

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Мақсұтхан Аружан Мұратханқызы

Тақырыбы: «Өнімдік уранқұрамды ерітінділерден өнімділігі 800 т/жылына уран концентратын алатын кен байыту кешенінің жобасы»

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

Мамандығы 5В073700-Пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

МжПҚБ кафедра меңгерушісі

Техника ғылымдарының кандидаты

\_\_\_\_\_ Барменшинова М.Б.

*қолы*

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 ж.

Дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

Тақырыбы: «Өнімдік уранқұрамды ерітінділерден өнімділігі 800 т/жылына уран концентратын алатын кен байыту кешенінің жобасы»

Мамандығы 5B073700-Пайдалы қазбаларды байыту

Орындаған

Мақсұтхан Аружан Мұратханқызы

Ғылыми жетекші  
тех.ғыл.канд., профессор

\_\_\_\_\_ Шаутонов М.Р.

*қолы*

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТІРЛІГІ

Сәтбаев университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B073700 - Пайдалы қазбаларды байыту

**БЕКІТЕМІН**

АММ және ПҚБ кафедра меңгерушісі

Тех. ғыл. кандидаты, доцент

\_\_\_\_\_ М.Б. Барменшинова

*қолы*

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға**

**ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Мақсұтхан Аружан Мұратханқызы

Тақырыбы: «Өнімдік уранқұрамды ерітінділерден өнімділігі 800 т/жылына уран концентратын алатын кен байыту кешенінің жобасы»

Университет Ректорының № «27» қаңтар 2020 жылғы №768-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «05» маусым 2020 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістер:

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

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

Кіріспе. Кен орнының сипаттамасы. Жобаның технологиялық бөлімі. Уран шикізатын жерастылы ұңғымалы шаймалаудан алынған өнімдік ерітіндіні өңдеу технологиясы. Құрал-жабдықтарды таңдау және есептеу. Еңбек қорғау және қоршаған ортаны қорғау шаралары.

Кен орнын ашу жүйесі. Өнімдік ерітіндіні өңдеудің технологиялық схемасы. Өнімдік ерітіндіні өңдеуде қолданылатын аппараттардың схемалық көрінісі. Аппараттар.

Дипломдық жобада 7 кесте, 3 сурет келтірілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 8 әдебиеттен тұрады.

Дипломдық жобаны дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Технологиялық сұлбаның дәйектемесі мен есептеуі	20.02.2020 – 10.03.2020	
Құрал-жабдықтарды таңдау және есептеу	12.03.2020 – 22.03.2020	
Сызбаларды даярлау	25.03.2020 – 10.04.2020	
Түсіндірме жазбаны әрлеу	10.05.2020 – 05.06.2020	

Дипломдық жобаның қатысты бөлімдерінің диплом жобасының кеңесшілер мен норма бақылаушының  
қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Өндірістік бөлімі	М.Р. Шауенов т.ғ.к., профессор		
Норма бақылау	И.Ю. Мотовилов PhD, ассистент профессора		

Ғылыми жетекші \_\_\_\_\_  
*қолы*

Шауенов М.Р.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы \_\_\_\_\_  
*қолы*

Мақсұтхан А.М

Күні

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 ж.

## АҢДАТПА

Дипломдық жоба Сырдария уран провинциясына кіретін Иіркөл кен орнындағы өнімдік уран құрамды ерітінділерден уран концентратын жылына өнімділігі 800 тонна құрайтын кен байыту фабрикасын жобалауға арналған.

Жобада уранның табиғи химиялық концентратын алу кезіндегі жүргізілетін процестер: сорбция, десорбция және тұндыру.

Өнімді ерітіндіні күкірт қышқылы негізінде ұңғылар арқылы жерастына шаймалау әдісімен жүзеге асады. Жерасты шаймалау әдісі уран өндіру үшін тиімді және кеңінен қолданылады.

Өндірістің техникалық сипаттамалары және технологиялық аппараттары таңдалынып есептелінген. Өнімді ерітіндіні өңдеу цехының технологиялық сұлбасын және әр процестің материалдық баланстарына есептеулері. Жобада өндірістік процестер кезінде еңбекті қорғау, қоршаған ортаны қорғау және радиациялық қорғану шаралары қарастырылған.

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект предназначен для проектирования обогатительной фабрики производительностью 800 тонн в год уранового концентрата из продуктивных ураносодержащих растворов на месторождении Ирколь, входящего в Сырдарьинскую урановую провинцию.

В проекте рассматриваются процессы, проводимые при получении природного химического концентрата урана: сорбция, десорбция и осаждение.

Осуществляется методом выщелачивания продуктивного раствора через скважины на основе серной кислоты. Способ подземного выщелачивания эффективно и широко используется для добычи урана.

Технические характеристики и технологические аппараты производства рассчитаны на выбор. Расчет технологических схем цеха обработки продуктивных растворов и материальных балансов каждого процесса. В проекте предусмотрены меры по охране труда, охране окружающей среды и радиационной защите при производственных процессах.

## **THE SUMMARY**

The diploma project is intended for the design of a processing plant with a capacity of 800 tons per year of uranium concentrate from productive uranium-containing solutions at the Irkol field, part of the Syrdarya uranium province.

The project considers the processes that are carried out in the production of natural chemical uranium concentrate: sorption, desorption and deposition.

It is carried out by leaching the productive solution through boreholes based on sulfuric acid. The underground leaching method is effectively and widely used for uranium mining. Technical characteristics and technological devices of production are designed for choice. Calculation of technological schemes for processing productive solutions and material balances of each process. The project includes measures for labor protection, environmental protection and radiation protection during production processes.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....	9
1 Әдебиетке шолу .....	10
1.1 Уран және оның минералдары. Қазақстандағы уран кен орындары.....	10
1.2 Уран кендерін сілтілеудің физика-химиялық негіздері.....	12
1.3 Уран кендерін жерасты шаймалау.....	13
1.4 Уран кендерін қышқылмен сілтілеу.....	14
2 Жалпы түсіндірме жазба.....	16
2.1 Ауданның әкімшілік және физикалық-географиялық сипаттамасы.....	16
2.2 Ауданның әлеуметтік-экономикалық сипаттамасы.....	17
2.3 Кенорынның сипаттамасы.....	17
2.4 Пайдалы қазбалар.....	18
2.5 Транспорттық жағдайы.....	18
3 Технологиялық процестері.....	19
3.1 Жер асты шаймалау өнімді ерітінділерін сорбциялық өңдеу үшін дайындау.....	19
3.2 Өнімді ерітінділерден уранды сорбциялау.....	19
3.3 Қаныққан сорбенттен уран десорбциясы .....	21
3.4 Концентратты тұнбаға түсіру және фильтрлеу.....	23
3.5 Соңғы өнім сипаттамасы .....	24
3.6 Технологиялық сұлба.....	25
4 Материалдық балансты есептеу.....	26
4.1 Сорбциялау үрдісі.....	26
4.2 Десорбциялау үрдісі.....	30
5 Еңбекті қорғау. Қоршаған ортаны қорғау. Радиациялық қауіпсіздік .....	33
5.1 Еңбекті қорғау.....	33
5.2 Қоршаған ортаны қорғау шаралары.....	34
5.3 Радиациялық қауіпсіздік.....	35
Қорытынды.....	36
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....	37



## КІРІСПЕ

Қазақстан әртүрлі пайдалы қазбаларға ие. Әр түрлі геологиялық жағдайларға және әр түрлі пайдалы қазбалардың ірі ресурстарына ие бола отырып, табиғи уран қорлары бойынша әлемде көшбасшы болып келеді. Сонымен қатар минералдық шикізат базасы ретінде қара, түсті, отын-энергетика кешен, асыл және сирек металдар кен орындарынан тұрады. Дүниежүзілік ядролық қауымдастықтың деректері бойынша Қазақстан 800 мың тоннадан астам уранның расталған қорлары бар әлемде екінші орында тұр. Уранның құрамы бойынша кедей және қатардағы кендер басым. Алайда, бұл кен орындары уранның қатардағы құрамы кезінде олар жер асты ұңғылап шаймалау әдісімен өңдеуге жарамды болып табылады. Әлемнің энергетикалық қорларының салыстырмалы талдауында қазақстандық үлес шамамен уран бойынша 14%-ы құрайды. Уран өндіру тәсілі экологиялық ахуалға зиянын тигісбес үшін ұңғылар арқылы жер астында шаймалау әдісімен жүзеге асады, онда ерітіндіні ионалмасушы шайырдың көмегімен ерітілген уран шығарылады. Сондай-ақ ол қалдықтар мен маңызы жоқ жыныстар қалдырмайды және де жердің үстінгі қабатын аз зақымдайды.

Қазақстанда уран өндірісі ядролық энергетиканың келешегі жарқын, ал оны өркендету барлық энергетикалық саланың қуатын едәуір арттыра түседі. Біздің елімізде «Қазатомпром» ұлттық атом компаниясының жүргізуімен уран, атом электр станцияларына қолданатын ядролық отын және сирек металдар бойынша өндіру жұмыстарымен айналысатын ең ірі компаниялардың бірі және 2009 жылдан бері табиғи уран өндіру бойынша әлемдік көшбасшы болып саналады. Қазіргі заманғы уран өнеркәсібі – химия металлургия өнеркәсібінің қарыштап жатқан саласы. Уранның негізгі қажеті атом энергиясын алу үшін қолданылады. Атом энергетикасын дамытудың нәтижесі уран кендерін геологиялық барлаудың жаңа жандануы, оларды өндіру және Қазақстан аумағында уран өндіру болып табылады.

Дипломдық жұмыста ҰАК «Қазатомпром» кен орындарының бірі Иіркөл кеніші өнімділігі жылына 800 тонна уран ерітінділерін өңдеу цехын жобалау жайлы мәліметтер келтірілген, бұл кен орынында уранды алу 2010 жылдан бері жерасты ұңғылап шаймалау әдісімен өндіріледі. Бұл өндірудің ең қауіпсіз жолы – шаңмен бірге кенді жер бетіне көтерудің қажеті жоқ. Оның орнына орташа 400 метрлік ұңғымалар бұрғыланады, олар арқылы жерді тереңірек құрамында күкірт қышқылы бар сілтісіздендіру ерітіндісін айдайды, ол уранмен бірге сорғылардың көмегімен жер бетіне сорып алынады және де шикізат ретінде "сары кек" немесе "уран шала тотығы" – кәсіпорынның соңғы өнімі жағдайына дейін технологиялық процестердің көмегімен жеткізеді.

Кеніш құрамында ураны бар ерітінділерді өңдеу арқылы алынатын соңғы өнімді Өскеменге Үлбі металлургиялық заводына жіберіледі.

# 1 Әдебиетке шолу

## 1.1 Уран және оның минералдары. Қазақстандағы уран кен орындары

Уран (U) – табиғатта кездесетін ең ауыр, Д.И.Менделеевтің Периодтық жүйесіндегі реттік номері 92, атомдық салмағы 238,07 радиоактивті химиялық элементті. Табиғатта уран қалыпты түрде ыдырауда болғандықтан альфа, бетта, гамма, рентген сәулелері шығып және жылу бөлініп тұрады, яғни ядроларынан нейтрондар мен электрондар ұшып шығып тұрады.

