

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар
технологиясы кафедрасы

Утепбаева Арай Асанханқызы

Сульфаттық ерітінді құрамындағы уранды сорбция арқылы бөліп алу
процесін зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070900 – Metallургия мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өндірістік инженерия институты

Металлургиялық процестер жылу техникасы және арнайы материалдар
технологиясы кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ:

МПжАМТ кафедрасының

меңгерушісі

қауымд. проф., Ph.D., тех. ғыл.канд,

Чепуштанова Т.А

« _____ » _____ 2020 ж

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Сульфаттық ерітінді құрамындағы уранды сорбция арқылы
бөліп алу процесін зерттеу»

5B070900 – Metallургия мамандығы

Орындаған: Утепбаева.А.А

Ғылыми жетекші

ассистент профессор, Ph.D.

Байгенженов Ө.С.

“ _____ ” _____ 2020 ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өндірістік инженерия институты

Металлургиялық процестер жылу техникасы және арнайы материалдар
технологиясы кафедрасы

5B070900 – Metallургия мамандығы

БЕКІТЕМІН:

МПжАМТ кафедрасының
меңгерушісі
қауымд. проф., Ph.D., техн.ғыл.
канд.

_____ Чепуштанова Т.А
« ____ » _____ 2020 ж

ТАПСЫРМА

Дипломдық жұмысты даярлауға

Білім алушы: *Утепбаева А.А.*

Тақырып: Сульфаттық ерітінді құрамындағы уранды сорбция арқылы бөліп
алу процесін зерттеу

Университет Ректорының 2020 жылғы "27" қаңтардағы №762-б бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі : « 30 » мамыр 2020 ж

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Зерттеу процесінің (ерітінді
құрамының және сорбция процесі арқылы алынған уранның) химиялық
құрамы

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

*а) күкіртқышқылды өнімді ерітінділерден уранды бөліп алу экстаркция
әдісімен анықтау;*

б) уранды сорбция және десорбция процесстерінде зерттеу;

в) өмір тіршілік қауіпсіздігі және еңбек қорғау сұрақтары ;

г) жұмыстың экономикалық тиімділігін есептеу.

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Жұмыстың тақырыбы бойынша қорытындыны қоса 16 слайд.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 27 атаудан тұрады

Дипломдық жұмысты (жобаны) даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Кіріспе	8.02.2020 ж.	
Аналитикалық бөлім (тақырып бойынша отандық және шет елдік әдебиеттерге шолу жасау)	22.02.2020 ж.	
Тәжірибелік бөлім (зертханалық зерттеу жұмыстарын жүргізу)	16.03.2020 ж.	
Экономикалық бөлім (қолданылатын металлургиялық процестер бойынша экономикалық есептеулер жүргізу)	5.04.2020 ж.	
Еңбекті қорғау (қолданылатын металлургиялық процестер қауіпсіздік шараларын қарастыру)	12.04.2020 ж.	
Қорытынды	19.04.2020 ж.	
Норма бақылау	26.04.2020 ж.	

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	Ассистент профессор, Ph.D. Ө.С.Байгенженов		
Еңбекті қорғау	Ассистент профессор, Ph.D. Ө.С. Байгенженов		
Норма бақылау	Сениор-лектор, т.ғ.к. С.С. Қоңыратбекова		

Ғылыми жетекші _____ Ө .С.Байгенженов

Студент тапсырманы орындауға алды _____ А.А.Утепбаева

Күні "28" қаңтар 2020 ж

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, негізгі бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі компьютермен терілген 29 бет, оның ішінде 8 сурет және 2 кесте бар. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 27 аталымнан тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – Уранқұрамдас кендерді күкірт қышқылымен шаймалау процесінде алынған ерітінділер құрамынан уранды сорбция процесі арқылы бөліп алу процесін зерттеу.

Зерттеулер нәтижесінде қара сланецтік кендерді шаймалау барысында алынған ерітінді құрамынан уранды селективті түрде бөліп алу процестерінің сорбция және десорбция қарастырылды. Аталған процестер барынша уранды бөліп алу дәрежесіне әсер ететін әртүрлі факторлар (процесс ұзақтығы, температура, реагенттер шығыны) зерттелді.

Нәтижелер ерітінді құрамындағы уранды бөліп алу процестерінің көрсеткіштері процесс ұзақтығының артуымен жақсы нәтиже беретінін көрсетті.

Сонымен қатар жұмыста қоршаған ортаны қорғауды және экономикалық көрсеткіштер қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, основного раздела, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 29 страницах компьютерного набора, в том числе 5 рисунков и 8 таблиц. Список использованной литературы состоит из 27 наименований.

Цель дипломной работы – изучение процесса сорбции урана из растворов, полученных при выщелачивании урановых руд серной кислотой.

В результате исследования рассмотрены процессы сорбции и десорбции извлечения урана из селективного раствора, полученного при выщелачивании черносланцевых руд. Были изучены различные факторы (продолжительность процесса, температура, расход реагента), которые влияют на степень извлечения урана из этих процессов.

Результаты показали что, выполнение процессов извлечения урана в растворе дают хорошие результаты с увеличением продолжительности процесса.

В работе рассмотрены также разделы касающиеся охраны окружающей среды и экономические показатели.

ANNOTATION

The thesis consists of introduction the main section of the conclusion and the list of references. Work is stated on 29 pages of a computer set, including 5 figures and 8 tables. The list of used literature consists of 27 titles.

The purpose of the thesis is to study the process of sorption of uranium from solutions obtained by leaching of uranium ores of sulfuric acid.

