығыны: $(6 \times 49 \div 0,0007) \div 55,85 = 0,0075$ т,

мұндағы 49 – NaCN молекулалық массасы;

55,85 – Fe атомдық массасы.

Реакция бойынша $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ түзілетін мөлшері: $(303,9 \times 0,0007) \div 55,85 = 0,0038$ т.

NaOH : $(2 \times 40 \times 0,0007) \div 55,85 = 0,001$ т,

Мұндағы 303,91 – $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ молекулалық массасы;

40,0 – NaOH молекулалық массасы;

б) FeO – еру дәрежесі 2% деп алынды. FeO ерітіндіге өтетін мөлшері: $0,28 \times 0,02 = 0,0056$ т.

Әрекеттесу реакциясы:



NaCN шығыны: $(6 \times 49 \times 0,0056) \div 71,85 = 0,0229$ т.

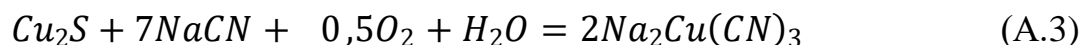
$\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ түзілетін мөлшері: $(303,91 \times 0,0056) \div 71,85 = 0,0236$ т

NaOH шығыны: $(2 \times 40 \times 0,0056) \div 71,85 = 0,0062$ т.

2. *Мыс* – ерітіндіге Cu_2S және Cu_2O өтеді:

а) Cu_2S – еру дәрежесі 5%. Cu_2S ерітіндіге өтетін мөлшері: $0,03 \times 0,05 = 0,0015$ т.

Реакция:



NaCN шығыны: $(7 \times 49 \times 0,0015) \div 159,15 = 0,0032$ т.

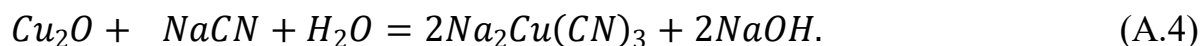
$\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$ түзілетін мөлшері: $(2 \times 187,54 \times 0,0015) \div 159,15 = 0,0035$ т;

NaSCN : $(81,08 \times 0,0015) \div 159,15 = 0,00076$ т;

NaOH: $(2 \times 40 \times 0,0015) \div 159,15 = 0,00075$ т,
мұндағы 159,15 — Cu_2S молекулалық массасы;
187,54 — $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$ молекулалық массасы;
81,08 — NaSCN молекулалық массасы.

б) Cu_2O - еру дәрежесі 8%. Cu_2O ерітіндіге өтетін мөлшері:
 $0,03 \times 0,08 = 0,0024$ т.

Реакция:

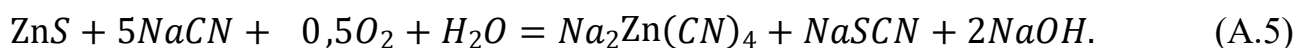


NaCN шығыны: $(6 \times 49 \times 0,0024) \div 143,08 = 0,0049$ т,
мұндағы 143,08 - Cu_2O молекулалық массасы.
 $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$ түзілетін мөлшері: $(2 \times 187,54 \times 0,0024) \div 143,08 = 0,0063$ т;
NaOH: $(2 \times 40 \times 0,0024) \div 143,08 = 0,0013$ т.

3. Цинк – ZnS және ZnO ериді:

а) ZnS – ерітіндіге 1% өтеді немесе $0,28 \times 0,01 = 0,0028$ т.

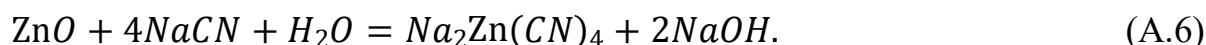
Реакция:



NaCN шығыны: $(5 \times 49 \times 0,0028) \div 97,38 = 0,007$ т,
мұндағы 97,38 – ZnS .
 $\text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$ түзілетін мөлшері: $(215,38 \times 0,0028) \div 97,38 = 0,0062$ т;
NaSCN: $(81,08 \times 0,0028) \div 97,38 = 0,0023$ т;
NaOH: $(2 \times 40 \times 0,0028) \div 97,38 = 0,0023$ т,
мұндағы 215,38 - $\text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$ молекулалық массасы.