Уранның шығу тарихы 1789 жылы қазіргі Яхимова, Чехия саксон шайыр кенінің үлгісінде уранды неміс химигі Мартин Генрих Клапрот ашты, 1781 жылы ашылған уран планетасының құрметіне Уран деп атады. 1841 жылы алғаш рет француз химигі Юджин Пелиго металл уран алды. 1896 жылы уранның радиоактивтілігінің фотопластиналардың жақын маңдағы уран тұзының бір бөлігінен иондаушы сәулеленумен кенеттен жарылу құбылысын Антуан-Анри Беккерель ашқан.

Табиғи уран негізгі үш изотоптың қоспасынан тұрады:  $U^{238}$ ,  $U^{235}$  және  $U^{234}$ . Олар радиоактивті, әрі  $U^{238}$  изотоп  $4n+2$  уранның табиғи радиоактивті тобының негізін қалаушы, ал  $U^{235}$  изотопы табиғи актинийдің  $4n+3$  радиоактивті тобының негізін қалаушы болып табылады.  $U^{234}$  радиоактивті ыдырау  $U^{238}$  және  $U^{235}$  нәтижесінде пайда болады гелий және  $Pb^{206}$  және  $Pb^{207}$  қорғасынның тұрақты изотоптары. Жасанды жолмен уранның тағы 11 изотоптары алынды: 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 236, 237, 239, 240. Уранның барлық изотоптары радиоактивті,  $\alpha$ ,  $\beta$  ыдырау және электрондық басып алу жолымен басқа элементтердің изотоптарына айналады.

Уран табиғатта кең таралған. Ол көптеген тау жыныстарында, мұхиттарда және теңіздерде, айтопырағында, метеориттерде. Барлық жерде дерлік болуы уранның жоғары химиялық белсенділігіне, оның тұздарының жақсы ерігіштігімен, әртүрлі химиялық реакциялар мен көптеген басқа элементтер. Жер қыртысында уранның орташа құрамы  $(2 - 4) \cdot 10^{-4}\%$  құрайды, яғни 1 тоннада 3 грамм уран бар. Жер мантиясындағы уран мөлшері шамамен  $10^{-6}\%$ . Уран кең таралуына байланысты бізге белгілі күміс (Ag), кадмий (Cd), сынап (Hg), висмут (Bi) сияқты элементтерден озады.

Энергетика тұрғысынан, уранның маңызды қасиеттерінің бірі жылу өткізгіштігі болып табылады. Ол уранда салыстырмалы төмен: темірден 2 есе аз және мыстан 13 есе аз. Төмен жылу өткізгіштік қабырға мен ТВЭЛ өзекшесінің арасындағы температураның жоғары төмендеуіне және жоғары ішкі кернеуді тудыруы мүмкін.

Уранның атомдық техникада пайдаланылуы оның радиоактивті ыдырауында және нейтронның әсер етуінен көп мөлшерде энергия бөле отырып ыдырау қасиеттеріне байланысты. Қазірде уран атомдық энергетиканың негізі, су асты қайықтары, электр станциялары, мұзжарғыштары және сутектік бомба алу үшін қолданылуда. Адамзат уранның өте жоғарғы мөлшерде жылу бөлуін

атом бомбасын жасауға және атом электрстансаларынан энергия алуға пайдаланады.

Жеке түрде жерде уран кездеспейді. Құрамында 1% - дан артық бар уранның 100 минералдары белгілі және минералдардың шамамен үштен бір бөлігінде уран төрт валентті, ал қалғандары алты валентті. Уран минералдарынан 15 қарапайым оксидтер немесе гидроксидтер, 20 кешенді титанады және ниобаты, 14 – силикаты, 17 – фосфаты, 10 – карбонаттары, 6 – сульфаттары, 8 –ванадаттары, 8-арсенаттары. Уран қосылыстарының белгісіз нысандары кейбір елдерде теңіздегі көмірлі тақтатастарда, лигнит пен көмірді, сондай-ақ бұрғыланған жыныстарда кездеседі. Жер асты шаймалау әдісімен өңделетін уран минералдарының арасында: уран тотығы – настуран және уранинит, уранил фосфатты – отенит, уранил ванадаты – тьюмунит, уран силикаты – коффинит және надкевит, уранил сульфаты - уранопилит және цепеит дамыған. VI валентті күйдегі минералдардағы уранды еріту үшін күкірт қышқылы ерітіндісін қолдану жеткілікті, ал IV валентті уранды ерітіндіге ауыстыру үшін әртүрлі тотықтырғыштарды  $Fe^{3+}$ ,  $O_2$ ,  $H_2O_2$  және т.б. қолдану қажет. Уранның 15 минералының өнеркәсіптік маңызы бар.

#### 1-Кесте Маңызды уран минералдары

Минерал	Химиялық формуласы	Уранның құрамы, %
Уранинит	$(U,Th)O_{2x}$	62-85
Настуран	$UO_{2x}$	52-76
Уранды чернь	$UO_{2x}$	11-53
Коффинит	$U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$	60-70
Браннерит	$(U,Th)Ti_2O_6$	35-50
Отенит	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10H_2O$	48-54
Уранофан	$Ca[UO_2(SiO_3OH)]_2 \cdot 5H_2O$	55-58
Карнотит	$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$	52-66
Торбернит	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 12H_2O$	48
Тьюмунит	$Ca(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 80H_2O$	57-65
Казалит	$Pb[UO_2SiO_4] \cdot H_2O$	42-50
Нингиоит	$CaU(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	20-30
Цейнерит	$Ca(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot 12H_2O$	55
Давидит	$(Fe,Ce,U)(Ti,Fe,V,Cr)_3(O,OH)_7$	1-7

Қазақстан әлемдік қоры бойынша екінші орынға ие және қордың 18% уран бар, оның көпшілігі жерасты сілтілеу әдісімен өңдеуге жарамдысы. Республикамызда уран кенді орындарын алты кеніштерге (провинцияларға) бөлінуілері олардың геологиялық ұстанымдары, генетикалық белгілеріне және аумақтық ерекшеліктеріне қарай қарастырылады: Шу-Сарысу(54%), Сырдария(20%), Солтүстік Қазақстан(17%), Маңғышлақ(2%), Кіндіктас-Шиелі-Бетпақдала(0,5%) және Іле уран кеніші(6,5%).

Уранның баланстық қорлар 53 кен орнының 16-ы өңделген, қалған 37-і резервте тұр. Шикізат базасын кеңейту 300-500 метрдегі тереңдікте дейін барланған уранының жер асты шаймалау тәсілдерімен пайдалануға мүмкін болады. Жаңа уран кен орындарын табу перспективалары әсіресе Шу-Сарысу және Солтүстік Қазақстан уран-кен провинциялары үшін айтарлықтай жоғары.

## **1.2 Уран кендерін сілтілеудің физика-химиялық негіздері**

Механикалық байыту әдістерін қолдана отырып, уранды байытумен алудың қанағаттанарлық дәрежеге жету әрдайым мүмкін емес. Сондықтан уран кендерін байытудың, бай және де таза уран концентраттарын алудың негізгі әдісіне химиялық концентраттарды жатқызуға болады, онда кен шикізатынан уранды селективті шаймалау кейін ерітінділерінен селективті тұндыра отырып, жеткілікті таза уран қосылыстарынан уран химиялық концентраттарын алумен аяқталады.

Уран кендерін мұндай өңдеу барлық жерде гидрометаллургиялық әдіспен жүргізеді. Гидрометаллургиядағы негізгі операция-металдарды сол немесе басқа қосылыстар түрінде сілтілеу. Сілтісіздендірудің негізгі мақсаты-уранды еріткіште неғұрлым толық және селективті еріту.

Құрамында ураны бар минералдар мен кендердің көптеген түрлеріне карамастан, олардың басым бөлігі минералды қышқылдарда және сілтілі металдар карбонаттарының ыстық ерітінділерінде ерітіледі. Осыған сәйкес уран кендерін сілтілеудің екі тәсілі бар: қышқыл және карбонат (сода). Реагентті таңдау негізінен кен түріне, минералдардың уран сипатына және бос жыныстың құрамына байланысты. Уранинит сияқты бастапқы уран минералдары, химиялық тұрғыдан еритін тотықтармен байланысты және ішінара настуран карбонаттармен ыдырау қиын. Оларды ашу үшін қышқыл қажет және дереу концентрацияланған. Сілтілеудің белгілі бір шарттарын сақтай отырып, барлық қайталама минералдар қышқылдар мен сілтілердің әсеріне беріледі. Алайда кенде кальцит, доломит және магнетит болған кезде қышқылмен сілтілеу кезінде реагенттердің шығысы жоғарылайды, бұл жағдайда кенді сілтілеудің карбонатты тәсілін қолдану тиімді.

Егер шаймалау процесі кен құрамына байланысты болмаса, онда әдісті таңдау реагенттер мен жабдықтардың құнымен, уранның тотығу тәсілімен, қоспалармен ластану дәрежесімен, уранды алу тәсілі ерітінділерден немесе қойыртпақтан және т. б. анықталады. Ең көп қолданылатыны және тиімдісі бұл қышқылды шаймалау, олар азот, күкірт және тұз қышқылдары үшін жарамды. Барлық уран кендерінің 90% -ы күкірт қышқылының сұйылтылған ерітінділерімен немесе тотықтырғыш заттармен шаймалау арқылы өңделеді. Кендерді сілтілеу алдында уран минералдарын ашу үшін ұсақтау және ұнтақтау жүргізіледі. Сілтілеу кезінде минералдардың ішінара ашылуы жеткілікті. Егер уран минералының астығы кемінде бір жағынан жалаңаштанған болса, өскіндердің болуы ерітуге кедергі келтірмейді. Қышқыл ерітінділері бос

жыныстың кейбір минералдарын және пленкаларды ерітеді, кейде уран минералдарының түйірлерін жабады, бұл қалпына келетін минералға еріткіш қол жетімділікті жеңілдетеді. Сондықтан қышқылмен сілтілеу кезінде карбонатты сілтілеуге қарағанда, кенді салыстырмалы түрде ірі ұсақтау қажет. Кенді шаймалау алдында ұсақтаудың қажетті ірілігі бағалы минералдардың мөлшеріне, олардың қабаттануы мен сыйымды жыныстардың кеуектілігіне байланысты. Оңтайлы ірілік анықталады: уранды алу, реагенттер шығыны, кенді қосымша ұсақтауға арналған шығындар. Ең арзан сілтісіздендіру реагенті-күкірт қышқылы. Тұз қышқылы және алюминий карбонаты қымбаттылығына байланысты уран кендерін сілтілеу үшін сирек қолданылады. Қышқыл ортада тотықтырғыш ретінде пиролюзит қолданылады. Күкірт қышқылын азот қышқылымен (15%  $\text{HNO}_3$ ), хлорлы қышқылды натриймен, натрий нитратымен немесе басқа тотықтырғыштармен бірге қолдануға болады.

### **1.3 Уран кендерін жерасты шаймалау**

Пайдалы қазбаларды өңдеудің ең маңызды операцияларының бірі бағалы компоненттердің құрамын арттыру және бөгде қоспалардың құрамын азайту болып табылады. Минералдарды бөлудің көптеген байыту әдістері жеткілікті, бірақ олардың барлығының құрамына кіретін минералдардың физикалық және физика-химиялық қасиеттеріне байланысты таңдалынады. Сол секілді уран минералдарын алдымен кен қасиетіне байланысты қандай процесте жүргізу тиімді болатыны таңдалынады.

Жер асты шаймалау — ұңғымалар көмегімен кенге айдалатын әртүрлі еріткіштермен жыныстан шайылу әдісімен өндірудің физикалық-химиялық процесі. Ол ашық және жер асты әдістерінің баламасы болып табылады.