As a result of the study the processes of sorption and desorption of the extraction of uranium and a selective solution, obtained by leaching of black shale ores are considered. Various factors have been studied process duration, temperature, reagent consumption that affect the degree of uranium recovery from these processes.

The results showed that the implementation of the processes for the extraction of Uranium in solution gives good results with an increase in the duration of the process.

The paper also considers sections related to environmental protection and economic indicators.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдебиеттің аналитикалық шолуы	11
1.1 Уран кендерін барлау	11
1.1.1 Күкіртқышқылды өнімді ерітінділерді өңдеудің әдістері.	14
1.1.1 Қаныққан ионит фазасынан уранды десорбциялау	18
2 Тәжірибелік бөлім	21
2.1 Бастапқы шикізаттың сипаттамасы	21
2.2 Уранды сорбциялау процесін зерттеудің әдістемесі	21
2.2.1 Уранды десорбциялау процесін зерттеу	24
2.2.2 Уранды десорбциялау процесінің әдістемесі	24
2.2.3 Зерттеу нәтижелері мен оларды өңдеу	24
3 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау бөлімі	28
4 Экономиклық бөлім	30
4.1 Шикізат пен реактивтер шығынын есептеу	30
4.2 Электр энергиясының шығынын есептеу	30
4.2.1 Ыдыс шығындарының амортизациялық төлемдері	31
4.2.2 Су шығындарының есебі	31
4.2.3 Еңбек ақыны және әлеуметтік сақтандыру төлемдерін есептеу	32
4.3 Жалпы институт шығындары	32
4.3.1 Жалпы шығындар саны	33
Қорытынды	34
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	35

КІРІСПЕ

Ғылыми техникалық проблемалардың қазіргі күйі. Атом энергетикасы соңғы онжылдықтар бойы қарқынды дамыды және 2013 жылға қарай электр энергиясына әлемдік қажеттіліктің 11 % – ын қамтамасыз етті [1].

Қазіргі қоғамда атом энергетикасына қарама-қарсы қарым-қатынас қалыптасты. АЭС– ті пайдалану ядролық реакторлар жұмысындағы ықтимал іркілістер салдарынан қоршаған ортаның радиоактивтік ластану қаупіне байланысты. Сондай-ақ радионуклидтермен ластану сәулеленген ядролық отынды өңдеу процесінде де болуы мүмкін. Екінші жағынан, ядролық қондырғыларды пайдалану көмірқышқыл газының атмосфераға шығарылуын толығымен жоққа шығарады. Ғылымды қажетсінетін технологияларда атом энергетикасын пайдалану қажеттілігі елдердің техникалық дамуын да анықтайды [1, 2].

Бұл саланың одан әрі дамуы энергияны тұтынудың өсуіне байланысты және болашақта уран шикізатына сұраныстың артуына әкеледі. Аналитикалық компаниялардың мәліметтері бойынша 2030 жылға қарай ядролық реакторларды пайдалану үшін қажетті уран 73 – тен 88 мың тоннаға дейін артады. Қолданыстағы шахталарда өндірістің қысқаруы әлемдік нарықта уранның жетіспеуіне әкеледі, бұл кен орнын толтыру үшін жаңа кен орындарын игеруді талап етеді [3].

Соңғы уақытқа дейін уран кен орындарының көп бөлігін игеру дәстүрлі әдіспен жүргізілді: 2001 жылы жерасты әдісі әлемдік уран өндірісінің 45 % қамтамасыз етті, 27 % металл жер қойнауынан алынды. Әлемдік тәжірибеде ұңғымаларды жерасты сілтісіздендірудің үлесі кен қазу әдісі ретінде салысырмалы түрде аз және 19 % – құрады. Уран өндірісінің спв әдісімен шамалы ұлғаюына қарамастан, 2010 жылға қарай бұл әдіс негізге әдіске айналды және әлемдік тәжірибеде оның үлесі 2015 жылға қарай 50 % – дейін өсті [4].

Уранды күкірт қышқылына да, карбонатты ерітінділерден – анион алмасу талшықтарынан алуға мүмкіндік беретін заманауи сорбциялық материалдар жасалды. Ион алмастырғыштың регенерациясы натрий хлоридінің 1 М ерітіндісімен жүзеге асырылады, бұл уақытта уранның жуылу дәрежесі 65–82 % құрайды [5].

Тау-кен зауыттарындағы уранның соңғы өнімі- қаныққан қатты анион алмасу шайырларының регенерациялану сатысында алынған табиғи уран концентраты болып табылады. Хлорид иондарының көп мөлшерінің болуы бәсекеге қабілеттіліктің әсерінен уранның өнімді ерітінділерден сорбциясын басады және ион алмастырғыштардың өткізу қабілеттігінің айтарлықтай төмендеуіне әкелетіні белгілі. Сондықтан уран мен сульфаты өнімді ерітінділерге бөліп алу технологиясын дамыту – кезек күттірмейтін мәселе. [6].

Жұмыстың өзектілігі. Қазақстан уран өндірісі бойынша әлемде алдыңғы қатардағы мемлекеттердің бірі. Барланған қоры бойынша уран өндірісі әлі көптеген онжылдықтар бойы жалғасуы мүмкін. Осыған байланысты, өндірістік маңызы зор технологияларды жетілдіру мақсатында жүргізілетін зерттеу жұмыстары өте өзекті бағыт болып табылады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – уран құрамдас ерітінділер құрамынан уранды селективті түрде сорбциялау процесінің тиімді параметрлерін (процесс ұзақтығының әсері, десорбциялаушы ерітінді концентрациясы т.б) зерттеу.