б) ZnO – ерітіндіге 10% өтеді немесе $0,03 \times 0,1 = 0,007$ т,

Реакция:



NaCN шығыны: $(4 \times 49 \times 0,003) \div 81,38 = 0,0072$ т,
мұндағы 81,38 – ZnO молекулалық массасы .
 $\text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$ түзілетін мөлшері: $(215,38 \times 0,003) \div 81,38 = 0,0079$ т;
NaOH: $(2 \times 40 \times 0,003) \div 81,38 = 0,0029$ т.

4. Никель — ерітіндіде NiO — 6% или $0,02 \times 0,06 = 0,0012$ т.

Реакция:

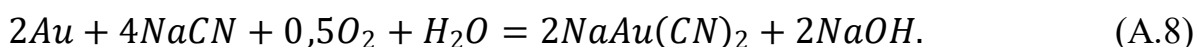


NaCN шығыны: $(4 \times 49 \times 0,0012) \div 74,69 = 0,0031$ т,
мұндағы 74,69 – NiO молекулалық массасы.
 $\text{Na}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$ түзілетін мөлшері: $(208,69 \times 0,001) \div 74,69 = 0,0028$ т;

NaOH: $(2 \times 40 \times 0,001) \div 74,69 = 0,0011$ т,
где 208,69 - $\text{Na}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$ молекулалық массасы.

5. Алтын — ерітіндіге 95% өтеді есе $3,9 \times 0,95 = 3,7$ г/т.

Реакция:



NaCN шығыны: $(4 \times 49 \times 370) \div (197 \times 2) = 184$ г = 0,00018 т,

мұндағы 197 — Au атомдық массасы.

$\text{NaAu}(\text{CN})_2$ түзілетін мөлшері: $(272 \times 370) \div 197 = 510$ г = 0,00051 т;

NaOH: $(40 \times 370) \div 197 = 75,1$ г = 0,00007 т,

мұндағы 272 — $\text{NaAu}(\text{CN})_2$ молекулалық массасы.

6. Күміс — ерітіндіге 90% өтеді немесе $3,7 \times 0,9 = 3,33$ г/т, немесе $3,33 \times 100 = 333$ г.

Реакция:



NaCN шығыны: $(4 \times 49 \times 333) \div (107,87 \times 2) = 302,5$ г = 0,0003 т,

мұндағы 107,87 – Ag атомдық массасы.

$\text{NaAg}(\text{CN})_2$ түзілетін мөлшері: $(182,88 \times 333) \div 107,88 = 564$ г = 0,00056 т;

NaOH: $(40 \times 333) \div 107,87 = 123$ г = 0,00012 т,

мұндағы 182,88 - $\text{NaAg}(\text{CN})_2$ молекулалық массасы.

NaCN жалпы шығыны 100 т кенге 0,05628 т болды немесе 0,5628 кг/т кенге. Қосымша NaCN жоғалымға (гидролиз, химиялық ыдырау) 10% аламыз: $0,05628 + 0,05628 \times 0,1 = 0,061 \sim 0,06$ т немесе $(0,06 \times 1000) \div 100 = 0,6$ кг/т кенге.

Шаймалау кезінде с:қ қатынасы масса бойынша 1,5:1 құрайды, сондықтан, 100 т кенге NaCN концентрациясы 0,06 (600 г/м^3) болатын $150 \text{ т (м}^3\text{)}$ цианды ерітінді беріледі. Толықтай берілетін NaCN мөлшері: $0,6 \times 150 = 90,0$ кг = 0,09 т. NaCN 0,06 т шығынында NaCN қалдық мөлшері 0,03 т, яғни ерітіндінің концентрациясына сәйкес келеді: $(0,03 \times 1000) \div 150 = 0,2 \text{ кг/м}^3$ (200 г/м^3 - 0,02%).

Қышқылдармен, сульфаттармен, карбонаттармен, сазбалшықпен, пульпа аэрациясында ауаның көмірқышқылымен және т.б. әрекеттесу реакциялары үшін кальцийдың таза оксидінің CaO шығыны 2 кг/т кенге немесе 100 т кенге – 200 кг = 0,2 т.

