

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар

технологиясы» кафедрасы

Шамшидин Ж.Ә.

Уранды сорбциямен бөліп алу цехының жобасы

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5В070900 – Металлургия

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ


СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

МПЖ және АМТ кафедра  
меңгерушісі PhD докторы,  
техн. ғыл. кандидаты,  
қауымдас-ған профессор

 Чепуштанова Т.А.

« 14 » 05 2019 ж.

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Тақырыбы «Уранды сорбциямен бөліп алу цехының жобасы»


5B070900 – Металлургия

Орындаған

Шамшидин Ж.Ә.

Ғылыми жетекшісі:

PhD докторы, ассист. проф.

 Мамырбаева К.К.

« 14 » 05 2019 ж.



Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

5В070900 – «Металлургия»

**БЕКІТЕМІН**

МПЖ және АМТ кафедра  
меңгерушісі PhD докторы,

техн. ғыл. кандидаты,  
қауымдасқан профессор  
Чепуштанова Т.А.

« 14 » « 05 » 2019 ж.



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Шамшидин Жалғасбек Әмірханұлы

Тақырыбы Уранды сорбциямен бөліп алу цехының жобасы

Университет ректорының «08» қазан 2018 жылғы №1113-б бұйрығымен  
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: уран сорбциясы, ионит,  
десорбция, уранның күкірт қышқылымен әрекеттесуінің термодинамикасы,  
сорбция колоннасының, сорбция цехының сұлбаларының материалдық балансы

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Табиғи уран, шаймалау, өнімді ерітіндіден уранды сорбциямен бөліп алу,  
өндірісте пайдаланылатын процестер мен аппараттар, сорбция цехы

в) Қарамұрын цехының "РУ-6" ЖШС-де қолданылатын технологиялық  
схеманың сипаттамасы

д) Өнімді ерітінділерден уранды сорбциямен бөліп алу цехын жобалау

Сызбалық материалдар тізімі

а) уран өндірісі




жоба байынша сызбалық материалдар 15 слайд


Ұсынылатын негізгі әдебиет 32 атау


Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Әдеби шолу	15.03.2019	
Тәжірибелік бөлім	10.04.2019	
Экономикалық бөлім	25.04.2019	
Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	28.04.2019	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының  
аяқталған жұмысқа қойған  
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	Мамырбаева К.К. PhD докторы, проф.ассист.	06.05.2019	
Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	Мамырбаева К.К. PhD докторы, проф.ассист.	06.05.2019	
Норма бақылау	Көккөзов Д.Қ. техника және технология магистрі	06.05.2019	

Ғылыми жетекші  Мамырбаева К.К.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Шамшидин Ж.Ә.

Күні « 15 » 01 2019 ж.

## АНДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырма, кіріспе, 4 бөлім, қорытынды және қолданылған әдебиет тізімінен құралған. Дипломдық жұмыс 42 бетте орындалған. Жұмыста 2 сурет, 2 кесте келтірілген, әдебиеттер тізімі 31 атаудан тұрады.

Осы жұмыстың мақсаты – өнімділігі 1000 т уран өндіретін сорбция цехының жобасын жасау.

Жобаны жасау барысында сорбциялық колоннаның конструкциясының диаметрі – 3 метр, ал биіктігі – 4,8 м болды. Барлық жабдықтарды тот баспайтын 12X18Н10Т маркалы болаттан жасалған, құрамы шамамен С – 0,12 %, Cr – 18,0 %, Ni – 10,0 % және Ti 1,5 % дейін. Бұл марка химиялық коррозияға қарсы тұрақты болып табылады және химиялық өнеркәсіп агрегаттары мен аппараттарының тораптарын дайындау кезінде кең таралған.

Сорбцияға қажетті колонна саны 17, оның 15 негізгі есеп бойынша және 2 резерв бойынша жоспарлы жұмысқа деп есептелді.

Ионалмасу колоннасына шайырдың 1 колоннаға қажетті көлемі 34 м<sup>3</sup>.

Құрамында уран бар шикізатты өндірудің технологиялық көрсеткіштері белгіленді.

Экономика бойынша іс-шаралар және тіршілік әрекетін қорғау, қоршаған ортаны қорғау шаралары қарастырылды.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, 4 раздела, заключения и списка использованной литературы. Дипломная работа выполнена на 45 листах. В работе приведены 2 Рисунка, 2 таблиц, список литературы состоит из 31 наименований.

Цель данной работы – разработка проекта сорбционного цеха производительностью 1000 т урана.

При разработке проекта диаметр конструкции сорбционной колонны – 3 метра, а высота – 4,8 метров. Все оборудование изготовлено из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т с содержанием примерно С-0,12 %, Cr-18 %, Ni-10 % и Ti до 1,5 %. Эта марка является устойчивой к химической коррозии и широко распространена при изготовлении узлов агрегатов и аппаратов химической промышленности.

Количество колонн, необходимых для сорбции, насчитывалось 17, из них 15 по основным расчетам и 2 по резерву рассчитано на плановую работу.

Общий необходимый объем смолы в колонне ионообменной составляет 34 м<sup>3</sup>.

Определены технологические показатели добычи ураносодержащего сырья.

Рассмотрены мероприятия по экономике и меры по защите жизнедеятельности, охране окружающей среды.

## ANNOTATION

Thesis consists of tasks, introduction, 4 sections, conclusion and references. The thesis is made on 40 sheets. The paper contains 2 figure, 2 tables, the list of references consists of 31 items.

The purpose of this work is to develop a draft sorption plant with a capacity of 1000 tons of uranium.

When developing the project, the diameter of the design of the sorption column is 3 meters, and the height is 10 meters. All equipment is made of stainless steel grade 12H18N10T with a content of about C-0.12 %, Cr-18 %, Ni-10 % and Ti to 1.5 %. This brand is resistant to chemical corrosion and is widely used in the manufacture of units of units and apparatus of the chemical industry.

The number of columns required for sorption, there were 17, 15 of them according to basic calculations and 2 reserve is designed for planned work.

The total required volume of resin in the ion exchange column is 34 m<sup>3</sup>.

Technological indicators of production of uranium-containing raw materials are defined. Consider measures of economy and measures for the protection of life, protection of the environment.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Уранды сорбциялық технологиямен өндіру бойынша сыни әдеби шолу	10
1.1	Уран және оның қосылыстары	10
1.2	Металды уранның химиялық және физикалық қасиеттері	10
1.3	Уранның түрлі заттармен өзара әрекеттесуі	10
1.4	Уран концентратын өндірудің теориялық негіздері	11
1.4.1	Ион алмасу процестері	11
1.4.2	Өнімді ерітінділерден уранды сорбциялық алу әдісі	13
1.5	Өнімді ерітінділерден уранды алудың басқада тәсілдері	15
2	Жобалық бөлім. Табиғи уранның химиялық концентраты өндірісінде пайдаланылатын процестер мен аппараттар	16
2.1	"Қарамұрын" цехының тораптары мен агрегаттарының қысқаша сипаттамасы»	16
2.1.2	"Қарамұрын" цехының "РУ-6" ЖШС-де қолданылатын технологиялық схеманың сипаттамасы»	16
2.1.3	Өнімді ерітінділерден уранды сорбциялық алу	17
2.1.4	Қаныққан сорбентте уранның десорбциясы	19
2.2	СНК-3М сорбциялық арынды бағанасының құрылысы мен жұмыс істеу принципі	22
2.3	Материалдық баланс	23
2.3.1	Сорбциялық колонналардың қажетті санын есептеу (СНК)	23
2.3.2	СНК-3М бағанасының жұмысы үшін ион алмасу шайырын тиеу көлемін есептеу	25
2.3.3	ДНК-2М типті десорбциялық арынды бағананың құрылысы мен жұмыс істеу принципі	25
2.3.4	Негізгі технологиялық көрсеткіштер	26
2.4	Термодинамикалық анализ	26
3	Экономикалық бөлім	27
4	Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау	28
	Қорытынды	30
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	31
	А Қосымшасы	33
	Б Қосымшасы	35
	В Қосымшасы	36
	Г Қосымшасы	37
	Д Қосымшасы	38
	Ж Қосымшасы	40



## КІРІСПЕ

Уран (Uranium) Д.И. Менделеевтің периодтық жүйесінің 92-ші элементі, табиғаттағы ең ауыр және соңғы болып табылады [1-4]. Уранды Клапрот 1789 жылы уран шайыр кенінде ашты. Атауы планетаның құрметіне Уран деп қойылды. Клапрот уран тотығы гидратын қалпына келтіру арқылы (IV) уранның қос тотығынан алды, оны ұзақ уақыт бойы 1841 жылға дейін уранның металы ретінде қабылдаған. Бұл әдіс бүгінгі күнге дейін таза металл алуға ыңғайлы.

Бүгінде уранды өндірудің ең прогрессивті, экономикалық және экологиялық тұрғыдан орынды әдісі Жер асты шаймалау тәсілі болып табылады. Жер асты шаймалау - кенді жер бетіне шығармай реагент ерітіндісінің көмегімен пайдалы компоненттерді өндірудің химиялық тәсілі.

Уран минералдарының арасында жер асты шаймалау әдісімен өңделетін уран тотығы – настуран және уранит, уран силикаты – коффинит және надкевит, уранил фосфаты – отенит, уранил ванадат – тьюмунит, уранил сульфаты - уранопилит және цепеит дамыған. 6 валентті күйдегі минералдардағы уранды еріту үшін күкірт қышқылы ерітіндісін қолдану жеткілікті, ал 4 валентті уранды ерітіндіге ауыстыру үшін әртүрлі тотықтырғыштарды ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  және т.б.) қолдану қажет.

Қазіргі уақытта уранды жер асты ұңғымалық шаймалау әдісімен өндіреді және өнімді ерітіндіні ХКПУ (табиғи уранның химиялық концентраты) алғанға дейін өңдейді. Жаңа өндіру блоктарының енгізілуіне байланысты өнімді ерітінділердің көлемі өсуде және тиісінше өңдеу кешеніне өндіру полигонынан келіп түсетін ұсақ түйіршікті бөлшектердің (күм, илдар, саз балшықтар) саны ұлғаюда. Қазіргі уақытта сорбциялық цехтың жобасын жетілдіру мәселесі өзекті болып табылады. Осыған байланысты жұмыс өнімді ерітінділерден уранды шығару процестерін қарқындалту және ұсақ түйіршікті бөлшектер құрылымының "Солтүстік Қармұрын" кен орнының технологиялық процестеріне әсері болып табылады.

Бұл жұмыстың мақсаты-өнімділігі 1000 т уранның сорбциялық цехының жобасын әзірлеу.

Негізгі міндеттер:

1 "Қарамұрын" цехының "РУ-6" ЖШС-де қолданылатын технологиялық сұлбаны зерттеу»

2 табиғи уранның химиялық концентраты өндірісінде қолданылатын аппараттарды зерттеу.

3 уранды өнімді ерітінділерден шығару кезінде сорбция процесін зерттеу

4 уран алудың сорбциялық колонналарын жобалау

5 жоба бойынша есеп айырысуларды орындау.

Жобалық жұмыс "РУ-6" ЖШС "Қарамұрын" кенішіндегі сорбция цехында және МПЖЖАМТ кафедрасында орындалды.

# 1 Уранды сорбциялық технологиямен өндіру бойынша әдеби шолу

## 1.1 Уран және оның қасиеттері

Табиғи уран үш изотоптың қоспасынан тұрады:  $U^{235}$ ,  $U^{238}$  және  $U^{234}$ .  $U^{238}$  және  $U^{234}$  изотоптары бір радиоактивті қатардың мүшелері болып табылады ( $4n+2$ ), ал  $U^{235}$  изотоп ( $4n+3$ ) қатардың өкілі болып табылады; оның табиғи уранда болу себебі дәл анықталмады. Жасанды жолмен тағы 11 уран изотоптары алынды. Уранның барлық изотоптары радиоактивті және  $\alpha$ -немесе  $\beta$ -ыдырау немесе электрондық басып алу жолымен басқа элементтердің изотоптарына айналады. Уран табиғи изотоптарының ыдырауының соңғы өнімдері  $Pb^{206}$  және  $Pb^{207}$  қорғасынның тұрақты изотоптары және гелий болып табылады. Табиғи минералдардағы ыдырау өнімдерінің құрамы бойынша зерттелетін үлгінің жасын (геологиялық) анықтауға болады. Ол үшін гелий мен қорғасынның уранға қарым-қатынасын, сондай-ақ  $Pb^{207}$   $Pb^{206}$  қатынасын білу қажет [1-4].

## 1.2 Металды уранның химиялық және физикалық қасиеттері

Уран үш модификацияда бар:  $\alpha$ ,  $\beta$  және  $\gamma$ ; 660 °C температураға дейін  $\alpha$  - модификация, 660-770 °C температура шегінде -  $\beta$ -модификация, 770 °C жоғары тұрақты  $\gamma$ -уран. Таза оқшауланған уран сыртқы түрі бойынша болатқа ұқсайды, бірақ ауада ол тез ағады және қаланған қорғасынға ұқсайды. Бірнеше күннен кейін уран қос тотықты пленкамен жабылады, алайда оны одан әрі тотығудан сақтамайды. Уранның балқу нүктесі  $1133\pm 2$  °C, үлес салмағы  $18,882$  г/см<sup>3</sup> [1-4].

## 1.3 Уранның түрлі заттармен өзара әрекеттесуі

Уранның газдармен өзара әрекеттесуі. Металды уран өте реакцияға қабілетті элемент болып табылады; ол барлық металлоидтар мен көптеген газдармен оңай әрекеттеседі.

