

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

Буланов Серікжан

Хорасан-2 кен орнынан, жер асты күкірт қышқылдық ерітінділеумен уранды бөліп алу үшін,
жылдық өнімділігі 1000 тонна уран құрайтын байыту кен орнын жобалау

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

6В07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту ББ

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. Байқонурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
МжПҚБ кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд., қауым. проф.
М.Б. Барменшинова
« 08 » 2023 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Хорасан-2 кен орнынан, жер асты күкірт қышқылдық ерітінділеумен уранды бөліп алу үшін, жылдық өнімділігі 1000 тонна уран құрайтын байыту кен орнын жобалау»

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту ББ

Орындаған

Буланов Серікжан

Рецензент:
Тех.хыл.канд. Д.В. Сокольский атындағы
Жанармай, катализ және электрохимия
институтының сирек, шашыраңқы
элементтер секторының аға ғылыми
қызметкері

Шарипова А.С.
« 7 » 2023ж

Ғылыми жетекшісі:
PhD докторы, МжПҚБ аға оқытушы
Мамбеталиева А.Р.
« 02 » 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



ТАПСЫРМА

дипломдық жобаны орындауға

Білім алушы Буланов Серікжан

Тақырып: «Хорасан-2 кен орнынан, жер асты күкірт қышқылдық ерітінділеумен уранды бөліп алу үшін, жылдық өнімділігі 1000 тонна уран құрайтын байыту кен орнын жобалау»

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

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «06» 05 20 23 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістер:

Жұмыс істеп тұрған өндірістің технологиялық регламентті, дипломдық жобаның қысқаша мазмұны.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

Кіріспе. Кен орнының аумақтық геологиясы. Жалпы түсіндірмелік жазба. Жобаның технологиялық бөлімі. Уран шикізатын жерасты ұңғымалап шаймалаудан алынған өнімдік ерітіндіні өңдеу технологиясы. Құрал-жабдықтарды таңдау және есептеу.

Өнімдік ерітіндіні өңдеудің технологиялық схемасы. Өнімдік ерітіндіні өңдеуде қолданылатын жабдықтардың схемалық көрінісі.

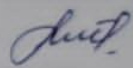
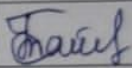
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Б.В.Громов Уранның химиялық технологиясына кіріспе. М.: Атомиздат, 1978 ж.
2. В.А. Мамилов. Уранды жерасты шаймалау арқылы алу. – М.: Атомиздат, 1980 ж

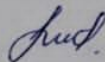
Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескертпе
Кіріспе бөлім		
Негізгі бөлім		
Технологиялық бөлім		

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.	Мамбеталиева А.Р. PhD докторы, МжПҚБ аға оқытушы	25.05.2023	
Норма бақылау	Таймасова А.Н. техн.ғылым магистрі	05.06.2023	

Ғылыми жетекші



Мамбеталиева А.Р.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Буланов Серікжан

Күні

«09» 06 2023 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жоба Сырдария уран провинциясының құрамына кіретін Хорасан-2 кен орнындағы жерасты күкірт қышқылды ерітінділеумен өнімділігі жылына 1000 тонна уран құрайтын байыту кен орнын жобалауды қарастырады.

Жобада табиғи уранның химиялық концентраттарын өндіру кезінде жүзеге асырылатын процестер (сорбция, десорбция және тұндыру) көрсетілген.

Өнім күкірт қышқылы негізіндегі ұңғымадан ерітіндіні жерастына шаймалау арқылы жасалады. Шаймалау әдісі өндірісте тиімді және уран өндіруде кеңінен қолданылады.

Жобада өндірістік және технологиялық жабдықтардың техникалық сипаттамаларына негізделген күкірт қышқылы бар өндірістік ерітінділерге арналған технологиялық схемалар мен баланстық есептеулер ұсынылған.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект предусматривает проектирование обогатительного месторождения производительностью 1000 тонн урана в год с подземным растворением серной кислоты на месторождении Хорасан-2, входящем в состав Сырдарьинской урановой провинции.

В проекте показаны процессы, осуществляемые при производстве химических концентратов природного урана (сорбция, десорбция и осаждение).

Продукт изготавливается путем выщелачивания раствора из скважины на основе серной кислоты. Метод выщелачивания эффективен в производстве и широко используется при добыче урана.

В проекте представлены технологические схемы и балансовые расчеты для производственных растворов с серной кислотой, основанные на технических характеристиках производственного и технологического оборудования.

ANNOTATION

The diploma project provides for the design of an enrichment field with a capacity of 1,000 tons of uranium per year with underground dissolution of sulfuric acid at the Khorasan-2 deposit, which is part of the Syrdarya uranium province.

The project shows the processes carried out in the production of chemical concentrates of natural uranium (sorption, desorption and precipitation).

The product is made by leaching a solution from a borehole based on sulfuric acid. The leaching method is effective in production and is widely used in uranium mining.

The project presents technological schemes and balance calculations for production solutions with sulfuric acid, based on the technical characteristics of production and technological equipment.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	7
1 Жалпы түсіндірме жазба	8
1.1 Уран геологиясы. Қабатты-инфильтрациялық кен орындар	8
1.2 Қабат - инфильтрациялық кен орындары уранды жер асты ұңғымалық шаймалау үшін	8
1.3 Қабат-инфильтрациялық кен орындарының болжамды-геологиялық және іздестіру жұмыстары	9
1.4 Ауданның гидродинамикалық жағдайы	10
2 Әдебиетке шолу	12
2.1 Күкірт қышқылымен шаймалау	12
2.2 Жерасты шаймалау	13
2.3 Жер асты шаймалаудың техникалық тиімділігі.	16
3 Жобалау үшін	19
3.1 Кәсіпорынның құрамдас бөліктері	19
3.2 Жобалау үшін бастапқы деректер	19
4 Технологиялық процестері	22
4.1 Шаймалаудың қышқылдық әдістері	22
4.2 Күкірт қышқылы ерітінділерінен уранды сорбциялық алу	23
4.3 Тауарлық регенераттардан уранды бөлу тәсілдері	28
4.4 Қаныққан сорбенттен уран десорбциясы	29
4.5 Концентратты тұндыру	30
4.6 Соңғы өнімнің сипаттамасы	32
5 Материалдық балансты есептеу	34
5.1 Сорбция	34
5.2 Сорбция бөліміндегі материалдық балансты есептеу	35
5.3 Десорбция бөліміндегі материалдық балансты есептеу	37
5.4 Аппараттық есеп	38
5.5 Колонна санын есептеу	41
ҚОРЫТЫНДЫ:	44
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	45

КІРІСПЕ

Қазақстан табиғи уранның барланған қоры бойынша әлемде екінші орында. Дүние жүзіндегі барланған қорлардың шамамен 14%-ы Қазақстан Республикасында шоғырланған. Қазақстан Республикасының жалпы барланған қоры 700 000 тоннадан астам деп бағаланады.

2009 жылы Қазақстан әлемдегі ең ірі уран өндіруші болды және қазіргі күнге дейін әлемдік нарықтағы көшбасшы болып қала береді. Қазақстан дүниежүзіндегі уранның 40%-ға жуығын өндіреді, ал 2021 жылы уран өндірісі 21,8 мың тоннаны құрайды. 2022 жылдың соңына дейін бұл көрсеткіш 21,3 мың тоннаны құраған.

Қазақстанда уран өндіру тек қана жерасты сілтісіздігі арқылы жүзеге асырылады, бұл ең жоғары экологиялық қауіпсіздікті және ең аз шығындарды қамтамасыз етеді.

Қазіргі уақытта Қазақстанда өндірілген уранның барлығы әлемдік нарыққа, негізінен Қытай, Франция, Ресей және Канадаға экспортталады.

Уран өндіру – ядролық отын айналымының бастапқы кезеңі. Қазақстан ядролық отын циклінің басқа кезеңдерінде (жылына 2,5 млн бірлікке дейін уран изотоптарын байыту қызметтеріне қол жеткізу, уран оксиді ұнтағы мен уран диоксиді отын таблеткаларын өндіру) өндірілген өнімге қосымша құн қосуда.

Ағымдағы өндіріс деңгейінде бұл 2021 жылдан санағанда шамамен 30 жылдық өндірісті қамтамасыз етуге сәйкес келеді.

1 Жалпы түсіндірме жазба

1.1 Уран геологиясы. Қабатты-инфильтрациялық кен орындар

Хорасан 2 кен орны Қызылқұм шөлінде орналасқан, яғни құмды аймақта, ондай аймақтағы кен орындары қабатты-инфильтрациялық кен орындар деп аталады. Құмды кен орындары өткен ғасырдың басынан бері белгілі. Бастапқыда олар шөгінділер немесе сусыздану түзілімдері ретінде қарастырылды, бірақ кейін олар шөгінділер ретінде қарастырыла бастады. Тек 1950 жылдардың аяғында ғана жаңа деректер алынды, бұл құмтас түзілудің принципті жаңа моделін жасауға мүмкіндік берді.

Бұл үлгі бойынша мұндай шөгінділер горизонттар мен өткізгіш аймақтардан жер қыртысының су өткізбейтін бөлігіне көмірқышқыл газының диффузиясы нәтижесінде пайда болатын эпигенетикалық түзілімдер болып табылады. Бұл жағдайда урандағы еріген оттегі тотығады, содан кейін еріген оттегі уран тұздарының бөлінуімен тау жыныстарының құрамындағы тотықсыздандырғыштарды қалпына келтіру үшін жұмсалады. Геохимиялық тотығу-тотықсыздану бөгетінің уранды аймағының орны эпигенетикалық тотыққан сары жыныстардан тотықпаған сұр түсті бастапқы жыныстарға өту аймағымен бекітіледі.

Су өткізгіш шөгінділер өз табиғаты бойынша жерасты шаймалау үшін өте қолайлы. Бірақ инфильтрациялық процестер тек өткізгіш құмтас түзілімдерінде ғана емес, сонымен қатар әртүрлі құрамдағы тау жыныстарында, жарықшақ аймақтарында, карст ойыстарында да дамуы мүмкін. Осылайша, ағып жатқан шөгінділерде генетикалық жағынан біркелкі, бірақ геологиялық жағынан біршама алуан түрлі табиғи өнімдер болуы мүмкін, бұл термин «құм типті кен орындарына» қарағанда кеңірек мағына береді.

1.2 Қабат - инфильтрациялық кен орындары уранды жер асты ұңғымалық шаймалау үшін

Тәжірибе көрсеткендей, жерасты ұңғымаларын шаймалау әдісімен өңдеуге жарамды кен орындары тұтастай алғанда экзогендік сериясына жатады және "инфильтрациялық" немесе "эпигенетикалық" атауын алған топқа біріктірілген. Соңғы жылдары олар "қабат-инфильтрация" немесе "аймақтық қабат тотығу аймақтарының кен орындары ретінде оқшаулануда. Ағылшын тіліндегі әдебиеттерде мұндай кен орындары "құмтас типіндегі" - деп аталады. Жер бетіндегі табиғи факторлардың әсерінен пайда болған геохимиялық процестердің өнімдері экзогендік деп аталады. Экзогендік эпигенетикалық кен орындарын жер асты сулары түзетін кен орындары ретінде қарастыра отырып, біз оларды жер үсті сулары түзетін кен орындарынан, яғни шөгінді экзогендік кен орындарынан бөлеміз. Экзогендік жер асты сулары судың күндізгі бетінен тау жыныстарына енуі, сондай-ақ жауын-шашынмен бірге суды көму

нәтижесінде пайда болады. Біріншісі инфильтрациялық, екіншісі жерленген немесе тұндырылған жер асты сулары деп аталады.

Жер асты суларының бөлінген түрлерінің біріншісі уранның инфильтрациялық кен орындарын құрайды. Бұл модельге сәйкес мұндай кен орындары жер қыртысының өткізгіш бөліктеріне оттегі бар атмосфералық сулардың инфильтрациясымен байланысты эпигенетикалық түзілімдер ретінде қарастырылады. Бұл жағдайда уран тау жыныстарынан шаймаланады, ал еріген оттегі тау жыныстарындағы тотықсыздандырғыштардың тотығуына жұмсалатындықтан, оны ерімейтін төмен валентті қосылыстар түрінде төгеді. Г

Геохимиялық тотығу-тотықсыздану тосқауылының уран тасымалдау аймағының орны эпигенетикалық тотыққан сары түсті жыныстардың тотықпаған бастапқы сұр түске ауысу аймағымен бекітіледі.

Осылайша, "инфильтрация" термині сипатталған кен орындарының генетикалық сипатын дәл көрсетеді және олар үшін қолайлы.

Инфильтрациялық кен орындары табиғаты бойынша жерасты ұңғымалы шаймалау үшін өте қолайлы екені анық. Осылайша, біз геохимиялық ортаның тотығу-тотықсыздану жағдайын өзгерте алатын әртүрлі химиялық реагенттермен сулы өнімді горизонтқа химиялық әсер ету жеткілікті екенін мойындауымыз керек, өйткені бірқатар элементтер, соның ішінде уран, жылжымалы күйге ауысады және ұңғымаларды өңдеу жүйелері арқылы химиялық ерітінділермен алуға жарамды.