Зерттеу объектісі: Шаймалау процесінде алынған құрамында уран иондары бар сульфатты ерітінділер.

Жұмыстың жалпы міндеттері – зерттеу бағытын негіздеу, ерітіндіні темір ионарынан тазарту процестерінің тиімді параметрлерін анықтау, орындалған зерттеулерді экономикалық бағалау, еңбек қорғау және техника қауіпсіздікті бойынша шараларды дайындау.

1 Әдебиеттің аналитикалық шолуы

1.1 Уран кендерін барлау

Осы уақытқа дейін көптеген уран кенорындарын барлау дәстүрлі әдістермен жүргізілді. 2001 жылы жерасты әдісі әлемдегі уран өндірісінің 45 %-ын құрады, ашық әдіспен кеннен металдың 27 –ы алынды. Ұңғымалы жерасты шаймалау әдісінің әлемдік тәжірибеде уран құрамды кенорындар өндірісінің әдісі ретінде салыстырмалы түрде аз болды және оның тек 19 %-ын құрады. Ұңғымалы жерасты шаймалау әдісі арқылы уранды өндіру көлемінің шамалы шамалы ғана арту болжамдарына қарамастан, 2010 жылға қарай бұл әдіс негізгі әдіс болды және әлемдік тәжірибеде 2015 жылға қарай 50 %-ы құрады. Ұңғымалы жерасты шаймалау әдісі уран кенорындарын өндірудің дәстүрлі әдістерінен бірқатар айтарлықтай артықшылықтарға ие. Біріншіден, ұңғымалы жерасты шаймалау әдісі кенді жерүсті өңдеусіз және қалдықтарға арналған қоймалардың құрылысының қажетсіздігі, кенді өндірудің көлемін азайтуға, қоршаған ортаға кері әсерін төмендетеді [7]. Екіншіден, бұл әдісті жүргізу келесідей сатыларды қажет етпейді: кенді транспорттау, үгіттеу және байыту. Бұл өз кезегінде уран концентратын алудың технологиялық тізбегін айтарлықтай жеңілдетеді. Үшіншіден, өндірістік ерітінділердің айналымы реагенттерді сатып алуға кететін қаражатты үнемдейді және өнімнің өзіндік құнын төмендетеді. Төртіншіден, процессті толық автоматизациялау мүмкіндігі өндірістің өнімділігін арттырады. Уранды ұңғымалы жерасты шаймалау әдісі арқылы өндіретін мекемелерде еңбек шарттары айтарлықтай жоғары [8].

Уранды өндіруде әлемдік көшбасшылары Қазақстан Республикасы, Канада, Аустралия, Ресей Федерациясы, Нигер, Намибия болып табылады. Сонымен қатар, ұңғымалы жерасты шаймалау әдісі Қазақстан, Ресей және Аустралия елдерінде кеңінен қолданылады. Канада дәстүрлі шахталы әдіске жүгіне отырып, арасында ұңғымалы жерасты шаймалау әдісімен дүкенделген кенді өндіруді үйлестіре отыра жүргізеді. Дәл осындай әдісті Орта Азия елдерінде – Өзбекстан, Тәжікстан мен Қырғыстан елдері қолданылады [9]. Африка елдері уран кенорындарын ашық әдіспен өндіреді.

Ұңғымалы жерасты шаймалау әдісін қолдану кенорынның бірқатар талаптарына орай мүмкін болады: обводненность және пластың жоғарғы өтімділігі, кендегі минералдардың жоқтығы, шаймалаушы ерітінділерде уранның ерігіштігінің жоғарылығы [10]. Уран кенінің құрамы мен кенді дененің қалыптасуындағы гидрогеологиялық шарттары ұңғымалы жерасты шаймалауды жүргізуде реагент схемасын таңдауды анықтайды. Әдетте, кенді күкіртқышқылды және карбонатты шаймалау әдістері қолданылады. Браннериттен $UTiO_6$ қалыпты жағдайда уранды ұңғымалы жерасты шаймалау әдісімен алу ондағы уранның тотықсызданған аз еритін формасында болатындығына байланысты мүмкін емес. Сонымен қатар, шаймалау, уранды пассивацияға әкелетін титан диоксиді қабығының түнуфмен жүреді. Бұл

шикізаттан уранды максималды бөліп алу дәрежесінің 80 % –ын құрайды. Шаймалау кезінде күкірт қышқылының концентрациясын 150 г/дм³ көтеру және процесс температурасын 95 °С – та ұстап тұру қажет. Сонымен қатар, уранды ерігіш формаға (VI) өткізу үшін тотықтырғыштар қажет. Мысалы, темір сульфаты. Процесті ұтымды жүргізу тек темірдің шаймалаушы ерітіндіде 12 г/дм³ болған кезде қол жеткізіледі [11].

Шаймалаудың күкірқышқылды схемасы Или (Қытай) бассейніндегі құм іспеттес кен орнын өндіруде қолдануға болады. Мұнда уран доломит пен родохрозит секілді минералдармен, марганец пен темір оксидтері, сонымен қатар органикалық сульфидті заттармен байланысты. Күкірт қышқылын концентрациясын шаймалаушы ерітіндіде 10 –нан 3,0 г/дм³ көтергенде, уранды сұйық фазаға бөліп алу 71,86 –дан 85,80 % –ға жоғарылайды [12].

Тыңайтқыштар өндірісінде пайдаланылатын фосфатты рудалар, мысалға Уро (Судан) апатиттеркенорнында уранның аздаған мөлшері бар. Мұндай рудаларды 98 %-ы күкір қышқылымен шаймалау арқылы және 80 –85 °С температурада алады. Ерімейтін органикалық қосылыстар мен гуминді қышқылдарды активтелген көмірмен адсорбциялап кетіреді.