Уран жоңқалары 125 °C температурада орташа жылдамдықпен оттегімен тотығады, егер оларды ауада қыздырса, олар жалынсыз жанады. Оттегіде 700-1000 °C температурада металл жаңқалары жанып, ақ жарық түседі. Уран гидрид ұнтағын түзіп, бөлме температурасында сутегін сіңіреді. Атмосфералық қысыммен 450 °C температурада уран жоңқалары азотпен баяу әрекет етеді, температура 700 °C дейін көтерілген кезде реакция жеделдетіледі; бұл ретте  $UN_{1.75}$  түзіледі. Ұнтақ тәрізді уран реакциясы 520 °C кезінде тез өтеді. Азоттың жоғары қысымы кезінде  $UN_2$  алуға болады, жоғары температурада әдетте моноксид түзіледі. Сутегі мен азот қоспалары уранға сынғыштықты береді. Хлор 500-600 °C температурада орташа жылдамдықпен жинақы металды уранмен әрекеттеседі. Жұқа дисперсті уран хлорда 150-180 °C болғанда жанады. Жану өнімдерінің құрамында уранның тетра-, пента-, және

гексахлориді бар. Фтор бөлме температурасында уранмен белсенді әрекеттесіп гексафторид түзеді. Фтор атмосферасындағы жұқа дисперсті металл ақ түсті түсірумен күйеді. Бром және йод буымен өзара әрекеттескен кезде уран бромидтері мен йодидтері түзіледі. Металды уранның газдармен оңай әрекет ету қабілеті инертті газдарды тазарту үшін қолданылған [1-4].

Уранның интерметаллдық қосылыстары және қорытпалары. Уран мен түрлі металдардың өзара ерігіштігі туралы көптеген деректер бар.

Уран Cu, Zn, Hg, Al, Ti, W, Mo, Mn, Fe, Zr, Nb және басқа металдармен қорытпаларды құрайды. Кейбір қорытпалар қызықты физика-химиялық қасиеттерге ие. Мысалы, құрамында 20 пайыз мыс бар уран қорытпасы жоғары электр өткізгіштікке және коррозияға қарсы қасиеттерге ие. Уран қорытпаларының титан, цирконий және ниобиймен қайнаған және қызған суға жоғары коррозиялық тұрақтылығы бар, бұл энергетикалық реакторлар үшін бұйымдарды дайындауда өте маңызды.

Қышқылдар мен сілтілердің уранға әсері. Металды уран ұнтағы суды бөледі, реакция әсіресе қыздырғанда жақсы жүреді. Сілтілердің концентрацияланған ерітінділері уранға әсер етпейді. Аммиакты сумен уран әлсіз әрекеттеседі. Құрамында сутегі асқын тотығы бар күйдіргіш натрдың ерітінділері уранды перуранаттар түзумен ерітеді. Металды уранды тұз және күкірт қышқылдарында еріту кезінде 4 валентті уранның тұздары түзіледі. Азот қышқылы уранил тұзының пайда болуымен уранды ерітеді. Жинақы металды уранға қойылтылған балқыту қышқылы жоғары температурада да баяу әрекет етеді, уранды ерітуге кедергі келтіретін тетрафторид пленкасы пайда болуы мүмкін.

Органикалық қышқылдар (құмырсқа, сірке суына, пропионға, майлы және тағы басқалары) металл уранмен әсер етпейді, бірақ хлорлы сутегінің немесе тұз қышқылының қатысуымен 4 валентті уран тұздарының пайда болуымен жылдам экзотермиялық реакциялар түзеді [1-4].

## **1.4 Уран концентратын өндірудің теориялық негіздері**

Уран концентратын өндіру сорбция, десорбция, денитрация, тұндыру және сүзу сияқты бірқатар түрлі технологиялық операцияларды қамтиды. Химиялық уран концентраттарын өндіруде орын алатын барлық химиялық айналуларды толық ұсыну үшін осы процестердің ағуының теориялық мүмкіндігін білу қажет. Осы процестердің ең негізгілерін қарастырайық.

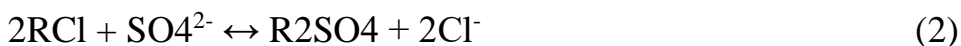
### **1.4.1 Ион алмасу процестері**

Жалпы мәліметтер. Ион алмасу процестері иониттер деп аталатын кейбір қатты заттардың электролит ерітіндісімен жанасқан кезде иониттің құрамына кіретін сол белгінің иондарына ион ерітіндісінен алмасу арқылы ионитті сіңіру қабілетіне негізделген. Иониттер – ионогенді топтар көтеретін үш өлшемді полимерлі немесе кристалды торлар. Ионогенді топтар берік байланысты

тормен тіркелген иондар мен қабілетті ион алмасу, қуат, олардың кері таңба бойынша заряд алу тіркелген иондардан тұрады. Кейде ионитпен бірге үш өлшемді тормен ерітіндінің өзара әрекеттесуін бейнелеудің қарапайымдылығы үшін бекітілген иондармен бірге каркас немесе матрица деп аталады және каркас пен антииондардан тұратын ионит болып табылады. Алмасу иондарының зарядының белгісі бойынша катиониттер мен аниониттер бөлінеді. Амфотерикалық иониттер – амфолиттер, сонымен қатар катиондық және аниондық алмасуды жүзеге асыруға қабілетті. Егер R каркасын белгілесе (тіркелген иондармен), онда катиондық алмасу реакциясы мына теңдеумен белгіленеді (1):



анион алмасу реакциясы (2)



Иондық алмасу адсорбциямен біраз ұқсастығы бар. Иондық алмасу стехиометриялық алмастыру болып табылады: жұтылған иондардың әрбір эквивалентіне ионит сол белгідегі иондардың эквивалентін ерітіндіге береді, ал адсорбция тек ерітілген заттың жұтылуынан тұрады [5-12]. Гидрометаллургияда, химиялық технологияда және басқа да салаларда иониттерді кеңінен қолдану ион алмастырғыш синтетикалық шайырларды (1936 жылы алғаш рет Адамс пен Холмс синтездеген) жасағаннан кейін басталды.

*Ион алмастырғыш шайырлар.* Академик Б.Н. Никольсктің ғылыми жіктемесіне сәйкес иониттер төрт сыныпқа бөлінеді, олардың әрқайсысына катиониттер мен аниониттер кіреді.

Бірінші сыныпқа күшті қышқылдардың (катиониттер) немесе күшті негіздердің (аниониттер) қасиеттерін көрсететін иониттер жатады. Олардың өзіндік ерекшелігі әртүрлі алынатын иондарға қатысты олардың алмасу сыйымдылығы ең жоғары және рН ортасының кең интервалында тұрақты.

Екінші сыныпқа әлсіз қышқылдардың (катиониттер) және әлсіз негіздердің (аниониттер) қасиеттерін көрсететін иониттер жатады. Олардың шығарылатын иондарға қатысты алмасу сыйымдылығы тек катиониттер үшін жоғары және аниониттер үшін төмен жұмыс ортасының рН шамасының белгілі бір мәні болғанда ғана максимал болады.

Үшінші сыныпқа күшті әлсіз қышқылдардың (катиониттер) және күшті және әлсіз негіздердің (аниониттер) қоспаларының қасиеттерін көрсететін иониттер жатады. Олардың сипатты ерекшелігі жұмыс ортасының рН төмен және жоғары шамасы үшін айырбастау сыйымдылығының екі шекті мәнінің болуы болып табылады.

Төртінші сыныпқа көптеген қышқылдардың (катиониттер) және көптеген негіздердің қоспаларының (аниониттер) қасиеттерін көрсететін иониттер

жатады. Олардың сипатты ерекшелігі рН ортасының ұлғаюына қарай алынатын иондарға қатысты алмасу сыйымдылығының біртіндеп ұлғаюы болып табылады.

Иониттер ылғалды күйінде шығарылады, сақталады және тасымалданады. Иониттерді мұздату, оларды кептіру сияқты механикалық беріктіктің және осмостық тұрақтылықтың айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Құрғаған ионит технологиялық процеске тиер алдында қаныққан тұзды ерітіндіде бірнеше сағатқа жібітеді, содан кейін тұздан біртіндеп сумен сұйылту арқылы жуады.

Иониттер гранулометриялық құрамға байланысты екі сыныпқа шығарылады: "А" сыныбы - дәннің көлемі 0,63 - тен 1,6 мм-ге дейін және "Б" сыныбы-дәннің көлемі 0,315-тен 1,25 мм-ге дейін. Сонымен қатар, нақты ион алмасу қасиеттеріне және физикалық-химиялық сипаттамаларына байланысты иониттер бірінші және екінші сорттармен шығарылады [13].

Бүгінде уран өнеркәсібі үшін ион алмастырғыш шайырлардың үлкен саны әзірленді. Ең көп таралған иониттердің кейбір физика-химиялық қасиеттерін келтіреміз. Lewatit MP60021 иониттің ісіну коэффициенті 1,33.

Гранулометриялық құрамы бойынша ионит "А" класына жатады, 1,6-0,63 мм жұмыс фракциясы 99,4 пайызды құрайды, іс жүзінде ионит 88 пайыз монофракциямен ұсынылған: 0,8-0,63 мм; 1,6 және 0,4 мм фракциялары табылмады. Иониттің механикалық беріктігі 98 пайыз.

#### **1.4.2 Өнімді ерітінділерден уран алудың сорбциялық әдісі**

Уранды күкірт қышқылымен шаймалау кезінде кен алмастырушы жыныстардың көптеген компоненттерінің ішінара еруі байқалады, осының салдарынан көптеген қоспалар уранмен бірге өнімді ерітіндіге түседі.

Аниониттерде уранды сорбциялық шығарып алу кезінде оған қоспа ерітіндісінде ілесіп жүретін қоспалар өзін бірдей құрамайды [13-15].

Бірқатар заттар сорбцияға күрт депрессиялық әсер етеді. Мұндай депрессорлардың әсері ерекше. Кейбір аниондардың жиналуы нәтижесінде шайырдың улану жағдайлары байқалады. Бірнеше анионды қарастырайық.

Аниондар құрамында бес валентті ванадий,  $\text{VO}_3^-$  және  $\text{VO}_4^{3-}$  бар, шайырмен сіңірілген, кәдімгі сорбенттермен десорбцияланбайды. Оларды күкірт қышқылының ерітіндісімен арнайы жуу немесе уранды сорбциялау алдында ванадийды сіңірілмейтін төрт валентті нысанға ауыстыру қажет.

Молибдат-ион  $\text{MoO}_4^{2-}$  шайырмен өте берік байланысады. Шайыр  $\text{NaOH}$  өңдеу кезінде ғана жуылады.

Ерітіндіде коллоид түрінде немесе  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  түрінде болатын кремний қышқылы силикатты иондардың сорбциясы немесе коагуляция нәтижесінде ионит шегінде берік ұсталады. Оны өңдеумен шайыр концентрацияланған ерітіндісімен  $\text{NaNO}_3$  жоюға болады [16].

Қышқыл ерітінділерде уранның болу ықтимал түрі  $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$ . Бұл түрдегі уран негізінен аниониттерде, әсіресе рН кіші 2 кезінде сорбцияланады.

Жоғары қышқылдық кезінде әсіресе уран бойынша шайырдың сыйымдылығын айтарлықтай төмендететін  $\text{HSO}_4^-$  бәсекелестік сорбция әсер етеді. Сондықтан уранның сорбциясы, жалпы алғанда, салыстырмалы жоғары рН орта кезінде жақсы жүреді.

Уранның қышқылдығы төмендегенде және концентрациясы жоғарылағанда шайыр сыйымдылығы өсуде, өйткені төрт разрядты аниондардың орнына  $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$  екі разрядты кешендер басым түрде сорбцияланады  $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2]^{2-}$ . Одан әрі, өте төмен қышқылдық кезінде (рН жуық 2,5) гидролиз салдарынан кешенді аниондар  $[\text{U}_2\text{O}_5(\text{SO}_4)_3]^{4-}$  және  $[\text{U}_2\text{O}_5(\text{SO}_4)_2]^{2-}$ , уран бойынша аниониттің сыйымдылығын одан әрі арттыратын аниониттер пайда болады. Осылайша, ионит сыйымдылығына рН ортаның үлкен әсері анық. Алайда, рН жоғарылауымен анионит сыйымдылығы өсе бастағанына қарамастан, сорбция жылдамдығы иондардың қиын диффузия нәтижесінде айтарлықтай төмендейді [17]. Сонымен қатар сорбциялық колоннада сорбция кезінде өнімді ерітіндінің жоғары рН кезінде  $\text{Al}^{3+}$  және  $\text{Fe}^{3+}$  гидратирленген шөгіндінің түсуі, сондай-ақ " $\text{HSO}_4^-$  иондарының шайырымен сіңуі есебінен сорбция процесінің басында кремний диоксидінің гидратты шөгуі мүмкін" [17], нәтижесінде түскен шөгінді ионит түйіршіктерін жабады, ол өз кезегінде жарамсыз болады. Сондықтан 1,8-2,3 аралығында өнімді ерітінділердің рН оңтайлы деп саналады. рН жоғарылаған кезде сорбциялық өңдеуге баратын өнімді ерітінділерді алдын ала күкірт қышқылымен қышқылдандыру қажет. рН 1,8 төмен төмендеген кезде иониттің сыйымдылығы күрт төмендейді, нәтижесінде сорбциялық колоннаның "айнасында"  $\text{Me}$  пайда болуы мүмкін.

Жалпы жағдайда уран сульфатқа, бисульфат иондарға және темірдің аниондық кешендеріне қарағанда жақсы сорбцияланады. Алайда кейбір аниондардың сорбцияға депрессорлық әсерін атап өту қажет, бұл олардың уранның аниондық нысандарымен бәсекелестігімен түсіндіріледі.

Кейбір реагенттердің депрессиялық әсері шайырдан уран десорбциясы (регенерация, элюация) кезінде қолданылады.