А Қосымшасының жалғасы

А.3 кестесінің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MgO	-	-	-	6,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	2,66	-	-	-	-	-	-	1,14	-	3,8
FeO	-	-	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-	0,07	-	0,28
FeS ₂	-	-	-	-	1,59	-	-	-	-	-	1,81	-	-	3,4
Fe _{мет}	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07
FeAsS	-	-	-	-	0,85	1,16	-	-	-	-	0,49	-	-	2,5
CuFeS ₂	-	-	-	-	0,12	-	0,14	-	-	-	0,14	-	-	0,4
Cu ₂ S	-	-	-	-	-	-	0,024	-	-	-	0,06	-	-	0,03
Cu ₂ O	-	-	-	-	-	-	0,024	-	-	-	-	0,006	-	0,03
PbS	-	-	-	-	-	-	-	0,26	-	-	0,04	-	-	0,3
ZnS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,08	-	-	0,28
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	-	0,021	-	-	0,009	-	0,03
NiO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,033	-	0,006	-	0,039
Басқалары	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,771	5,76
Барлығы	54,86	14,04	7,5	6,6	5,5	1,16	0,188	0,26	0,221	0,033	2,62	1,231	5,771	99,984

А.4 Кесте – Кенді қ:с=1,5:1 қатынасында цианды ерітіндімен шаймалау процесінің материалдық балансы.

Түседі		Шығады	
Өнімдер және қосылыстар	Мөлшері, т	Өнімдер және қосылыстар	Мөлшері, т
1	2	3	4
Кен	100,0	Кен	99,9847
Соның ішінде:		Соның ішінде:	
Fe _{мет}	0,07	Fe _{мет}	0,0693
FeO	0,28	FeO	0,2744
Cu ₂ S	0,03	Cu ₂ S	0,0285
Cu ₂ O	0,03	Cu ₂ O	0,027
ZnS	0,28	ZnS	0,2772

А Қосымшасының жалғасы

А.4 кестесінің жалғасы

1	2	3	4
ZnO	0,03	ZnO	0,027
NiO	0,02	NiO	0,019
10% CaO(80%-дық) бар әк сүті	2,5	Әк (80%-дық)	0,25
Цианды ерітінді	150,0	Цианды ерітінді	152,25
сонымен қоса:	сонымен қоса:		
NaCN	0,09	$NaAu(CN)_2$	0,00051
CaO	0,03	$NaAg(CN)_2$	0,00056
		$Na_2Cu(CN)_3$	0,0098
		$Na_2Zn(CN)_4$	0,0141
		$Na_2Ni(CN)_4$	0,0028
		$NaSCN$	0,0036
		$NaOH$	0,01574
		CaO	0,0218
		NaCN	0,030
Барлығы:	252,50	Барлығы:	252,50

А.5 Кесте – Цианды ерітіндімен шаймалаудың материалдық балансы

Өнім	Өнім мөлшері, т	Компонент мөлшері, т										
		Fe _{ме} т	FeO	Cu ₂ S	Cu ₂ O	ZnS	ZnO	NiO	NaCN	CaO	NaOH	Цианидтер
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Түседі:												
Кен	100	0,07	0,28	0,003	0,03	0,28	0,02	0,02	-	-	-	-
Әк (80% CaO)	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-
Ерітінді	150	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,03	-	-
Барлығы	252,25	0,07	0,28	0,03	0,03	0,28	0,03	0,02	0,09	2,53	-	-
Шығады:												
Кен және ерімеген әк	100,25	0,0693	0,2744	0,0285	0,027	0,2772	0,027	0,019	-	-	-	-
Ерітінді	152,25	0,0007	0,0056	0,0015	0,003	0,0028	0,003	0,001	0,0458	0,0218	0,01574	0,05998

А Қосымшасының жалғасы

А.5 кестесінің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Барлығы	252,50	0,1	0,3	0,03	0,03	0,28	0,02	0,02	0,045	0,03	0,0177	0,05998

Сонымен қоса: NaSCN 0,0036; Na₂Cu(CN)₃ 0,0098; Na₂Zn(CN)₄ 0,0141; Na₂Ni(CN)₄ 0,0028; Na₄F(CN)₆ 0,027; NaAu(CN)₂ 0,00051; NaAg(CN)₂ 0,00056.