30 % – тік сутек пероксиді ерітіндісін қосу арқылы ТТП (тотығу-тотықсыздану процесін) 490 мВ тең уранның Іv валенттіден VI-валенттіге тотығуына әсер етеді. Ары қарай, уранды өзекті ерітіндіден шаймалау ТБФ ерітіндісінің керосинде экстаркциялау арқылы жүргізіледі [13].

Уранинитті күкірт қышқылымен шаймалау өте тиімді. Сонымен қатар, тотықтырғыш ретінде темір сульфатын (III) қолдануға болады. Оңтүстік Африка кенорындарындағы шаймалау процесінің эксперименттік нәтижелері, темір сульфатын пайдалану уранды сұйық фазаға өткізуді 93 % –ға дейін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл тотықтырғыш ретінде 80 % – ға арттыратын марганец диоксидінен салыстырғанда тиімді және де рН 2,0 аспау қажет. Бұл темір сульфатының (III) тұнбаға түсуін болдырмайды. Тәжірибелерге сәйкес, темір сульфаты (III) Набарлен (Аустарлия) кенорнындағы настуранды шаймалауда қосу кезінде, күкірт қышқылының шығымын 20–дан 40 % – ке дейін төмендетуге мүмкіндік берді [14].

Күкірт қышқылды шаймалаудың схемасын құрамында көп мөлшерде карбон қышқылы бар кен орындарда пайдалану олардың жоғарғы қышқылсыйымдылығына байланысты тиімсіз болып табылады. Бұл жағдайда уранды қатты фазадан селективті бөліп алу, тек шаймалаушы агент ретінде карбонат натрий қоспасы, натрий гидроксиді және сутек пероксидін қолданған кезде ғана мүмкін болады. Бұл әдіс Египеттік монациттерден уранды шаймалауда қолданылады [15].

Triassic Peribaltic (Польша) құмды кен орнынан уранды бөліп алу процесін лабораториялық зерттеу нәтижелеріне сәйкес, инфильтрация нәтижесі кезінде мұндағы уран настуран мен коффиниттің қалдығы түрінде кездеседі және иллитпен сорбцияланған, кварцпен, пирит және карбонаттармен байланысқан шаймалауды сілтілік агенттер пайдалану арқылы жүргізген дұрыс. Процесс барысында 10 % күкірт қышқылы мен хлор

қышқылын қолдану уранды сұйық фазаға бөліп алу дәрежесін 71–тен 100 % аралығында болады.

Сондай –ақ, өнімді ерітіндіге элементтер қоспасының айтарлықтай бөлігі өтеді: Th, Cu, Co, La, V, Yb, Fe. Процесстің ұтымды температурасы 60 °C–ты құрайды. Натрий карбонаты мен бикарбонаты қоспасын (тотықтырғыш ретінде KMnO_4) шаймалау уранды қатты фазадан бөліп алу дәрежесін 80 %–ке жеткізеді. Шаймалаушы агент ретінде натрий карбонаты (18 %) және натрий гидроксиді (81 %) қоспасын сутек пероксидімен қолдану кезінде уран ерітінді фазасына 100 % –ке өтеді. Және де, қоспалардан уранмен қоса ванадий де бөлініп алынады. Шаймалаудың карбонатты схемасы Индияда (Tummalapalle кенорны) қолданады. Кен құрамының минерологиялық анализдеріне сәйкес, ондағы карбонаттар 83,2 % құрайды. Сондықтан уранды шаймалауды натрий карбонаты ерітіндісімен жүргізеді [16].

Tahaggart (Алжир) кенорнында уран көп жағдайда U(VI) түрінде кездесетін отенит пен торбернит – фосфат минералдарынан уранды шаймалайды. Шаймалау кезінде кенге жұмсалатын натрий карбонатының шығымы 0,08 г/дм³ құрайды [17].

Сонымен қатар, карбонатты схема ванадийуранды кен – карнотиттерді шаймалауда да қолданылады. Құрамында сульфидті минералдар, гипс пен көп мөлшерде кальциты бар аустарлиялық карнотитті кендерді шаймалауды зерттеу нәтижесінде уранды бөліп алуда ұтымды реагент болып натрийдің карбонаты мен бикарбонат қоспасы екені анықталды [18].

АО «Далур» өндіретін Далмат кенорнында уранқұрамды минералкоффинит пен настуран түрінде кездеседі. Бұл ұңғымалы жерасты шаймалаудың күкіртқышқылды схемасын шарттайды. Алайда, мұнда сұйылтылған күкірт қышқылын пайдалану уранкенді залеждердің экрандалу салдарынан және кеннің тотықсыздану дәрежесінің жоғарылығы қиындатады. Сондықтан да күкірт қышқылын белсенді шаймалау сатысында шаймалаушы ерітіндіде көлемін 6–7 г/дм³ аралығында ұстап тұрады. Темірдің (III) валенттіден темірдің (II) валенттіге тотығуына және уранның аз еритін U(IV) формасынан U(VI) формасына ауыстыру мақсатында натрий нитриті пайдаланылады. АО «Далур» барлау кешенінің мониторингтік мәліметтеріне сәйкес, күкіртқышқылды шаймалаудың ұтымдылығы, яғни өнімді ерітіндідегі уранның құрамы шаймалаушы ерітіндідегі (ШЕ) тотықтырушыға байланысты. Белсенді шаймалау сатысында шаймалаушы ерітіндідегі NaNO_3 концентрациясы 100–120 г/дм³ және тотығу-тотықсыздану потенциалын ұстап тұру үшін қажетті деңгейде +400 мВ–тан кем емес болса жеткілікті. Соңында откачной ұңғымалардағы өнімді ерітіндідегі уран 20–25 г/дм³, күкірт қышқылы 4–5 г/дм³ болады. Сонымен қатар, өнімді ерітіндінің рН 1,5–1,7-ге тең [19].