Жерасты шаймалау прогрессивті әдіс ретінде қазіргі сәтте Қазақстанда уран өндіру кезінде кеңінен қолданылады. Аз ғана уақыт ішінде бұл әдіс кен денелерін ашу, дайындау, уран өндіру ұңғылар арқылы жүзеге асырылатын жер қыртысының депрессиялық аймақтарының өтетін шөгінді жыныстарында жатқан гидрогенді кен орындарында зерттеулердің, эзірлеудің және өнеркәсіптік енгізудің барлық сатыларынан өтті.

Жер асты шаймалау әдісімен өңделетін кен орындарында уран минералдарының арасында уран оксидтері – настуран және уранинит, уран силикаттары – коффинит және ненадкевит, уранил фосфаты – отенит, уранил ванадат – туюмунит, уранил сульфаты – уранопилит және цеппеит дамыған. Кендерде браннерит пен басқа титанаттардың, сондай-ақ құрамында уран бар цирконның, аршиновиттің, монацит пен апатиттің болуы кеннен уранды шаймалау процесін қиындатады.

Уранды жерасты ұңғымалық шаймалау әдісімен өндірудің технологиялық циклі өзара байланысты мынадай технологиялық процестерді қамтиды: уранды жерасты шаймалау, өнімді ерітінділерден уранды сорбциялық алу, қаныққан иониттен уранды десорбциялау, тауарлық регенераттардан химконцентрат

түрінде десорбцияланған уранды бөлу. Бұл әдісті пайдалану кезінде қымбат тұратын кеніштерді немесе карьерлерді және гидрометаллургиялық зауыттарды (ұсақтау, ұнтақтау, сілтілеу цехтарды) салу қажеттілігі жойылады, құрылыста және кен орындарын пайдалану кезінде жұмыс істейтіндердің саны қысқарады, күрделі гидрогеологиялық жағдайларда жатқан кедей және құрамында уран азайған кен орындарын игеру нәтижесінде табиғи шикізат ресурстары ұлғаяды, оларды дәстүрлі тәсілдермен әзірлеу экономикалық тұрғыдан тиімсіз.

#### **1.4 Уран кендерін қышқылмен сілтілеу**

Уран өндірісінде неғұрлым үнемді ретінде қышқылмен сілтісіздендіру кеңінен қолданылады. Барлық уран кендерінің 90% - ға жуығы тотықтырғыштарды қосып немесе қоспай сұйылтылған күкірт қышқылының ерітінділерімен сілтілеп өңделеді. Күкірт қышқылы, ең арзан реагент ретінде, кедей уран кендерін өңдеу кезінде пайдалы, дайын өнімнің құны елеулі дәрежеде сілтісіздендіру реагенттерінің шығынына байланысты болады. Оны көп тотықтандыратын компоненттер (органикалық, сульфидтер, екі валентті темір оксиді) бар кендер үшін де, ақырында, ағартылған ерітінділерді немесе қойыртпақ ион алмасу сорбциясы болған жағдайларда да қолданған жөн. Күкіртқышқыл ерітінділерінен және қойыртпақтан уранды бөлу үшін аминдер, алкилфосфор қышқылдары және сумен араласпайтын басқа да органикалық еріткіштерді пайдалануға болады.

Азот қышқылы көбінесе бай уран кендері мен кен концентраттарын өңдеу үшін қолданылады, онда оның күкірт қышқылымен салыстырғанда жоғары құны дайын өнімнің құнына аз әсер етеді. Сілтілеу нәтижесінде алынған азот қышқылды ерітінділер мен қойыртпақтарды трибутилфосфат, ди-2-этилгексилфосфор қышқылы және т. б. сияқты кең таралған органикалық еріткіштерді пайдалана отырып, экстракциялық әдіспен өңдеуге болады.

Күкірт қышқылды шаймалау тиімділігі кез келген басқа әдістердің ашылуы сияқты уранды шығару дәрежесімен, қышқыл бойынша шығын коэффициентімен және қоспалардың ерітіндіге көшуімен анықталады. Ерітіндіге уранды шығару 90-98% - ға жеткен жағдайда сілтілеу, әдетте, қанағаттанарлық деп есептеледі. Мұндай алуға алты валентті жағдайда уран бар кенді үгіттеу тәсілімен өңдеу кезінде қол жеткізіледі. Қышқылдық шаймалау сода ерітінділерімен сілтілеумен салыстырғанда мынадай артықшылықтарға ие: уранды ерітіндіге ең көп шығаруды қамтамасыз етеді, жұқа ұнтақтауды талап етпейді, сілтілеудің аз ұзақтығы бар, қойыртпақты қатты қыздыруды талап етпейді. Уран кендерін күкірт қышқылының сұйылтылған ерітінділерімен сілтейді; жоғары концентрациясы бар ерітінділерді пайдалану экономикалық және техникалық мақсатқа сай емес, өйткені бұл ретте қышқыл шығыны артады, қоспалардың ерітіндіге ауысуы артады және жоғары қышқылдығы бар ерітінділерден уранды бөлу шарттары күрделенеді. Ең аз ықтимал қышқылдық

ион уранил түріндегі ерітіндіге ауыстырылатын уран ерітіндіде тек сілтілеу кезінде ғана емес, сонымен қатар процестің келесі сатыларында да болуы тиіс.

Қазіргі уақытта кеннен уранды шығарудың классикалық әдістері еріткіштермен экстракция, иондық алмасу, булау процедураларымен толықтырылды.

## 2 Жалпы түсіндірме жазба

### 2.1 Ауданның әкімшілік және физикалық-географиялық сипаттамасы

Жобаланатын Иіркөл кеніші 1971 жылы Қызылорда облысының Шиелі ауданында оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан және Сырдария уран кенді провинциясына кіреді. Жұмыс ауданының геоморфологиялық аумағы 150÷155 м абсолюттік белгілері бар тау бөктеріндегі эол-аллювиальды жазық және Сырдария өзенінің аңғары болып табылады.

2008 жылы 21 тамызында Мемлекеттік комиссияның Актісімен пайдаланылуға берілді. 2010 жылдан бастап жобалық қуаттылығы жылына 700 тонна құрайтынын жобалады. «Семізбай-U» ЖШС бірлескен кәсіпорындардағы «Қазатомпром» және «Beijing Sino» (ҚХР) компанияларының үлесі 51% және 49% құрайды. Кеніш 25 жылға уран өндіруге есептелінген.

Кен орнының кенді аймағы 440-460 м тереңдікке шоғырланған, субмеридионалды бағытта ұзындығы 9-11 км, ені 1-5 км созылған орны Алматы-Қызылорда-Ақтөбе темір жол желісімен, оңтүстігінде Сырдария өзенімен шекараланады.

Ауданның климаты шұғыл континентальды, шөл далалы, қатаң қысымен, ыстық жазымен, көктемі қысқа, бұлттылығы аз, ылғалы аз, үнемі соғып тұратын желімен сипатталады. Ауа температурасы жаз мезгілінде  $+40 \div +46^{\circ}\text{C}$ , қыс мезгілінде  $-20^{\circ}\text{C} \div -25^{\circ}\text{C}$  дейін жетеді. Орташа температура жазда  $+20 \div +25^{\circ}\text{C}$ , қыста  $-2,5 \div -4^{\circ}\text{C}$  болып келеді.

Жауын-шашын мөлшері жылына 130÷150 мм аспайды. Жауын-шашынның көп бөлігі көктемгі-күзгі кезеңдерге келеді, қыс кездерінде қар ұзақ жатпайды.

Солтүстік және солтүстік-шығыс бағыттағы желдер. Жылдамдығы әдетте 8÷12 м/сек, әсіресе жел күндері, негізінен сәуірден бастап маусым айына дейін 10÷15 м/сек жетеді. Желдің жылдамдығы жыл бойына 3÷15 м/сек аралығында өзгеріп тұрады.

Кен орнының ауданы Сырдария өзені қиып өтеді. Өзеннің тығыз тоғайлы тоғайлармен бекітілген тұрақты жағалаулары бар. Су тасқыны кезеңі наурыз-сәуір айларына келеді. Бұл кезеңде судың максималды шығыны 300-ден 1000 м<sup>3</sup>/сек-қа дейін, ағыс жылдамдығы 1 м/сек-қа дейін ауытқиды, өзеннің ені 120÷150 м дейін, ал орташа тереңдігі 4 м дейін артады. Аралық кезең қыркүйек айынан наурыз айына дейін созылады. Бұл уақытта су шығыны 40÷100 м<sup>3</sup>/сек құрайды, ағу жылдамдығы 0,6÷0,8 м/сек аспайды, өзен ені 60÷100 м, орташа тереңдігі шамамен 2 м. Сырдария өзенінің су беті деңгейінің белгісі әрқашан жер асты суларының айналасынан жоғары. Кен орнының ауданы, яғни өзен төменгі сулы қабаттарға жүктеледі.

Тау-кендік бөлу шегіндегі жерлер негізінен жайылым ретінде пайдаланылады. Жалпы, Шиелі ауданы ірі күріш өсіру орталығы өте дамыған және темір жол, автожол және энергетикалық коммуникациялары бар.



## **2.2 Ауданның әлеуметтік-экономикалық сипаттамасы**

Экономикалық тұрғыдан алғанда, жұмыс ауданы өте перспективалы болып табылады. Сырдария уран кенді провинциясының қолда бар минералдық-шикізат базасы мұнда бірқатар өндіру кәсіпорындарын құруға мүмкіндік береді – "Рудоуправление-6" ЖШС, "Заречное" БК ЖШС, "Қызылқұм" ЖШС, "Байкен-У" ЖШС.

Иргелес аумақтарда Балас-Өскандық ванадий кен орнында "Балауса" ЖШС тау-кен кәсіпорны дамыды, қорғасын-мырыш кен өндіру орны Шалқия кен орны қалпына келтірілді, Қаратау жотасының батыс тұйықталуының ұсақ алтын кен объектілерінде барлау жұмыстары жүргізілуде және Алтынды үймелеп шаймалау арқылы тәжірибелі өндіру жұмыстары жүргізілуде. Құрылыс материалдарының бірқатар кен орындары (қиыршық тас, құм және т.б.) әзірленуде.

ЖҰШ кенішін сумен жабдықтау Иіркөл кен орнының төрттік шөгінділердегі жер асты сулары және жоғарғы борлы кешеннің артезиан сулары, сондай-ақ "Ортақшыл-Иіркөл" су құбыры есебінен жүзеге асырылады. Ауданды энергиямен жабдықтау Орта Азия мен Оңтүстік Қазақстанның энергетикалық сақинасына қосылған 220 кВ ЭБЖ-дан жүзеге асырылады. Кен орнының ауданы сейсмикалық белсенділігі Рихтер шкаласы бойынша алты балдық аймақта орналасқан.

## **2.3 Кенорынның сипаттамасы**

Құрылымдық денудационды жазықтар Батыс Бетпақ Даланың кейбір территориясын алады және Сырдария өзенінің жайылымы бойында кездеседі. Олар саз, құм және теңізбен континентал тектес палеогенді шөгінділер жұмыр тастарында, сондай-ақ сазда, құмтастарда, жоғары бор мен палеоген құмдары мен жұмыртастарында дамыған. Мұнда жиі сай мен жарлар кездеседі. Сипатталатын территорияның солтүстік-батыс бөлігінде құрылымдық жазықтар борпылдақ, жас шөгінділер астынан ашылған.