*Десорбция процесі.* Десорбция негізінде сорбцияға қатысты кері процесс болып табылады. Сондықтан десорбция үшін әдетте азот, тұз, күшті күкірт қышқылдары, хлоридті немесе нитратты ерітінділер қолданылады. Тотыққан нитратты ерітінділерді тиімді қолдану, бірақ кейде экономикалық тұрғыдан  $\text{NaCl}$  және  $\text{H}_2\text{SO}_4$  қоспасын қолданады.

Десорбция кезінде уранды шайыр фазасынан ерітіндіге бөліп қана қоймай, оны барынша аз көлемде шоғырландыру қажет. Уранның десорбциясымен бір мезгілде басқа да аниондардың десорбциясы жүреді, сонымен қатар М.С. Цвета (1903 г.) түстің хроматографиялық қағидатына сәйкес шайырға аниондардың туыстығымен (тепе-теңдік константаларымен) анықталатын десорбцияның қозғалыстағы фронты байқалады. Бұл құбылыс кейде элюаттың жекелеген фракцияларын жинай отырып, сорбцияланған және жуылатын заттарды бөлу үшін қолданылады [18].

Ерекше маңызды рөлде қаныққан аниониттен уранды десорбциялау тәсілін таңдауға жатады. Десорбция тәсілі уранды ілеспе қоспалардан тазарту дәрежесін, оның шоғырлану дәрежесін және жоғары таза дайын өнімді – уран концентратын немесе уран тотығын алу мақсатында уран регенераттарын кейіннен өңдеу технологиясын айқындайды.

### **1.5 Өнімді ерітінділерден уранды алудың басқа тәсілдері**

Өнімді ерітінділерден уранды алу әдістері көп, соның ішінде уранды ерітіндіден тұндыру, экстракциямен бөліп алу көптеген шетелдік өндіріс орындарында қолданылады.

*Тұндыру әдісі.* Уран кенін шаймалаудан кейінгі ерітінділердің көлемі өте үлкен, ал уранның массалық концентрациясы бастапқы кенге қарағанда аз. Демек, міндет уранның ерітіндіден тұнбаға барынша бөлінуіне әкеледі. Тұндыру үшін реагент арзан және қол жетімді болуы тиіс.

Уран технологиясы дамуының басында уранның шөгу жағдайларын және оған ілеспе қоспаларды түрлі қосылыстар (гидроксидтер, негізгі сульфаттар, фосфаттар, ванадаттар, арсенаттар) түрінде зерттеуге көп көңіл бөлінді. Жұмыстар үш бағыт бойынша жүргізілді: а) гидрокшықыл түрінде шөгілетін қоспалардың көпшілігімен бірге уранның жиынтық шөгуі; б) уран ерітіндісінде қалдырып, одан әрі оны бай концентратқа шөгуі үшін кейбір қоспаларды алдын ала шөгуі; в) негізгі қоспасыз уранның селективті шөгуі.

*Экстракциялық әдіс.* Экстракциялық әдіс уран алудың сорбциялық әдісімен салыстырғанда кейбір артықшылықтарға ие. Ол қазіргі уақытта қолданылатын экстрагенттер қатты сорбенттерге қарағанда уран бойынша үлкен сыйымдылыққа ие және олардың шығыны төмен. Өндірістік циклде экстрагенттің айналымы сорбенттің айналысынан жылдамырақ болады. Экстрагенттер әдетте сорбенттен арзан. Алайда, экстракцияға тән кемшіліктерді атап өткен жөн, оларға су фазасында экстрагенттің елеулі ерігіштігі (жоғалуы) жатады, жанғыш заттардың едәуір мөлшерінің болуына байланысты өрт қаупі, пульпалар мен карбонаттық ерітінділерді өңдеу үшін экстракцияны қолданудың мүмкін еместігі, сондай-ақ ерітіндінің төмен концентрациясы кезінде су фазасының үлкен көлемін өңдеу керек, бұл экстрагенттің үлкен шығындарына алып келеді, бұл экстракциялық әдісті тиімді емес етеді, сондықтан біз уранның ион алмасу концентрациясын таңдаймыз [15-18].

Қорыта келгенде, уранды кеннен шаймалаудан кейін өнімді ерітіндіден бөліп алуда сорбция, экстракция және тұндыру әдістері қолданылатындығын, бірақ ҚР кендердің ерекшелігі бойынша уранды сорбциямен бөліп алу жүргізілетіндігі анықталды.

Сорбция процесінің өнімділігіне тиімді ионит таңдаумен қатар, сорбция цехының дәл жобасы өз ықпалын тигізеді. Осы жоба өнімділігі 1000 т/ж болатын «РУ-6» ЖШС Карамұрын цехының сорбция учаскесі үшін жасалған.

## 2 Жобалық бөлім

### 2.1 "Қарамұрын" цехының тораптары мен агрегаттарының қысқаша сипаттамасы

"Қарамұрын" цехындағы барлық жабдықтар тот баспайтын болат 12X18Н10Т маркалы болаттан жасалған, құрамы С - шамамен 0,12 пайыз, Cr – 18,0 пайыз, Ni – 10,0 пайыз және Ti 1,5 пайыз дейін. Бұл марка химиялық коррозияға тұрақты болып табылады және химиялық өнеркәсіп агрегаттары мен аппараттарының тораптарын дайындау кезінде кең таралған. Қысқаша сипаттама А қосымшасында берілген [19-30].

#### 2.1.2 "РУ-6" ЖШС, "Қарамұрын" цехының қолданылатын технологиялық схема

"Қарамұрын" цехының қолданылатын технологиялық схема Б қосымшасында берілген, ол келесі технологиялық сатылар мен операцияларды қамтиды.

*Өнімді ерітінділерді сорбциялық қайта бөлуге дайындау.* Сорбциялық қайта өңдеу алдында жерасты шаймалау өнімді ерітінділерін дайындау процесі өте маңызды және ауырлық күшінің әсері есебінен тұндыру жолымен оларды қатты қоспалардан тазарту болып табылады. Өнімді ерітінділердегі қатты бөлшектердің бастапқы құрамы – 50-90 мг/л шегінде ауытқиды. Алғашқы тазартудан кейін геотехнологиялық алаң учаскесіндегі жиналмалы тұндырғыш ыдыстарда тұндыру жолымен өнімді ерітінділердегі қатты бөлшектердің құрамы 20-30 мг/л дейін төмендейді. Қатты қоспалар SiO<sub>2</sub> кремний оксиді түрінде толығымен ұсынылған, яғни, құм одан басқа аз мөлшерде гипстің (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) ұсақ дисперсті бөлшектері бар.

Тұндырғыштан жасалған жарықтандырылған өнімді ерітінділер (позиция 101<sub>1,2</sub>) сорғылармен (позиция 102<sub>1, 2, 3, 4, 5, 6</sub>) уранды сорбциялық алуға беріледі. Өнімді ерітінділерді қатты қоспалардан тазарту келесі себептер бойынша маңызды:

1 Сорбциялық бөлініске өнімді ерітіндінің қатты қоспалары түскен кезде сорбциялық баған сүзгі рөлін атқара бастайды, онда сүзгіш арасына ионит қызмет етеді. Нәтижесінде сорбциялық бағананың төменгі жағында қатты қоспалардың жиналуы кезінде оның өнімді ерітінділер бойынша өнімділігі кедергінің өсуі нәтижесінде күрт төмендейді.

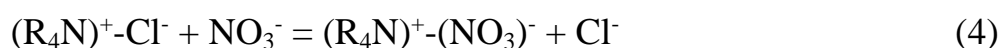
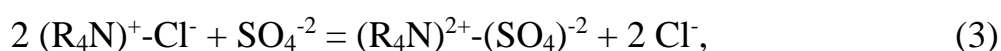
2 Сорбциялық колонналарды қайта тиеу кезінде сорбциялық қайта бөлуден болатын қатты қоспаларды жуу колоннасында олардың көп санын ескере отырып жуып үлгермейді және регенерация тізбегіне түседі, осылайша оның жұмыс сапасының төмендеуін туындатады. Бұл теріс құбылыс регенерацияланған ионитте Me қалдық құрамының өсуінен басқа химиялық реагенттердің артық жұмсалыуына әкелуі мүмкін.

Жаңа сорбентті технологиялық процесте пайдалануға дайындау.



Көбінесе, жаңа күшті негізді аниониттер өндіруші зауытынан хлоридті түрде түседі: R<sub>4</sub>N-Cl. Хлор-ион (Cl<sup>-</sup>) уранның сорбциясына қатты депрессорлық әсер етеді, оның қатысуымен уранның сорбциясы іс жүзінде жүргізілмейді. Сонымен қатар, Cl<sup>-</sup> ерітіндісінде үлкен концентрацияларда болуы тот баспайтын болат беттердің химиялық тотығуына әкеледі, бұл пайдаланудағы жабдықтың сапасына әсер етеді. Жаңа сорбентті дайындау анионитті хлоридтен сульфатты-бисульфатты немесе нитратты қалыпқа (хлордан жуу) сорбент қабаты арқылы сорбция аналықтарындағы хлор концентрациясы – кіші 0,2 г/л төмендегенге дейін немесе Me пайда болғанға дейін (секіру) өткізу жолымен ауыстыру болып табылады.

Жаңа аниониттердің өнімді ерітінділермен түйісуі барысында аниониттердің хлоридті формадан сульфатты-бисульфатты немесе нитратты (3, 4):



Бұдан басқа, уранды жаңа жуылған ионитке сорбциялық бөліп алу жүреді, сондықтан әдетте жаңа шайырды жуғаннан кейін жуу колоннасынан ионитті регенерацияға немесе сорбентті денитрациялайтын ерітінділерден (позиция 117), немесе УППР-2 жіберу үшін шайыр автоцистернасына жіберіледі. Жаңа сорбенттің хлорынан жуу СНК-2М жүргізіледі (позиция 109).

### 2.1.3 Өнімді ерітінділерден уранды сорбциямен бөліп алу

Уранды өнімді ерітінділерден сорбциялық алу СНК-3М жүргізіледі (позиция 108<sub>1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9</sub>).

Бұл ретте, ерітіндідегі уран концентрациясы бастапқы мәннен шығару құрамына дейін төмендейтін ионит қабатының биіктігі – иониттің жұмыс қабатының биіктігі (H<sub>0</sub>) деп аталады.

Арынды колонналардағы уранды ионитпен сорбциялаудың практикалық міндеті уранмен қаныққан иониттің барынша мүмкін болатын алмасу сыйымдылығына жеткен кезде сорбциядан (сорбция аналықтарынан) кейін ерітіндіде берілген қалдық концентрациясын алу болып табылады. Сондықтан тұрақты жұмысты қамтамасыз ету үшін сорбциялық бағанадағы ионит қабатының нақты биіктігі (H) иониттің жұмыс қабатының биіктігінен (H<sub>0</sub>) көп қабылданады: ΔH=H–H<sub>0</sub>. ΔH шамасы сорбциялық колоннадағы иониттің қорғаныш қабаты деп аталады.

Сорбенттің қорғаныш қабаты болған кезде арынды бағананың жұмысы ионит – ерітінді ағынында уран бойынша теңгерімдік жүктемеден тыс пайда болған кезде сорбция аналықтарындағы уранның талап етілетін шығарынды құрамын алу қамтамасыз етілетін сорбенттің қорғаныштық әсерінің белгілі бір уақытымен сипатталады.

Сорбциялық аналықтардың бірі СНК бағаналарымен өздігінен ағатын тұндырғыштарға түседі (позиция 101<sub>1,2,3,4</sub>). Қажет болған жағдайда сорбция аналықтары тұндырғыштарда қажетті концентрацияға дейін күкірт қышқылымен қышқылдандырылуы мүмкін. Сорбция аналықтарының тұндырғыштарынан сорбция насостары (позиция 104<sub>1,2,3,4,5,6</sub>) УГТП-1 өндіру полигонына жіберіледі (геотехнологиялық алаанның №1 учаскесі, "Солтүстік Қарамұрын" кен орны) және №25 учаске сілтiсiздендiру ерiтiндiсi ретiнде жiберiледi [22-26].

Сорбенттің уранмен қанығуына қарай өнімді ерітінділерді СНК колоннасына беру қаныққан сорбентті түсіру және өңделген сорбентті тиеу үшін тоқтатылады. Ионитті түсіру-тиееу көлемінің теңдігін қамтамасыз ету – арынды сорбциялық колонналарға қызмет көрсету кезіндегі міндетті шарт. Тек ионитті түсіру көлемінің артуы жағына ғана мүмкін баланстың бұзылуы колоннадағы иониттің жұмыс көлемінің сыни мәнге дейін төмендеуіне әкеледі, бұл кезде иониттің тығыз (тіркелген) қабатын жасау шарты бұзылады. Бұл ретте жұмыс ортасының бойлық араластырылуының пайда болуы есебінен ион алмасу процесінің тиімділігі нашарлайды және апаттық жағдай пайда болуы мүмкін, ионитті тиеу бункері арқылы сорбциялық колоннадан шығару, бағананы қысқа уақыт аралығында тиеген кезде ерітінділер бойынша сорбциялық бағананың өнімділігі күрт төмендейді, бұл "қышқыл" бағанасы, яғни қаныққан ионитті тиеу кезінде жоғарғы қабат елемей, тиеу бункері толық қалды. Тәуелді бағананы бірінші кезекте қайта тиеу мен отырғызуға тоқтату қажет.