1.3 Қабат-инфильтрациялық кен орындарының болжамды-геологиялық және іздестіру жұмыстары

Кен орнының осы түрі үшін геологиялық зерттеулер мен барлау жұмыстарын жүргізу кезінде кенді бақылаудың маңызды факторларын ескеру қажет.

Кен өндірудің барлық кезеңдеріндегі кен бақылауының ең маңызды және "өтпелі" элементі және өткізгіш кен орны-инфильтрацияны табу критерийі болып табылатын қабат тотығу аймағы. Оны қалыптастыру үшін белгілі бір жағдайлар қажет, мысалы:

- Атмосфералық оттегінің өткізгіш қабаттарға едәуір тереңдікке енуіне ықпал ететін құрғақ немесе субаридті климат (климаттық фактор);
- Платформаның шегініс құрылымдарының перифериясы бойынша және іргелес ақаулар мен қоректену аймақтарындағы орташа тектоникалық деформация ("субпристан"); тау жыныстарының физикалық (тектоникалық факторлар) химиялық ауа райына бейімделуі; эрозия аймағы деңгейінде уран және олармен байланысты элементтерге бай жыныстардың кең дамуы (аймақтық геохимиялық факторлар);

- Көл-аллювиалды жазықтар мен жағалаудағы теңіз аймақтарында ылғалды және орташа ылғалды жағдайда шөгінділермен қабатталған сұр және

түрлі-түсті шөгінді қабаттардың депрессиялық құрылымдарында кең таралуы (палеогеографиялық және топографиялық факторлар);

- Аспаптық бөліктен өңірлік немесе жергілікті түсіру аймақтарына (өңірлік гидродинамикалық факторлар) түсетін құрамында оттегі бар қысымды сулар дамыған ағып кету режимдері бар артезиан бассейндерінің болуы.

1.4 Ауданның гидродинамикалық жағдайы

Өткізгіш уран шөгінділерінің түзілуі тек су өткізгіш жер асты суларының гидродинамикалық жағдайында, яғни бұл сулардың жасанды алапта қозғалуы центрге қарай – оның шетінен орталыққа қарай қозғалысы кезінде мүмкін болады. Бұл жағдайда бассейнің шеткі бөлігіндегі судың жоғары деңгейі және ішкі бөлігіндегі төмен гипсометриялық деңгей судың бетінен тереңдікке қарай тұрақты ағынын тудырады, бұл оттегіге қаныққан судың бассейнге қарай енуіне жағдай жасайды.

Тереңдіктен жер бетіне тепкіш күштердің әсерінен жер асты сулары қарама-қарсы бағытта қозғалатын және өткізгіш уран шөгінділері түзілмейтін бассейндердегі анықталған жағдайлар алынып тасталады. Және өткізгіш уран кен орындары түзілмейді.

Үстірттердегі белсенді аймақтарда өткізгіш уран кен орындары синклинальды типтегі ірі артезиан бассейндерімен немесе грабенсинклинальды типтегі кіші артезиан бассейндерімен, грабенсинклинальды типтегі негізгі артезиан бассейндері бар орогендік аймақтармен және алқаптағы шағын гидродинамикалық бассейндері бар стокверктермен байланысты болуы мүмкін (палеогеографиялық тип).

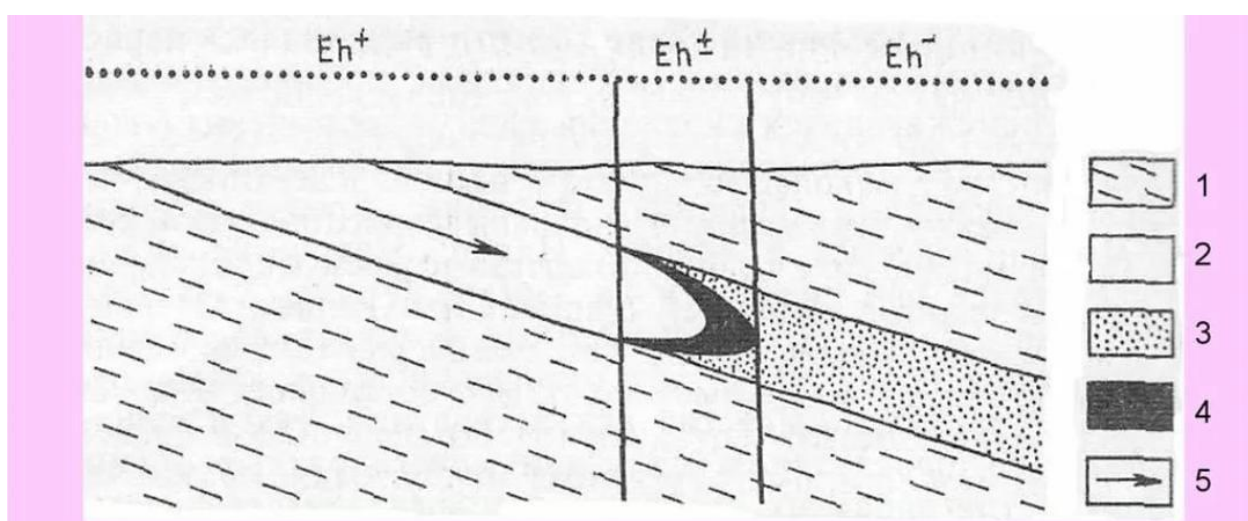
Синклинальды типтегі ірі артезиан бассейндері ондаған - жүздеген мың шаршы шақырымды қамтиды және коллекторлардың тотығу аймақтарының аймақтық дамуымен, ағып кету эпигенезінің ұзақтығымен (10-нан 20 миллион жылға дейін), шағын тегіс қысым градиенттерімен және төмен ағып кету ағындарымен (тәулігіне миллиметр) сипатталады. Мұндай бассейндердегі уран кен орындары әдетте төмен құрамға, жоғары қорларға ие және сирек кездеседі.

Грабен-синклинальды типтегі кіші артезиан бассейндері гидравликалық байланысқан қайталама депрессиялар жүйесін құрайды немесе оқшауланған шағын депрессияларға сәйкес келеді. Олардың ауданы әдетте алғашқы мыңдаған шаршы шақырымды құрайды, ал инфильтрация эпигенезі алғашқы миллиондаған жылдарды құрайды. Сонымен қатар, шоғырлану градиенті жоғарылайды және инфильтрация жылдамдығы күніне сантиметрге жетеді. Уран кен орындары орташа мөлшерден үлкен мөлшерге дейін өзгереді, кейде уран мөлшері салыстырмалы түрде жоғары.

Кішкентай палеодоликалық артезиан бассейндері ұзартылған немесе тармақталған палеодолиндерді құрайды, олар кристалды негізде ойылған және әдетте эрозиялық сазды Сулы горизонтпен жабылған. Олардың ауданы бірнеше ондаған шаршы шақырымды құрайды. Эпигенез процестері шөгінділерді қысқа

уақыт аралығында бақылайды, ұзақтығы қысқа (бір - үш миллион жылдан аз). Оттегімен қаныққан су бүйірлерінен қозғалады палеодолин жоғары сүзу жылдамдығымен (күніне бірнеше сантиметр) шөгінділерге және жоғарыдан төменге. Жеке кен орындарының кеңістіктік ауқымы әрдайым аз, өйткені ол палеодолин борттармен шектелген. Уранның мөлшері кең ауқымда өзгереді.

Өткізгіш уран кен орындарының пайда болуы еріген оттегі жер қыртысының өткізгіш бөліктеріне еркін ауыса алатын кезде ғана мүмкін болады 1950 жылдардың ортасына дейін оттегі тек жер бетіне жақын жерге терең ене алады деп есептелді. Алайда таулы аймақтарда және тау бөктеріндегі артезиан бассейндерінде оттегінің геохимиялық жағдайлары 1 км немесе одан да көп тереңдікке дейін созылуы мүмкін. Оттегінің тереңірек енуіне мүмкіндік беретін негізгі шарт - жер бетіне жақын жағдайларда белсенді тотықсыздандырғыштардың болмауы.



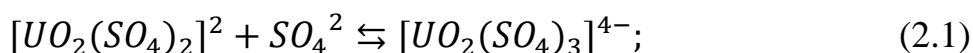
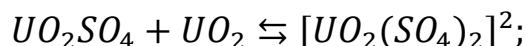
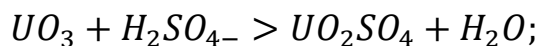
1 – суға төзімді балшықты жыныстар; 2 – сілтіленген құмтас; 3 – жаңа құмтас; 4 – қайта орналастырылған уран кені; 5 - жер асты суларының қозғалыс бағыты

Сурет – 1.1 - Қабатты - инфильтрациялық кен орын

2 Әдебиетке шолу

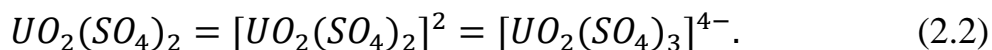
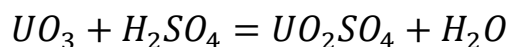
2.1 Күкірт қышқылымен шаймалау

Уран алудың ең кең таралған түрі-күкірт қышқылымен сілтілеу, онда өнімді ерітіндідегі алты валентті уран уранил сульфатымен бірге реагенттің артық мөлшері кезінде күрделі анион түзеді:



Олардың ерітінділердегі қатынасы ортаның рН, сульфат ионының және уранның концентрациясы арқылы анықталады. Егер кендерде төрт валентті уран басым болса, онда оны өнімді ерітіндіге өткізу қиын, өйткені күкірт қышқылының сұйылтылған ерітінділеріндегі төрт валентті уранның еру жылдамдығы алты валентті уранның еру жылдамдығынан біршама төмен.

Күкірт қышқылымен шаймалау кезінде уранил сульфаттарымен қатар целлюлозада күрделі уранил сульфаттары болады:



Олардың Сулы ерітінділердегі қатынасы қышқылдықпен, сульфат ионының артық концентрациясымен және уран концентрациясымен анықталады.

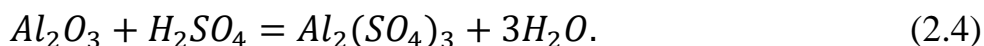
Кендерде U^{4+} болған кезде оны күкірт қышқылымен алу қиынға соғады. Экстракцияны арттыру үшін HNO_3 тотықтырғыштар қолданылады (пирролизит, натрий хлориді және т.б.). Әдетте тотықтырғыш мөлшері кен салмағының 1-2 % құрайды.

Сілтілеуге арналған қышқылдың шығыны уранды шаймалаумен қатар анықталады, қосылыстарды қолдану шарттары мен шикізаттың минералогиялық құрамы және шаймалау процесінде ашылады. Мысалы: жоғары температурада күкірт қышқылы реакция арқылы кремний диоксидін ішінара ашады:



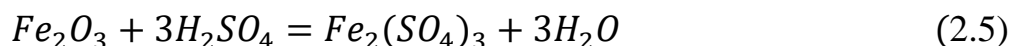
Негізделген кремний қышқылы коллоид түріндегі ерітіндіге ауысады, бұл кремний қышқылының гелін сүзу барысында болатын кедергілерге байланысты целлюлозалар мен ерітінділерді өңдеуді қиындатады, шамамен 1% кремний

диоксиді ерітіндіге өтеді. Ерітілген H_2SO_4 -бұл Al_2O_3 алюминий тотығы. Алынуы мына реакция бойынша жүреді:

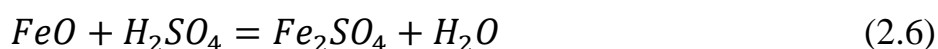


Бастапқы ерітіндіден шамамен 3-5 % ерітіндіге өтеді.

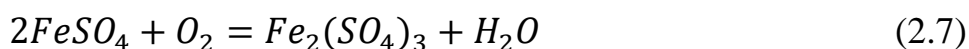
Ерітілген H_2SO_4 қышқылымен қоса $Fe_3-Fe_2O_3$ оксидін де ашу қиын болады. Реакцияға түскен темір оксидінің мөлшері төмендегі реакция бойынша 5-8% - дан аспайды:



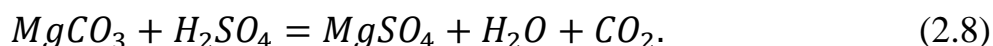
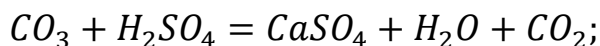
Ерітілген H_2SO_4 қышқылында Fe^{2+} оксиді айтарлықтай жақсы (50%) ериді:



Бірақ ауа оттегі де қызмет ете алатын тотықтырғыш болса, Fe^{2+} сульфаты Fe^{3+} дейін тотығады:

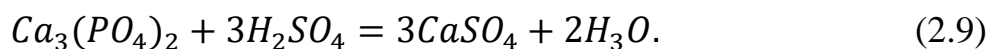


Ca және Mg карбонаттары сәйкесінше келесідей сульфаттар түзеді:



Фосфор уран кендерінде апатит $Ca_5F(PO_4)_3$ және фосфорит $Ca_3(PO_4)_2$ түрінде болады.

Барлық жағдайларда шаймалау кезінде H_2SO_4 қышқылы түзіледі:



Қалған қоспалар (Cu, Ni, Cr, Mn, Ti, As, Sb) силикатты уран кендерінде аз мөлшерде болады және технологиялық ерітінділерді ластамайды.