Добровольная кен орнының уранды минералдануы дәл солай настуран мен коффинит түрінде кездеседі. Сондықтан қайтадан пайдаланылатын кенорында ҰЖШ әдісімен өндіруде шаймалау процесі күкіртқышқылды схемамен жүргізіледі.

1.1.1 Күкіртқышқылды өнімді ерітінділерді өңдеудің әдістері

Қазіргі кезде өнімді ерітінділерді өңдеудің көптеген әдістері қарастырылған.

Күкіртқышқылды өнімді ерітінділерден уранды бөліп алу экстракция әдісімен болады. Жұмыста құрамында UO_2^{2+} 202 г/дм³, SO_4^{2-} 60 г/дм³ болатын өнімді ерітіндіден уранды бөліп алу экстрагент ретінде ксилолда еріген три-н-октиламин (ТОА) пайдалану арқылы жүзеге асады. Сулы ерітіндіден уранды бөліп алу дәрежесі органикалық фазада ТОА мөлшерінің өсуіне қарай артады және ксилолдағы 10 %-тік ТОА ерітіндісін пайдаланғанда 97 %-ға жетеді. Органикалық және сулы фазаның арақатынасы $\text{O}:\text{C}=1:1$ болғанда жанасу уақыты 10 минутты құрайды. Фазалардың жанасу уақыты 15 минут, реэкстракцияны 5 %-тік натрий карбонатымен $\text{O}:\text{C}=2:1$ арақатынаста жүргізеді.

Сәйкес күкіртқышқылды ерітінділерден уранды фосфорқұрамды экстрагенттермен бөліп алуға болады, мысалға, циклогександа три-н-октил-фосфин оксиді (ТОФО) мен моно-2-этилгексил эфирінің 2-этилгексил фосфон қышқылымен (сауда атауы РС 88А) синергеттік қоспасы. Құрамында 0,0021 моль/дм³ уран мен 1,04 моль/дм³ сульфат ионы бар өнімді ерітіндіден уранды ди-2-этилгексил фосфор қышқылы және ТОФО қоспасымен экстракциялау барысында, органикалық фазада екі экстрагенттердің өсуіне қарай уранды бөліп алу дәрежесі артады және де бастапқы ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясының артуына қарай айтарлықтай төмендей отырып, уран экстракциясының катионалмасу механизмін көрсетеді.

Өндірісте уранқұрамды өнімді ерітінділерді өңдеуде сұйықтықты экстракциялау әдісін қолдану тиімсіз.

Уранның биосорбциясына арналған көптеген жұмыстар жарияланған.

Амберлит ХАД-4 матрицасындағы *Bacillus* *Bacillus* *mojavensis* бактериялары сулы фазадан рН 2.0 болғанда, 57,5 % уранды бөліп алады. РН мәнін 5-ке дейін жоғарылатқанда уранды бөліп алу дәрежесі 98,4 % -ке дейін артады. Уранды элюирлеу 0,1 проценттік натрий хлор ерітіндісімен жүргізіледі, қаныққан сорбенттен уранды бөліп алу дәрежесі 95,3 % құрайды [20].

Уранның тиімді сорбенті ретінде тет-рафенилиминдодифосфинатты қолдану мүмкін. Қатты фазаға уранды бөліп алудың максималды дәрежесі 99,86 %-ке және ол рН 4.5 болғанда ғана мүмкін болады. Әдістің артықшылығы құрамындағы Zn, Mg, Cu, Fe, Ni, Ba қоспаларының уран сорбциясына әсер етпейтіндігінде.

Күкіртқышқылды ерітінділерден уранды бөлу алу технологиясында хилатты шайырларды (смолаларды) пайдаланған тиімді. Жұмыста әртүрлі функционалды топтармен CheIR маркалы хелатты сорбенттер мен уранды сорбциялаудың нәтижелері көрсетілген. Би-пикколилы аминді функционалды топтар мен бірге шайырлар уранды концентрациясы 0,1 моль/дм³ (рН 1.0) болатын күкіртқышқылы ерітіндісінен 90 %-ке уранды бөліп алуға және уранды Th мен жерсілтілік элементтерден айыруға мүмкіндік береді.

Иминодиацетатты функционалды топтар мен бирге сорбенттер уранды 90 % бөліп алуға және Th-ді құрамында 0,005 г/дм³ (РН2) бар ерітіндіден айыруға мүмкіндік береді, бұл кезде ЖСЭ сорбциясы шамалы. Фосфор органикалық қышқылдармен импрекнерленген қатты экстрагенттерді қолдануда уранды күкіртқышқылды ерітінділерден бөліп алуда тиімді. Алайда уран бойынша жоғары сыйымдылығымен қатар, ТВЭКС ерітінділерден 50 %-ке дейін торийді экстрагерлейді [21].