Қаныққан сорбентті түсіру режимін цех технологы жасайды. Сорбциялық колонналарды қайта тиеу кестесін жасау кезінде УГТП өнімділігіне бағдарлануы қажет, негізгі мақсаты колонналарды қайта тиеу кестесін жасау бұл қаныққан сорбентте  $Me$  тұрақты шоғырлануын ұстап тұру және реагенттердің артық жұмсалуына жол бермеу. СНК колоннасынан сорбент өздігінен ағатын аралық буферлік сыйымдылыққа-жинақтағыш-өлшегішке түсіріледі (позиция 110). Өлшеуіш СНК бағанасынан тиелетін қаныққан сорбенттің көлемін анықтау үшін, сондай-ақ буферлік сыйымдылық ретінде пайдаланылады.

УППР-1 СНК сорбциялық бағаналарынан қаныққан шайырдан басқа өлшегішке шайырдың автоцистерналарына түсетін УППР-2 қаныққан шайырды түсіру жүргізіледі ( $V=9\text{ м}^3$ ). УППР-2 қаныққан сорбенттің түсу кестесі/режимі цех технологымен жасалатын ай сайынғы регламентте келтіріледі.

Қаныққан сорбентті механикалық қоспалардан жуу. Өлшеуіштен (позиция 110) позиция 149/1 доғалық елеуіш арқылы аэролифттің көмегімен қанық сорбент ДНК-2 түседі (позиция 111). Өйткені өнімді ерітінділерден уранның сорбциясы оларды иониттің тығыз қабаты, ионит арқылы сүзу кезінде жүреді, түйіршікті сүзгі бола отырып, ерітінділерден механикалық қоспалардың жұқа фракцияларын (күм, балшық, илдар) ұстап қалады, олар өнімді ерітінділердің тұндырғышында тұндырмайды. Сүзілген механикалық қоспалардың көп бөлігі қаныққан ионит көлемінде сорбциялық бағаналардан

шығарылады.

Сорбентті механикалық қоспалардан жуу өнімді ерітіндімен жүзеге асырылады, ол арынды бак арқылы аэролифтпен жуу колоннасына беріледі. Механикалық қоспалардан сорбентті шаю тиімділігін арттыру үшін шаю бағанасына 50-80 пайыз жүктеледі.

Механикалық қоспалары бар жуу ерітінділері процестен айналмалы ерітінділер ретінде шығарылады және өздігінен ағады "шайыр ұстағыш" (позиция 112) тұндыру сатысына (позиция 100<sub>1,2</sub> – көлемі 100 м<sup>3</sup> екі бірізді орналасқан сыйымдылықтан тұратын каскад), одан кейін ағартылған айналым ерітінділері өнімді ерітінділердің тұндырғышына жіберіледі (позиция 101<sub>1</sub>). Тұндырғаннан кейін алынған шөгінді технологиялық процестен радиоактивті қалдықтарды көмуге қатты қалдықтар түрінде шығарылады.

Жуу колоннасынан ионит аэролифтпен байытылғанға дейін (позиция 114), аэролифтті колоннадан қаныққанға дейін (позиция 116<sub>1</sub>) арынды бак арқылы беріледі.

Ионитті аэролифтті колоннадан ұстағанға дейін доғалы елеуіштен (позиция 149<sub>2</sub>) қанығу колоннасына жөнелтіледі (позиция 116<sub>1</sub>). Доғалы елеуіште (позиция 149<sub>1</sub>) ионитті транспортты ылғалдылықтан бөлу жүргізіледі. Транспортты ылғалдылықты бөлу, мүмкіндігінше технологиялық қайта бөлудің әртүрлі процестерін барынша бөлу үшін доғалы елеуіштер десорбция шекарасында орнатылған – қанығуға дейінгі, десорбция-денитрация, денитрация-жуу, себебі десорбция процесіне қанығуға дейінгі аналығының түсуі десорбцияның бірінші бағанасында тауарлық десорбаттың сұйылтылуына алып келеді, ал десорбциялық бағанадан ерітіндінің денитрациондық бағанаға түсуі денитрация аналықтарындағы уранның мөлшерін ұлғайтуға алып келеді. Транспортты ылғалдылық доғалы елеуіштен қанығуға дейінгі колоннадағы уранға қайтып келеді (позиция 114) [22-26].

#### **2.1.4 Қаныққан сорбенттен уранның десорбциясы**

Қанықтыру колоннасында (позиция 116<sub>1</sub>) бу ылғалының ығысуы жүреді, сорбентке қаныққан уран және десорбция процесінде пайда болатын тауарлық регенерат/десорбат/элюат бөлігін беру есебінен сорбентті сульфатты қалыптан нитратты қалыпқа ішінара ауыстыру жүргізіледі. Тауарлық регенерат колоннаның төменгі бөлігіне арынды бак арқылы аэролифтпен беріледі. Тегеурінді бак технологиялық ерітінділер берілетін сыйымдылықтың деңгейінен жоғары болады, сондықтан регенерация тізбегінің барлық тегеурінді бактары регенерация бағаналары айналарының деңгейінен 2 м жоғары "тромельдер алаңында" орналасқан. Қаныққанға дейінгі аналық аэролифтпен тегеурінді бак арқылы уранды ұстау колоннасына беріледі (позиция 111).

Қаныққан сорбент аэролифтпен доға елеуіші арқылы (позиция 149<sub>2</sub>) каскадта орналасқан десорбция колонналарына беріледі (позиция 116<sub>1,2,3,4,5,6</sub>). Доғалық ситада (позиция 149<sub>2</sub>) сорбент пен тауарлық регенерат бөлінеді. Тауарлық регенерат доғалық елеуіштен қанықтыру колоннасына қайтарылады

(позиция 116<sub>1</sub>).

Десорбциялық колоннада жұмыс істеу процесінде иониттің қарсы тұсы және ерітіндіні төменнен жоғары сүзу және иониттің жоғарыдан төменге жылжу жолымен қамтамасыз етіледі. Бұл ретте фазалардың қозғалыс бағыты бойынша ерітіндідегі уран концентрациясы ұлғаяды, ал ионитте – операция аяқталғаннан кейін тиісінше ең жоғары және ең аз мәндерге жеткенде төмендейді.

Қысымды колонналардағы иониттен уран десорбциясының практикалық міндеті десорбцияларда уранның барынша мүмкін шоғырлануына қол жеткізу кезінде десорбциядан кейін оның ион алмасу шайырында берілген ең аз қалдық концентрациясын алу болып табылады.

Нитратты десорбцияның технологиялық процесін басқару алгоритмінің негізіне көрсетілген ағындарда нитрат – иондар бойынша балансты бір мезгілде сақтай отырып, ионит-ерітінді ағындарындағы уран балансы сақталуы тиіс.

Сорбенттің жоғарыдан төмен қарай жылжуы позиция 116.2-ден (десорбция процесіне сорбенттің кіруі және десорбция процесінен тауарлық десорбаттардың шығуы) позиция 116.6-ға (сорбенттің десорбция процесінен шығуы және десорбциялау ерітінділерінің десорбция процесіне кіруі) аэролифттердің көмегімен жүзеге асырылады. Десорбирлеуші ерітінділердің төменгі жағынан жоғары қарай жылжуы позиция 116.6-дан позиция 116.2-ге тегеурінді бактармен аэролифттер жүйесі арқылы жүзеге асырылады.

Десорбция аппараттары бойынша иониттің орнын ауыстыру берілген көлемнің дискреттік порцияларымен (қозғалу көлемі), бір бірінен кейін бірі берілген уақыт аралығы арқылы (десорбция уақыты) жүзеге асырылады. Иониттің бір реттік жүктелу көлемі - тұрақты шама және десорбциялық колонналардағы иониттің жоғарғы және төменгі деңгейлерінің датчигі беріледі, ал қайта өңделетін иониттің қажетті (берілген) саны шамадан тыс жүктелу жиілігі (жұмыс циклының уақыты) бақыланады, оны басқару жұмыс тәртібі уақыт релесі анықталатын клапандардың көмегімен жүзеге асырылады. Сорбент пен ерітінділердің ағындары десорбцияның технологиялық процесін автоматты басқару жүйесінің құралдарымен бақыланады және реттеледі. Ерітінділерді регенерациялау аппараттары бойынша ауыстыру біркелкі және үздіксіз жүзеге асырылады.

Десорбциялаушы ерітінділер екі ыдыстың бірінде (позиция (121<sub>1,2</sub>) және ВН-2 насосымен (позиция 122) позиция 116.6 бағанасының төменгі бөлігіне жылу алмастырғыш арқылы беріледі. Процестің оңтайлы температурасы: +25-40 °С.

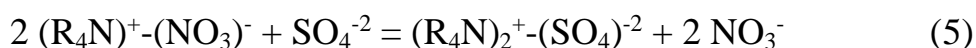
Десорбирлеуші ерітінділерді дайындау сүзу аналықтарының және денитрация аналықтарының негізінде жүзеге асырылады, олар аммиак селитрасын еріту кезінде алынатын концентрацияланған нитратты ерітінділермен нитрат-ион бойынша берілген концентрацияға дейін нығыздалады.

Тауарлық регенерат көлемі ондағы уран концентрациясымен және қаныққан ионитпен десорбция кезеңіне түскен уран санымен айқындалады.

Нәтижесінде, тауарлық регенераттағы уран ерітіндісінің көлемі мен концентрациясы уранның теңгерімдік мөлшерін өнімді ерітінділерді дайын өнімге – уран концентратына сорбциялық қайта өңдеудің технологиялық схемасынан, сапасы бойынша уран концентратына ТШ талаптарын қанағаттандыратын уран концентратына шығаруды қамтамасыз етуі тиіс.

*Сорбенттің денитрациясы/конверсиясы.* Денитрация процесінің мақсаты – десорбция процесінен кейін сорбенттегі нитрат-ионның мөлшерін азайту және десорбциялайтын ерітінділерді дайындау кезінде аммиак селитрасының шығыстарын азайту, бұдан басқа ионитті нитратты қалыптан сульфатқа ауыстыру процесі сорбция процесінің сапалы өтуі үшін қажет, өйткені уран ион нитратын ығыстыра алмайды және ионитке сорбцияланбайды, сондай-ақ технологиялық процестің қоршаған ортаға әсерін барынша азайту үшін сорбциялық қайта бөлістегі иондарды жуып тастайды.

Сорбентті нитратты формада сульфатты формаға конверсиялау процесі реакцияның келесі теңдеуімен сипатталады:



Иониттің нитратты формада сульфатты түріне конверсиясы құрамында күкірт қышқылы бар ерітінділермен жүргізіледі.

Сорбентті жуу техникалық сумен жүзеге асырылады және сорбентті уранды сорбциялау процесіне дайындау мақсатында ылғалды кеуектіріп (денитрациялайтын ерітіндіні) ығыстыру үшін қызмет етеді. Техникалық су аэролифтпен жуу колоннасына арынды бак арқылы беріледі [22-26].

Жуу операциясы өнімдік ерітінділерден уранды сорбциялауға бағытталатын, өнімдік ерітінділерді өңдеу процесінде ионит қозғалысының технологиялық циклін тұйықтай отырып, регенерацияланған ионитті алумен қаныққан ионитті регенерациялау процесінде аяқтаушы болып табылады. Жуылған сорбент аэролифттің көмегімен сорбция колонналарының бункеріне (позиция 106.1, 2, 3, 4, 5, 6,7,8,9) немесе шайыр-автоцистернасына УПР-2 жіберіледі.

Уранды тұндыру ауамен араласатын колонналық үлгідегі аппараттарда каустикалық содамен (NaOH) жүргізіледі, каустикалық сода ерітіндісі рН-метр көрсеткішіне сәйкес автоматты түрде мөлшерленеді. рН мәндері ОДП-да (орталық диспетчерлік пункт) орнатылған рН-метр реттеуіштерде қолмен беріледі немесе АСУ және ТП басқару панелінде беріледі және келесі шектерде өзгереді: позиция 127.1: рН = 1,9-2,1; позиция 127.2: рН = 3,6-3,8; позиция 127.3: рН = 7,1-7,2

Шөгілген пульпа құрама сыйымдылықтарда (позиция 128), ол жерден сорғымен (позиция 129.1,2) мезгіл-мезгіл сүзгі-преске беріледі (позиция 134.1,2,3), онда полиуранаттардың шөгіндісі сығылады және оларды кептіріледі.

Химиялық концентраттың ылғалдылығы 30 пайыз шегінде ауытқиды. Алынатын химиялық концентраттардағы уранның мөлшері тазалығына байланысты 30-дан 56 пайызға дейінгі шектерде ауытқуы мүмкін. Сүзу жылдамдығы жоғары емес және іс жүзінде химиялық концентраттың тұну

температурасына байланысты емес.

Технологиялық схемада ерітінділердің кездейсоқ құйылуын жинауға арналған жинау сорғыштары бар шұңқырлардың, сондай-ақ едендерді кезеңдік су жинаудан кейін су ерітінділерінің болуы көзделеді. Шұңқырдан ерітінділер тұндыру сатысына беріледі (позиция 100.1,2) [26].

## **2.2 СНК-3М сорбциялық арынды бағанасының құрылысы мен жұмыс істеу принципі**

Өнімді ерітінділердің ерітінділерінен уранды алу үшін диаметрі 3 м және биіктігі 10 м қысымды колонналар (СНК) кеңінен таралған (В қосымшасында берілген В.1 сурет). Қысымдағы бастапқы ерітінді колоннаның төменгі бөлігіне беріледі және шайыр ағынына қарсы жоғары қозғалады. Колоннаның жоғарғы бөлігінде ерітіндіні сүзгіш патрондардан өтеді, олар шайырды кідіртеді, қышқылмен толық бекітуге жіберіледі және одан кейін айдау ұңғымасына айдалады [27-28].