2.1 Жерасты шаймалау

Қазіргі кезде пайдалы қазбаларды өндірудің геотехнологиялық әдістері, оның ішінде тек уран өндіру саласында ғана емес, сонымен бірге басқа да пайдалы қазбаларды өндіруде жерасты шаймалау әдістері кеңінен қолданылады. Сондықтан жерасты ұңғымаларын шаймалау әдісіне қарасты нақтылауды талап ететін бірнеше жаңа терминдер мен ұғымдар пайда болды.

Келесіде жерасты шаймалау әдісімен уран өндірумен айналысатын жұмысшылар арасында көп қолданылатын терминдер мен ұғымдардың тізімі мен мазмұны қарастырылады:

- Өнімді сулы горизонт - бұл суланған кен денелеріне қатысты горизонт.
- Өнімді сулы горизонттың қуаты-кен денелерін орнықтыратын горизонттың суланған бөлігінің қуаты болып табылады.
- Сілтіленетін аудан деген - технологиялық ерітінділердің қозғалысы жүретін сулы горизонттың аймағы.
- Технологиялық ерітінді - реагенттер мен олардың қоршаған ортамен өзіндік әрекеттесу өнімдерінің ерітіндісі. Жер асты шаймалауда технологиялық ерітінділер шаймалайтын, өнімді, маталық, қайтымды, төгу (сбросные) болып бөлінеді:
- Жұмыс (шаймалайтын) ерітіндісі - пайдалы компонентті алу үшін қажетті реагенттері бар және айдау ұңғымаларына берілетін ерітінді.
- Өнімді ерітінді - жұмыс ерітіндісінің шаймаланатын тау массасымен физика-химиялық өзара әрекеттесуінің арқасында кен денесінің жер қойнауында түзілген және құрамында минималды өнеркәсіптік концентрациядан жоғары пайдалы компонентті ерітінді.
- Маталық ерітінді-пайдалы компонент бөлінген өнімді ерітінді. Маталық ерітінді жұмыс ерітіндісін шаймалау реагенттерімен байланыстыру арқылы дайындау үшін қолданылады.
- Қайтымды ерітінді - ең төменгі өнеркәсіптік мөлшерден төмен пайдалы құрамдас бөлігі бар, бірақ жұмыс ерітіндісі болып жер қойнауына қайта беру үшін жарайтын (тазартатын реагенттерді қосқаннан кейін) нашар өнімді ерітінді.
- Ағызу ерітіндісі - жұмыс ерітіндісін дайындау үшін қолдануға болмайтын маталық емес не өнеркәсіптік емес (нашар) өнімді ерітінді.

Жерасты шаймалау ұңғымалары-бұл жер қойнауынан өнімді ерітінділерді алуға арналған ұңғымалар. Олардың атқаратын мақсаты технологиялық (айдау және сору), бақылау болып табылады:

- Айдау ұңғымалары - кен денелеріне шаймалау ерітіндісі жіберілетін ұңғымалар.
- Сору ұңғымалары - өнімді горизонттан өнімді ерітіндіні бетіне шығаратын ұңғымалар.
- Бақылау ұңғымалары-жер асты шаймалау процесін немесе шаймаланатын тау массасындағы жер асты суларының (ерітінділерінің) режимін тұрақты және мерзімді бақылауға негізделген.

Кеуектілік қатты затпен толтырылмаған тау жыныстарындағы қуыстар деп аталады. Кеуектілік кеуектілік коэффициентімен белгіленеді M_n -жыныстың бос орындарының жалпы көлемінің қатынасы V_n үлгінің бүкіл көлеміне V (бірлік үлесімен немесе пайызбен) $M_n = V_n/V$.

Құрамы, құрамдас бөлшектердің мөлшері бойынша қабат қаншалықты біртекті болса, оның кеуектілігі соншалықты жоғары болады. Қабат құрайтын

бөлшектер соншалықты үлкен болса, кеуектердің мөлшері соншалықты үлкен болады. Өнімді қабаттардың кеуектілігі 5-тен 40% - ға дейінгі аралықта.

Жер асты сілтілеу-ол гидрометаллургиялық процесс, оның негізі кеннен пайдалы компонентті түзілу орнынан селективті шаймалау болып табылады. Бетіне кен емес, құрамында металл иондары бар химиялық ерітінді (өнімді ерітінді) беріледі, содан кейін сорбциямен таңдамалы түрде өңделеді. Жер асты сүзу процесінде еріткіштің қозғалысы реагент ерітіндісінің жасанды ағынының және айдау және дренаждық құрылғылардың арнайы жүйесінің әсерінен кен қабатының немесе тас монолитінің кеуектері мен капиллярлары арқылы іске асырылады. Еріткіштің енуі су басқан борпылдақ шөгінді шөгінділердегі барлық дерлік кеуекті және капиллярлық арналар арқылы жүреді.

Металдарды жерасты шаймалау кезінде кеуекті кенді жыныстардан (су өткізгіш, ерімейтін) тау жыныстарының жарықтары, кеуектері, капиллярлары бойынша реагенттің тікелей қозғалысын қамтамасыз ету қажет. Бұл кезде металды алу кеуекті еріту арқылы емес, капиллярлық диффузиялық процестерде ион алмасуының химиялық реакциялары арқылы жүреді.

"Жер асты шаймалау" (ПВ) термині "жер асты жібіту" терминінен айырмашылығы, бұрын шалғайдағы учаскелерді құрмай, реагент ерітіндісінің табиғи минералға бақыланатын қозғалысы арқылы пайдалы компонентті сұйық фазаға іріктеп түрлендіру арқылы кен орындарын игеруді негіздейді.

Металдарды жерасты қазу әдісінің оңтайлы жұмыс істеуінің негізгі шарттары:

- Кенде қышқылдарда, сілтілерде немесе тұздарда еритін пайдалы компонент болуы;
- Табиғи кеуектілік, кендердің өткізгіштігі және олардан металды тиімді әдістермен алу мүмкіндігі.

Тау ерітінділерінің қозғалыс сипатына байланысты 3 негізгі геотехнологиялық схема бөлінеді:

- Суда еріген зат ағынының әсерінен минералдардың гидродинамикасы мен изотропиясы үшін қолданылады;
- Изотропты кенді кеннен капиллярлық алу үшін қолданылатын инфильтрациялық сүзгілер;
- Гидростатикалық. Ылғалға төзімді.

Бұл схемалар металдарды табиғи және минералды кендерден (мысалы, сынған немесе сынған кендерден) алу үшін де, оларды камерада сату үшін де қолданыла алады. Оларды қолдану шарттарын толығырақ қарастырайық:

- Металдарды жерасты шаймалаудың гидродинамикалық схемасының гидродинамикасы кендердегі барлық тесіктер мен жарықтарды толтыратын ерітіндінің тұрақты ағынына негізделген. Ағынның қозғалысы тірек-бағытталған гидродинамика принциптеріне сәйкес ерітінділер мен дренаж жүйелері арасындағы қысым айырмашылығымен анықталады.

- Жер асты процесінің физикасы мен химиясы негізінен перкаль процестеріне ұқсас, оның мәні еріткіштің алдын-ала ұсақталған кен массасының қабаттары арқылы үздіксіз ағуы болып табылады.
- Инфильтрациялық схема-бұл гравитациялық күштер мен гравитациялық ағынның әсерінен тау жыныстары арқылы қозғалатын реагенттердің ерітінділерін қолдануға негізделген. Бұл схема тек кендерден изотропты металды алу кезінде, сондай-ақ минералдарды шаймалау кезінде қолданылады. Сондықтан ол алдын-ала сынған кендер мен үйінді жыныстарды, соның ішінде шөгінділерді капиллярлы шаймалау кезінде кеңінен қолданылады.
- Гидростатикалық схема кейіннен өнімді қоспаларды жинай отырып, тау жыныстарының соңғы минералды аймақтарын сілтілендіретін реагентпен бірнеше рет суландырудан (толтырудан) тұрады. Тәжірибеде кенді байыту технологиясы бұл әдісті батыру деп атайды. Бұл ретте бейнекамераларда ұсақталған және гидростатикалық схема бойынша өткізілетін кендерден металдарды шаймалаудың маңызды шарты кен денелерін орналастыратын су өткізбейтін жыныстардың болуы болып табылады. Су өткізгіш жыныстарға салынған кендерден металдарды шаймалау кезінде өнімді қоспалар камералардан ағып кетеді. Осыған байланысты металдарды жер асты шаймалау кезіндегі гидростатикалық схема өте сирек қолданылады.

2.2 Жер асты шаймалаудың техникалық тиімділігі. Даму перспективалары

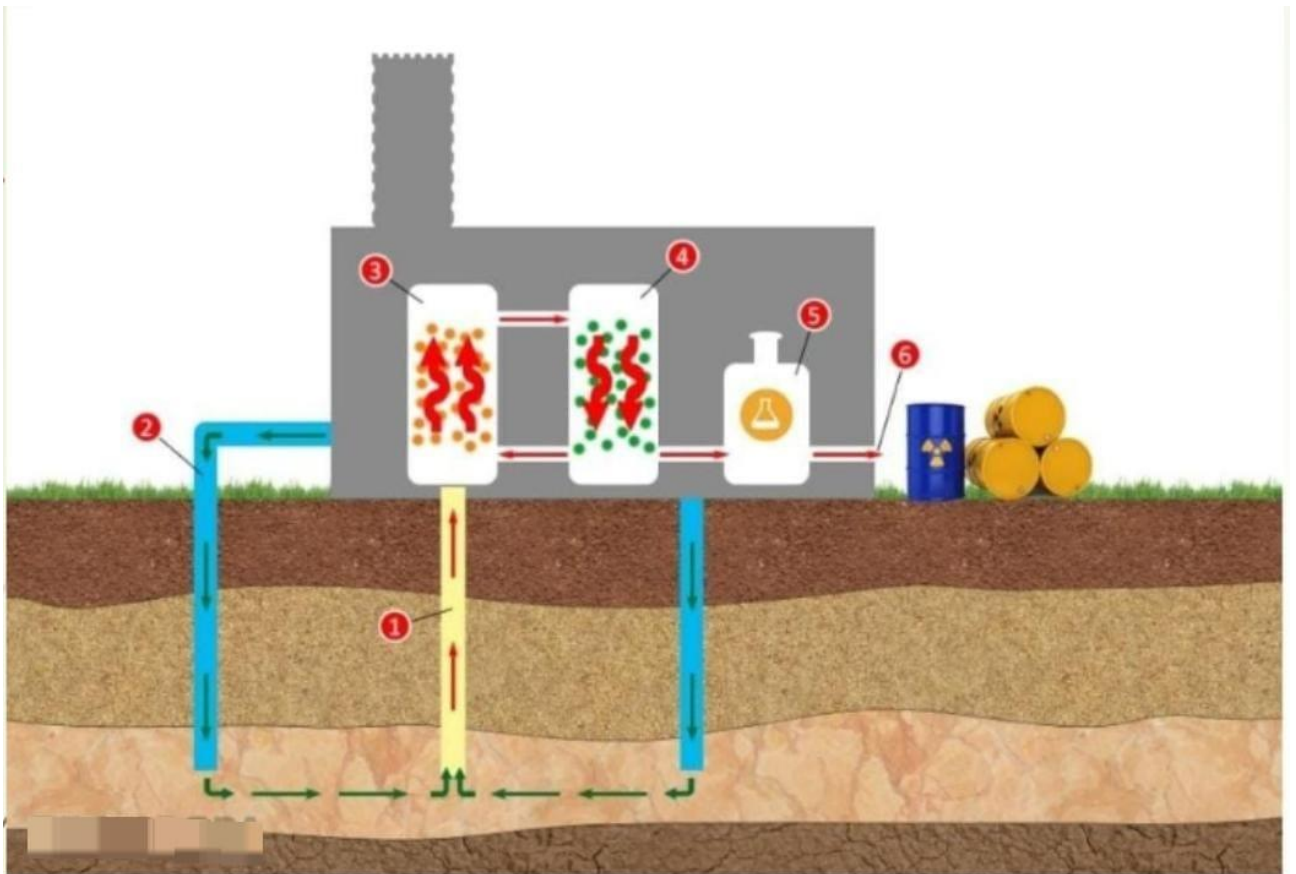
Гидрометаллургиялық зауыттың аяққы өніміндегі металл бірлігінің құнының кен құрамындағы пайдалы компоненттің құрамына тікелей тәуелді. Төмен қатынасынан басқа, өндіріс құнына теріс әсер ететін басқа факторлар да бар, олар:

- Гидрогенді кен орындарының пайда болуының едәуір тереңдігі (250-350 м және одан көп);
- Кенді денелердің күрделі морфологиясы: қуаты мен ені бойынша әлсіздігі және жоспарда да, тік жазықтықта да бөлінуі;
- Өнімді горизонттың негізгі жыныстары мен кен денелерінің және сонымен қатар кен денелерінің жекелеген бөліктерінің өткізгіштігі бойынша үлкен гетерогенділігі;
- Іргелес қалыңдықтарда бірнеше сулы горизонттардың болуы;
- Әлсіздеу қуатты кен денелері (0, 51-ден 45 м-ге дейін) бір-бірінен бірнеше метр қашықтықта орналасқан ұңғымалармен ашылуы.