Уранды күкіртқышқылды ерітінділерден, де карбонатты ерітінділер де бөліп алуға мүмкіндік беретін заманауи сорбциялы материалдар – аниондыалмастырушы талшықтар жасалған. Мысалға, функционалдық топ ретінде төртіншілік аммоний негізді және үшіншілік аминдер болатын FIBAN A-6 маркалы функционалды анион алмасушы уранды сұйылтылған күкіртқышқылды ерітінділерден (рН 2,0) және карбонатты ерітінділерден (рН 8,0) 97.0–99,5 %-ке дейін бөліп алуға мүмкіндік береді. Иониттің регенерациясы 1 М натрий хлор ерітіндісімен жүзеге асырылады, уранның жуылу дәрежесі бұл кезде 65–82 %-ті құрайды .

Ионалмасушы материалдардың кеңінен қолданылуына қарамастан, анионалмасу ҰЖШ ерітінділерінен уранды бөліп алуда дәстүрлі әдіс болып табылады. Өнімді ерітінділердегі күкірт қышқылының концентрациясы 4-5 мг/дм³ болады, бұл кезде рН 1,5–1,6 тең. Мұндай жағдайда уран ерітіндіде UO_2SO_4 , $\text{UO}_2(\text{SO}_4)_{22-}$ және $\text{UO}_2(\text{SO}_4)_{34-}$ кешенді формада болады (тұрақтылық константалары сәйкесінше 64.6 және 5012) [22].

Күкіртқышқылды өнімді ерітінділерден уранды бөліп алу анионалмасушы шайырлармен мүмкін болады. Жұмыс авторлары келесідей функционалдық топтармен бірқатар иониттер синтездеген: Ps-EDA - этилендиаминдік, Ps-DETA – диэтилентриаминдік және Ps-PENA-₂₂ пентаэтиленгексаминдік. Күкіртқышқылды ерітінділерден рН 2,0 тең болғанда, иониттің уран бойынша сыйымдылығы сәйкесінше 172,73; 197.30 және 256.21 мг/г құрайды; Бұл Purolite S985 маркалы өндірістік әлсіз негізді аниониттің сыйымдылығына сәйкес келеді (269.50 мгU/г).

Жаңа функционалдық топтармен бициклическілермен Dowex маркалы әлсіз негізді хелатты шайыр күкіртқышқылды ерітінділерден уранды рН 1,47 кезінде толықтай дерлік бөліп алады. Сонымен қатар, айтарлықтай деңгейде ионит фазасына қоспалар бөлінеді: мыс, никель, темір және торий. Бұл кезде алюминий сорбцияланбайды. Сульфат-иондар концентрациясының бастапқы ерітіндіде артуы ондағы уран мен торийдың сорбциясын төмендетеді. Алайда, темірдің бөліп алу дәрежесі артады .

Әлсіз негізді аниониттердің өндірістік тәжірибеде жоғарғы тиімділігіне қарамастан, ҰЖШ ерітінділерін өндеуде сирек пайдаланылады – күшті негізді аниониттер қатарласып қолданылады. Авторлармен Dowex1 маркалы күшті негізді анионитпен күкіртқышқылды өнімді ерітінділерден уранның сорбциясы зерттелінді.

Бөліп алуды күкірт қышқылының концентрациясы 0,1 моль/дм³ болатын және UO_2^{2+} ионы 20 мг/дм³ шаймалаушы ерітіндіде жүргізді. Осы жағдайда салыстырмалы түрде тиімді анионит Dowex 1X10 болып табылады –

динамикалық режимде тәжірибе нәтижесінде бұл сынама бойынша сыйымдылық мәні құрғақ сорбент 20 мг U/кг құрады, ал Dowex 1X4 және Dowex 1X8 үшін сыйымдылық мәндері 7 және 5мг U/кг аспады. Бұл әдіс уранмен қатар өнімді ерітіндіден (ӨЕ) лантоноидтарды 99 % –ға бөліп алуға мүмкіндік береді. Қаныққан анионит фазасынан элюирлеу концентрациясы 1 моль/дм³ тең болатын күкірт қышқылымен жүргізіледі. Лантоноидтарды десорбциялауда 5моль/дм³ азот қышқылының ерітінділері пайдаланылады.

Сорбенттердің көптеген коммерциялы маркаларына қарамастан, жаңа анионалмасушыларды синтездеуде көптеген жұмыстар жүргізілуде. Солай авторлар, уран мен торийді селективті бөліп алуда функционалдық топтары біріншілік аминдер болып табылатын күштінегізді аниониттерді синтездеді. Сорбентті пайдалану тиімділігі CYBER CRX 250 коммерциялы ионитпен салыстыра отырып дәлелденді – екі сынаманың сорбциялық сипаттамаларының мәндері жақын.

Бұл жұмыс пиридин, триметиламин және диэтаноламиндерді қоса отырып күштінегізді аниониттерді хлорметилдеуарқылы синтездеуге арналған. Зерттелетін иониттердің сорбциялық сипаттамаларының мәндері құрамы бойынша U 40–1000; Fe²⁺ 0,371; Fe³⁺ 0,136; SiO₂ 0,3; Cl⁻ – 2; NO³⁻ - 0,6; SO₄²⁻ (г/дм³) және рН = 1,87 болатын ерітіндіден уранды бөліп алу коммерциялық анионалмасушылардыбасып озады. Мысалға, бастапқы концентрациясы 40 мг/дм³ болатын өнімді ерітіндіде уранның құрамы синтезделген сынамаларда 20,0 – 20,8 г/дм³ құраған кезде, Purolite PFA460, Purolite PFA600 маркалы иониттер үшін сыйымдылық 15,3 және 12,0 г U/дм³, ал, а Ambersep 920U үшін 9,2 г U/дм³ тең болды. Қаныққан иониттің регенерациясын NH₄NO₃ (100 г/дм³) + H₂SO₄ (10 г/дм³) аралас ерітінділермен жүргізеді. Және де қалдықты сыйымдылық 0,7 г/дм³-тан аспайды.