Колонна жұмысы кезінде онда бір уақытта иониттің үш қабаты бар: колоннаның жоғарғы бөлігінде – 1-3 мг/л дейін азайған ерітіндідегі уран концентрациясының төмендеуін қамтамасыз ететін жаңа иониттің қабаты; ортаңғы бөлігінде – жұмыс концентрациясының фронты қалыптасады, фронттың биіктігі (9,6 м) иониттің сыйымдылығына, ерітіндідегі уран концентрациясына, ерітіндінің қозғалыс жылдамдығына (25-35 м/сағ) байланысты болады; төменгі бөлігінде – қаныққан иониттің қабаты жиналады. Колонна жартылай үздіксіз режимде жұмыс істейді. Шайырлы эрлифтке бастапқы ерітіндіні беруді қысқа мерзімді тоқтату кезінде мезгіл-мезгіл ауа береді және бағанадан қаныққан иониттің белгілі бір бөлігін алып тастайды, ол регенерацияға жіберіледі, осы уақытта тиеп-түсірумен бір мезгілде шайырдың арынды бункерден ағуы болады, бұл кезде ионит қабатының бүтіндігі бұзылмайды және оның бойлық араластырылмауы болмайды, ол колоннаның уақытынан бұрын "секіріп өтуіне" алып келетін сорбциялық қайта бөлу жұмысының сапасын айтарлықтай төмендетеді. Осыдан кейін бункер арқылы колоннаға қашықтағы порция көлеміне тең көлемде жаңа шайыр беріледі. Осыдан кейін бастапқы ерітіндіні колоннаға беру қайта басталады. Осы операциялар кезінде жұмыс шоғырлануының фронты колоннаның ортаңғы бөлігінде ұсталады.

СНК сорбциялық арынды бағанасы ернеудің цилиндрлік корпусынан, жоғарғы дренаждық құрылғыдан – кассетадан, сорбция аналықтарының жинағынан – ерітінділердің ағызу келте құбыры бар "қалтадан", аппараттың қимасы бойынша оның ағынының конустық таратқышы бар өнімді ерітінділерді енгізу құрылғысынан – қаныққан ион алмастырғыш шайырды түсіруге арналған құрылғыдан, реттелген шайырды тиеуге арналған арынды бункерден тұрады. Жұмыс жағдайында колоннаның барлық көлемі ионитпен толтырылған және ерітінді төменгі жағынан жоғары қарай иониттің тығыз қабаты арқылы сүзіледі, иониттің жұмыс қабатын нығыздау және қысу колонна

корпусының жоғарғы бөлігінде дренаждық құрылғыларды орнатумен және тиеу бункерін қоса алғанда, дренаждық құрылғылардан жоғары иониттің сусыз қабатының болуымен қамтамасыз етіледі. Иониттің қозғалмайтын қабаты арқылы ерітіндінің жұмыс ағыны сүзілетін динамикалық режимде өтеді. Бұл талдау және басқару үшін ең күрделі процесс, өйткені екі фазадағы алынатын уранның концентрациясы қабаттың биіктігі бойынша да, уақыт бойынша да үздіксіз өзгереді. Бұл ретте, ерітіндідегі уран концентрациясы бастапқы мәннен шығару құрамына дейін төмендейтін ионит қабатының биіктігі иониттің жұмыс қабатының биіктігі (ұзындығымен) деп аталады. Арынды колонналардағы уранды ионитпен сорбциялаудың практикалық міндеті уранмен қаныққан иониттің барынша мүмкін болатын жұмыс алмасу сыйымдылығына жеткен кезде сорбциядан (сорбция аналығынан) кейін ерітіндіде берілген қалдық концентрациясын алу болып табылады. Әдетте, жұмыс алмасу сыйымдылығының мәні оның тепе-тең мәнінен 70-80 пайыз тең қабылдайды.

Осыны ескере отырып, тұрақты жұмысты қамтамасыз ету үшін ионит қабатының нақты биіктігі ( $H_{бар.}$ ) сорбциялық бағанада иониттің жұмыс қабатының биіктігінен ( $H_{есеп.}$ ) және  $H_0 = H_{бар.} - H_{есеп.}$  сорбциялық колоннадағы иониттің қорғаныш қабаты деп аталады.

Сорбциялық арынды бағанадағы ионит қабатының биіктігі өнімді ерітінділердің химиялық құрамына және қолданылатын иониттің сорбциялық қасиеттеріне байланысты болады және жобалау сатысында анықталады.

Сорбенттің қорғаныс қабаты болған кезде арынды бағананың жұмысы сорбенттің ( $t_3$ ) қорғаныс әсерінің белгілі бір уақытымен сипатталады, оның ішінде ағындарда уран бойынша теңгерімдік жүктемеден тыс пайда болған кезде сорбция аналықтарындағы уранның талап етілетін шығарынды құрамын алу қамтамасыз етіледі.

## 2.3 Материалдық баланс

### 2.3.1 Сорбциялық колонналардың қажетті санын есептеу (СНК)

Есептеу мына формула бойынша жүргізіледі (6):

$$N = k \cdot G / V, \quad (6)$$

мұндағы  $k$  – қор коэффициенті;  $G$  – СНК-ге ПР беру өнімділігі, м<sup>3</sup>/сағ;  $V$  – фильтрация жылдамдығы, м<sup>3</sup>/сағ.

Есептеу үлгісі. Қажетті параметрлер:

- УППР жалпы өнімділігі – 3000 м<sup>3</sup>/сағ;
- артық жүктемелерді есепке ала отырып, СНК бір бағанасының өнімділігі – 200 м<sup>3</sup>/сағ;
- қор коэффициенті тең – 1,1.

Сонда СНК колонналарының қажетті саны:  $3000 \cdot 1,1 / 200 = 17,05$ .

СНК колонналарының бірінің істен шығуына байланысты динамикалық сорбцияның тоқтап қалуын болдырмау үшін, сондай-ақ жоспарлы жөндеу жүргізу үшін СНК 2 резервтік колоннасы қажет. Яғни есеп бойынша:  $15+2 = 17$  колонна СНК-3М үшін қажет. Цех технологы қайта өңдеу кешеніне жұмыс режимін берген кезде келесі параметрлерді анықтайды: ПР-дегі УГТП уран бойынша (кг) көміртегінің сағаттық өнімділігі және регенерациялық тораптың сағаттық өнімділігі (кг) идеалда олар тең болуы тиіс, бірақ ауытқуға 5 кг/с рұқсат етіледі.

УГТП-ның сағаттық өнімділігі мынадай формула бойынша есептеледі:

$$PR_{\text{сағ}} = (V_{\text{ПР}} \cdot C_U \cdot 0,97) / (24 \cdot 1000), \text{ кг/сағ} \quad (7)$$

мұндағы:  $V_{\text{ПР}}$  – тәулігіне сорбциялық бағандар арқылы өткізілген өнімді ерітінділердің көлемі -  $\text{м}^3$ ,  $C_U$  – өнімді ерітінділердегі уранның концентрациясы -  $\text{мг/л}$ , 0,97 – өнімдік ерітінділерді ХКПУ-ға дейін қайта өңдеу кезінде ықтимал шығындарды көздейтін қайта өңдеу коэффициенті, 24 – тәулітік сағаттың ұзақтығы.

Регенерация түйінінің сағаттық өнімділігі келесі формула бойынша есептеледі:

$$PR_{\text{сағ}} = MU / 20, \text{ кг/сағ} \quad (8)$$

мұндағы:  $M_U$  – тауарлық элюатта (НЗП) уранды және уранды ГП ескере отырып, бір тәулік ішінде уран шығару -  $\text{кг}$ , 20 – «отырғызуға» тоқтауларды есепке ала отырып, тәулік ішіндегі регенерация торабының жұмыс уақыты, сағат.

УГТП өнімділігі регенерация торабының өнімділігінен озық болған жағдайда, уранның қайта қанығуын иондауға және секіру салдары ретінде біртіндеп жиналуы орын алады. Бұл жағдайда қозғалатын шайырдың көлемін десорбцияда ұлғайту және артылатын СНК бағаналарының жиілігін немесе көлемін ұлғайту қажет.

Регенерация торабының өнімділігі УГТП өнімділігінен озған жағдайда кері жағдай байқалады, уранды сорбциялық колонналардың ионитінен алу қаныққан сорбентте уран құрамының төмендеуі және химиялық реагенттерді артық жұмсау нәтижесі ретінде. Бұл жағдайда қозғалатын шайырдың көлемін азайту және артық жүктемелер жиілігін азайту немесе артық жүктемелер көлемін төмендету қажет [19-30].

Сорбциялық қайта бөлу жұмысында екі бағыты бар, бұл: айнада уран пайда болғанша және содан кейін ғана оны қайта жүктеуге немесе іске қосуға тоқтату үшін СНК ерітінділері арқылы өткізу бойынша СНК колонналарының шамадан тыс жүктелуі, бұл колонна арқылы өткен ПР ерітінділерінің белгілі бір көлемі бойынша колонналардың шамадан тыс жүктелуі. Секіру бойынша жұмыс СНК колонналарын иониттің барынша ықтимал қанығуымен қайта жүктеуге мүмкіндік береді, бірақ жұмыс бойынша колонналардың жұмысы



жақсырақ, өйткені ол уранды ПР-ден неғұрлым толық шығаруға және секіру кезінде оны жоғалтпауға мүмкіндік береді.

Иониттің қанығуын анықтау. Бастапқы параметрлер:

- колонна арқылы өткізілген ПР ерітінділерінің көлемі – 5500 м<sup>3</sup>;
- ионит колоннасының шамадан тыс жүктелу көлемі – 10 м<sup>3</sup>;
- десорбциядан кейінгі шайырдағы уранның қалдық құрамы – 2,5 г/л;
- өнімді ерітінділерді өңдеу коэффициенті – 0,97;
- өнімді ерітіндідегі уранның құрамы – 65 мг/л.

Қаныққан иониттегі уран концентрациясы тең болады:

$$C_U = (0,97 \cdot 5500 \cdot 65 / 1000 \cdot 10) + 2,5 = 37,17 \text{ г/л} \quad (9)$$

Қаныққан шайырдағы уран концентрациясын 35 г/л аз төмендету орынды емес, өйткені химиялық реагенттердің артық жұмсалуды, бірақ 40 г/л көп болғанда, НЗП ұлғаюынан бұл қорғаныш қабатының жұмыс уақытын төмендетеді және регенерация торабының күтпеген сынуы кезінде уранның қазылуы және тиісінше оның ВР-ден жоғалуы орын алатынын ескеру қажет.

### **2.3.2 СНК-3М колоннасының жұмысы үшін ион алмасу шайырын тиеу көлемін есептеу**

СНК-3М колоннасының жұмысы үшін ион алмасу шайырын тиеу көлемін есептеу Г қосымшасында берілген.

### **2.3.3 ДНК-2М типті десорбциялық арынды колоннаның құрылысы мен жұмыс істеу принципі**

ДНК десорбциялық арынды бағанасының конструкциясы СНК түріндегі сорбциялық арынды бағаналардың конструкциясына ұқсас. Ол сондай – ақ цилиндрлік корпустан – ернеушеден, жоғарғы дренаждық құрылғыдан – кассетадан, ағызу келте құбыры бар десорбат жинағынан - "қалтадан", кассета түріндегі дренаждық құрылғысы бар бастапқы десорбциялық ерітіндіні енгізу құрылғысынан, ион алмастырғыш шайырды түсіруге арналған құрылғыдан, уранмен қаныққан шайырды тиеуге арналған арынды бункерден тұрады. Жұмыс жағдайында колоннаның барлық көлемі ионитпен толтырылған және ерітінді иониттің тығыз қабаты арқылы төменнен жоғары сүзіледі, иониттің жұмыс қабатын нығыздау және қысу бағананың жоғарғы бөлігінде дренаждық құрылғыларды орнатумен және тиеу бункерін қоса алғанда, дренаждық құрылғылардан жоғары иониттің сусыз қабатының болуымен камтамасыз етіледі.

Десорбциялық колоннада жұмыс істеу процесінде иониттің қарсы тұсы және ерітіндіні төменнен жоғары сүзу және иониттің жоғарыдан төменге жылжу жолымен камтамасыз етіледі. Бұл ретте фазалардың қозғалыс бағыты бойынша ерітіндідегі уран концентрациясы ұлғаяды, ал ионитте – операция

аяқталғаннан кейін тиісінше ең жоғары және ең аз мәндерге жеткенде төмендейді.

Қысымды колонналардағы иониттен уран десорбциясының практикалық міндеті десорбцияларда уранның барынша мүмкін шоғырлануына қол жеткізу кезінде десорбциядан кейін оның ион алмасу шайырында берілген ең аз қалдық концентрациясын алу болып табылады.

Нитратты десорбцияның технологиялық процесін басқару алгоритмінің негізіне ионит-ерітінді ағындарындағы уранның теңгерімі және көрсетілген ағындардағы нитра-иондар бойынша балансты бір мезгілде сақтау кезінде қалануы тиіс [19-30].

### **2.3.4 Негізгі технологиялық көрсеткіштер**

ПВ-1, ПВ-2 алаңдары бойынша негізгі технологиялық көрсеткіштер Д қосымшасында берілген.

### **2.4 Термодинамикалық талдаулар**

Термодинамикалық есептер мен жүйелер Ж қосымшасында берілген.

U-S-H<sub>2</sub>O жүйесінің стандартты жағдайдағы күкірт қышқылды ерітіндідегі термодинамикалық тепе-теңдік күйлерін анықтау үшін HSC бағдарламасымен Пурбэ диаграммалары тұрғызылды.

Диарамма бойынша уран рН 0-2,5 аралығында, потенциал 1,2 В жоғары болатын облыста UO<sub>2</sub><sup>2+</sup> иондары күйінде болады. Ортаның қышқылдығы төмендеген сайын ол иондар гидролизденіп, UO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O күйіне өтеді. Осыдан, уран кендерін шаймалау күшті қышқылды ортада жүргізілгені тиімді болып табылатындығы байқалады.