Аккумулятивті жазықтар негізінен ауданның оңтүстік бөлігінде дамыған, ал солтүстік пен орталық бөлігінде олар кең денудационды жазықтар мен ұсақшоқылы массивтер арасында төмендетулер арасында кішігірім учаскелерді алады. Генезис бойынша аллювиалды, аллювиалды-пролювиалды, аллювиалды-көлді, көлді және эолды жазықтарды бөледі.

Үлкен Қаратау жотасының оңтүстік-батыс сілемдеріне жақын, Сырдария өзенінің ағысынан төмен Солтүстік Қарамұрын, Оңтүстік Қарамұрын, Иіркөл, Харасан кен орындары алып жатыр.

## **2.4 Пайдалы қазбалар**

Жыныстардың литологиялық құрамын зерттеу пайдалы қазбалардың ілеспе құрамын анықтауға мүмкіндік береді. Құмды жыныстар 80–90% бөлшекті материалдан тұрады – кварц, далалық шпат, жыныстар бөлшектер. Сазды минералдар монтморилонит, гидрослюда және каолиниттің қосындылары түрінде көрсетілген. Монтморилонит пен гидрослюданың құрамы кең шектерде ауытқып, жыныстардың пайда болу жағдайына тәуелді болады. Каолинит басқарылатын көлемде кездеседі. Бөлшекті минералдың түйіршіктері жұмырланған, әлсіз жұмырланған, жұмырланбаған және бұрыштық. Акцессорлы минералдар құмды жыныстардың жалпы салмағының 1–2% құрайды. Құмдарда аутигенді минералдану кедей және жыныстардың жалпы салмағының 1-5%-ын құрайды. Жыныстардың цементі көбінесе сазды, сирек карбонатты–сазды. Цемент типі: құмдарда қабыршақты, біріктірілген және кеуекті. Қабатшалар мен карбонатты плиталар түзетін, сондай-ақ «бұршақ тәрізді» ерекшеліктердің құрамына кіретін карбонатты құмтастардың карбонатты цементі құмдарда кальцит пен доломит ретінде көрсетілген. «Бұршақ тәрізді» цементтелген құмдарда кальцит көп кездеседі, ал тығыз карбонатты құмтастарда –доломит. Сонымен қатар бұрын өткізілген зерттеулермен тау жыныстарында селен бар екендігі анықталды. Селенді табудағы (90%-ға дейін) негізгі минералды формасы сомтума гамма селен болып табылады. Гранулометриялық құрамы бойынша селенді кендер уранға ұқсасты болып келеді.

## **2.5 Транспорттық жағдайы**

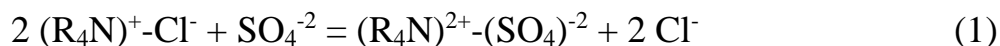
Ең жақын теміржол орны болып Шиелі темір жолы болып саналады, ол кен орнынан 15 км арақашықтықта оңтүстік жағында орналасқан. Шиелі темір жол вокзалынан Иіркөл кенорынына дейін асфальтты жол төселген. Иіркөл кен орнынан Волковгеология кеңсесіне дейін созылымдығы 25 км болатын асфальтты жол салынған. Жұмысшылар кен орынға дейін автобуспен тасымалданады.

### 3 Технологиялық процестері

#### 3.1 Жер асты шаймалау өнімді ерітінділерін сорбциялық өңдеу үшін дайындау

Жер асты шаймалаудан келген өнімді ерітінділерді сорбциялық қайта өңдеу алдында дайындау үшін көлемдері 600 м<sup>3</sup> тұндырғышта ерітінділерді ағарту процесі ауырлық күшінің әсерінен ірі дисперсті қатты бөлшектерді тұндыру арқылы жүзеге асырылады. Өнімді ерітінділердегі қатты бөлшектердің бастапқы құрамы – 10...20 г/л шамасында ауытқиды.

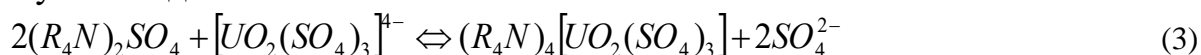
Тұндырғыштардан алынған ағартылған уранды ерітінділерді сорғылар көмегімен өнімді ерітінділерді өңдеу цехына сорбция процесіне жіберіледі. Өнімді ерітінділермен жаңа аниониттердің түйісуі процесінде аниониттердің хлоридті формадан сульфатты-бисульфатты немесе нитратты формаға ауысуы жүреді:



#### 3.2 Өнімді ерітінділерден уранды сорбциялау

Өнімді ерітінділерден уранды сорбциялық алу СНК-3М түрдегі колонналарда ерітінділерді алу төменнен-жоғарыға сүзу жолымен аниониттің қысылған қабаты арқылы жүргізіледі және күкіртқышқыл ерітінділерінен уранды іріктеп алатын АМ, АМІІ немесе олардың шетелдік аналогтары Lewatit К-6367U, Amberlit IRA-910Cl, Amberjet4400 күшті негізді аниониттер қолданылады.

Күшті негізгі аниониттерді пайдалану кезінде сорбция процесін теңдеумен сипаттауға болады:



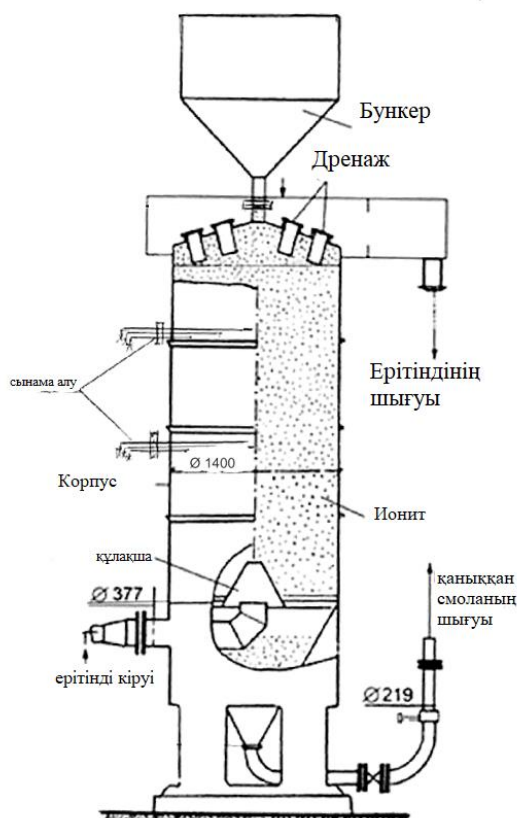
Анионитті ұзақ пайдаланған кезде уран бойынша қанығу сыйымдылығының төмендеуі, кейбір заттармен аниониттердің улануы есебінен сорбциялық процестің тиімділігі төмендейді.

Қаныққан сорбентті түсіру және қайта өңделген сорбентті жүктеу үшін СНК-3М коланнасына өнімдік ерітіндіні беру тоқтатылады. Қаныққан сорбентті түсіру өлшеу сыйымдылығына, одан қаныққан сорбент эрлифт ұңғымасына келіп түседі, эрлифт ұңғымасымен қаныққан сорбент жуу колоннасына доғалы елеуіш арқылы жіберіледі, онда оның сусыздануы болады.

Сорбция аналықтары құрамында 3 мг/л-ге дейінгі уран бар СНК-3М колоннасының жоғарғы бөлігіндегі дренаждық кассеталар арқылы шығарылады және дренаж арқылы сорбентті ұстап алу үшін бақылау елегіне жіберіледі. Ары қарай сорбция аналықтары насостармен шаймалаушы реагент

сыйымдылықтарында жиналады. Ұсталған сорбент бақылау елек арқылы процеске қайтарылады.

Сорбентті құм мен тұнбадан колоннада шаю шаймалаушы реагент (ВР) сыйымдылықтарынан сорбция аналығымен жүзеге асырылады. Жуу аналықтарын шлам тұндырғышқа лақтырады. Бұдан әрі эрлифтпен қаныққан сорбент СДК-1500-2000 колонналарының арынды бункерлеріне беріледі.



1-Сурет СНК түріндегі сорбциялық напорлы бағананың құрылғысы

СНК-3М техникалық сипаттамасы:  $\text{Ø} 3\ 000$ ,  $H = 9\ 600$ ,  $V = 46\ \text{м}^3$

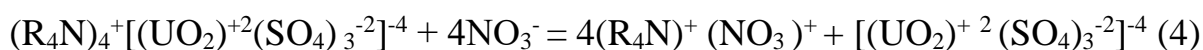
Сорбциялық напорлы колоннасының корпусы пішіні цилиндрлі-ернеушеден, жоғарғы құрылысы дренаждық кассетадан, сорбция аналықтарын жинайтын ерітінділерді ағызу келте құбыры бар "қалтадан", аппараттың қимасы бойынша оның ағынының конустық таратқышы бар өнімді ерітіндіні енгізу құрылғысынан – "грибка", қаныққан ион алмастырғыш шайырды түсіруге арналған құбырлар, реттелген шайырды тиеуге арналған арынды бункерден тұрады.

Жұмыс істеу бойынша колоннаның барлық көлемі ионитпен толтырылған және ерітінді иониттің тығыз қабаты арқылы төменнен жоғары сүзіледі. Иониттің жұмыс қабатын нығыздау, қысу колонна корпусының жоғарғы бөлігінде дренаждық құрылғыларды орнату және тиеу бункерін қоса алғанда, дренаждық құрылғылардан жоғары иониттің сусыз қабатының болуымен

камтамасыз етіледі. Иониттің қозғалмайтын қабаты арқылы ерітіндінің жұмыс ағыны сүзілетін динамикалық режимде өтеді. Бұл массаалмастыруды талдау және басқару үшін ең күрделі процесс, өйткені екі фазадағы алынатын уранның концентрациясы қабаттың биіктігі бойынша да, уақыт бойынша да үздіксіз өзгереді. Сорбциялық напорлы бағанадағы ионит қабатының биіктігі өнімді ерітінділердің химиялық құрамына және қолданылатын иониттің сорбциялық қасиеттеріне байланысты болады және де жобалау сатысында анықталады. Сорбенттің қорғаныс қабаты болған кезде арынды бағананың жұмысы ионит-ерітінді ағынында уран бойынша теңгерімдік жүктемеден тыс пайда болған кезде сорбция аналықтарындағы уранның талап етілетін шығарынды құрамын алуды камтамасыз ететін сорбенттің қорғаныс әсерінің белгілі бір уақытымен сипатталады.

### 3.3 Қаныққан сорбенттен уран десорбциясы

Уранды десорбциялау процесі теңдеуімен сипаттауға болады:



Ионалмасу шайырдың қозғалысы бойынша СДК-1500-2000 колонналарының жұмыс келесі процестерге:

-I-қаныққанға дейін өнімді ерітіндіден уранды сорбциялау және тауарлық десорбаттың бөлігі;

-II-қанығу тауарлық десорбат бөлігінен уранды сорбциялау;

-шайырдан уранның нитратты десорбциясы;

-бастапқы десорбциялаушы ерітіндіден жуу.

СДК-1500-2000 колоннасы жұмыс істеген кезде уран сорбция сатысындағы сорбент I қанықтырылғанға дейін аймаққа түседі, өнімді ерітіндіден және тауарлық десорбаттың бөлігінен уранның сорбциясы есебінен шайырдың қосымша қанығуы орын алады.

Тауарлық десорбаттың бөліктері СДК-1500-2000 колоннасы II қанықтырылғанға дейін тікелей аймақтан түседі.