Осы теріс факторларға қарамастан, жерасты шаймалау әдісімен уран өндіру барған сайын кең көлемде қолданылуда, бұған себеп әдістің өзінде қалыптасқан айтарлықтай техникалық-экономикалық әсердің салдары болып табылады.

Техникалық тиімділік көздерін анықтау үшін жер асты шаймалау әдісімен және дәстүрлі өндіру процестерді, оларды орындау үшін қаражат, еңбек, энергия және материалдар шығындарын салыстыру қажет. Жерасты шаймалау әдісінде дәстүрлі өндіру әдістерімен салыстырғанда процестер мен қайта бөлу саны азаяды. Бұл әсіресе табиғи өткізгіштік кендерімен ұсынылған кен орындарын ұңғымадан ашу нұсқаларына қатысты. Кен орындарының осы түрін игеру кезінде барлық өндіру жұмыстары мына бірнеше процестерден тұрады:

- Технологиялық ұңғымаларды бұрғылау және жабдықтау;
- Уранды кен денелерінен шаймалау, яғни металдарды ерітіндіге өткізу;
- Экстракция және реэкстракция.
- Жерасты шаймалау әдісінің артықшылығы қайта бөлудің үлкен көлемде қысқаруында ғана емес, сонымен қатар өндіріс процестері адам еңбегінің, еңбек құралдары мен өндіріс құралдарының шығындары, яғни үнемділік тұрғыдан тиімділігінде.



1-сорғы ұңғымасы; 2-айдау ұңғымасы;
 3-сорбциялық қондырғы;
 4-десорбциялық қондырғы; 5-химиялық
 реагенттердің қосындысы; 6-уран тұзы
 түріндегі тұнба

Сурет - 2.1 - Жер асты шаймалау процесі кезіндегі ұңғымалар мен қондырғылардың орналасу принциптері

3 Жобалау үшін

3.1 Кәсіпорынның құрамдас бөліктері

Кен орнын жерасты шаймалау әдісімен игеру жөніндегі кәсіпорын келесідей негізгі бөліктерден тұрады: өндіру кешені, өнімді ерітінділерді көліктік тасымалдау жүйесі, ерітінділерді қайта өңдеу жөніндегі қондырғылар және қосалқы өндірістер. Кен өндіру кешені кен денелеріне жұмыс ерітінділерін беру, пайдалы компонентті ерітіндіге айналдыру және өнімді ерітінділердің бетіне берумен кен орнын дайындау және пайдалану мақсатынан тұрады. Өткізгіш шөгінді тау жыныстарының кен орындарын игеруге арналған бұл кешен технологиялық ұңғымаларды және олардан өнімді ерітінділерді айдау құралдарын қамтиды. Кендерді алдын ала ұсақтайтын кен орнын игеру кезінде өндіру кешені оның жекелеген бөліктерін ашуға, дайындауға және пайдалануға және жерасты шаймалау блоктарынан өнімді ерітінділерді алуға арналған тау-кен қазбаларының (немесе ұңғымалардың) жүйесі болып табылады. Мұндай кен орындарын пайдалануға дайындау барысында кеннің өткізгіштігін жасанды әдіспен жасау және онымен жұмыс ерітіндісінің барынша толық жанасуын қамтамасыз ету үшін бұрғылау-жару жұмыстары жүргізіледі.

Технологиялық схема өнімді ерітінділерден пайдалы компонентті алуға негізделген. Ол сорбция, регенерация және ерітінді дайындау тізбектерінен тұрады. Ерітінділерді тасымалдау жүйесі қарапайым және технологиялық кешендер арасындағы байланыстырушы буын болып саналады және ерітінділерді ұңғымалар бойынша тарату, айдау және өнімді ерітінділерді шаймалау учаскелерінен технологиялық торапқа жинау үшін қызмет етеді. Оның құрамына өнімді және нашар ерітінділерге арналған центрлік және далалық сорғы станциялары мен құбырлар кіреді. Егер ерітінділерді ұңғымалардан айдау үшін эрлифтер қолданылса, онда жүйеге сығылған ауа құбырлары мен компрессорлық станциялар да кіреді. Жер асты шаймалау кәсіпорнының көрсетілген негізгі бөліктерінен басқа, оның құрамына бірқатар қосалқы қызметтер мен құрылыстар (жөндеу базасы, гараж, тұрмыстық бөлмелер, қойма, склад бөлмелері және т.б.) кіреді, олардың мақсаты кәсіпорында жұмыс істейтіндердің өндірістік қызметін қамтамасыз ету болып саналады.

3.2 Жобалау үшін бастапқы деректер

Бастапқы деректердің құрамы жобалаудың кез-келген сатысында тұрақты болып тұрады; олардың жарамдылық негізі ғана өзгеруі мүмкін. Бастапқы деректердің сапасы жобалаудың кезеңін анықтайды.

Бастапқы деректердің тұрақты құрамы кезінде олардың көлемі, дұрыстығы мен сапасы оларды алу шарттарын кен орнын өнеркәсіптік

пайдалану шарттарына кезекті жақындату жолымен жобалау сатысы өзгерген сайын артуы керек.

Бұл ретте бастапқы деректер сапасының негізгі критерийлері, біріншіден, оларға әсер ететін табиғи және техникалық факторларды есептеу дәрежесі, екіншіден, тәжірибелерден алынған мәндердің олардың есептік параметрлерімен жинақталу дәрежесі болып саналады. Бірінші жуықтауда ПВ кәсіпорындарын жобалауға арналған бастапқы деректерді бес негізгі топқа бөлуге болады: геоэкономикалық, геологиялық, гидрогеологиялық, негізгі жыныстардың физикалық қасиеттері және кендер мен ерітінділердің технологиялық қасиеттері. Бірінші жуықтауда жер асты шаймалау кәсіпорындарын жобалауға арналған бастапқы деректерді бес негізгі топқа бөле аламыз, олар: географоэкономикалық, геологиялық, гидрогеологиялық, тау жыныстарының физикалық қасиеттері және кендер мен ерітінділердің технологиялық қасиеттері.

Географоэкономикалық топқа климат, гидрография, кен орны аймағының рельефі, транспорттық байланыстары, энергиямен, сумен, отын жабдықтарымен қамтамасыз етілуі, өндірілуші шикізатқа деген қажеттілік, оның құны және т.б. туралы мәліметтер жатады.

Геологиялық бастапқы деректерге ауданның және кен орнының аумағының геологиялық құрылысын, кен денелері мен кен орындарының нысанын, олардың өлшемдерін, олардағы негізгі металдың және басқа да пайдалы компоненттердің құрамын, олардың таралу заңдылықтарын, кен орнын орналастыратын және қоршаған жыныстардың литологиялық және минералогиялық құрамын, кен орнының кенді және кенсіз бөліктерінің өзара қатынасын сипаттайтын деректерді, сондай-ақ кен орнының кенді және кенсіз бөліктерінің әр түрлі литологиялық айырмашылықтарға жататын металл қорларының салыстырмалы санын және т. б. Жатқызамыз.

Геологиялық бастапқы деректер кен орнының ауданын учаскелер мен блоктарға бөлу кезінде, олардың мөлшерін және жұмыс істеу реттілігін анықтауда, ұнғымалардың конструкцияларын әзірлеуде және т. б. жағдайларда қолданылады. Олар сондай-ақ кен орнын анықтау және игеру жүйесін таңдау үшін, соның ішінде шахта оқпандарының санын, қабаттардың биіктігін, блоктардың өлшемдерін және т. б. анықтау үшін қолданылады.

Гидрогеологиялық бастапқы деректерге кендер мен сыйымды жыныстардың өткізгіштігі, жер асты суларының статикалық деңгейі, сулы қабаттардың көптігі, олардың таралуы және бір-бірімен байланыс түрі, жер асты суларының қоректену және түсіру аймақтарының жағдайы және т. б. туралы мәліметтер кіреді.

Бұл деректер эксплуатациялық ұнғымаларының орналасу схемаларын таңдауда, айдау және сорып алу ұнғымалары жүйелерінің көмегімен кен орындарын игеру жағдайында олардың дебиттерін анықтауда, шаймалау ерітінділерінің таралу контурын есептеуге, горизонттарды құрғату немесе суландыру үшін суды төмендету жүйесін таңдауда, блоктардағы кендерден шаймалау кезінде өнімді ерітінділерді алу схемаларын негіздеуге, бағалау

кезінде, жер қойнауының өнімді ерітінділермен ластану дәрежесін және сәйкесінше сулы горизонттарды санитарлық қорғау жөніндегі іс-шараларды реттеу үшін қолданылады. Кен орны тұратын тау жыныстарының физикалық қасиеттері барлау жұмыстарын жүргізу уақытында анықталады. Тау жыныстарының тығыздығы мен көлемдік массасы, кеуектілігі, жарылуы, сығылуы, беріктігі, кен шөгінділерінің гранулометриялық құрамы, олардың жарылғыштығы, ұсақталуы және т. б. сияқты қасиеттерін анықтау керек. Бұл деректер бұрғылау және тау-кен жұмыстарының көлемін есептеу кезінде, тау-кен қазбаларын қазу және бекіту әдісін таңдау кезінде, еңбек шығындарын анықтауда, материалдарды, электр энергиясын есептеу кездерінде бастапқы болып табылады.

Кендер мен ерітінділердің технологиялық қасиеттері жер асты шаймалау әдісімен кен орындарын жобалау және пайдалану кезінде ең маңызды бастапқы деректер болып табылады. Оларға сілтілеу ерітіндісінің негізгі компоненттері (еріткіш, тотықтырғыш, комплекс түзуші, беттік-белсенді заттар) және олардың концентрациясы, жеке компоненттердің максималды рұқсат етілген концентрациясы және олардың айналым ерітіндісіндегі қосындысы, әр түрлі кендерге арналған сілтілеу режимі және т. б. жатады.

Бұл топта жер асты шаймалау әдісін негіздеу үшін басқалардан қарағанда қажет мәліметтер көп, осыған орай олар геотехнологиялық бастапқы деректер деп аталады. Оларға мыналар жатады:

- Ерітіндідегі металл концентрациясының өзгеру заңдылықтары және оны алу дәрежесі әр түрлі кендер мен жыныстар үшін шаймалау ерітінділерін сүзу жолының уақытына, жылдамдығына және ұзындығына байланысты заңдылықтары;
- Кендер мен тау жыныстарының әр түрлі түрлері үшін шаймалау ерітіндісінің құрамдас бөліктері бойынша оның сүзу жолының уақытына, жылдамдығына және ұзындығына қарай меншікті шығысының өзгеру заңдылықтары;
- Жалпылай алғанда өнімді горизонттың негізгі гидрогеологиялық параметрлерін (ұңғыма сүзгісінің коэффициенттері, өткізгіштігі, тиімді кеуектілігі) шаймалау процесінде және кендер мен сыйымды жыныстардың негізгі типтері үшін, және сондай-ақ ұңғымалардың сүзгі аймақтары үшін өзгеру заңдылықтары.

4 Технологиялық процестері

4.1 Шаймалаудың қышқылдық әдістері

Уран кендерін шаймалау кезінде негізгі мақсат уран кендерін барынша толық және селективті еріту болып табылады. Сондықтан шаймалау кен орнында уран өндірудегі негізгі операциясы болып табылады, өйткені ол соңғы өнімнің өзіндік құнын анықтайды. Құрамында уран бар минералдар мен кендердің әр түрлілігіне қарамастан, соңғысын сілтілеу үшін минералды қышқылдардың немесе сілтілі металдардың карбонатты тұздарының сулы ерітінділері қолданылады.

Жер асты шаймалау кезінде еріткішке келесі талаптар қойылады:

- Ураннан ерітіндіге толық көшуді қамтамасыз ету;
- Реагенттер құнының төмендігі;
- Шаймалау процесіндегі селективтілік;
- Коррозияға, қолданылатын жабдықтар мен материалдарға төзімділікті қамтамасыз ету.

Уран кенін шаймалаудың екі әдісін сипаттай отырып, мынаны айтуға болады. Қышқылды шаймалау әдісі карбонатты әдіспен салыстырғанда уранның жоғары өндірісін қамтамасыз етеді, бірақ келесі кемшіліктерге ие:

- Уранды қоспағанда, минералдардың басқа компоненттерінің, бос жыныстардың еруіне әкелетін және қышқылдың көп жұмсалуына әкелетін салыстырмалы түрде жоғары агрессивтілік;
- Құрамында 2%-дан астам карбонаттар (CO_2 бойынша) бар кен денелерін өңдеу әдісін қолданудың мүмкін еместігі;
- Тереңірек ұңғымаларды қаптау кезінде конструкциялық материалдар ретінде арнайы қымбат материалдардан (тот баспайтын болат, арматураланған полиэтилен) жасалған құбырларды пайдалану қажеттілігі.

Уранды жер асты жағдайында шаймалау үшін қышқыл ерітінділері $\text{pH} = 0,1-1,5$ (күкірт, тұз, азот) түріндегі химиялық реагенттер немесе сода ерітінділері (2,5-10% $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 1,0-2,0$ 0,5% NaHCO_3) қолданылады, олар уран гидрометаллургиясында жиі қолданылады.