HSC бағдарламасымен уран диоксиді мен үштотығының күкірт қышқылды ерітіндімен 0-60°C температуралары аралығында өзара әрекеттесу реакцияларының термодинамикалық мәндерін ( $\Delta H$ ,  $\Delta S$  және  $\Delta G$ ) есептеу нәтижелері (Ж.1-кестеде) реакциялардың солдан оңға қарай, яғни өнімдердің түзілу бағыты бойынша жүретіндігін дәлелдейді.

### 3 Экономикалық бөлім

#### 3.1 Негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштерді есептеу

1) Заттай көріністегі еңбек өнімділігі:

– бір еңбеккерге:

$$\frac{\text{Өнімді ерітінділер бойынша жылдық өнімділік, м}^3}{\text{Еңбекшілердің тізімдік құрамы, адам}} \\ = 17\,295\,120 / 26 = 665\,197 \text{ м}^3/\text{жыл.}$$

– бір жұмысшыға:

$$\frac{\text{Өнімді ерітінділер бойынша жылдық өнімділік, м}^3}{\text{Жұмысшылардың тізімдік құрамы, адам}} \\ = 17\,295\,120 / 58 = 298\,192 \text{ м}^3/\text{жыл.}$$

2) Ақшалай мәндегі еңбек өнімділігі:

– Бір еңбеккерге:

$$\frac{\text{Барлық жылдық өнімнің көтерме құны, мың теңге}}{\text{Еңбекшілердің тізімдік құрамы, адам}} \\ = 2\,800\,000 / 26 = 107\,692,3 \text{ мың теңге.}$$

– Бір жұмысшыға:

$$\frac{\text{Барлық жылдық өнімнің көтерме құны, мың теңге}}{\text{Жұмысшылардың тізімдік құрамы, адам}} \\ = 2\,800\,000 / 58 = 48\,275,8 \text{ мың теңге.}$$

3) Пайда:

$$П = Ц - С, \text{ теңге.}$$

$$П = 2\,800\,000 - 2\,162\,472 = 637\,528 \text{ мың теңге.}$$

мұнда: Ц-барлық жылдық өнімнің көтерме құны, мың теңге;

С – жылдық өнімнің өзіндік құны (калькуляция бойынша), мың теңге.

4) Рентабельділік:

$$Р = П \cdot 100 / С.$$

$$Р = 637\,528 \cdot 100 / 2\,162\,472 = 39,2 \text{ \%}.$$

5) Өтімділік мерзімі:

$$Т = М / П.$$

$$Т = 3\,673\,294\,713 / 637\,527\,766 = 5,7 = 6 \text{ жыл.}$$

мұнда: М – бос смета бойынша капитал салымының жалпы сомасы.

#### **4 Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау**

Өндірістік бөлімшелер объектінің орналасу орнына сай болуын, технологиялық процестің ерекшелігін, процеске қатысатын заттардың өрт қауіпті және токсикологиялық қасиеттерін, сондай-ақ қызмет көрсетуші персонал үшін қалыпты еңбек жағдайларын жасау қажеттілігін ескереді.

Еңбек қауіпсіздігін және еңбекті қорғауды қамтамасыз ету мақсатында:

- сору желдеткіш жүйесі;
- өндірістік шығарындылардың жергілікті сору жүйесі;
- барлық белгілердегі су жинау;
- өрт сөндіру бекеттері;
- жылыту және ауаны баптау жүйесі қарастырылды.

Персоналды сақтау үшін ерітіндісі және иониті бар барлық сыйымдылық жабдықтар герметикалануы тиіс.

Ерітінділер мен қышқылдардың технологиялық құбырлары МЕМСТ 14202-69 бойынша тану түстеріне боялуы тиіс. Қышқылға арналған Резервуар "ҚТ нормалары мен ережелеріне" сәйкес табандықта орналастырылуы тиіс [31].

Органикалық қоспасы бар аппараттар мен құбырлардың жерге қосылуын қадағалау.

Жұмыс аймағының ауасында зиянды газдар мен булар болуы мүмкін, сондай-ақ агрессивті заттармен тікелей байланыста болуы мүмкін барлық жұмыс істеушілер жеке қорғаныс құралдарымен (ЖҚК), арнайы киіммен және аяқ киіммен нормаларға сәйкес қамтамасыз етіледі.:

- қышқылдардан қорғауға арналған костюмдер;
- арнайы резеңке нысанды етік;
- арнайы былғары аяқ киім;
- респиратор ШБ-1 "Лепесток»;
- қорғаныс көзілдірігі, ЭЛ немесе ЭН түрі;
- арнайы қолғаптар;
- өнеркәсіптік сүзгіш газқағарлар.

Зиянды және уытты заттармен жұмыс істеуге арнайы киімсіз және басқа да қорғаныш құралдарынсыз рұқсат етілмейді. Жұмыс басталар алдында қорғау құралдары тексерілуі тиіс.

ЖҚК-ның авариялық қоры аварияларды жою жоспарымен анықталады.

Жабдықты тексеруге және жөндеуге тоқтаған кезде еденге түскен зиянды шаю үшін гидробайналым көзделуі тиіс, едендердің дренаждар жағына қарай еңісі болуы тиіс.

Технологиялық аппараттарды жөндеу және ішкі қарау алдында жабдықтарды қысылған ауамен үрлеу қажет, зиянды қоспалардың болуына міндетті түрде сынама алу арқылы құбыржолдардың алмалы-салмалы учаскелерінің немесе иілгіш шлангілердің көмегімен жүргізіледі.

Жобаланатын цехта жарық және дыбыс сигнализациясымен бірге сақтандырғыш құрылғылар қолданылады, ол персоналға қауіптілік туралы ескертеді. Қандай да бір параметрдің ауытқулары туралы дыбыстық және

жарықтық сигнал беру.

*Радиациялық және токсикологиялық қауіпсіздік.* Уранды өндіру және қайта өңдеу жөніндегі жұмыстарды жүргізу кезінде міндетті түрде персоналға, халыққа және қоршаған ортаға зиянды әсер ететін факторлар көрініс табады. Оларға ауадағы, топырақтағы, судағы және жабдықтың бетіндегі жоғары құрамы жатады:

- радиоактивті заттар - табиғи уран және оның ыдырау өнімдері;
- зиянды химиялық заттар - күкірт қышқылы, газ тәрізді өнімдер.

Радиациялық және токсикологиялық қауіптілік көздері өндірістік процесте пайдаланылатын сілтісіздендіру, өнімді, технологиялық ерітінділер, құрамында уран бар шайырлар, құрамында уран бар десорбаттар (элюаттар) радиоактивті және токсикологиялық заттар болып табылады.

Технологиялық процестердің радиациялық және токсикологиялық қауіпсіздігі:

- құрамында уран бар шайыр бар технологиялық ерітінділермен персоналдың тікелей байланысын жою;

- қауіпті және зиянды өндірістік факторлар болған кезде технологиялық процестер мен операцияларды автоматты түрде, қашықтықтан басқаруды қолдана отырып;

- жабдықты герметизациялау;
- өндіріс қалдықтарын уақтылы жою және залалсыздандыру;
- жұмысшылардың кәсіби дайындығы;
- қызметкерлердің жеке гигиена ережелерін қатаң сақтау.

Қауіпсіздікті қамтамасыз ету мақсатында қарастырылған:

- зиянды өндірістік факторлардың бар болуы мен қарқындылығын жоспарлы және уақтылы анықтау;

- сору- жалпы алмасу желдеткіш жүйесі;
- өндірістік шығарындылардың жергілікті сору жүйесі;
- үй-жайларды сумен тазалау;
- УППР ғимаратының қауіпті жерлерінде авариялық себезгілерді орнату;
- жеке қорғану құралдарын пайдалану;
- ауаны жылыту және жергілікті кондиционерлеу жүйесі;
- санитарлық өткізгішті пайдалану;

- кен орнының өнеркәсіптік алаңында радиациялық және токсикологиялық қауіпсіздік жөніндегі жұмыстарды жүргізуді тұрақты бақылауды кен орнының бас инженеріне бағынатын радиациялық қауіпсіздік және қоршаған ортаны қорғау қызметі жүзеге асырады [32].

## ҚОРЫТЫНДЫ

Әдеби шолу және патенттік талдау уран өндірісі әлемде және Қазақстанда өсіп жатқандығын, кендерден уранды бөліп алу үшін гидрометаллургиялық процестерді қолдану тиімді технология болып табылатынын көрсетті.

ҚР, оның ішінде Қарамұрын кен орнында уран өндіру үшін кенді жер астында шаймалау, сорбция және десорбция процестері, сары кек тұндыру процестері қолданылатыны анықталды.

"РУ-6" ЖШС "Қарамұрын" кеніші жұмыс істеп тұрған кәсіпорынның өнімді ерітінділерінен уранды сорбциялық алу технологиясы зерттелді.

"Қарамұрын" кенішінің жұмыс істеп тұрған "РУ-6" ЖШС кәсіпорнында табиғи уранның химиялық концентратын өндіруде қолданылатын процестер мен аппаратуралардың технологиялық ерекшеліктері қарастырылды.

СНК-3М - 17 бағанасының жұмысы үшін ион алмастырғыш шайыр конструкциясының технологиялық есебі жүргізілді, оның ішінде 15 негізгі есеп бойынша және 2 резерв бойынша жоспарлы жұмысқа есептелген. Ион алмасу колоннасындағы шайырдың жалпы қажетті көлемі 34 м<sup>3</sup> құрайды.

Жүргізілген конструкторлық жұмыстардың нәтижесінде СНК колоннасының оңтайлы жұмыс режимі таңдалды:

- СНК колонналарына өнімді ерітіндіні беру жылдамдығы;
- өнімді ерітіндінің ионитпен жанасу уақыты (СНК бағанасы арқылы өткен ПР көлемі бойынша);
- қаныққан ионитті түсіру көлемі.

Сорбция процесінің материалдық балансын есептеу 1000 т/жыл көлемінде уран өндіру үшін 17 колонна (15+2 резерв), 365 м<sup>3</sup> ионит СНК бағаналары үшін, 10 колонна ДНК ионит - 250 м<sup>3</sup> қажет екендігін көрсетті.

Уранның 1 кг қайта бөлуінің өзіндік құны 14500 теңгені құрайды. Жобаның өтелу мерзімі 6 жыл, өнімділігі жылына 1000 тонна.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Бугенов Е.С., Василевский О.В. Физико-химические основы и технология получения химических концентратов природного урана. Алматы, КазНТУ, 2006 – 438 с.
- 2 Болдырёв А.И. Физическая и коллоидная химия. Учеб. Пособие для с.-х. вузов. М., «Высшая школа», 1974 – 504 с.
- 3 Входные тесты практические вопросы и ситуационные задачи, контрольные вопросы из практической области деятельности, примеры и задачи по специальности «Химик технолог». Алматы, 2007.
- 4 Галкин П.Н., Майоров А.А., Верятин У.Д. Технология переработки концентратов урана. – М.: «Атомиздат», 1960.
- 5 Галкин П.Н., Тихомиров В.Б. Основные процессы и аппараты технологии урана. М.: «Государственное издательство литературы в области атомной науки и техники», 1961.
- 6 Гримитлин А.М., Иванов О.П., Пухкал В.А. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий. Учебное пособие. – СПб: Издательство «АВОК Северо-Запад», 2007 г.
- 9 Громов Б.В. Введение в химическую технологию урана. М.: «Атомиздат», 1978 – 336 с.
- 10 Добыча урана методом подземного выщелачивания. / под Ред. Мамилова В.А. - М.: «Атомиздат», 1980 – 248 с.
- 11 Зеликман А.Н., Вольдман Г.М., Беляевская Л.В. Теория гидро-металлургических процессов. – М.: «Металлургия», 1983.
- 12 Инструкция по учёту добычи урана и отгрузки предприятиями-поставщиками хим. концентрата, приёмке его предприятиями-переработчиками, введению корректива и учёта его в отчётной документации. Национальная атомная компания «КАЗАТОМПРОМ». Алматы, 1998 г. – 20 с.
- 13 Инструкция (Методические рекомендации) по подземному скважному выщелачиванию урана. Национальная атомная компания «КАЗАТОМПРОМ». Алматы, 2006 г.
- 14 Канторович З.Б. Машины химической промышленности. Том I. Машины для обработки жидких и сыпучих сред. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1957. – 568 с.
- 15 Контейнер руководство по эксплуатации И 65.281.00.000 РЭ. 1999 год.
- 16 Кульман А.Г. Общая химия. М., 1978. – 528 с.
- 17 Методика расчета удельных норм расхода химических реагентов и основных материалов. Национальная атомная компания «КАЗАТОМПРОМ». Алматы, 2004 г.
- 18 Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: Учебник для техникумов. – 8-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2006. – 382 с.
- 19 Отчёт ИВТ о научно исследовательской работе по теме № 280/ГРК-5 «Оптимизация режимов сорбционно-десорбционного каскада аппаратов СНК и

СДК с учетом свойств нового поколения сорбентов» (Заключительный). Алматы, 2005.

20 Паспорт и руководство по эксплуатации контейнер И65.281.00.000ПС. 2001 год.

21 Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Издательство «Химия», 1968. – 845 с.

22 Рабочий проект рудника подземного выщелачивания урана на месторождении Южный Карамурун. Том II, Книга 1. Охрана окружающей среды и оценка воздействия на окружающую среду проектируемого предприятия (ОВОС). ТОО «Проектно-конструкторская организация». Степногорск, 2000.

23 Ремми Г. Курс неорганической химии. / под ред. Академика Новоселовой А.В. М.: Издательство «Мир», 1974. –

24 Сугак А.В., Леонтьев В.К., Туркин В.В. Процессы и аппараты химической технологии. М.: «Академия», 2005. – 224 с.

25 Техническое описание. Фильтрпрессы рамные. Внешторгиздат, 3393У/68. Одесская типоофсетная фабрика. Заказ №3781.