Б Қосымша

Қоршаған орта мен еңбекті қорғау

Б.1 Кәсіпорын алаңын жоспарлау және жақсарту.

Металлургиялық кәсіпорындарда туындайтын сәтсіз оқиғалар көбінесе жобалау кезінде ережелер мен нормалардың сақталмауымен, техникалық регламент талаптарының бұзылуымен және жұмысшылар мен қызметкерлердің қауіпсіздік шарттарының сақтамауымен байланысты. Бұған жол бермеу үшін цехты немесе кәсіпорынды жобалау кезінде қателіктер мен кемшіліктерге жол берілмеуі керек. Өйткені, бұл сәтсіз оқиғалардың, техногендік апаттардың, өрттердің және кәсіптік аурулардың жанама, тіпті тікелей себебі болуы мүмкін. Барлық ұйымдастырушылық және техникалық құралдарды қолдана отырып, өндіріс қауіпсіздігін қамтамасыз ету басшылар мен мамандардың маңызды міндеттерінің бірі болып табылады.

Еңбекті қорғаудың әртүрлі тәсілдерін 4 негізгі топқа бөлуге болады: өндіріс пен еңбекті ұйымдастыру; кәсіпорындар мен цехтардың құрылымы; технологиялық процестер мен жабдықтар; жеке қорғаныс. Еңбек жағдайларын жақсарту – бұл осы топтардың кешенді шараларын іске асыруды талап етеді. Өндіріс пен еңбекті ұйымдастыру, маман таңдау, жұмыс уақыты мен демалыс регламентінің мақсаты, еңбек тәртібінің мақсаты, жұмыстарды дұрыс жүргізу, стандарттарды, гигиеналық нормативтер мен техникалық қауіпсіздік нормативтерін белгілеу, қауіпсіздік техникасы бойынша ережелер мен нұсқаулықтарды әзірлеу – бұл жұмыстардың кешенді ұйымдастырылуын білу қажет.

Еңбекті қорғау бөлімі осы заңнамалық актілерге сүйене отырып, күрделі және жан-жақты жұмыс жүргізеді. Еңбек гигиенасы мен мәдениеті, ұтымды жарықтандыру, желдету құрылғылары, электр қауіпсіздігі, шу мен дірілге қарсы күрес, өрт қауіпсіздігі және осындай қалыпты еңбек жағдайларын қамтамасыз ету бойынша көптеген мәселелер осы бөлімшенің назарында. Қауіпсіздік ережелерінің сақталуын бақылау мақсатында жұмысшылар мен қызметкерлер тәуелсіз инспекторлармен үнемі рейдтер мен бақылаулар жүргізеді.

Б.2 қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау

Үйінді бактериялық шаймалау кезінде мыналар мүмкін *қауіпті және зиянды* өндірістік факторлар.

Кенді ұнтақтау процесінде келесі *қауіпті факторлар* орын алады:

- электр тогының соғуы;

Б Қосымшасының жалғасы

- үлкен ылғалдылық;
- жабдықтың қозғалмалы бөліктерімен жарақат алу мүмкіндігі;
- шудың әсері.

Сорбция бөлімінде *зиянды факторлар* адам ағзасына үлкен әсер етеді:

- газдармен, цианид буларымен және күкірт қышқылымен улану мүмкіндігі,

- жоғары температура;
- жоғары ылғалдылық.

Ауа атмосферасындағы зиянды заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясы келесідей:

- натрий цианиді-0,3 мг/м³;
- күкірт қышқылы-1мг/м³;
- тұз қышқылы-5мг/м³;
- сілтілер-0,5 мг/м³;
- ксантогенат-10мг/м³.