Күштіқышқылды аниониттер Қытайда ҰЖШ күкіртқышқылды ӨЕ өңдеуде пайдаланылады. рН 1,62 тең және құрамы U – 22; Ca²⁺ - 465; Mg²⁺ 413; Fe²⁺ - 480; Al³⁺ - 277; SO₄²⁻ - 8453; Cl⁻ 488 мг/дм³ болатын ерітіндіден уранды D1 анионитімен бөліп алады. Шайырды өнімді ерітіндінің 600 колониялы көлемін өткізу арқылы қанықтырады, толық динамикалық көлемді сыйымдылық 11–15 мг U/см³ құрайды. Анионитті регенерациялау күкірт қышқылымен қышқылданған (5 г/дм³) натрий хлориді (90 г/дм³) ерітіндісімен жүргізіледі. 9 колониялы көлемді элюирлеуші ерітіндіні өткізу арқылы уранды бөліп алу дәрежесі 97 % құрады .

Авторлар күкіртқышқылды шаймалауда өнімді ерітінділерден уранды бөліп алуда функционалды топтар ретінде төртіншілік аммонийлі негізді Amberlite IRA 400 маркалы күштінегізді анионитті қолданды. Бастапқы ерітіндіде уранның концентрациясы 1 г/дм³ және рН 1,5 тең болғанда ионитің ТДКС 62,7 гU/дм³ құрады. Бастапқы ерітіндіні 0,5– 2,0 аралығында ұстап тұрған кезде сорбент сыйымдылығының артуы байқалады. Элюент ретінде 1 М күкірт қышқылын пайдалануға болады (ары қарай үшіншілік аминдермен экстракциялы бөліп алу мақсатында).

Күкіртқышқылды ерітінділерден уранды сорбциялауда ортақышқылды аниониттермен жүргізілген жұмыстар белгілі [49]. Солай ЭДЭ-10П ионитінің

уран бойынша сыйымдылығы бастапқы ерітіндінің рН жоғарылаған сайын артады (рН 4,0 болғанда, уранның максималды сорбциялануы 575 мг/г құрады) және сульфат-иондардың бәсекелес әсерінен күкірт қышқылының концентрациясын жоғарылатқанда төмендейді. Сонымен қатар, бастапқы ерітіндіде күкірт қышқылының концентрациясы 2 М жоғары болғанда, уранды темірден (III) бөліп алуға болады. Бұл кезде уран шайыр фазасына өтеді, ал темір ерітінді фазасында қалады.

Күкірқышқылды өнімді ерітінділерден уранды бөліп алу күштінегізді коммерциялы Lewatit K 6367, Purolite A 600, Purolite A 500U, Ambersep маркалы анионитерде жүргізіледі. Сонымен қатар, қазіргі кезде ресейлік ғалымдармен шайырдың импортты маркаларымен бәсекелесе алатын отандық иониттерді синтездеу жұмыстары белсенді жүргізілуде. Солай функционалды топтар ретінде төртіншілік аммонийлі негіздер болатын Россион-25 күштінегізді аниониті жасалынды. Құрамы $U - 0,05$; $Fe - 1,3$; $Al - 2,0$; $Ca - 0,15$; $Mg - 0,07$; $Si - 0,05$ г/дм³ болатын және рН 1,75 тең ҰЖШ модельді өнімді ерітіндісінен уранды сорбциялауда синтезделген аниониттер сыйымдылығы 61,7 мгU/г (немесе 27,6 мгU/см³) құрады және Purolite A 500U (58,9 мгU/г), Ambersep 920U (58,5 мгU/г) коммерциялы шайырлардың сәйкес мәндерінен озып кетеді [23].

Кеңес ғалымдары кезінде ионогенді топтар ретінде гетероциклды негіздер құрамды иониттер уран бойынша жоғары сыйымдылыққа ие екенін дәлелдеген. Күкірқышқылды өнімді ерітінділерден уранды бөліп алуда рН 1,5 – 4,0 аралығында пиридинді функционалды топтарымен АВ-18-8п маркалы ионит сынамасының мәні аса жоғары емес сыйымдылыққа ие болған [24].

Қазіргі таңда Ресей Федерациясының уран өндіруші мекемелерінде ҰЖШ күкірқышқылды ӨЕ сорбциялы өңдеу бензил-пиридинді ионогенді функционалды топтармен күштінегізді ионитті пайдалану арқылы жүргізіледі. Сорбциялы өңдеуге түсетін өнімді ерітіндідегі уранның концентрациясы 18-25 мг/дм³, күкірт қышқылының концентрациясы 4-5 г/дм³ құрайды, рН 1,5-1,6. Иониттің ТДКС мәні бұл кезде 36 – 38 кг U/м³ шайырды құрайды. Уранның десорбциясы аммоний нитраты ерітіндісіне күкірт қышқылын қосу арқылы жүзеге асырылады. Тауарлы десорбаттағы уранның концентрациясы бұл кезде 20–28 г/дм³ құрайды.

1.1.2 Қаныққан ионит фазасынан уранды десорбциялау

Уранның десорбциясы ығыстырушы-реагент пен сорбенттің қаныққан ионит фазасындағы функционалды топтармен байланысқан уранилдың сульфатты кешендерінің химиялық ионалмасу реакциясы есебінен жүзеге асырылады. Десорбция әдеттегідей десорбциялаушы ерітіндіні фильтрлеуде шайырдың қозғалуына қарама-қарсы бағытта жүргізіледі. Нәтижесінде процесстің қозғаушы күші артып, фазалардың жанасу уақыты төмендейді, реагенттердің шығымы азаяды.