26 Технологический регламент переработки продуктивных растворов месторождения «Северный Карамурун» (УППР-1). П.г.т. Шиели – 2007 г. – 60с.

27 Технологический регламент «Рудник подземного скважного выщелачивания урана месторождения Ирколь» (перерабатывающий комплекс). Алматы, 2005. – 66 с.

28 Техническая документация. Насосный агрегат ТХ 1100/110-И-СД-У. Паспорт. Электронасосный агрегат марки АХ 200-150-400.

29 Тураев С.Н., Жерин И.И. Химия и технология урана. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006. – 396 с.

30 Харрингтон Ч., Рюэле А. Технология производства урана. / Перевод с английского под. Редакцией Займовского А.С. и Зверева Г.Л. М.: «Государственное издательство литературы в области атомной науки и техники», 1961.

31 Правила промышленной безопасности при разработке рудных месторождений способами подземного скважинного и кучного выщелачивания. Национальная атомная компания «КАЗАТОМПРОМ». Алматы, 2006 г.

32 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность». М.: Минздрав России, 1999 г.



## А қосымшасы

А.1 кесте – "Қарамұрын" цехының негізгі және қосалқы жабдықтарының сипаттамасы»

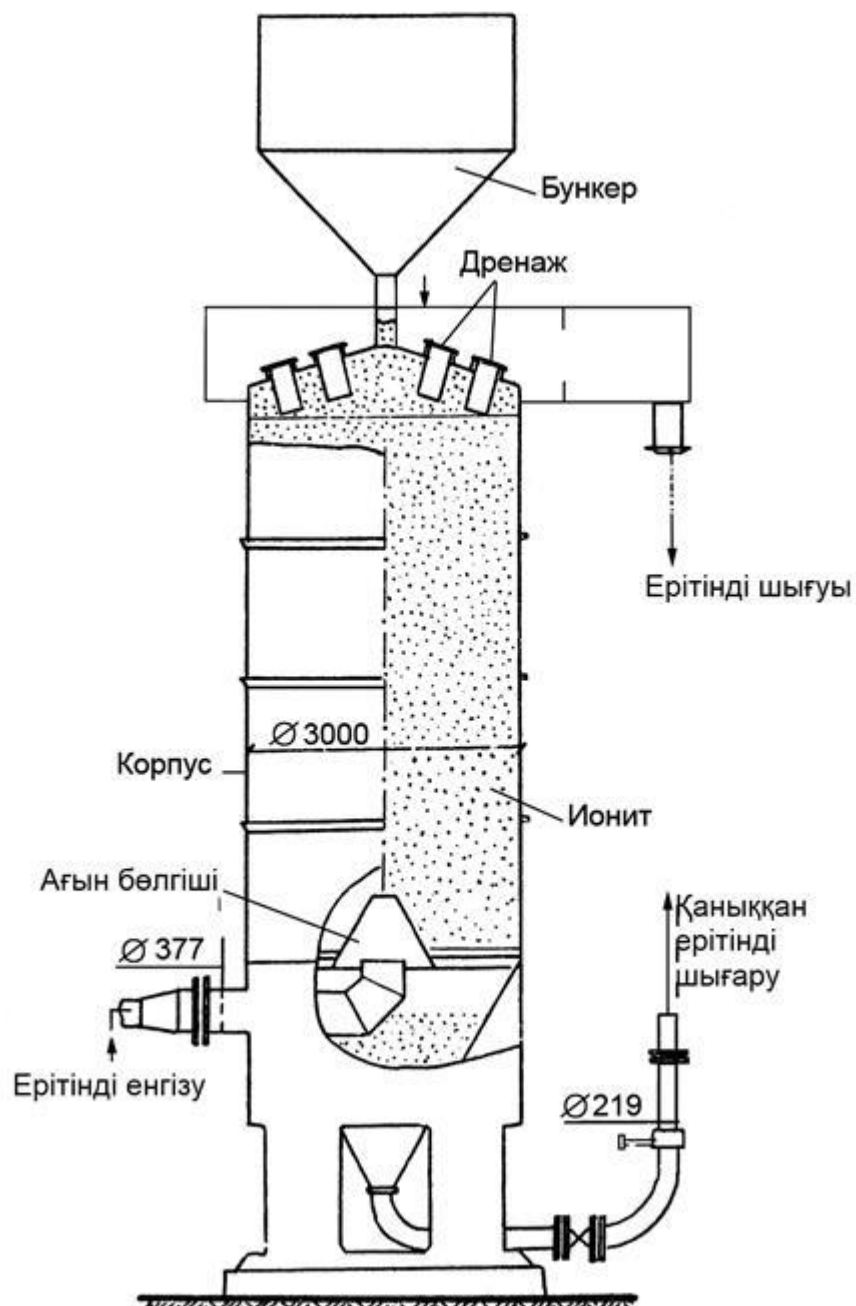
Схемадағы позиция нөмірі	Технологиялық жабдықтың атауы	Саны	Материал	Техникалық көрсеткіштері
101 <sub>1</sub>	Цилиндрлік сыйымдылық (жинақ өнімді ерітінділерді)	1	12X18H10 Т	Ø12 000 мм, Н = 6 000 мм, V = 600,0 м <sup>3</sup>
101 <sub>2...4</sub>	Цилиндрлік сыйымдылық (сорбция аналықтарының жинағы және шаймалау ерітінділерін дайындау)	3	12X18H10 Т	Ø12 000 мм, Н = 6 000 мм, V = 600,0 м <sup>3</sup>
Н-102 <sub>1...2</sub>	Насос ТХ-1000/49 И-СД УЗ	2		Q = 1 000 м <sup>3</sup> /сағ, Н = 49 м, N <sub>дв</sub> = 315 кВт
Н-102 <sub>3...5</sub>	Насос АХ-200-150-500	3		Q = 315 м <sup>3</sup> /сағ, Н = 80 м, N <sub>дв</sub> = 132 кВт
Н-104 <sub>1...3</sub>	Насос ТХ-1100/110 И-СД УЗ	3		Q = 1 100 м <sup>3</sup> /сағ, Н = 110 м, N <sub>дв</sub> = 630 кВт
Н-104 <sub>4...6</sub>	Насос АХ-200-150-500	3		Q = 315 м <sup>3</sup> /сағ, Н = 80 м, N <sub>дв</sub> = 132 кВт
106 <sub>1...3</sub>	Сорбентті сорбциялық колонналардың бункері	3	12X18H10 Т	L <sub>1</sub> = 6 000 мм, L <sub>2</sub> = 2 000 мм, Н = 1 300 мм, V = 15,0 м <sup>3</sup>
106 <sub>4...7</sub>	Сорбентті сорбциялық колонналардың бункері	4	12X18H10 Т	Ø1 600 мм, V = 2,5 м <sup>3</sup>
108 <sub>1,8...9</sub>	СНК-3М сорбциялық колоннасының қысқартылғаны	3	12X18H10 Т	Ø3 000 мм, Н = 9 650 мм, V = 40,0 м <sup>3</sup>
108 <sub>2...6</sub>	СНК-3М сорбциялық колоннасы	5	12X18H10 Т	Ø3 000 мм, Н = 9 650 мм, V = 50,0 м <sup>3</sup>
108 <sub>7</sub>	СНК-3,5 сорбциялық колоннасы	1	12X18H10 Т	Ø2 500 мм, Н = 9 650 мм, V = 35,0 м <sup>3</sup>
109	СНК-2 сорбциялық колоннасы (хлордан сорбентті жуу)	1	12X18H10 Т	Ø2 000 мм, Н = 9 650 мм, V = 30,0 м <sup>3</sup>
110	Қаныққан сорбенттің жиынтығы ("өлшеуіш")	1	12X18H10 Т	Ø3 000 мм, Н = 3 000 мм, V = 20,0 м <sup>3</sup>
111	ДНК-2 десорбциялық колоннасы (механикалық қоспалардан қаныққан сорбентті жуу)	1	12X18H10 Т	Ø2 000 мм, Н = 9 700 мм, V = 30,0 м <sup>3</sup>
114	ДНК-2 десорбциялық колоннасы (қанықтыруға дейін уранды бөліп алу)	1	12X18H10 Т	Ø2 000 мм, Н = 9 700 мм, V = 30,0 м <sup>3</sup>
115 <sub>1...6</sub>	Насос ВН-2 (тазалаушы)	6		Q = 25 м <sup>3</sup> /сағ, Н = 25 м, N <sub>дв</sub> = 7,5 кВт
116 <sub>1</sub>	ДНК-2 десорбциялық колоннасы (қанықпаған сорбентті уранмен қанықтыру)	1	12X18H10 Т	Ø2 000 мм, Н = 9 700 мм, V = 30,0 м <sup>3</sup>
116 <sub>2...7</sub>	ДНК-2 десорбциялық колоннасы (нитратты ерітіндімен уранды десорбциялау)	6	12X18H10 Т	Ø2 000 мм, Н = 9 700 мм, V = 30,0 м <sup>3</sup>
116 <sub>8...9</sub>	ДНК-2 десорбциялық колоннасы (сорбцияланған сорбентті денитрациялау)	2	12X18H10 Т	Ø2 000 мм, Н = 9 700 мм, V = 30,0 м <sup>3</sup>
117	ДНК-2 десорбциялық колоннасы (регенерацияланған сорбентті жуу)	1	12X18H10 Т	Ø2 000 мм, Н = 9 700 мм, V = 30,0 м <sup>3</sup>

*А қосымшасының А.1 кестесінің жалғасы*

Схемадағы позиция нөмірі	Технологиялық жабдықтың атауы	Саны	Материал	Техникалық көрсеткіштері
118 <sub>1...11</sub>	Герметикалық цилиндрдің сыйымдылығы (арынды бак)	11	12X18H10T	Ø1 000 мм, V = 1,0 м <sup>3</sup>
119 <sub>1...2</sub>	Цилиндрлі сыйымдылық (денитрациялық ерітіндіні дайындау)	2	12X18H10T	Ø2 400 мм, H = 2 900 мм, V = 12,5 м <sup>3</sup>
121 <sub>1...2</sub>	Цилиндрлі сыйымдылық (десорбциялық ерітіндінің дайындалуы)	2	12X18H10T	Ø4 000 мм, H = 6 600 мм, V = 83,0 м <sup>3</sup>
Н-122 <sub>1...2</sub>	Насос ВН-2 (десорбциялық ерітіндінің берілуі)	2		Q = 25 м <sup>3</sup> /сағ, H = 25 м, N <sub>дв</sub> = 7,5 кВт
123	Цилиндрлі сыйымдылық (сүзу жинағы)	1	12X18H10T	Ø3 000 мм, H = 3 000 мм, V = 20,0 м <sup>3</sup>
124	Цилиндрлі сыйымдылық СБ-80 (тауарлық регенерат жинағы)	1	12X18H10T	Ø4 000 мм, H = 6 600 мм, V = 83,0 м <sup>3</sup>
Н-125 <sub>1</sub>	Насос CRN 8-40	1		Q = 9,5 м <sup>3</sup> /сағ, H = 42,3 м, N <sub>дв</sub> = 2,2 кВт
Н-125 <sub>2</sub>	Насос АХ-30-21	1		Q = 12,5 м <sup>3</sup> /сағ, H = 32 м, N <sub>дв</sub> = 4,0 кВт
127 <sub>1...3</sub>	Тұндырғыш (уранды сұйық фазадан қатты фазаға ауыстыру)	3	12X18H10T	Ø1 500 мм, H = 10 100 мм, V = 17,8 м <sup>3</sup>
128	Цилиндрлі сыйымдылық СБ-80 ("сары кек" пульпасының және тұндыру химиялық реакциясы өнімдерінің жинағы)	1	12X18H10T	Ø4 000 мм, H = 6 600 мм, V = 83,0 м <sup>3</sup>
Н-129 <sub>1...2</sub>	Насос АХ-65-50-160	2		Q = 25,0 м <sup>3</sup> /сағ, H = 50 м, N <sub>дв</sub> = 11,0 кВт
132	Цилиндрлі сыйымдылық СБ-80 (каустикалық соданы сақтау)	1	12X18H10T	Ø4 000 мм, H = 6 600 мм, V = 83,0 м <sup>3</sup>
134 <sub>1...4</sub>	Рамалық сүзгі-пресс РОМ	4		S = 50 м <sup>2</sup>
135 <sub>1...4</sub>	Сүзгі-пресс бункері	4		L <sub>1</sub> = 3 500 мм, L <sub>2</sub> = 850 мм, H = 3 060 мм
149 <sub>1...4</sub>	Доға елеуіші	4	12X18H10T	
150 <sub>1...12</sub>	Циклоны бар десорбциялық бағананың сорбент бункері	12	12X18H10T	Ø1 000 мм, V = 0,7 м <sup>3</sup>
152 <sub>1...2</sub>	Цилиндрлі сыйымдылық (тауарлық регенератты сақтау)	2	12X18H10T	V = 100,0 м <sup>3</sup>
154	Цилиндрлік герметикалық сыйымдылық (қысым бачоғы)	1	12X18H10T	Ø1 000 мм, V = 1,0 м <sup>3</sup>
160	Цилиндрлі сыйымдылық (нитратты ерітінділер жинағы)	1	12X18H10T	V = 50,0 м <sup>3</sup>
161	Химиялық реактор (аммиак селитрасын еріту)	1	12X18H10T	V = 10,0 м <sup>3</sup>



## В қосымшасы



В.1 сурет – Сорбциялық колонна СНК-3М

## Г қосымшасы

Г.1 кесте – СНК-3М бағанасының жұмысы үшін ион алмасу шайырын тиеу көлемін есептеу