Еріткіш кен қабатына ұңғыма арқылы еркін құю арқылы немесе қысыммен айдалады. Кен массасы арқылы ерітіндінің қозғалысын жақсарту үшін кейде іргелес түсіру ұңғымасын вакуумдау ұсынылады.

Кен қабатында алынған құрамында ураны бар ерітінді ағызу шахталары арқылы айдалады және одан әрі өңдеуге жіберіледі. Кейбір жағдайларда, кен қабаты таяз болса, құрамында ураны бар ерітінді қабаттан су өткізбейтін дренажды құрылғыны, дренаждық арықтарды, ағындарды және т.б.

Мысал ретінде ұңғымалардың сақиналы орналасуымен сорғы (откачка) және айдау (закачка) ерітінділерінің циклін қарастырайық, ол келесідей көрінеді. Еріткіш перифериялық ұңғымаларда пайда болғанға дейін орталық ұңғымаға айдалады, яғни қабаттың химиялық реагентпен қанығуының алдын ала кезеңі орын алады. Біраз уақыттан кейін еріткіш осы ұңғымаларға қайта

оралады, сонымен бірге орталық ұңғымадан құрамында ураны бар ерітінді айдалады. Шаймалау процесінің параметрлеріне еріткіштің табиғаты үлкен әсер етеді, өйткені ол ерітіндіге уранның жоғары бөлінуін қамтамасыз етеді және жеткілікті селективтілікке ие. Сондықтан еріткіште минералды қабатқа жіберер алдында жұқа қатты суспензиялар (коллоидтар) болмауы және қабаттың кеуектері мен капиллярларын бітеп тастайтын (жабатын) тұнба болмауы керек. Осы шарттарға сәйкес белгілі бір кен массасын шаймалау үшін таңдалған еріткіш уран өндіруге қабілетті. Қышқыл ерітінділер осы шарттарға сәйкес келеді.

Жер асты шаймалауда айдау және ерітінділерді алу кезі екі кезеңге бөлінеді: минералданған дененің бір бөлігін еріткішпен алдын ала сулау, аз қысым градиентімен қанықтыру (еркін құю) және өндірістік ерітіндінің циркуляциясы және оны сорғылар жасаған жоғары қысым мәндеріндегі қабаттаналу.

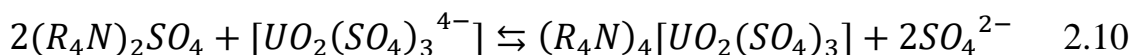
4.2 Күкірт қышқылы ерітінділерінен уранды сорбциялық алу

Сорбция арқылы пайдалы компоненттерді алу процесі сорбентті яғни шайырды қанықтыру және ол арқылы пайдалы компоненттерді десорбциялау сатыларынан тұрады. Бірінші кезеңде өнімді ерітінді сорбентпен байланысады және пайдалы компоненттер ионитпен жұтылады. Бір немесе бірнеше металдардың тепе-теңдік сыйымдылығына жеткеннен кейін сорбент десорбцияға түседі.

Тауарлық десорбат күйіндегі концентрацияланған ерітінді одан әрі өңделеді. Десорбциядан кейінгі пайдалы компонент ерітінділерінің көлемі сорбция кезіндегі бастапқы мөлшерден біршама аз, бұл өз кезегінде олардың әрі қарай концентрациясын тиімді жүргізуге мүмкіндік береді.

Сорбция арқылы алмасу процесі белсенді массалар заңына байланысты. Бұл жағдайда маңызды талаптардың бірі – алынатын металдардың селективтілігі және жеткілікті жақсы сорбциялық және регенерациялық кинетикалық көрсеткіштері бар шайырлардың максималды сыйымдылығы. Сорбция тиімділігі шайырдың сорбциялық қабілетімен, металдарды жерасты шаймалау ерітінділерінен алу көрсеткіштерімен, сорбция сатыларының санымен, иониттің бір зарядымен, ерітіндінің ионитпен байланысу уақытымен және десорбциямен бағаланады. Бұл көрсеткіштердің барлығы өзара байланысты және сорбцияның негізгі физика-химиялық заңдылықтарын көрсетеді, сонымен қатар процестің аппараттық құралдарының түрлеріне байланысты. "Қазатомөнеркәсіп" компаниясында өнімді ерітінділерінен уранды сорбциялауда қазіргі стирол-АМ типті, күшті негізді аниониттер кеңінен қолданылады. Амп, VP-1ар винилпиридин аниониті, сондай-ақ олардың шетелдік lewatis-1950 (1955), Amberlit IRA-910, Дауэкс1 т. б. Қолданылады.

Күшті негізгі аниониттер қолдану кезінде сорбцияны мынандай теңдеумен сипаттаймыз:



Уранды жерасты сілтісіздендіру (ПВ) механизмінде сорғы ұңғымаларынан бетіне көтерілген өнімді ерітінділер ион алмасу үшін уранды ерітінділердің қозғалысының көтерілу қарқыны кезінде жұмыс істейтін СНК типті қарсы ағымды сорбциялық қысымды колонналарға бөледі, олардан маталық ерітінділер күкірт қышқылымен қышқылданғаннан кейін айдау ұңғымаларына жіберіледі. Уранмен қаныққан ион алмасу шайыры ерітінділер қозғалысының жоғары ағынында жұмыс істейтін ДНКтипіндегі қарсы ағымды сорбциялық қысым колонналарынан тұратын регенерация тізбегіне түседі.

Регенерация тізбегінде қышқылдығы 25-30 г/л жоғары 70-80 г/л нитрат ионы бар ерітінділермен жүргізілетін нитратты десорбция жүргізіледі.

Бұл жүйенің өзіндік кемшіліктері бар, олар:

Регенерация торабында төрт-бес колоннадан тұратын тізбек болады: құмдар мен лайлардан жуу колоннасы; шайырды тауарлық регенератпен қанықтыру колоннасы; 3 немесе 4 нитратты десорбциялау колоннасы; 1 немесе 2 денитрация колоннасы; тасымалдаушы көліктерден қалған ылғалды жуу колонналары;

Алынған өнеркәсіптік регенерация 20-25 г/л артық қышқылдықпен 25-35 г/л уран қатынасына ие; регенерация тізбегіндегі ион алмастырғыш шайырдың жалпы жүктемесі 250-300 м³ құрайды.

Тауарлық десорбатты алу құнын төмендету үшін әлемдік дамуда екі жол бекітілген: үздіксіз әрекет ететін жабдықты қолдану арқылы технологияны жетілдіру және бар технологиялармен өнімділікті арттыру. Қазіргі уақытта реакция аймағында қозғалмалы бөліктері жоқ, толығымен тығыздалған, бір жұмыс бірлігінен жоғары өнім шығымы және аз энергия тұтынуы бар құрылғыларға артықшылық беріледі.

Ең үлкен әсерді СДК сорбция-десорбция тізбегінің бағанасы қамтамасыз етеді. Іске асыру нысандарының бірінде СДК колоннасы Семізбай кен орнындағы рудаларды уранды үйіндімен шаймалау кезінде өндірістік сынақтардан өтті. СДК колоннасының регенерация аймағында күкірт қышқылымен десорбция қолданылды, ол қышқылдығы 180-200 г/л жоғары ерітінділермен жүргізілді.

СДК колонналарының қызмет жүйесінің осындай ақаулары қарастырылады:

- Қалпына келтірілген шайырдағы уранның жоғары қалдығы: 3-4кг/т; сатып алынатын тауарлық регенераттың құрамында 170-190 г/л артық қышқылдығы бар 40-60 г/л уран бар;
- Алынған тауарлық регенераттың жоғары қышқылдығы (160-190 г/л) уранды тұндырудың кейінгі фазасында тұндырғыштың (көміртегі

аммоний тұздарының) 2, 5-тен 6, 5-7, 0 кг/кг-ға дейін шығынының өсуіне әкеледі;

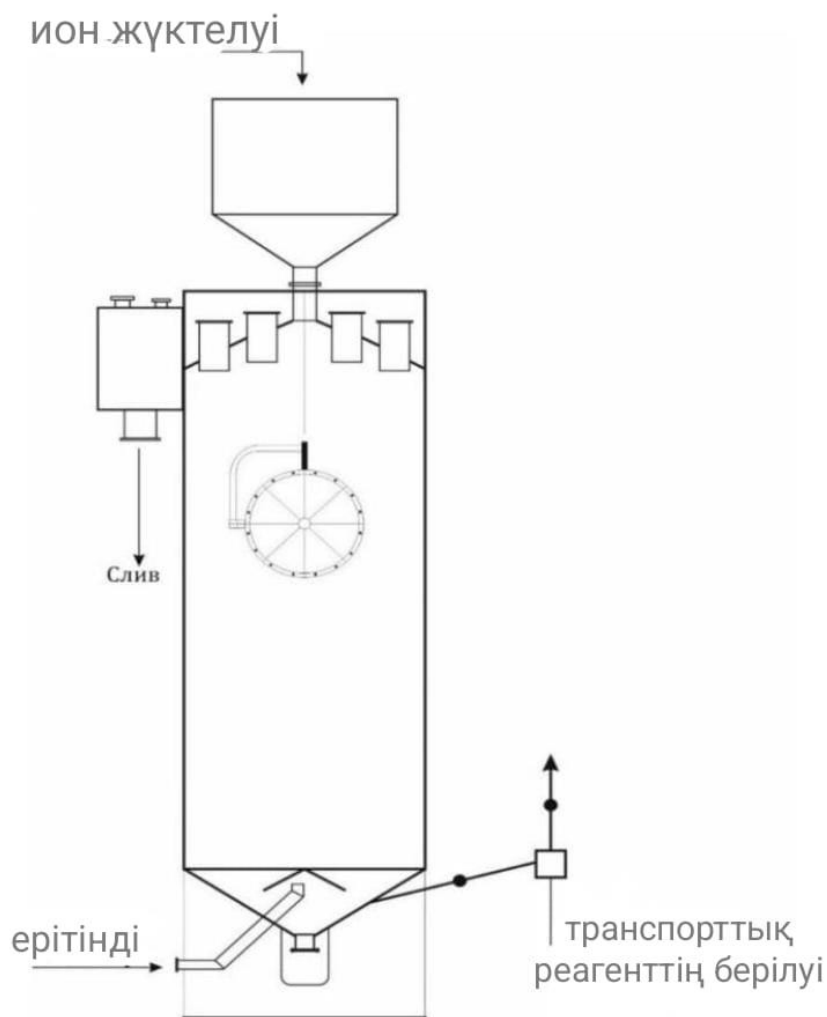
- Жоғары қышқылдыққа байланысты тауарлық регенераттар химиялық агрессивті, бұл арнайы жабдықтың коррозиясының жоғарылауына әкеледі.

- Уранды жерасты ұңғымалық шаймалаудың өнімді ерітінділерін өңдеу үшін әртүрлі типтегі колонналар түрлері қолданылады:

- Сорбция кезінде ерітіндінің жоғары ағынында қарсы ток режимінде жұмыс істейтін СНК-3М колонналары жұмыс істейді;

- Регенерацияда-ерітінділер қозғалысының төмендеу шкаласында жұмыс істейтін СДК-1500 сорбциялық-десорбциялық колонна түріндегі қарсы ток құрылғысы жұмыс істейді;

- Уранды десорбциялау кезінде шайырдан нитратты ерітінділер алынады.



Сурет - 4.1 - "СНК-3М" типті қарсы ток бағаны

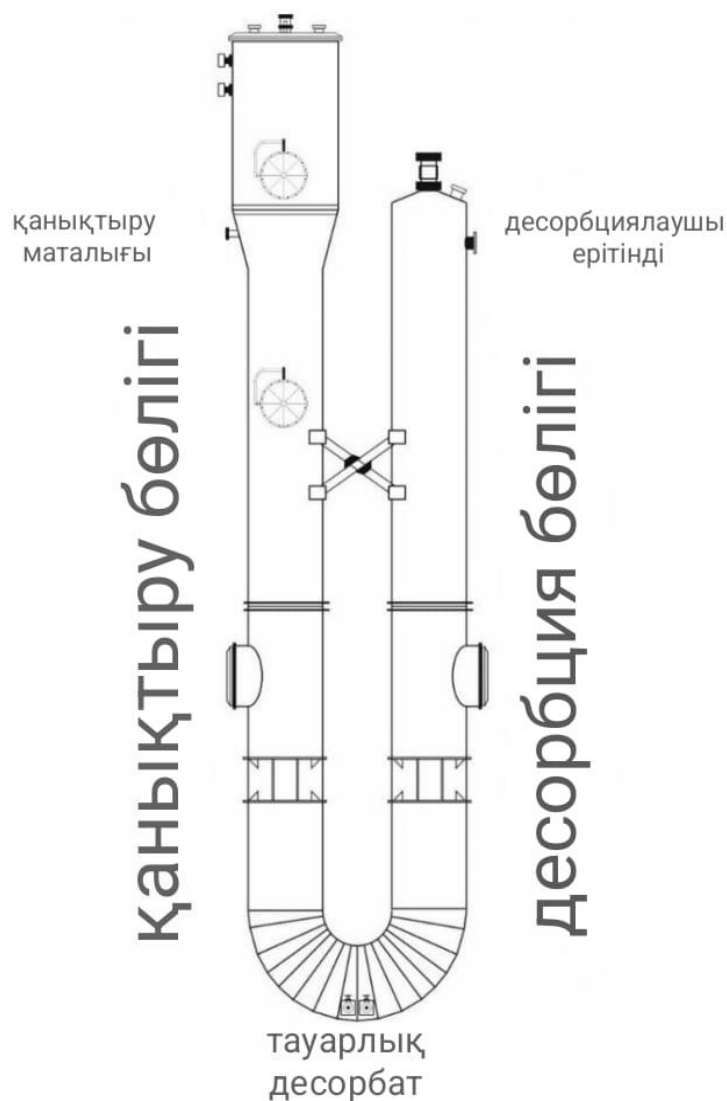
СНК 3М - қарсы ток жартылай үздіксіз ион алмасу қондырғысы: СНК-3М-төменгі жағында ерітінді таратқышы, үстіңгі жағында ағызу және анион алмасу шайырын сақтауға арналған бункері бар цилиндрлік резервуар. Құрылғының ішкі жағы анион алмастырғыш шайырмен толтырылған және ерітінді оның қабаттары арқылы төменнен жоғары қарай сүзіледі. Мерзімді түрде ерітіндіні беру тоқтатылады, аниондардың бір бөлігі басқа операцияға эрлифтпен жіберіледі және аниондардың бірдей саны резервуардан құрылғының жоғарғы жағына түседі. Жабдық 12Х18Н10Т және 10Х17Н13М2Т маркалы тот баспайтын болаттан жасалған.