I сорбенттің қанығуы оның сыйымдылығын арттырады және десорбаттағы уранның концентрациясын жоғарылатуға және тиісінше оның тауарлық бөлігінің шығуын азайтуға мүмкіндік береді. Қанығу аймағынан кейін I сорбент өтпелі аймақ болып табылатын қанығу аймағына өтеді. Бұл аймаққа аппараттың төменгі тороидальды бөлігі сәйкес келеді. Мұнда сорбент пен тауарлық десорбат сорбентте де, ерітіндіде де уранның ең жоғары концентрациясы нүктесінен өтеді. Бұл нүктеден тауарлық десорбатты шығару жүзеге асырылады.

Қаныққан сорбенттен уранды десорбциялау колонналар тізбегі бойымен толығымен қаныққан сорбент пен нитратты десорбциялаушы ерітінділердің қарама-қарсы қозғалыстары процесінде жүреді.

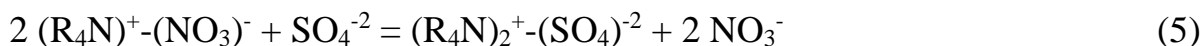
Шайыр бағанасы бойынша одан әрі жылжу процесінде нитраттық

десорбция және жуу аймақтарына біртіндеп өтеді, онда сәйкесінше сорбенттен уран десорбциясы және оның бастапқы десорбциялаушы ерітіндіден денитрациялаушы ерітіндімен жуылуы жүргізіледі.

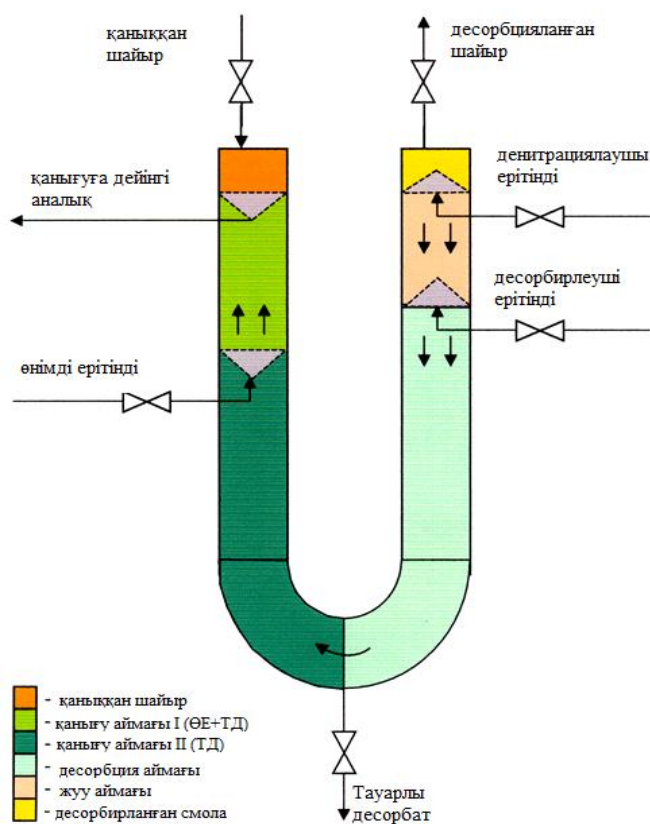
Аналықтар СДК-1500-2000 бағаналарын қанықтырғанға дейін бақылау елек арқылы ыдыстарға түседі. Тауарлық десорбат СДК-1500-2000 колонналарының төменгі (тороидальды) бөліктерінен құрама сыйымдылыққа шығарылады, бұл жерден сорғы тұндыру каскадына жіберіледі.

Денитрация операциясының мақсаты - құрамында нитраты бар ерітінділерді аммиакты селитраның шығынын азайту мақсатында алынған сорбентте нитрат - ион мөлшерін азайту болып табылады, уранды десорбциялауға арналған ерітінділерді дайындау үшін пайдаланылады, олар бастапқы десорбциялайтын ерітіндіні дайындау үшін ыдыстарға жіберіледі.

Сорбентті нитратты формадан сульфатты формаға конверсиялау процесі:



Сорбентті денитрациялауға арналған ерітінділер жуу колоннасына келіп түсетін техникалық сумен негізіндегі сыйымдылықтарға, оларды қоймадан шамамен 70 г/л артық қышқылдыққа дейін күкірт қышқылымен толықтыра отырып дайындалады.



2-Сурет СДК-1500 колоннасында жұмыс аймақтарының орналасу схемасы

### 3.4 Концентратты тұнбаға түсіру және фильтрлеу

Уранды тұндыру ауамен араласатын колонналық үлгідегі аппараттарда каустикалық содамен жүргізіледі, каустикалық сода ерітіндісі рН-метр көрсеткішіне сәйкес автоматты түрде мөлшерленеді. Тұндыру тізбегі бойынша ерітінділердің рН мәні: 1) 2,5 - 3,0; 2) 4,5 - 5,0; 3) 7,0 - 7,2.

Тауарлық регнераттан уранды тұнбаға түсіру процесі:



Уранил тұзының ерітіндісіне NaOH ерітіндісін қосқан кезде уранилдың гидрототототығы емес, диуранат (полиуранат) деп аталатын уран қышқылының тиісті тұзы, бұл тұздарды тұндыру ортаның рН ерітіндідегі уранның тепе-тең концентрациясына байланысты болып келеді.

3.1-Кесте Ерітіндідегі уранның концентрациясы мен ортаның рН-ның тәуелділігі

Концентрация U <sup>+b</sup> (г/л)	рН	Концентрация U <sup>+b</sup> (г/л)	рН
285,0	2,9	24,0	4,5
200,0	3,0	2,4	5,3
100,0	3,4	0,24	5,9
57,0	3,8	0,024	6,6
28,5	4,2	0,0024	7,2

Ерітіндіден уранды толық тұндыру үшін тұндыру соңында ортаның рН жеткілікті жоғары мәнін қамтамасыз ету қажет. Тауарлық регенераттан уранды тұндыру 25-40 °С температурада атқарылады.

Ортаның әр рН интервалына тұнбаға түскен қосылыстардың тұнбасы жауап береді.

3.2-Кесте Тұндыру кезіндегі тұнба құрамының ортаның рН-на тәуелділігі

рН	Тұнба құрамы	рН	Тұнба құрамы
4,0-5,0	UO <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	7,0-9,0	Na <sub>2</sub> U <sub>4</sub> O <sub>13</sub>
6,0-6,5	Na <sub>2</sub> U <sub>7</sub> O <sub>22</sub>	9,0-11,0	Na <sub>2</sub> U <sub>2</sub> O <sub>7</sub>

Тұнбаны ұстағанда олардың гидролизі байқалады, осының салдарынан тұнбаның құрамы өзгереді, қышқыл тұз түзіледі. Тұндыру өнімдерінің құрамында нитрат иондардың болуы коллоидтық бөлшектер пайда болған сәтте

катты бөлшектерде адсорбциямен негізделеді.

Тұндырылған қойыртпақ жиналмалы сыйымдылықтарда жиналады, ол жерден сорғы арқылы сүзгі-преске беріледі.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  қосымша бекітуге арналған аммиак селитрасы қоймасына ерітінділерді айдау торабы арқылы сүзу аналогі және одан әрі, уранды десорбциялау үшін ерітінді дайындауға арналған ыдыстарға түседі. Сүзгі-престерден болуы мүмкін тесіктер құрама сыйымдылыққа түседі, одан сорғыштармен қойыртпақ жинағына оралады. Сүзгіштегі тұнбаларды сүзу циклі аяқталғаннан кейін жылу алмастырғыш арқылы өткен техникалық сумен жуылады және сығылған ауамен үрленеді. Ерітінділерді айдау торабы арқылы шаю сулары ыдыстарға десорбциялау үшін бастапқы ерітіндіні дайындауға беріледі. Сүзгі-престерден дайын өнім – химиялық табиғи уранның концентраты "сары кек" ағулар арқылы көлемі  $2,5\text{м}^3$  ТУК-118 контейнерлерге түседі.

### 3.5 Соңғы өнім сипаттамасы

Уран концентратының негізгі физика-химиялық қасиеттері: сыртқы түрі кристаллдық зат тәрізді, құрамындағы қоспалардың мөлшеріне қарай сары түстен қоңыр түске дейін болады, үйінді салмағы –  $1,9-2,2\text{ г/см}^3$ , суда аз ериді, қышқылдар ерітінділерінде уранилдің сәйкес тұздарын түзіп ериді, химконцентрат әлсіз белсенді, меншікті белсенділігі –  $0,238...0,340\text{ мкКи/г}$ .

Дайын өнімнің тауарлық атауы – табиғи уранның химиялық концентраты (ТУХК) және техникалық атауы – «сары кек». Негізгі компоненттің химиялық формуласы -  $\text{Na}_2\text{U}_4\text{O}_{13}$  натрий тетрауранаты. Уран концентраты ерітіндісін қолданудың негізгі облысы – уранның тотығы мен қос тотығын  $\text{U}_3\text{O}_8$  өндіру.

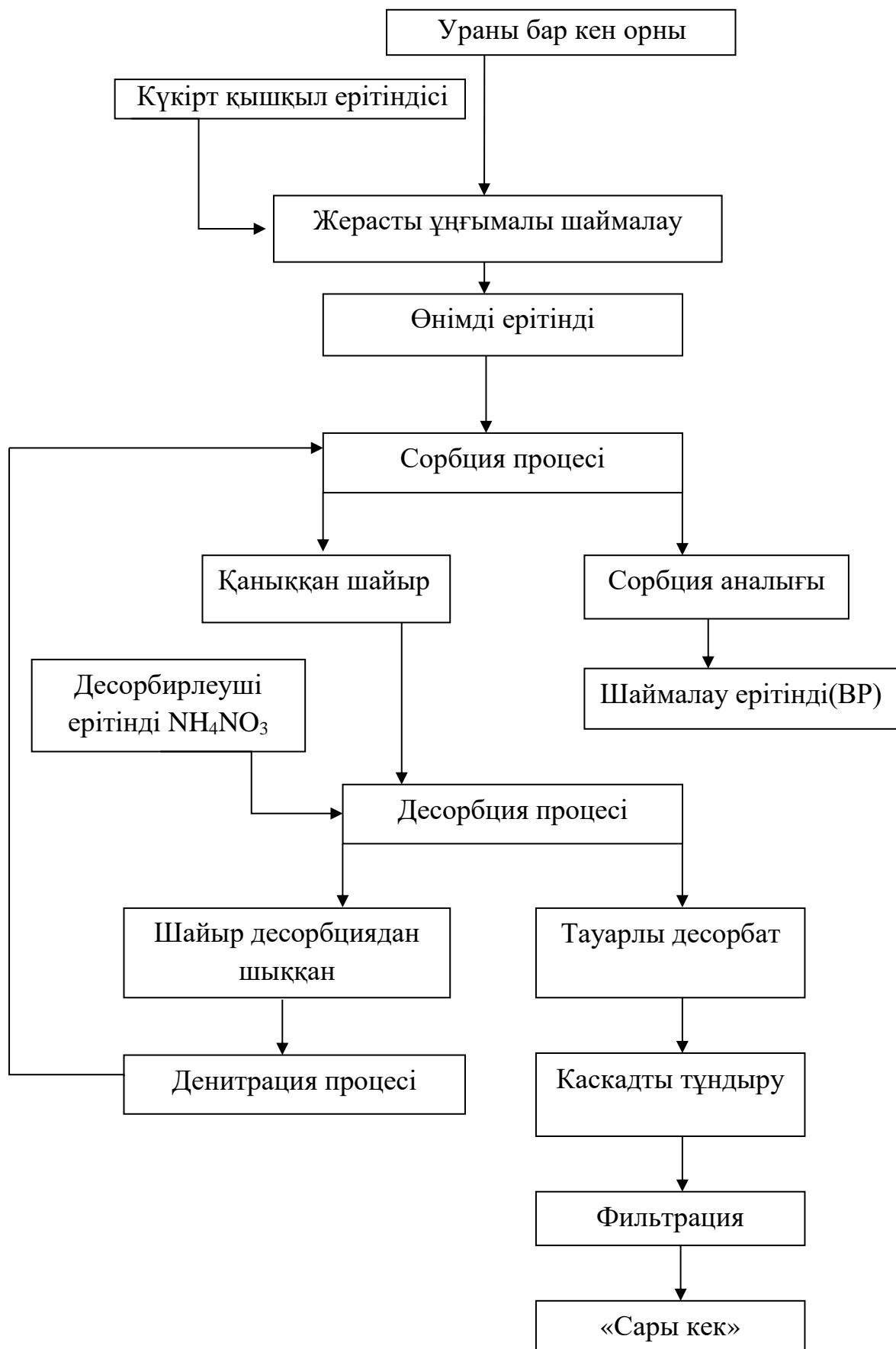
Уран концентраты техникалық шарттарда ТУ 640 РК-38229886-ЗАО-01-2000, берілген 4-кестедегі параметрлерге сәйкес болуы керек.