Қолданылатын зиянды химиялық заттардың ішіндегі ең қауіптісі цианид ерітінділері болып табылады, олардың рН төмендеген кезде МЕСТ 12.1.005-08 сәйкес —0,3 мг/м³ жұмыс аймағының ауасында ШРК ҰБТ жалпы санитарлық - гигиеналық талаптары бар гидроциан қышқылы бөлінеді. Технологиялық процестерде рН = 10-11 кезінде шаймалау, сорбция, күшейту кезінде негізінен цианид сутегі қышқылының тұздары (NaCN және т.б.) болады, ал рН = 9 және одан аз болған кезде цианид сутегінің түзілуі жүреді ($t_{\text{қай}}\text{HCN}=25,7^{\circ}\text{C}$).

NaCN уланған кезде асқазанды 3% H₂O₂ ерітіндісімен немесе 2% KMnO₄ ерітіндісімен жуу қажет. Темір сульфаты мен күйдірілген магнезия ерітіндісін әр 15 минут сайын бір ас қасықтан беру керек.

Теріге тиген кезде NaCN көп сумен тез жуылады, содан кейін бор қышқылымен дымқыл таңғышты немесе бор майын салыңыз.

NaCN теріге тиген кезде зардап шеккен аймақты 10 минут бойы су ағынымен құю керек, содан кейін 5% сірке қышқылы немесе лимон қышқылы ерітіндісінің лосьонын жағыңыз. Көзге тиген кезде оларды су ағынымен мұқият жуу керек. Содан кейін зардап шеккен көзге 2% новокаин ерітіндісімен немесе 5% дикаин ерітіндісімен тамызыңыз.

Барлық қайта бөлулерде ең қауіпті цианид сутегінің пайда болуын болдырмау үшін ерітінділердің рН 10 - 11 деңгейінде ұстау қажет.

Ағынды сулардағы цианид концентрациясын бақылау үшін цианид сигнализаторын пайдалану ұсынылады, мысалы, LabTime шығарған SC-2.

Реагенттерді дайындау, еріту және тасымалдау бойынша негізгі және қосалқы операциялардың барлық түрлері барынша механикаландырылуға тиіс.

Б Қосымшасының жалғасы

Б.3 Өнеркәсіптік шығарындылар тізімі

Үйінді шаймалаудың негізгі зиянды шығарындылары:

- үйінді төгу кезінде және жел эрозиясын пайдалану кезінде шаң;
- технологиялық процестерді дұрыс жүргізбеген кезде гидроциан қышқылының буы;
- қаданың ылғал сыйымдылығының улы ерітінділері.

Ылғал сыйымдылығы 0,2 м³/т болатын шаймалау циклінен кейін қалған ылғалдың мөлшері дәл есепке алынады. ерітінділердің саны $250\ 000 \cdot 0,2 = 50\ 000$ м³/т құрайды.

Б.4 Су айдындары мен топырақты қорғау

Оларды қорғау реагенттер ерітінділерінің жер асты сулы қабаттарына түсуіне жол бермейтін пленкалы және сазды қабаттардан сүзгі экрандарын ұйымдастыру арқылы жүзеге асырылады.

Жер үсті суларын қорғау үшін нөсер ағындарын ұстап қалу, үйінділерді уытты қосылыстардан арнайы әзірленген жуу жүйесімен жуу суларын тазарту көзделеді.

Б.5 Темір сульфатымен ағынды суларды залалсыздандыру

Алтынды шаймалау, жуу, цианидтер мен родониттерден залалсыздандыру процестерінде 1-2% мышьяк ериді. Мышьяқтың ең еритін түрі кальций арсенаты $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ сәйкес келеді. Мышьяқты тұндыру үшін қалдықтар оны темір арсенаты $\text{Fe}_3(\text{AsO}_4)_2$ -ге ауыстыру үшін темір сульфатының ерітіндісімен өңделеді.

Темір сульфатының шығыны 1 тонна кенге 0,45 кг құрайды. Сонымен қатар, рН 8,0 – 8,5 дейін артық әкті бейтараптандыру үшін 1 тонна кенге 1 кг темір сульфаты қажет болады. Темір сульфатының жалпы шығыны 1,45 кг құрайды, бұл мышьяқты санитарлық нормаларға дейін жоюды қамтамасыз етеді.