Сорбциялық-қысымды баған құрылымы тұрады:

- Цилиндрлік корпус (материал агрессивті технологиялық сұйықтықтарға химиялық төзімділікті ескере отырып таңдалады);
- Жоғарғы дренаж жүйесінен;
- Сорбция маталығын жинауға арналған сыйымдылықтан;
- Ерітінділерге арналған ағызу шығысынан;
- Қаныққан ион алмасу шайырын түсіруге арналған құрылғылардан;
- Регенерацияланған шайырды тиеуге арналған қысымды бункерден.

Қаныққан шайыр буферлі резервуардан СДК бағанына десорбцияға жіберіледі. Қаныққан шайырды СНК - 3М сорбциялық бағанынан тасымалдау үшін гидротранспорт қолданылады. Қаныққан шайырдың гидротранспорты аниониттің механикалық әлсіреуін сиретуге, сондай-ақ кейіннен анионитті механикалық бөлшектердің негізгі санынан бөлуге мүмкіндік беретін тасымалдау ерітіндісін алуға мүмкіндік тудырады. Трапнспорттаушы ерітінді ретінде шаймалау ерітіндісі қолданылады. Уранның десорбциясы бастапқы десорбциялық ерітіндісі берілетін нитраттардың десорбция аймағында қаныққан сорбентпен жүреді.

Сорбциялық мата бағанның жоғарғы жағындағы дренаждардан түсіріледі. Маталық сорбция құрамындағы уран мөлшері 3 мг/л-ден аз.



Сурет - 4.2 - СДК - 1500 сорбциялық-десорбциялық колоннасың аймақтық схемасы

СДК – 1 500 аппаратындағы уранды десорбциялық концентрациялау операциясының технологиялық шарттары мен параметрлері:

- Шамадан тыс жүктелетін анионит мөлшері, 3 м / сағ;
- Тауарлық десорбаттағы уран концентрациясы, г/дм³;
- Қанығу маталығындағы уран концентрациясы, г дм³;
- Десорбциялық ерітіндідегі нитрат иондарының концентрациясы, г/дм³;
- Тауарлық десорбаттың шығуы м³ /сағ;
- Сорбциялық концентрация уақыты, сағ;

4.3 Тауарлық регенераттардан уранды бөлу тәсілдері

Шетелдегі уран зауыттарында құрамында уран бар иониттерді қалпына келтіру әдісіне байланысты оны тауарлық элюаттардан оқшаулаудың әртүрлі әдістері жүзеге асырылады. Қазақстанда уранның нитратты десорбциялау әдісі ең көп таралған, оның көмегімен уран концентрациясы 7—10 г/л болатын тауарлық элюаттар шығады. Мұндай элюаттардан уранның бөлінуі әртүрлі рН мәндерінде фракциялық тұндыру әдісімен жүзеге асырылады. Бастапқыда 80°С температурада элюат аммиакпен, кальций немесе магний оксидімен $H = 3,5$ с - 3,8 дейін темір гидроксиді мен ішінара сульфаттарды кетіру үшін бейтараптандырылады, ал рН ерітіндісін бақылаудан кейін уранды тұндыру үшін 6,5 - 7,5 дейін көтеріледі.

Хорасан 2 кен орнында элюат аммиакпен бейтараптандырылады. Кендердің құрамына және уранды қоспалардан жуудың тиімділігіне байланысты қабылданған технологиялық схема бойынша АҚШ-та уран мөлшері 60 - 64% және Канададағы "Алгом Квирк" зауытында 43 - 47% болатын химиялық концентраттар шығады. Оңтүстік Африкадағы уран зауыттарында уран диуранат түрінде тұндырылады, және қоюландырылған түрде орталық "Никфор" зауытына жіберіледі, онда ол кальциленеді. Бұған дейін әртүрлі жеткізушілердің целлюлозасы араластырылады, орташаланады, вакуумдық сүзгілерде сүзіледі, ұзын макарон түріндегі концентрат алу үшін перфорацияланған пеш арқылы пресстелінеді, 130°С температурада ыстық ауамен кептіріледі және аммиак пен басқа ұшқыш қоспаларды кетіру үшін 500°С температурада күйдіріледі. Алынған өнімде 92% U_3O_8 бар.

Ол 208 литрлік болат темір барабандарына салынып, 10 тонналық партиялармен экспортқа жөнелтіледі, «Эллиот Лэйк» зауытында уранды тұндыру рентабельділігі 0,10 доллар кг уранға тең. Уран концентрациясы 6-10 г/л болатын құрамында уран бар хлоридті элюаттарды өңдеу кезінде де осылай жасалады, бірақ АҚШ пен Канадада уранды тұндыру үшін магний оксиді жиі қолданылады, оның уранды экстракциялаудан кейін экстракция тазартқышы бастапқы элюентті дайындауға немесе күкірт қышқылын қайта пайдалану үшін шаймалауға жіберіледі. "Инжемонт", "Джефри-Сити" және "Гасхилс" зауыттарында уран қышқылдарымен, содамен немесе көмірқышқыл аммонийімен реэкстракциядан кейін уран концентрациясы 6-30 г/л болатын реэкстрактілер алынады, олардан құрамында 76-77% уран бар концентрат алу мүмкін болады.

90-100 немесе 120-130°С температурада аммоний көмірқышқыл газының термиялық ыдырауы арқылы көміртегі аммоний элюаттарынан уранды бөліп алу және одан әрі аммоний элюенттерін жасау үшін қалдық газдарды алып қалу әдісі назар аударарлық. Бұл әдісте алынған сұйықтың күйу режиміне байланысты уран диоксид немесе триоксид түрінде бөлінеді.

4.4 Қаныққан сорбенттен уран десорбциясы

Өнімді ерітінділер уранның сорбциясына СНК қысымды сорбциялық колоннаның төменгі бөлігіне беріледі. Колонна дербес режимде жұмыс істейді, ион алмастырғыш шайырдың қозғалысына қатысты ерітінділердің қарсы қозғалысы жасалады. Сорбция маталықтары бағанның жоғарғы бөлігінен дренажды кассеталар арқылы шығады және күкірт қышқылымен нығайтылғанға дейін айдау ұңғымаларына беріледі. Сорбент уранмен қаныққан кезде СНК колоннасы қаныққан сорбентті түсіру және қалпына келтірілгенді жүктеу үшін тоқтайды. Қаныққан сорбент СДК бағанының қысым бункеріне бөлінеді. Жүктеме айналымы 50-70 м³ болатын СДК сорбент аппаратының жұмыс уақытында осындай процестер тізіміне сәйкес келетін бірқатар аймақтар кезең-кезеңімен өтеді (сурет.3):

Қанықтыру - өнімді ерітіндіден және тауарлық регенераттың бір бөлігінен уранның сорбциясы;

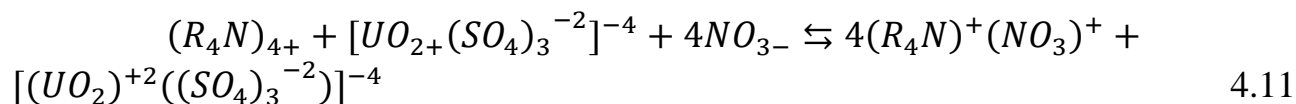
Қанықтыру - тауарлық регенераттан уранның сорбциясы;

Шайырдан уранның нитратты десорбциясы;

Бастапқы десорбциялық ерітіндіден жуу (және соңғы екі аймақта ерітінділердің төмендеу қозғалысы қолданылады).

Қалпына келтірілген шайыр СДК колоннасының қысым бункеріне өткізіледі.

Уранды десорбциялау процесі келесі тендеумен сипатталады:



Ион алмастырғыш шайырлардың қозғалысына сәйкес СДК колоннасының жұмысы келесі кезеңдерді қамтиды: уран өнім ерітіндісінен қаныққанға дейін сіңіріледі.

Өнімнің десорбент ерітіндісінің қаныққан бөлігінен уран сорбциясы:

- Уранды нитратпен шайырдан десорбциялау;
- Бастапқы дисорбциялаушы ерітіндінің элюциясы.

СДК-1500-2000 колоннасының жұмысы кезінде уранды сорбциялау сатысындағы I сорбент қанығуға дейін аймаққа түседі, өнімді ерітіндіден уран сорбциясы және тауарлық деорбат бөлігі есебінен шайырдың қосымша қанығуы орындалады.

Десорбат өнімінің бөліктері СДК колоннасының қанығуына дейін II тікелей аймақтан келеді.

Сорбенттің қанығуы оның сыйымдылығын арттыруы және сорбциялық ерітіндідегі уран концентрациясын арттыруы мүмкін, осылайша оның тауарлық бөлігінің өндірісін азайтады. Қанықтыру аймағынан кейін сорбент I қанығу аймағына түседі, бұл өтпелі аймақ. Жабдықтың төменгі тороидальды бөлігі осы аймаққа бейімделеді. Мұнда сорбент пен десорбенттің тауарлық ерітіндісі уран

концентрациясы сорбентте де, ерітіндіде де максималды болатын кезеңнен өтеді. Осы сәттен бастап тауарлық десорбат ерітіндісі алынады.

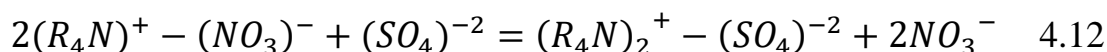
Десорбат дегеніміз құрамында өндірілетін уран бар өнімді ерітіндіні айтамыз.

4.1 Кесте - Тауарлық десорбат құрамы

pH	H ₂ SO ₄ , г/л	U, г/л	NO ₃ ⁻ , г/л	Cl ⁻ , г/л	SO ₄ ²⁻ , г/л	Fe ³⁺ , г/л	Құрғақ қалдық, г/л
0,7-0,8	25-35	60-70	9-18	13-16	80-90	0	220-260

Қаныққан сорбенттен уранның десорбциясы толық қаныққан сорбент пен десорбциялаушы нитрат ерітіндісі колонна тізбегі бойынша қарама-қарсы бағытта қозғалғанда жүреді. Шайыр баған арқылы жылжыған сайын нитраттың біртіндеп десорбциясы жүреді және уран десорбцияланған немесе шайылған жерлер жағдайға байланысты десорбциялық бастапқы ерітіндімен сорбенттен жуылады. Денитрация операциясының мақсаты уранды десорбциялау ерітінділерін дайындау үшін қолданылатын және денитрация контейнерлеріне жіберілетін аммоний нитраты бар ерітіндінің шығынын азайту үшін алынған сорбенттегі нитрат иондарының мөлшерін азайту болып табылады.

Сорбентті нитрат түрінен сульфатқа айналдыру процесі:

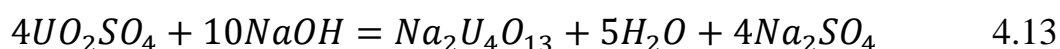


Қаныққан сорбенттерді денитрациялауға арналған ерітінді резервуарларда қышқылдығы 70 г/л кем емес жуу колоннасына берілетін технологиялық суға қоймадан күкірт қышқылын қосу арқылы дайындалады.

4.5 Концентратты тұндыру

Уран тұндыру каустикалық сода арқылы ауамен араласқан колонна тәрізді аппаратта жүзеге асырылады, ал каустикалық сода ерітіндісі pH өлшегіштің pH мәніне сәйкес автоматты түрде өлшенеді. Шөгуге тізбегіндегі ерітінділердің pH мәндері: 1) 2,5 - 3,0; 2) 4,5 - 5,0; 3) 7,0 - 7,2.