Параметр атауы	Шартты белгі	Есептік формула	Өлшем бірлігі	Мәні
Бағананың көлденең қимасының ауданы	S	$S = 3,14 d^2/4$	м <sup>2</sup>	7,065
Ерітінді бойынша колоннаның өнімділігі	Q		м <sup>3</sup> /сағ	200
Толық тиеу кезінде қабаттың шайырмен толтырылуы (түйіршіктер арасындағы ерітінді көлемін ескере отырып)	v			0,6
Ерітіндінің қозғалыс жылдамдығы (фиктивті)	w <sub>ф</sub>	$w_{\phi} = Q/S$	м/сағ	28,31
Ерітіндінің қозғалыс жылдамдығы	w	$w = Q/(1-v)S = w_{\phi}/(1-v)$	м/сағ	70,77
Бастапқы ерітіндідегі уран концентрациясы	C <sub>баст</sub>		кг/м <sup>3</sup>	0,068
Қазу кезіндегі уран концентрациясы	C <sub>пр</sub>		кг/м <sup>3</sup>	0,003
Байытылған шайырдағы уранның тепе-тең концентрациясы	A <sub>байт</sub>		кг/м <sup>3</sup>	40
Қалпына келтірілген шайырдағы уранның тепе-тең концентрациясы	A <sub>қалп</sub>		кг/м <sup>3</sup>	1,2
Сорбент қабатының қорғаныш әсер ету уақыты	t <sub>0</sub>		сағ	20
Сорбент қабатының қорғаныш әсерінің коэффициенті	K	$K = A_{байт}/(w_{\phi} \cdot C_{баст})$	сағ/м	20,78
Сорбенттің қорғаныш қабатының биіктігі	H <sub>0</sub>	$H_0 = t_0 / K$	м	0,96
Тең концентрация фронтының жылжу жылдамдығы	u	$u = 1/K$	м/сағ	0,048
Шайырдың жұмыс қабатының есептік биіктігі	H <sub>есеп</sub>	$H_{жұм} = (3t_0 + KH_0)/K$	м	3,85
Қорғаныс қабатының әрекет ету уақытында қанықтырылатын шайыр қабатының биіктігі	H <sub>байт</sub>	$H_{байт} = u t_0$	м	0,96
Шайыр қабатының жалпы биіктігі	H <sub>жалпы</sub>	$H_{жалпы} = H_{жұм} + H_0$	м	4,81
Шайырдың Жалпы қажетті көлемі	V <sub>жалпы</sub>	$V_{жалп} = (H_{жұм} + H_0)S$	м <sup>3</sup>	34,00

## Д қосымшасы

Д.1 кесте – Негізгі технологиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер атауы	Көрсеткіштің шамасы	
	ПВ-1	ПВ-2
<b>1 Пайдалану режимі</b>		
Жұмыс күндерінің саны	350	350
Жабдықтың жұмыс сағаттарының саны, сағат	8000	8000
<b>2 Бөліп алу</b>		
Жер қойнауынан шығару коэффициенті, %	90,0	90,0
ПР-дің шығару коэффициенті, %	97,5	97,5
<b>3 Уран бойынша өнімділік</b>		
Шала тотықтағы уран бойынша жылына өнімділік,	1000	
Іске қосу минимумы, т	350	
<b>4 Ұңғыма полигоны</b>		
Айдау ұңғымаларының қабылдағыштығы, м <sup>3</sup> /сағ	3,5-4,4	
Айдау ұңғымасының сағасындағы қысым, МПа	≤0,3	
Айдау ұңғымаларына қатынасы	≤2,5-1	
Сору ұңғымасының дебиті, м <sup>3</sup> /час	8,0-10,0	
Қатынасы Ж:Т, м <sup>3</sup> /т	2,4:1	
Полигон өнімділігі, м <sup>3</sup> /час	672	
ПР-дағы уранның құрамы (орташа), мг/л	135	
өнімді ерітіндінің рН	1,5-2,0	
ПР-дегі SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> құрамы, г/л	8-12	
ВР-дегі H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> құрамы (орташа), г/л:	6,4	6,4
– қышқылдану кезеңі;	20	20
– пысықтау кезеңі;	8	8
– жуу кезеңі.	2	2
ПР-дегі H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> құрамы, г/л	2,0	2,0
<b>5 Тәжірибелік учаскені пайдалану</b>		
Геологиялық қорлар, т	16241,0	8299,0
Алынатын қорлар, т	14616,9	7469,1
<b>6 Уран сорбциясы</b>		
СНК-3М бағанасындағы сорбент көлемі, м <sup>3</sup>	123	82
СНК-3М колонналарының саны, шт	12	5
Сорбент қабатының биіктігі, м	7,0	7,0
Ерітінділер қозғалысының сызықтық жылдамдығы, м /	25-40	25-40
Қаныққан иониттегі уран мөлшері, г / л	36	36
Қалдық қанығу, г/л	1 дейін	1 дейін
Сорбциялық уранның қалдық құрамы, г/л	0,003дейін	0,003 дейін

Д қосымшасының Д.1 кестесінің жалғасы

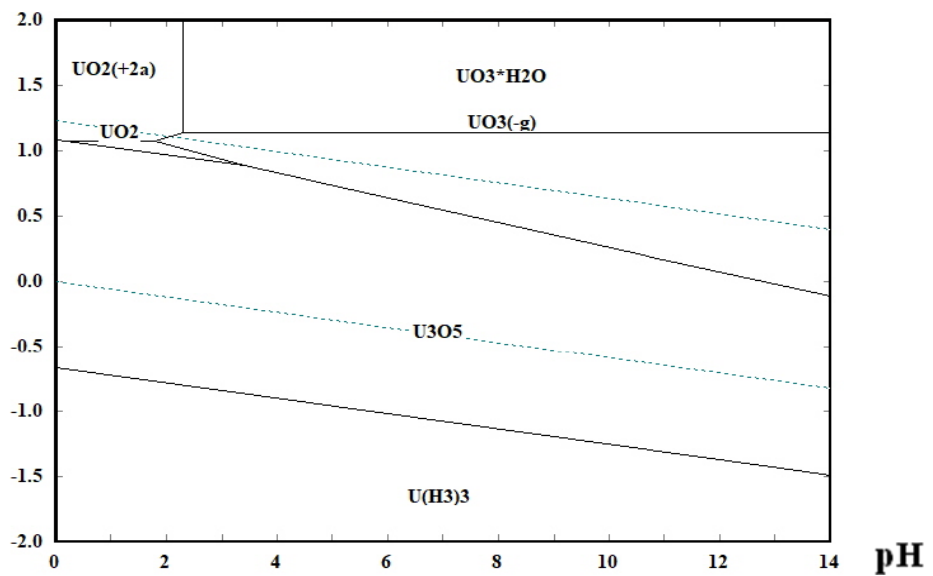
<b>7 Регенерация</b>		
ДНҚ колоннасындағы сорбенттің көлемі, м <sup>3</sup>	52	52
ДНҚ колонналарының саны, дана	12	1
ДНҚ колонналарына Сорбент ағыны, м <sup>3</sup> /сағ	2,52	1,07
Десорбция ұзақтығы, сағат	16	16
Десорбирлеуші ерітіндінің ағыны, об / об.см	1,0-1,6	1,0-1,6
Десорбирлеуші ерітіндінің құрамы, г / л: - нитрат-ион концентрациясы; – қышқылдығы.	80-100 25-30	80-100 25-30
ДНҚ колонналарының 1 қанығу аймағына ПР беру м <sup>3</sup> /сағ	120	60
ДНҚ колонналарының 2 қанығу аймағына ПР беру м <sup>3</sup> /сағ	20	10
Өнімдік десорбаттың шығуы, м <sup>3</sup> /сағ	1,7-1,8	0,7-0,8
Тауарлық десорбаттағы уран концентрациясы, г/л	50-ден жоғары	50-ден жоғары
Уранның шығуы, кг/сағ	88-90	37-39
Тауарлық десорбаттағы қышқылдың концентрациясы, г/л	25-30	25-30
Тауарлық десорбаттағы нитрат-ионның концентрациясы, г/л	10-15	10-15
ДНҚ колонналарындағы денитрацияға арналған ерітіндінің көлемі, об/об.см	1,0	1,0
Денитрацияға арналған ерітіндінің көлемі ПИК, об/об.см	2,0	2,0
Бір сағат ішіндегі циклдар саны	2	2
Импульс уақыты, мин	5	5
<b>8 Тауар десорбатын жүктеу ХКПУ</b>		
ГП үшін бак көлемі, м <sup>3</sup>	100	100
Автоцистерна көлемі, м <sup>3</sup>	–	10
Тасымалданатын десорбат көлемі, тәулік	–	18-ге дейін

### Ж қосымшасы

Ж.1 кестесі –  $UO_2$  күкірт қышқылымен әрекеттесу реакциясының термодинамикалық көрсеткіштері

$UO_2 + H_2SO_4 + 0.5O_{2(g)} = UO_2SO_4 + H_2O$					
T, C	$\Delta H$ К\Дж	$\Delta S$ Дж\К	$\Delta G$ к\Дж	K	Lg(K)
0	-227.82	-97.88	-201.08	$2.861 \cdot 10^{38}$	38.46
10	-221.35	-74.24	-200.33	$9.118 \cdot 10^{36}$	36.96
20	-232.00	-111.81	-199.23	$3.175 \cdot 10^{35}$	35.50
30	-231.97	-111.71	-198.11	$1.374 \cdot 10^{34}$	34.14
40	-231.96	-111.67	-196.99	$7.272 \cdot 10^{32}$	32.86
50	-231.97	-111.69	-195.87	$4.615 \cdot 10^{31}$	31.66
60	-231.99	-111.75	-194.76	$3.456 \cdot 10^{30}$	30.54

**Eh(B)**



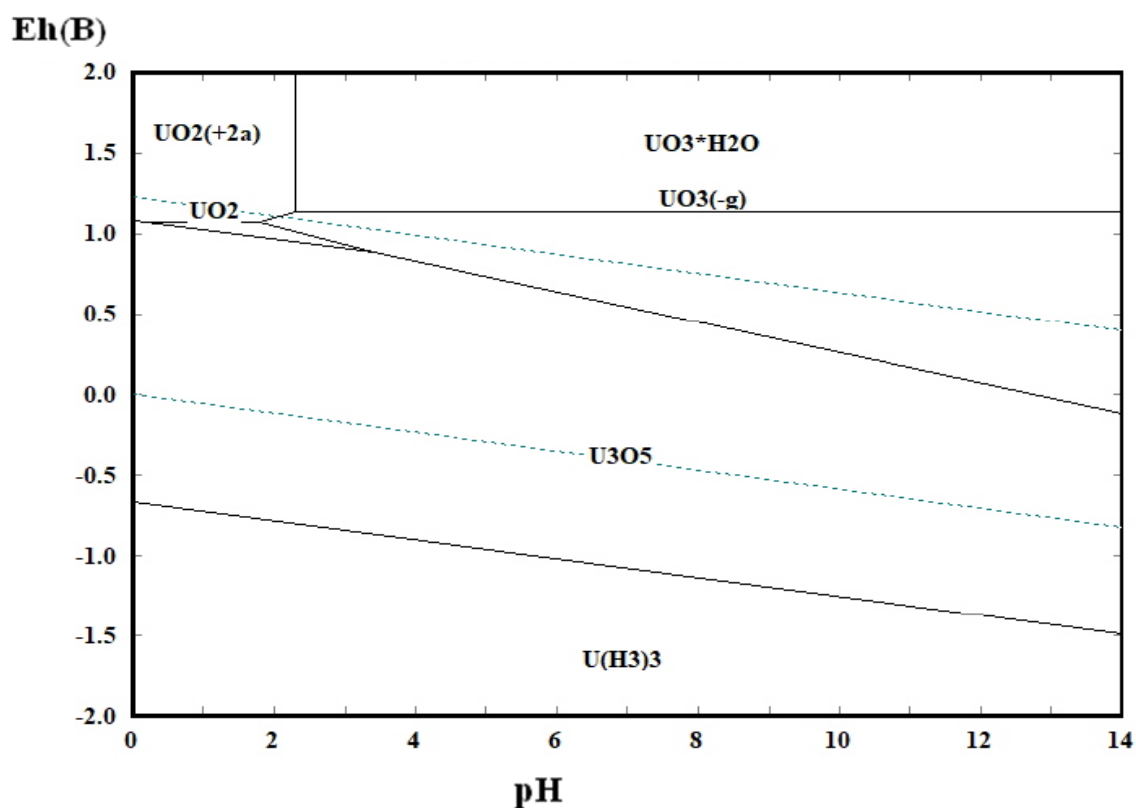
Ж.1 сурет –U-S-H<sub>2</sub>O жүйесінің Пурбэ диаграммасы



*Ж қосымшасының жалғасы*

Ж.2 кестесі –  $\text{UO}_3$  күкірт қышқылымен әрекеттесу реакциясының термодинамикалық көрсеткіштері

$\text{UO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{UO}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$					
T, C	$\Delta H$ кДж	$\Delta S$ Дж\К	$\Delta G$ кДж	K	Lg(K)
0	-88.94	-14.11	-85.09	$1.873 \cdot 10^{16}$	16.27
10	-82.50	9.43	-85.17	$5.174 \cdot 10^{15}$	15.71
20	-93.19	-28.26	-84.90	$1.347 \cdot 10^{15}$	15.13
30	-93.19	-28.27	-84.62	$3.817 \cdot 10^{14}$	14.58
40	-93.21	-28.35	-84.34	$1.172 \cdot 10^{14}$	14.07
50	-93.25	-28.48	-84.05	$3.868 \cdot 10^{13}$	13.59
60	-93.31	-28.65	-83.77	$1.364 \cdot 10^{13}$	13.13



Ж.2 сурет – U-H<sub>2</sub>O жүйесінің диаграммасы