### 3.3-Кесте Урандық концентраттың техникалық параметрлері

Көрсеткіштер атауы	Норма
Уранның массалық үлесі, %	$> 35,0$
Азот қышқылында ерімеген қалдықтың массалық үлесі, %	$< 1,2$
Ылғалдың массалық үлесі, %	$< 30,0$



### 3.6 Технологиялық сұлба



## 4 Материалдық балансты есептеу

### 4.1 Сорбциялау үрдісі

Дипломдық тапсырма бойынша Семізбай-У филиалының Иіркөл кен орнының өнімділігі жылына 800 тонна құрайтын уран концентраты. Кәсіпорынның жұмыс уақыты тәулік бойлы. Онда 2 смена 12 сағаттан. Бір жылдағы цехтың жұмыстық күндері 340 күн. Қалған күндері цехтың жөндеу жұмыстарына байланысты қаралады.

Уран бойынша өнімділік  $Q=800$  т/жылына;

Өнімдік ерітіндідегі (  $\Theta E$  ) уран үлесі  $100$  мг/л немесе  $0,1$ кг/м<sup>3</sup>;

Сағаттық өнімділікті анықтаймыз:

$$Q_{\text{сағ}} = \frac{800000}{340 \cdot 24} = 98.03 \text{ кг/сағ}$$

Ерітінділердің сағат бойынша көлемін анықтаймыз:

$$V_{\text{сағ}} = \frac{Q_{\text{сағ}}}{U_{\text{бас}} - U_{\text{соң}}} \quad (1)$$

Мұнда:  $V_{\text{сағ}}$  - ерітіндінің сағаттық көлемі, м<sup>3</sup>/сағ;

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

$U_{\text{бас}}$ ,  $U_{\text{соң}}$  - ерітіндідегі уранның бастапқы және соңғы концентрациясы, кг/м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{сағ}} = \frac{98.03}{0.1 - 0.003} = 1011 \text{ м}^3/\text{сағ}$$

Қолданылатын ионит мөлшері, оны келесі теңдеумен өрнектейміз:

$$G_{\text{ш}} = \frac{Q_{\text{сағ}}}{a_{\text{жұм}} - a_{\text{бас}}} \quad (2)$$

Мұнда:  $G_{\text{ш}}$  - нақты жағдайлардағы иондық алмасулардың сағат бойынша кеткен шығыны, т;

$a_{\text{жұм}} = 30$  кг/т – шайырдың жұмыс сыйымдылығы, кг/т;

$a_{\text{бас}} = 1$  кг/т – шайырдың иондық алмасу кезіндегі қалдық мөлшері;

$$G_{\text{ш}} = \frac{98.03}{30 - 1} = 3.38 \text{ т/сағ}$$

1 м<sup>3</sup> бастапқы ерітінді құрамында:

$U = 0,1$  кг;

$Fe^{3+} = 0,5$  кг;

$$\begin{aligned}
\text{Fe}^{2+} &= 0,4 \text{ кг}; \\
\text{Ca}^{2+} &= 0,4 \text{ кг}; \\
\text{Al}^{3+} &= 0,6 \text{ кг}; \\
\text{K}^+ &= 0,1 \text{ кг}; \\
\text{Na}^+ &= 0,1 \text{ кг}; \\
\text{Mg}^{2+} &= 0,4 \text{ кг}; \\
\text{SiO}_3^{-2} &= 0,15 \text{ кг}; \\
\text{Cl}^- &= 0,3 \text{ кг}; \\
[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4} &= 0,1 \cdot 558 / 238 = 0,2344 \text{ кг/м}^3; \\
[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4} &= 0,2344 / 558 \cdot 4 = 0,00010 \text{ кг-экв}; \\
\text{Fe}^{+3} &= 0,5 / 56 / 3 = 0,0268 \text{ кг-экв}; \\
\text{Fe}^{+2} &= 0,4 / 56 / 2 = 0,0123 \text{ кг-экв}; \\
\text{Al}^{+3} &= 0,6 / 27 / 3 = 0,067 \text{ кг-экв}; \\
\text{Ca}^{+2} &= 0,4 / 40 / 2 = 0,02 \text{ кг-экв}; \\
\text{K}^+ &= 0,1 / 39 / 1 = 0,0025 \text{ кг-экв}; \\
\text{Na}^+ &= 0,1 / 23 / 1 = 0,0043 \text{ кг-экв}; \\
\text{Mg}^{2+} &= 0,4 / 24 / 2 = 0,0333 \text{ кг-экв}; \\
\Sigma &= 0,1394 \text{ кг-экв}; \\
\text{SiO}_3^{-2} &= 0,15 / 76 / 2 = 0,0039 \text{ кг-экв}; \\
\text{Cl}^- &= 0,3 / 35,5 / 1 = 0,0085 \text{ кг-экв}; \\
\Sigma &= 0,0124 \text{ кг-экв}; \\
\text{SO}_4^{-2} &= 0,167 - 0,0124 = 0,1546 \text{ кг-экв}; \\
\text{SO}_4^{-2} &= 96 / 2 \cdot 0,1546 = 7,421 \text{ кг/м}^3; \\
\text{C}(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 98 \cdot 0,01 = 0,98 \text{ кг/м}^3; \\
[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4} &= 0,2344 \cdot 1011 = 237,03 \text{ кг/сағ}; \\
\text{H}_2\text{O} &= 1000 - 3,05 = 996,95 \text{ кг/м}^3; \\
\text{Fe}^{+3} &= 0,5 \cdot 1011 = 505,5 \text{ кг/сағ}; \\
\text{Fe}^{+2} &= 0,4 \cdot 1011 = 404,4 \text{ кг/сағ}; \\
\text{Al}^{+3} &= 0,6 \cdot 1011 = 606,6 \text{ кг/сағ}; \\
\text{Ca}^{+2} &= 0,4 \cdot 1011 = 404,4 \text{ кг/сағ}; \\
\text{K}^+ &= 0,1 \cdot 1011 = 101,1 \text{ кг/сағ}; \\
\text{Na}^+ &= 0,1 \cdot 1011 = 101,1 \text{ кг/сағ}; \\
\text{Mg}^{2+} &= 0,4 \cdot 1011 = 404,4 \text{ кг/сағ}; \\
\text{SiO}_3^{-2} &= 0,15 \cdot 1011 = 151,65 \text{ кг/сағ}; \\
\text{Cl}^- &= 0,3 \cdot 1011 = 303,3 \text{ кг/сағ}; \\
\text{SO}_4^{-2} &= 7,421 \cdot 1011 = 7502,631 \text{ кг/сағ}; \\
\text{H}_2\text{SO}_4 &= 0,98 \cdot 1011 = 990,78 \text{ кг/сағ}; \\
\text{H}_2\text{O} &= 996,95 \cdot 1011 = 1007916,45 \text{ кг/сағ}.
\end{aligned}$$

Аниониттің қысқаша сипаты:

Аниониттің толық сыйымдылығы – 3,5 кг·экв/т;

Аниониттің салыстырмалы көлемі – 2,9 м<sup>3</sup>/т;

1 шарты тоннадағы матрица саны 1000 – 3,5 · 35,45 = 876 кг;

1 шарты тоннадағы матрица саны 876 кг / 910 кг/м<sup>3</sup> = 0,963 м<sup>3</sup>.

1 шарты тоннадағы  $\text{Cl}^-$  мөлшері:

$$3,5 \cdot 1000 \cdot N_A \cdot 3/4 \cdot \pi \cdot r^3 = 3,5 \cdot 1000 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 4/3 \cdot 3,14 \cdot (1,81 \cdot 10^{-10})^3 = 0,052 \text{ м}^3.$$

1 шарты тоннадағы судың көлемі:  $2,9 - 0,963 - 0,052 = 1,885 \text{ м}^3 = 1885 \text{ кг}$ .

Материалдық балансты есептегенде судың толысу мөлшері иондық алмасу кезінде өзгеріп отырады. Қалдық 1 кг уран мөлшерінің сыйымдылығын анықтаған кезде шарты анионит Amberset мөлшері уранның мөлшерімен берілген, тоннамен:  $1/(238/4) = 0,0168 \text{ кг-экв}$ ;

1 шарты тонна мөлшерінде :

$$1 \cdot M[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4}/238 = 1 \cdot 558/238 = 2,345 \text{ кг};$$

$$[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4} = 2,345/(558/4) = 0,0168 \text{ кг-экв};$$

$$\text{SO}_4^{-2} = 3,5 - 0,168 = 3,4832 \text{ кг-экв};$$

$$\text{SO}_4^{-2} = 3,4832 \cdot 96/2 = 167,19 \text{ кг};$$

$$876 \cdot 3,6 = 3153,6 \text{ кг/сағ};$$

$$[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4} = 2,345 \cdot 1,306 = 3,063 \text{ кг/сағ};$$

$$\text{SO}_4^{-2} = 167,2 \cdot 3,38 = 565,136 \text{ кг/сағ};$$

$$\text{H}_2\text{O} = 1885 \cdot 3,38 = 6371,3 \text{ кг/сағ}.$$

Қаныққан шайырдың құрамын қарастырамыз:

U – 35 кг/т бойынша сыйымдылық

$$\text{Fe}^{+3} - 2,5 \text{ кг/т};$$

$$\text{Al}^{+3} - 1,133 \text{ кг/т};$$

$$\text{SiO}_3^{-2} - 0,085 \text{ кг/т};$$

$$[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4} = 30/238/4 = 0,504 \text{ кг-экв/т};$$

$$[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]^{-3} = 2,5/56/3 = 0,0148 \text{ кг-экв/т};$$

$$[\text{Al}(\text{SO}_4)_3]^{-3} = 1,133/27/3 = 0,0139 \text{ кг-экв/т};$$

$$[\text{SiO}_3]^{-2} = 0,085/28/2 = 0,0015 \text{ кг-экв/т};$$

$$[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4} = 0,504 \cdot (558/4) \cdot 3,063 = 237,03 \text{ кг/сағ};$$

$$[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]^{-3} = 0,0148 \cdot (400/3) \cdot 3,063 = 6,04 \text{ кг/сағ};$$

$$[\text{Al}(\text{SO}_4)_3]^{-3} = 0,0139 \cdot (315/3) \cdot 3,063 = 4,47 \text{ кг/сағ};$$

$$[\text{SiO}_3]^{-2} = 0,0015 \cdot (76/2) \cdot 3,063 = 0,174 \text{ кг/сағ};$$

$$\text{SO}_4^{-2} = 3,4832 - 0,174 = 3,30 \text{ кг-экв/т};$$

$$3,30 \cdot (96/2) = 158,4 \text{ кг/т};$$

$$\text{SO}_4^{-2} = 158,4 \cdot 3,063 = 485,17 \text{ кг/сағ};$$

Қосылған ерітінді құрамында:

$$[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4} = 0,003 \cdot 1011 \cdot (558/238) = 7,11 \text{ кг/сағ};$$

$$\text{Fe}^{+3} = 505,5 - 6,04 \cdot (56/336) = 504,493 \text{ кг/сағ};$$

$$\text{Al}^{+3} = 606,6 - 4,47 \cdot (27/315) = 606,217 \text{ кг/сағ};$$

$$\text{SiO}_3^{-2} = 151,65 - 0,174 \cdot (28/76) = 151,585 \text{ кг/сағ};$$

$$\text{SO}_4^{-2} = 7502,631 + 601,62 - 485,17 - 4,34 - 3,76 = 10489,45 \text{ кг/сағ};$$

$$[\text{Fe}(\text{SO}_4)_3]^{-3} - \text{SO}_4^{-2} = 6,04 \cdot (288/400) = 4,34 \text{ кг/сағ};$$

$$[\text{Al}(\text{SO}_4)_3]^{-3} - \text{SO}_4^{-2} = 4,47 \cdot (288/342) = 3,76 \text{ кг/сағ}.$$

Сорбцияланудың материалдық балансын есептеу нәтижелері кестеде берілген.

4.1-Кесте Сорбциялану үрдісінің материалдық балансы

Тармақтары	Мөлшері кг/сағ	Масса- сы, %.	Тармақтары	Мөлшері, кг/сағ	Салма- ғы, %.
1.Ерітінді			1.Біріктірілген қоспалар		
[UO <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>-4</sup>	97,03	0,1	[UO <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>-4</sup>	7,11	0,073
Fe <sup>3+</sup>	505,5	0,05	Fe <sup>3+</sup>	504,493	0,998
Fe <sup>2+</sup>	404,4	0,04	Fe <sup>2+</sup>	404,4	0,04
Al <sup>3+</sup>	606,6	0,06	Al <sup>3+</sup>	606,217	0,999
Ca <sup>2+</sup>	404,4	0,04	Ca <sup>2+</sup>	404,4	0,04
1.Ерітінді			1.Біріктірілген қоспалар		
K <sup>+</sup>	101,1	0,01	K <sup>+</sup>	140,8	0,009
Na <sup>+</sup>	101,1	0,01	Na <sup>+</sup>	140,8	0,009
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7610,981	0,76	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10489,45	0,72
SiO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	151,585	0,015	SiO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	151,585	0,015
Mg <sup>2+</sup>	404,4	0,04	Mg <sup>2+</sup>	404,4	0,04
Cl <sup>-</sup>	303,3	0,03	Cl <sup>-</sup>	303,3	0,03
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	990,78	0,099	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	990,78	0,09
H <sub>2</sub> O	1007916,45	96,37	H <sub>2</sub> O	1007916,45	96,37
2. Ионит			2.Қаныққан ионит		
[UO <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>4-</sup>	7,9	0,0004	[UO <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>4-</sup>	237,03	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	565,136	0,026	[Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>3-</sup>	6,04	0,011
			[Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>3-</sup>	4,47	0,0024
			SiO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	0,174	0,002
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	485,17	0,0000
Судың толысуы, белгіленген матрицалық иондар	6371,3 4247,5	0,3 0,14	Толысу суы, белгіленген матрицалық иондар	6671,3 4247,5	37 0,02 0,3 0,14
Барлығы	11191,84	100	Барлығы	11651,68	100

Кеніште  $1011 \text{ м}^3/200=5$  СНК-3М коланна жұмыс істейді. Тағы 1 коланна  $800000/30=26666,6/340*24=78,43 \text{ м}^3$  шайыр күніне керек.

$$78,43/24=3,268\text{м}^3/\text{сағ}$$

## 4.2 Десорбциялау үрдісі

$\text{NH}_4\text{NO}_3$  десорбциялану қышқылданған  $\text{H}_2\text{SO}_4$  арқылы орындалып, концентрациялануы 100 г/л немесе 10 г/л сәйкесінше құрайды.

Десорбциялану фазалардың өзара қатынастарынан құралады:  $К : С = 1:1,5$ .

Сорбциялануға түсетін шайырдың мөлшері:  $V_c = 2,9 \cdot 3,6 = 10,44 \text{ м}^3/\text{сағ}$ .

Сондықтан сорбцияланған ерітіндінің қажетті мөлшері: 15,66  $\text{м}^3/\text{сағ}$  тең.

Сорбцияланушы реагент шығындарын есептеу:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$G_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 100 \cdot 15,66 = 1566 \text{ кг}/\text{сағ}.$$

$$G_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 10 \cdot 15,66 = 156,6 \text{ кг}/\text{сағ}.$$

Су шығындарын есептеу: ол үшін сорбцияланған ерітінді мөлшерін анықтап аламыз:

$$G_{\text{д.р-ра}} = 1011 \cdot 15,66 = 15832,26 \text{ кг}/\text{сағ}.$$

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = 15832,26 - (1566 + 156,6) = 14109,66 \text{ кг}/\text{сағ}.$$

Тауар регенераторының шығуын есептеу:

Сорбциялануға мөлшері 10,44  $\text{м}^3/\text{сағ}$  анионит келіп түседі, оның келесідей тұзды құрамы болады:

$$[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-} = 237,03 \text{ кг}/\text{сағ}$$

$$[\text{Fe}(\text{SO}_4)_3]^{3-} = 6,04 \text{ кг}/\text{сағ}$$

$$[\text{Al}(\text{SO}_4)_3]^{3-} = 4,47 \text{ кг}/\text{сағ}$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 485,17 \text{ кг}/\text{сағ}$$

$$\text{SiO}_3^{2-} = 0,174 \text{ кг}/\text{сағ}$$

1. Шығысы  $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$ .

Шайырдағы қалдық уранның мөлшері 7,9  $\text{кг}/\text{сағ}$   $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$ .

$$G_{[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}} = 237,03 - 7,9 = 229,13 \text{ кг}/\text{сағ};$$

2.  $\text{SO}_4^{2-}$  шығысы

$$[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-} - G_{\text{SO}_4^{2-}} = 237,03 \cdot (288/558) = 122,33 \text{ кг}/\text{сағ}$$

$$122,33/3,38 = 36,19 \quad 36,19/48 = 0,753 \text{ кг} \cdot \text{экв}/\text{у.т}$$

$$G_{\text{SO}_4^{2-}} = 7,11 \cdot (288/558) = 3,67 \text{ кг}/\text{сағ}$$

$$3,67/3,38 = 1,085 \quad 1,085/48 = 0,02 \text{ кг} \cdot \text{экв}/\text{у.т}$$

$$G_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,753 - 0,02 = 0,733 \text{ кг} \cdot \text{экв}/\text{у.т}.$$

$$В [\text{Fe}(\text{SO}_4)_3]^{3-} - G_{\text{SO}_4^{2-}} = 6,04 \cdot 288/344 = 5,05 \text{ кг}/\text{сағ};$$

$$(5,05/3,38)/48 = 0,03 \text{ кг} \cdot \text{экв}/\text{у.т}.$$

$$В [\text{Al}(\text{SO}_4)_3]^{3-} - G_{\text{SO}_4^{2-}} = 4,47 \cdot 288/315 = 4,08 \text{ кг}/\text{сағ};$$

$$(4,08/3,38)/48 = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{экв}/\text{у.т}.$$

$$\Sigma = 0,733 + 0,03 + 0,025 = 0,788$$

$$G_{\text{SO}_4^{2-}} = 3,7 \cdot 96 \cdot 3,38 = 1200,576 \text{ кг/сағ};$$

$$\text{SiO}_3^{2-} = 0,174 / 76 = 0,0022 \text{ кг·экв/у.т.}$$

$$0,788 + 0,0022 = 0,7902 \text{ кг·экв/у.т.}$$

### 3. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ШЫҒЫСЫ

Ол үшін NO<sub>3</sub> мөлшерінің сорбциялануын анықтап аламыз:

$$G_{\text{NO}_3^-} = 0,7902 \cdot 62 \cdot 3,38 = 165,59 \text{ кг/сағ.}$$

Осы кезде тауар регенераты ретінде NO<sub>3</sub><sup>-</sup> аламыз:

$$G_{\text{NO}_3^-} = 1566 - 165,59 = 1400,4 \text{ кг/сағ.}$$

[Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]<sup>3-</sup>, [Al(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]<sup>3-</sup>, H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> қатынастары толық тауарлық регенератқа ауысады.

Сорбцияланудың материалдық балансындағы нәтижелер 4.2- кестеде берілген.

### 4.2– Кесте Қайтадан сорбциялану кезіндегі материалдық баланс

Кіріс	Мөлшері, кг/сағ	Салмағы, %.	ШЫҒЫН	Мөлшері, кг/сағ	Салмағы, %.
1.Шайыр [UO <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>4-</sup>	237,03	0,97	1. Шайыр [UO <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>4-</sup>	7,9	0,03
1.Шайыр [Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>3-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Судың толысуы, белгіленген матрицалық иондар	4,47 485,17 0,174 6671,3 4247,5	1,88 48,86 0,07 3,55 5,58	1.Шайыр NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  Судың толысуы, белгіленген матрицалық иондар	165,59  6671,3 4247,5	4,77  0,11 0,18
2.Товарлы десорбат NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	1566 156,6 15832,26	5,655 0,565 55,14	2.Десорбат [UO <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>4-</sup> [Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>3-</sup> [Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>3-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	237,03 6,04 4,47 1400,4 122,33 0,174 15832,26 156,6	0,97 0,2 0,17 4,64 0,78 0,003 55,14 5
Барлығы	17554,86	100	Барлығы	19168,97	100

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> үлгісіне көшу.

Аниониттің SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> үлгісіне көшуі сорбцияланудың ерітіндісін қалыптастырады.

Маттық сорбциялану көлемі 200 м<sup>3</sup>/сағ анионитке алмасады. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> мөлшері 7,44 г/л

Сорбциялану орындарының шығындарын есептеу SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

$$G_{SO_4^{2-}} = 7,44 \cdot 200 = 1488 \text{ кг/сағ}$$

Сорбциялану ұяшықтарындағы иондар аниониттердің қайтадан зарядталуына жол ашады SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - үлгісіне кіреді. Сондықтан зарядталу кезінде материалдық баланс есепке алынбайды.

Аниониттердің шығуын есептеу

Аналық ерітінділермен анионитерді қайтадан зарядтау кезінде сорбциялану орын алып, иондары SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> толық ығыстырылып, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> иондары аниониттен бөлініп шығады, ал [UO<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]<sup>4-</sup> иондары анионитте қалады.