Уранды тауарлық регенераттан тұнбаға түсіру:

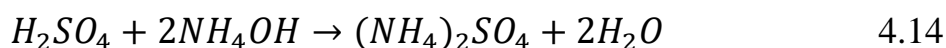


Химиялық тұндыру, ион алмасу және экстракция әдістері уранды ерітіндіден бөлудің ең кең таралған әдістері болып табылады. Олардың ішінде

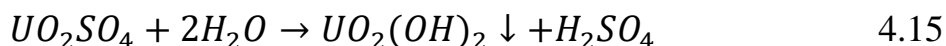
тұндыру әдісі соңғы уақытқа дейін уранды тазартудың басым технологиясы болғанын атап өткен жөн. Ол бүгінгі күнге дейін өзінің маңыздылығын жоғалтқан жоқ және болашақта басқа әдістермен бәсекелесу үшін тұндыру әдістерін жетілдіре түсуі мүмкін. Айта кету керек, бұл әдіс тек жақсы нақтыланған ерітінділерге қолданыла алады. Уран (VI) амфотерлі ион және әлсіз қышқыл және негіз болғандықтан, бұл тұндыру маталық ерітіндімен жоғалтуды азайтуға және қоспаларды жоюға арналған. Сондықтан уранил тұздары салыстырмалы түрде оңай гидролизденеді ($pH = 3,8-6$) және барлық уран тұздары ерімейді. Осы себепті уранды қышқыл ерітінділерден бөлудің ең оңай жолы - сілтілі тұндыру. Каустикалық сода, аммиак және әк регенеративті ион алмастырғыш ерітінділерінен уран концентраттарын тұндыру үшін қолданылады. Өндірістік және экономикалық тиімділік тұрғысынан аммиакты суды пайдалану қазіргі уақытта тауарлық десорбенттерден табиғи уран концентраттарын тұндыру үшін ең жақсы нұсқа болып саналады.

Хорасан 2 кен орнында уранды тұндыруда аммиак ерітіндісі қолданылады.

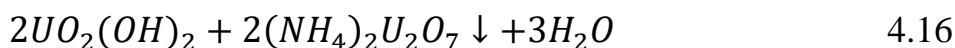
Қышқыл ерітінділерді аммиакпен өңдеу кезінде аммиактың көп бөлігі қалдық қышқылды бейтараптандыру үшін жұмсалады:



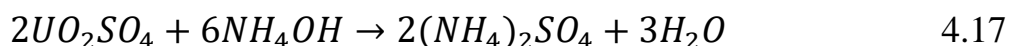
$pH = 3,8$ кезінде уранил сульфатының гидролизі қалыптасады:



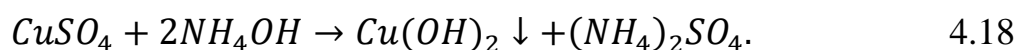
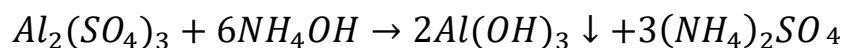
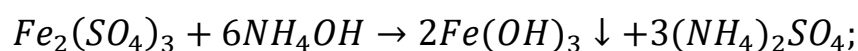
Содан кейін уранил гидроксиді аммиакпен әрекеттесіп, аммоний полиуранатын түзеді:



Аммоний диуранатын тұндырудың жалпы формуласы:



Тұнбаның құрамы қышқылдың түріне және уранның концентрациясына байланысты. Күкірт қышқылының сұйылтылған ерітінділерінен уранды тұнбаға түсіргенде, тұнбаның құрамы диуранат ($M_2O \cdot 2UO_3$) және аммоний тетрауранаты $[(NH_4)_2U_4O_{13}]$ азот қышқылы ерітінділерінен тұнбаға ұқсас болады. Концентрлі күкірт қышқылы ерітінділерінен тұндыру күрделі құрамды тұнбаға әкеледі, мысалы: $(NH_4)_2[(UO_2)_2SO_4(OH)_4] \cdot 4H_2O$. Уранның сандық шөгуі $pH = 6$ кезінде байқалады. Сондықтан аммиак $pH = 6-7$ кезінде қосылады. Бұл жағдайда гидроксидтің ерігіштігінің өнімі мен тұнбаның сәйкес pH мәніне байланысты қоспалардың едәуір бөлігі уранмен бір мезгілде тұндырылады. $pH = 6-7$ кезінде қоспалардың көпшілігі тұнбаға түседі:



Уранмен бірге фосфор мен ванадий тұндырылады. Бисфосфат пен ванадат рН = 1,9-2,5 кезінде тұнбаға түседі. Қоспалардың көп бөлігі уранмен бірге тұндыруға түседі, нәтижесінде бұл байыту деңгейінің төмендеуіне әкеледі.

Тұндырылған пульпа жиналмалы резервуарға жиналады, ол жерден сүзгі пресіне жіберіледі. NH_4NO_3 қосымша фиксациясына арналған сүзгінің аналогы аммиак селитрасын сақтауға арналған резервуарға ерітінді айдау қондырғысы арқылы түседі, содан кейін уранды десорбциялауға арналған ерітінді дайындау резервуарына түседі. Сүзгі пресінен шыға алатын ауа жинау цистернасына түседі, ол жерден сорғыш сорғылар арқылы пульпа жинағына оралады. Сүзу циклінің соңында сүзгідегі шөгінді жылу алмастырғыш арқылы өтетін технологиялық сумен жуылады және сығылған ауамен кептіріледі. Жуу суы ерітінді айдау қондырғысы арқылы десорбцияға арналған ағызу ерітіндісін дайындауға арналған резервуарға беріледі.

Сүзгіш пресінің соңғы өнімі «сары кек» (табиғи уран химиялық концентраты болып табылады) алынады, содан кейін ол көлемі 2,5 м болатын болат темір барабандарына жиналады.

4.6 Соңғы өнімнің сипаттамасы

Сары кек (аммони полиуранаты деп те аталады) - уран кенін өңдеудің аралық кезеңінде фильтраттан алынған уран концентраты ұнтағының бір түрі. Бұл уран өндірілгеннен кейін және отын өндіруге дейінгі өңдеу кезеңін қамтитын өнім. Сары кек концентраттары кен түріне байланысты әр түрлі өндіру және байыту әдістерімен жасалады. Әдетте, сары кек-өткір иісі бар, суда ерімейтін, шамамен 80% уран оксиді бар және шамамен 2880°C температурада еритін уран кенін химиялық өңдеу арқылы алынған ұнтақ.

Сары кек тек қана дерлік (>99%) U-238-ден тұрады, оның радиоактивтілігі өте төмен; U-238 өте ұзақ жартылай шығарылу кезеңіне ие - 4 миллиард жылдан астам, сондықтан төмен жылдамдықпен сәуле шығарады. Өңдеудің бұл кезеңі неғұрлым радиоактивті U-235 байытудан бұрын болады, сондықтан анықтау бойынша, бұл кезеңде уран табиғи жер қойнауындағы сияқты радиоактивтілікке ие, өйткені изотоптардың қатынасы табиғи салыстырмалы концентрацияда болады.

Тауарлық уранның химиялық концентратына қойылатын техникалық шарттарына сәйкес азот қышқылында ерімеген қалдықтың массалық үлесі 1,2% - дан кем емес және құрамындағы уранның массалық үлесі 35,0 % - дан жоғару болуы қажет. Солармен қатар ылғалдың массалық үлесі 30,0 % - дан аз емес болуы керек.

5 Материалдық балансты есептеу

5.1 Сорбция

Дипломдық жұмыс жерасты ерітіндісімен күкірт қышқылы арқылы Хорасан 2 кен орнындағы уранды өндіруге арналған қуаттылығы жылына 1000 тонна уран байыту кен орнын жобалау. Зауыт тәулігіне 24 сағат жұмыс істейді; әрқайсысы 12 сағаттан тұратын екі ауысым бар. Бір жылда цехтағы жұмыс күндерінің саны 365.

Сағаттық өнімділігін анықтаймыз:

- жұмыс істеу уақыты (бір жылдағы жұмыс күнінің саны) – 365 күн;
- жұмыс уақытын пайдалану коэффициенті-0,93;
- тәуліктегі ауысым саны-2;
- ауысым ұзақтығы-12 сағат.

Кәсіпорынның сағаттық жұмыс ұзақтығы:

$$365 \times 0,93 \times 2 \times 12 = 8147 \text{ сағ/жыл}$$

Сонда уран бойынша сағаттық өнімділік:

$$Q_{\text{сағ}} = \frac{1000000}{8147} = 122,74 \text{ кг/сағ}$$

1% схема бойынша уран шығынын ескере отырып, 123 кг/сағ сағаттық өнімділікті қабылдаймыз.

Ерітіндінің сағаттық көлемін ($\text{м}^3 / \text{сағ}$) анықтаймыз:

$$V_{\text{сағ}} = \frac{Q_{\text{сағ}}}{U_{\text{бас}} - U_{\text{соң}}},$$

мұнда $V_{\text{сағ}}$ - ерітіндінің сағаттық көлемі ($\text{м}^3/\text{сағ}$);

$Q_{\text{сағ}}$ – уранның сағаттық өнімділігі (кг/сағ);

$U_{\text{бас}}$ және $U_{\text{соң}}$ - ерітіндідегі уранның бастапқы және соңғы концентрациясы ($\text{кг}/\text{м}^3$)

$$Q_{\text{сағ}} = 123 \frac{\text{кг}}{\text{сағ}},$$

$$U_{\text{бас}} = \frac{0,16 \text{ кг}}{\text{м}^3},$$

$$U_{\text{соң}} = 0,003 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

$$V_{\text{сағ}} = \frac{123}{0,16 - 0,003} = 783 \text{ м}^3/\text{сағ}$$

Өнімді ерітіндінің шығыны - 783 м³/сағ немесе 6 859 080 м³/жыл, демекуран бойынша өнімділік – 123 кг/сағ немесе 1 077 480 кг/жыл.

Су - материалдық баланс есебінде қалдық ыдыстар мынадай болып қабылданды:

- шайырдың қалдық сыйымдылығы 1 кг / м³;
- сорбция процесінде қайтарымды ерітінділердің қалдық сыйымдылығы – 0,003 кг / м³.

5.2 Сорбция бөліміндегі материалдық балансты есептеу

Сорбция процесі сорбциялық - қысымды колонналарда (СНК-3М) жүзеге асырылады. Ион алмасу шайыры ретінде Ambersep 920U Cl⁻ (SO₄)²⁻ қолданылады. Шайырдың жұмыс сыйымдылығы - 55 кг/кг.

Бастапқы өнімді ерітіндінің тәуліктік мөлшерін есептейміз, оның тығыздығы - 1,01 г/мз, сонда:

$$V_{\text{тәул}} = 783 \times 24 = 18792 \frac{\text{м}^3}{\text{тәул}}$$

$$m_{\text{тәул}} = 18792 \times 1,01 = 18792,92 \text{ кг/тәул},$$

Өнімді ерітіндідегі уран мөлшері:

$$18792 \times 0,16 = 3007 \text{ кг}$$

Уранды анионитке алуды 98,5 % қабылдаймыз, ал алынатын уран мөлшері:

$$3007 \times 0,985 = 2961,8 \text{ кг}$$

Ambersep 920 UCl⁻(SO₄)²⁻ шайырының жұмыс сыйымдылығы 0,55 кг болғандықтан, сорбция үшін шайыр қажет :

$$\frac{2961,8}{0,55} = 5385,9 \text{ кг}$$

Сорбциядан кейінгі ерітіндіде қалатын уран:

$$3007 - 2961,8 = 45,2 \text{ кг}$$

Сорбцияланған ураны бар анионит мөлшері:

$$5385,9 + 2961,8 = 8347,7 \text{ кг}$$

Сорбция маталықтарының мөлшері:

$$18792 - 2961,8 = 15830,2 \text{ кг}$$

Өткізілген есептеулер негізі бойынша сорбция процесінің материалдық балансын құрастырамыз - 5.1 кесте.

5.1 кесте

Кіріс			Шығыс		
Атауы	Саны, кг/тәул		Атауы	Саны, кг/тәу	
	Жалпы Саны	Құрамын -дағы уран		Жалпы саны	Құрамын -дағы уран
1. Өнімді ерітінді	18792	3007	1. Қанық анионит Ambersep 920U Cl ⁻ (SO ₄) ²⁻	8347,7	2961,8
2. Күшті негізді анионит Ambersep 920U Cl ⁻ (SO ₄) ²⁻	5385,9		2. Сорбция маталығы	15830,2	45,2
Барлығы	24177,9	3007	Барлығы	24177,9	3007

Осылайша, тәулігіне сорбенттегі уран мөлшері - 3007 кг, ал жылына – 1 097 555 кг құрайды.

5.3 Десорбция бөліміндегі материалдық балансты есептеу

Десорбция сорбцияның кері процесі болып табылады, сондықтан уранның тиімді десорбциясы үшін сорбция кезінде депрессивті әсер ететін реагенттерді қолданады. Сол себепті десорбцияны NH_4NO_3 аммоний нитраты 200 – 250 г/л концентрациясымен өткіземіз.

Десорбция фазалардың Т:Ж = 1:1,5 арақатынасында жүргізіледі. Содан кейін десорбциялаушы ерітіндінің көлемі құрайды:

$$8347,7 \times 1,5 = 12521,55 \text{ кг/тәул}$$

Десорбирлеуші ерітіндінің шығынын есептеу:

а) күкірт қышқылының шығыны

$$G_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 230 \times 12,5215 = 2879,94 \text{ кг/тәул}$$

б) су шығыны тиісінше құрайды:

$$12521,55 - 2879,94 = 9641,61 \text{ кг/тәул}$$

Тауарлық десорбаттың шығымын есептеу:

а) уранның шығуы десорбция процесінде 99 %, сонда:

$$2961,8 \times 0,99 = 2932,182 \text{ кг/тәул}$$

б) сорбентте қалған уранның мөлшері:

$$2961,8 - 2932,182 = 29,618 \text{ кг/тәул}$$

Есептеу негізінде десорбция процесінің материалдық балансын құрастырамыз - 5.2 кесте.

5.2 кесте. Десорбцияның материалдық балансы

Кіріс			Шығыс		
Атауы	Саны, кг/тәул		Атауы	Саны, кг/тәул	
	Жалпы саны	Құрамындағы уран		Жалпы саны	Құрамындағы уран

1. Қанық анионит Ambersep 920UCI ⁻ (SO ₄) ²⁻	8347,7	2961,8	1. Тауарлық десорбат	12521,55	2932,182
2. Десорбция-лаушы ерітінді: NH ₄ NO ₃ H ₂ O	2879,94 9641,61		2. Қалпына келтірілген сорбент	8347,7	29,618
Барлығы	20869,25	2961,8	Барлығы	20869,25	2961,8

Осы есептің қорытындысы бойынша тауарлық десорбаттағы тәулігіне уран мөлшері - 2932,182; жылына – 1070246,43 кг.

5.4 Аппараттық есеп СНК-3М колоннасын есептеу

Сорбциялық бағаналар ретінде барлық жерде пайдаланылатын, жұмыста сенімді және жұмыстың жақсы технологиялық параметрлерін көрсететін СНК-3М типті сорбциялық қысым бағаналары таңдап алынды.

5.3 кесте – Сорбциялық жабдықты таңдау және есептеу үшін бастапқы деректер

Көрсеткіш атауы	Шартты белгілер	Көрсеткіштің шамасы
Ерітінділер бойынша өнімділік, м ³ /сағ	Q _{сағ}	3127
Өнімді ерітінділерде уранның болуы (орташа), г/л	C _{өс}	0,16
Сорбция аналықтарындағы уранның қалдық құрамы, г/л	C _{вр}	0,003 дейін
Бункерсіз бір бағанадағы сорбенттің көлемі, м ³	V _{сор}	56
Қаныққан иониттегі уранның құрамы, кг/т	C _и	70

Сорбент қабатының кеуектілігі, %	Θ	50
Анионит Ambersep 920U Cl ⁻ (SO ₄) ²⁻		
Максималды сыйымдылығы, кг/м ³	C _{max}	56
Минималды сыйымдылығы, кг/м ³	C _{min}	1
Жұмыс сыйымдылығы, кг/м ³	C _p	55
Сызықтық қозғалыстың ерітінді жылдамдығы, м/ч	ω	35

СНК-3М бағанасы келесі көрсеткіштерге ие: D = 3м, Н = 12 м.

Есептеу мен орнатуға аниониттің қозғалмайтын қабаты бар бағаналарды қабылдаймыз, ерітінділер қозғалысының нақты сызықтық жылдамдығы – 35 м/сағ.

35 м/сағ жылдамдықпен 250 м³/сағ көлемдегі өнімді ерітінді сорбция колоннасына беріледі.

Сорбция бағанасының диаметрін есептеу:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\omega \times \pi}}, \quad 5.2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 250}{35 \times 314}} = 3 \text{ м}$$

Сорбент қабатының толық жұмыс уақытын есептеп шығарамыз:

$$\tau = \tau_0 + \tau_{\text{пар}}, \quad 5.3$$

мұнда $\tau_{\text{пар}}$ - шоғырлану фронтының параллель ауыстыру уақыты;
 τ_0 - жұмыс концентрациясы фронтының қалыптасу уақыты.

Параллель тасымалдау уақыты мына формула бойынша болады (5.2)

$$\tau_{\text{пар}} = \frac{H - H_0}{v}, \quad 5.4$$

Мұндағы H – Сорбент қабатының биіктігі;

H_0 - сорбенттің жұмыс қабатының биіктігі;

v - тең концентрация фронтының жылжу жылдамдығы.

Жұмыс шоғырлануын қалыптастыру уақыты:

$$\tau_0 = \frac{a_p}{k_1 \times c_{исх}}, \quad 5.5$$

мұнда a_p – сорбенттегі сорбенттегі заттың тепе-тең концентрациясы;
 $c_{исх}$ – ерітіндідегі сорбцияланатын заттың бастапқы концентрациясы;
 k_1 – Сыртқы диффузияның кинетикалық коэффициенті

$$K_1 = D \times \frac{\omega^{0,5}}{d^{1,5}}, \quad 5.6$$

мұнда D – молекулалық диффузия коэффициенті ($D = 10^{-7} \div 10^{-9}$ м/сек.)

W - ерітіндінің қозғалыс жылдамдығы ($w = 35$ м/сағ);

d - Сорбент дәнінің диаметрі ($d = 0,001$ м).

Жұмыс концентрациясы фронтының қалыптасу уақытын анықтаймыз:

$$K_1 = 10^{-7} \times 3600 \times \frac{35^{0,5}}{0,001^{1,5}} = 67,35$$

$$\tau_0 = \frac{100}{67,35 \times 200 \times 10^{-3}} = 7,42 \text{ сағ}$$

Шоғырлануды параллель ауыстыру уақытын анықтаймыз:

$$H_0 = \frac{\omega_1}{k_1} \ln \frac{c_{исх}}{c_{пр}} = \frac{35}{67,35} \ln \frac{200 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-3}} = 0,52 \times \ln 66,67 = 2,18 \text{ м}$$

мұнда $c_{пр}$ – секіру кезіндегі заттың концентрациясы.

Осыдан:

$$v = \frac{H_0}{\tau_0} = \frac{2,18}{7,42} = 0,3 \frac{\text{м}}{\text{сағ}};$$

$$\tau_{\text{пар}} = \frac{(4 - 2,18)}{0,3} = 6,07 \text{ сағ},$$

Содан кейін, сорбент қабатының толық жұмыс уақыты тең болады:

$$\tau = 6,07 + 7,42 = 13,49 \text{ сағ.}$$

Қаныққан сорбент көлемін анықтаймыз:

$$V = H_0 \times r^2 \times \pi = 2,18 \times 1,5^2 \times 3,14 = 15,4 \text{ м}^3.$$

Сорбциялық бағананың көлденең қимасының ауданы өрнекпен анықталады:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 3^2}{4} = 7,065 \text{ м}^2$$

Сорбент қабатының биіктігі $H = 8$ м болады, шайырдың көлемі $V = 8 \cdot 7 = 56 \text{ м}^3$ болады. Бағананың нақты көлемі 56 м^3 құрайды.

5.5 Колонна санын есептеу

Цехты жобалау кезінде СНК-3М бағаналарының қажетті саны сорбция торабына берілетін өнімді ерітінді көлемінің негізінде анықталады. Паспорттық деректер бойынша СНК-3М бір колоннасының өнімділігі $250 \text{ м}^3/\text{сағ}$ құрағандықтан, онда колонналардың саны (n) былайша анықталатын болады (5.4 - кесте):

$$n = \frac{3127}{250} = 12,5 = 12 \text{ колонна}$$

Өндіріс регламентінің талдауына сүйене отырып, СДК-1500 1 колоннасы 3 СНК-3М колоннасына келеді. Осылайша, СНК-3М колонналарының саны - 12, ал СДК-1500 – 4 тең болып қабылданады.

5.4 кесте - СНК-3М бағаналарының қажетті санын есептеу

СНК-3М колоннасының сипаттамасы			
Диаметр	D	М	3,0
Жұмыс қабатының биіктігі	H _к	М	8,0
Колоннаның жалпы көлемі	V _к	м ³	56
Бағананың қима ауданы	S _к	м ²	7,1
Ерітінділер қозғалысының оңтайлы сызықтық жылдамдығы	ω	м ³ /м ² /са ғ	30 – 35
СНК - 3М арқылы ерітінділердің оңтайлы шығыны	V _к	м ³ /сағ	250
СНК-3М колонналарының есептік саны	N _к	дана	12,5
СНК-3М колонналарының қабылданатын саны	N _{қабыл.}	Дана	12

СНК-3М колоннасының ерекшелігі, онда шайырдың саны қозғалмайтын қабатта қысқыш сорбция процесін жүргізу үшін жеткілікті болуы тиіс. Бағананы жеткіліксіз толтыру кезінде қаныққан қабаттың аз қанықтығымен араласуы мүмкін, бұл сорбция процесінің тиімділігін азайтуға әкеледі.

5.5 кесте. Жабдықты толтыруға арналған ион алмастырғыш шайырдың саны

Жабдықтың атауы	Саны, Дана	Толық көлем, м ³	Жұмыс көлемі, м ³	Қажеттілі к, м ³
Сорбциялық бөлім				
СНК-3М сорбциялық бағаны	12	56	50	450
Сорбент бункері	12	10	5	45
Ион алмасу шайырын регенерациялау бөлімшесі				
Буферлік колонна	1	25	20	20
Сорбент бункері	1	3,5	1,75	1,75
ДНК-2000 бағанды жууылмалы	1	30	25	25
Сорбциялық-дезорпиялық сызба СДК-1500	4	60	60	180
Сорбент бункері	1	3,5	1 75	1,75
Барлығы				723,5

ҚОРЫТЫНДЫ

Қортындылай келе бұл дипломдық жобамда Хорасан-2 кен орнынан, жер асты күкірт қышқылдық ерітінділеумен уранды бөліп алу үшін, жылдық өнімділігі 1000 тонна уран құрайтын өндіріс технологиясының сатылы бөлімдерін баяндадым. Жобамда материалдық баланстарды есептей отырып сорбцияның, десорбцияның, яғни өңдеу технологияларын есептедім.

Жобада әрбір үрдіске аппаратуралық және жалпылама технологиялық сұлбалар келтірілген. Дипломдық жобада қойылған барлық міндеттер толық орындалды, өйткені бастапқы тапсырмаға сәйкес сорбция және десорбция процестерінің материалдық балансын есептеу жүргізілді, негізгі технологиялық жабдық есептелді, өнімді ерітінділерді өңдеу процесінің технологиялық схемасы әзірленіп, процестің бақыланатын және реттелетін параметрлері анықталды, технологиялық сызбалар жасалды және де негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштер есептелінді.

Өнімді ерітінділер уранды дәстүрлі және барлық жерде қабылданған сорбциялық әдістермен шоғырландыру және алу мақсатында- өнімді ерітіндіні қайта өңдеу цехы жер үсті учаскесінде өңделеді.

Осыған байланысты осы дипломдық жобада ураны бар өнімді ерітінділерді өңдеудің теориялық негіздері зерттелді, технологиялық режимнің сипаттамасы қарастырылды, өндірістің технологиялық сұлбасы сипатталды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Шевченко В. Б., Судариков. Технология урана. – М.: Атомиздат, 1961.
2. Комплексные соединения урана Под ред И.И.Черняева – М.:Наука, 1964.
3. Громов Б. В., Введение в химическую технологию урана. - М.: Атомиздат, 1978.
4. Геотехнология урана на месторождениях Казакстана/ В.Г.Язиков, В.Л.Забазнов, Н.Н.Петров, Е.И.Рогов, А.Е.Рогов-Алматы, 2001.
5. Интыкбаев А.М., Алыбаев Ж.А. Основы подземного выщелачивания урана и примеры решение задач: Учеб.пособие для вузов - Алматы :КАЗНТУ, 2011.
6. Жерасты шаймалау әдістерімен уран өндіру. / В. А. Мамилов ред. –М.: Атомиздат, 1980.
7. Исследования в области химии уран Под ред В.И.Спицина –М Изд-во МГУ , 1961
8. Комплексные соединения урана Под.ред. И. И. Черняева . – М.: «Наука», 1969.
9. Исследование технологии извлечения урана и других ценных компонентов из урансодержащих сланцев Доклад на Международным симпозиуме в Сан - Пауло Бразилия 1970 А.П.Зефиров Г.Ф.Иванов В.Д. Носов
10. Харрингтон Ч.Рюэле А Технология производства урана Перевод с англ Под ред А.С.Займовского и Г.Л Зверева – М Атомиздат , 1961
11. Извлечение урана из природных вод Доклад на Международной конференции МАГАТЭ по ядерной энергетике и ее топливному циклу Автор Б.Н.Ласкорин С.С.Метальников Г.И.Смолина
12. Нормы радиационной безопасности – М , Атомиздат 1978
13. Бугенов Е.С. Василевский О.В. Табиғи уранның химиялық концентраттарын алудың физика – химиялық негіздері және технологиясы. – Алматы:2007
14. В. В. Громов. Уранның химиялық технологиясына кіріспе – М.: Атомиздат, 1978.