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Ол үшін аниониттегі NO<sub>3</sub><sup>-</sup> мөлшерін есептейміз экв.кг.

$$G_{NO_3^-} = 165,59 / 62 = 2,67 \text{ кг/сағ.}$$

Осы кезде,

$$G_{SO_4^{2-}} = 2,67 \cdot 96 = 256,39 \text{ кг/сағ.}$$

$$G_{SO_4^{2-}} = 156,6 + 256,39 = 412,99 \text{ кг/сағ.}$$

Сорбциялануды есептеу.

$$G_{SO_4^{2-}} = 1488 - 412,99 = 1075,01 \text{ кг/сағ.}$$

Есептеу нәтижелері төмендегі 4.3-кестеде берілген.

4.3-Кесте SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> пішінін қайтадан зарядтаудағы материалдық баланс үдерісі.

Кіріс	Мөлшері, кг/сағ	Салмағы, %.	Шығын	Мөлшері, кг/сағ	Салмағы, %.
1.Шайыр [UO <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>4-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7,9 165,59 122,33	0,003 0,19 0,17	1. Шайыр [UO <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>4-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7,9 720,61	0,003 0,46
Судың толысуы, белгіленген матрицалық иондар	6671,3 4247,5	4,5 2,09	Судың толысуы, белгіленген матрицалық иондар	6671,3 4247,5	4,5 2,09



2.сорбцияла ну ортасы. SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> H <sub>2</sub> O	1488 15832,26	0,68 91,68	2.сорбциялану ортасы. NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> H <sub>2</sub> O	165,59 122,33 15832,26	0,19 0,39 91,68
Барлығы	211304	100	Барлығы	211304	100

## 5 Еңбекті қорғау. Қоршаған ортаны қорғау. Радиациялық қауіпсіздік

### 5.1 Еңбекті қорғау

Кеніш объектілерін пайдалануға байланысты барлық жұмыстар "Иіркөл" филиалының жерасты ұнғылап шаймалау қызметінің тиісті бағыттары бойынша нормативтік құқықтық актілердің талаптарына, сондай-ақ ішкі нормативтік және ұйымдастырушылық-басқарушылық құжаттарға сәйкес жүргізілуі тиіс.

Кәсіпорындарда еңбекті қорғау және өнеркәсіптік қауіпсіздікті жақсарту бойынша жүйелі жұмыстар жүргізілуде. Кеніштің өндірістік учаскелерінің, бөлімшелерінің барлық қызметкерлері қажетті арнайы киіммен, арнайы аяқ киіммен және басқа да жеке қорғану құралдарымен қамтамасыз етілген. Сонымен қоса кеніште себезгі, гардероб бөлмелерімен қамтамасыз етілген, киім жууға және киімді кептіруге арналған бөлмелер. Арнайы киімдерді дезактивациялау арнайы үй-жайда орындалады. Барлық технологиялық және жөндеу қызметкерлерін денені санитарлық өңдеу мүмкіндігімен және одан әрі дене учаскелерінің ластануын бақылаумен кеніштің санөткізгішінде толық кию қарастырылған.

Зиянды және улы заттармен арнайы киімсіз және басқа да қорғаныш құралдарынсыз жұмыс істеуге рұқсат беруге тыйым салынады. Жұмыс басталар алдында қорғау құралдары тексерілуі тиіс.

ЖҰШ кенішінің объектілерін пайдалану кезінде персоналға келесі қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың әсері:

- 1) Химиялық агрессивті заттармен және олардың ерітінділерімен зақымдану (күкірт қышқылы және т. б.);
- 2) Радиациялық сәулелену көздерінің болуы;
- 3) Жабдықтың қозғалатын және айналатын элементтерінің әсері (сорғы, күш және басқа);
- 4) Бумен және химиялық агрессивті заттардың аэрозольдарымен улану;
- 5) Жабдық пен құбыржолдардың болуы әсер ету қаупі; электр тогының немесе қауіпті тұйықталуы мүмкін электр тізбегіндегі кернеу деңгейі адам денесі арқылы орын алуы мүмкін;
- 6) Ыстық сумен және бумен термиялық күйік;
- 7) Өрт-жарылыс қауіпті сұйықтықтармен және заттармен жұмыс істеу.
- 8) Шу мен дірілдің жоғары деңгейі (сорғы және басқа да үй-жайлар мен құрылыстарда технологиялық жабдық орнатылған ғимараттарда);

9) Жеткіліксіз жарықтандыру жұмыс аймағы(құдықтарда, камераларда және т. б.).

## 5.2 Қоршаған ортаны қорғау

Иіркөл кен орнындағы қоршаған ортаны қорғау проблемаларын шешудің ерекшелігі жерді, жер қойнауын, суды, атмосфераны қорғау жөніндегі міндеттерді жалпы шешуге және де қоршаған ортаның радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі міндеттерді шешу қажеттілігі қосылатыны болып табылады.

Уран кенденуі шамамен 350-400 метр тереңдікте оқшауланады және бұл ретте жер бетіне радиоактивті әсер етпейді. Үстіңгі қабаттың радиометриялық түсірілімі ЖҰШ полигонын салуға болжанып отырған жерде гамма дозасының қарқындылығы 20 мкР/сағаттан аспайтынын көрсетті. Уранды өндірудің және қайта өңдеу қалдықтарын дұрыс басқарудың мінсіз жерасты ұңғымалық тәсілі жағдайында да кез келген деңгейдегі сыртқы және ішкі әсер ету қаупінің туындау қаупі орын алуы мүмкін.

Кен орнындағы уранның ЖҰШ процесінде ерітінділердің кездейсоқ еруі мүмкін, ол беттің ластануымен бірге болады. Қызметкерлердің аса қауіпті осындай учаскелерде ұзақ уақыт болуы мүмкін емес. Кен орнын ұңғымалық жерасты шаймалау тәсілімен өңдеу кезінде газ тәрізді радиоактивті заттар (радон - 222), табиғи радиоактивті изотоптары (радий, уран) бар сұйық және қатты қалдықтар түзіледі.

Радиациялық және химиялық ластанудың негізгі түрлері:

- 1) Сыртқы гамма-сәулелендіру;
- 2) Ауаның радионуклидтермен ластануы және олардың ағзаға түсуі;
- 3) Ауаның улы химиялық заттармен ластануы;
- 4) Жабдықтардың, ғимараттар мен құрылыстардың жұмыс беттерін радионуклидтермен ластау;
- 5) Полигондар топырағының және сорбциялық қондырғы аумағының ластануы;
- 6) Судың ластануы.

Жоғарыда көрсетілген ластануларды болдырмау және оларды төмендету мақсатында қоршаған ортаға әсерін мынадай іс-шаралар көрсетілу керек: персоналға радиоактивтілік көріну болжанатын аймақтардың болуы туралы хабарлау; ӨЕӨУ ғимаратының аэрозольдерді ұстайтын жергілікті желдету жүйесін пайдалану; сорбция учаскелерінде ұзақ мерзімді радиоактивті аэрозольдермен ластануын айына бір рет кезеңділікпен өлшеу; қолданылатын технологиялық ерітінділердің әсеріне төзімді жабдықтар үшін арнайы тот

баспайтын болаттарды таңдау; технологиялық процестерді барынша автоматтандыру.

Жер асты ұңғымалық шаймалау табиғи уран иондарын тікелей жер қойнауында өнімді ерітіндіге таңдау арқылы кенді жер бетіне көтермей, құмтас түріндегі кен орындарын игеру тәсілі болып табылады. Бұл ретте құрамында уран бар кен жер астында қалады. Өндірудің дәстүрлі әдістеріне шахталық, карьерлікке қарағанда, бұл әдістің жоғары экологиялық қауіпсіздігімен, төмен шығындарымен және технологиялық шешімдердің оңайлатылығымен ерекшеленеді.

### **5.3 Радиациялық қауіпсіздік.**

Зиянды әсер ететін ерекше факторлардың қатарына мыналар жатады:

- иондаушы сәулеленудің болуы;
- атмосферадағы радиактивті газ радон (радий ыдырауының өнімі-226) және оның ыдырауының еншілес өнімдері;
- атмосферада шаң мен аэрозоль түріндегі уран тобының радиактивті заттармен тозандануы және газдануы.

Радиациялық бақылаудың мақсаты:

- «Семізбай» кеніші, «Ирколь» филиалы қызметкерлерінің қауіпсіз еңбек жағдайын қамтамасыз ету;
- қалыпты жұмыс кезіндегі дозалар (бақылау деңгейлері) негізгі белгіленген шегі мен рұқсат етілетін деңгейінен асырмау болып табылады.

Радиациялық бақылауға:

- полигонда және технологиялық қондырғыларда жұмыс істейтін қызметкерлердің сыртқы сәулеленуінің жеке дозасы;
- радионуклидтердің персоналдың ағзасына ішкі аэрозолдық түсуі;
- өндірістік үй-жайлардың қондырғылары мен жұмыстар атқарылатын жазықтықтарының, тері жабындыларының, киімдердің, аяқ киімдердің радиактивтік заттармен ластану деңгейі;
- өндіру полигондары аумағында, өндірістік алаңдардағы топырақтардың, дайын өнімдер тасымалданатын құбыр желісіндегі топырақтың радиактивтік және химиялық заттармен ластануы жатады.

Радиациялық жүйелі бақылауды кеніштің еңбекті қорғау, радиациялық қауіпсіздік және қоршаған ортаны қорғау (ЕҚ РБЖҚОК) бөлімі жүзеге асырады. Радиациялық жүйелі бақылаудың көлемі, сипаты және мерзімділігін МемСанЭпидҚадағалау органдарымен келісе отырып, «Семізбай-У» ЖШС басшылығы айқындайды.

## Қорытынды

Дипломдық жобада өнімдік уранқұрамды ерітінділерден өнімділігі жылына 800 тонна уран концентратын алатын Йіркөл кеніш жобасы туралы көрсетілген. Соңғы өнімді алу кезіндегі технологиялық процестерге сай жерастына күкірт қышқылының ерітіндісін ұңғылар арқылы шаймалап алынған өнімді ерітіндіні негізгі процестерге сорбция және десорбция процестері көмегімен концентраттағы уран мөлшерінің 60%-ға дейін өндіріп алынады.

Дипломдық жобадағы талаптарна сәйкес уран бойынша әдебиеттік шолу жасау, технологиялық сұлбаны құру, материалдық баланыстарын есептеу, негізгі аппараттар мен процестерді қарастыру, еңбекті қорғауды, радиациялық қауіпсіздікті және ортаны қорғау толығымен қарастырылған.

## Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

1. В.В. Громов. Введение в химическую технологию урана. – М.: Атомиздат, 1978
2. Инструкция по подземному скважинному выщелачиванию урана. Национальная атомная компания «КАЗАТОМПРОМ». Алматы, 2006 г.
3. Добыча урана методами подземного выщелачивания. / Под. ред. В.А. Мамилова. – М.: Атомиздат, 1980.
4. Методы исследований при подземном выщелачивании руд. Учебное пособие // Белецкий В.И., Давыдова Л.Г., Долгих П.Ф. и др. – М.: Изд. МРГИ, 1981.
5. Процессы и аппараты химической технологии. А.А. Захарова, Л.Т. Бахшиева, Б.П. Кондауров. Издательский центр «Академия». Москва, 2006 г.
6. Уранодобывающая промышленность и окружающая среда. В.Н. Мосинец, М.В. Грязнов. Энергоатомиздат. Москва, 1983 г.
7. М.М. Дубинин. Физико-химические основы сорбционной техники. – М.: ОНТИ, 1935
8. Основное оборудование для производства урана. А. Менлибаев, А.М. Интыкбаев, Б.О. Дуйсебаев. Издательство «Бастау». Алматы, 2004 г.