Тәжірибеде ығыстырушы ретінде нитрат, хлорид және карбонат ионы, кейде сульфат ионын пайдаланатын уран десорбциясының бірнеше схемасы қолданылады.

«ВНИИХТ» ФГУП өкілдерімен уранды пульпа мен күкіртқышқылды ерітінділерден бөліп алу технологиясы патенттелінді. Уран сорбциясы Purolite A100, ВП-1п, АМ-3, АМ-7 маркалы әлсізнегізді өндірістік аниониттерде жүргізіледі. Уран бойынша иониттің сыйымдылығы кг/дм³: Purolite A100 – 30; ВП-1п – 30; АМ-3 – 40; АМ-7-45 құрайды. Десорбция натрий карбонатының 5 %-тік ерітіндісімен жүргізіледі. Десорбциядан кейін шайырдың қалдықты сыйымдылығы 0,008-0,034 кг U/дм³ құрайды. Уранның десорбаттағы құрамы (рН 7,2) 20 г/дм³ тең. Десорбция кезінде ионит (ОН) формаға (түрге) ауысады, сондықтан да шайырды сорбцияның келесі циклына жібермес бұрын күкірт қышқылымен өңдеп, жұмысшы SO₄₂—формаға ауыстыру қажет. Десорбент ретінде аммоний карбонатын қолдануға болады [25].

Уран десорбциясының карбонатты схемасы бұрын отандық мекемелерде қолданылған. Қаныққан ионит фазасынан уранды десорбциялау УАС ерітіндісімен (аммоний карбонаты мен бикарбонатының қоспасы) екі сатыда, шайырды алдын-ала карбонатты формаға ауыстыру арқылы жүргізген. Бірінші сатыда десорбцияны УАС ерітіндісінің аздаған концентрленген ерітіндісімен жүргізеді. Процесстің екінші сатысында УАС концентрациясын десорбциялаушы ерітіндіде жоғарылатады. Бұл кезде, дайын өнім –тауарлы регенераттың сууына қарай тұнатын кристаллдардан тұратын аммонийуранилтрикарбонат болып табылады [26].

Сонымен қатар десорбент ретінде карбонат- хлорид аралас ерітіндіні қолдануға болады. Авторлар гель құрылымды Purolite PFA600 күштінегізді қаныққан ионит фазасынан уранның десорбциясын натрий хлоридіне (2 моль/дм³) натрий карбонаты (0,15 моль/дм³) қосылған ерітіндімен жүзеге асырған. Процесс десорбциясының аяқталуына қарай иониттің сыйымдылығы 0,5 кг U/дм³ дейін төмендеді. Сонымен, шайырдың көлемі 0,5 – ке тең көлемді десорбциялаушы ерітіндіні ионит қабатына өткізу кезінде, уранның десорбция дәрежесі 99,2 % құрады. Бұл десорбцияның карбонатты-хлоридты схеманың тиімділігінің жоғарылығын көрсетеді.

Жұмыста уранды натрий хлориді (100 г/дм³) және натрий карбонаты (10 г/дм³) аралас ерітіндісімен десорбциялайды. Зерттеуді уран бойынша ТДКС сәйкесінше 30,36 мг/г және 25,64 мг/г болатын Purolite A600U/3472 және РМ 611 өндірістік маркалы күштінегізді аниониттермен жүргізді.

Хлоридті-карбонатты ерітіндіні қолдану 7 көлемді элюентті өткізу арқылы қаныққан ионит фазасынан уранды 99 %-ға бөліп алуға мүмкіндік береді.

Десорбция барысында сорбциялық колонналарды ультрадыбыспен өңдеу процесті қарқындатады және өткізілген десорбциялаушы ерітінділердің мөлшерін 3 колонналы көлемге дейін төмендетеді.

Авторлармен Purolite A-400 және Purolite A-560 маркалы иониттермен минералданған сулардан уранды бөліп алу процесі сипатталған. Статикалық режимдегі тәжірибелердің қорытындысына сәйкес, уран десорбциясы үшін концентрациясы 1 моль/дм³ болатын натрий хлориді ерітіндісін қолдануға болады – процесті екі сатыда жүргізу уран десорбция дәрежесін 70–86 %-ға дейін қамтамасыз етеді. Процесті динамикалық режимде жүргізгенде, 50 см³ натрий хлоридінің ерітіндісін 3 см³ қаныққан Purolite A-560 иониті бар колонка арқылы өткізеді. Уран десорбциясының дәрежесі бұл кезде 75 % құрайды. Ионитті дәл сондаймөлшердегі десорбциялық ерітіндімен қайта өңдеу уранды бөліпалу дәрежесін 93 % дейін арттырады.

Жұмыста сорбцияны ерітіндідегі уранның концентрациясы 10 мг/дм³, құрамында сульфат-ионы 1,3 г/дм³, рН 2,6 және ТТП 678 мВ тең болатын Amberlite IRA 93 құрылымы макрокеуекті күштінегізді ионитпен жүргізді. Иониттің сыйымдылығы U/дм³ 14,7 г, Fe/дм³ 35,8 г және SO₄²⁻/дм³ 50,8 г құрайды. Десорбцияны 0,05 моль/дм³ күкірт қышқылы ерітіндісін қосып, концентрациясы 0,5 – 4,0 моль/ дм³ болатын натрий хлориді ерітіндісімен жүзеге асырды. Натрий хлориді концентрациясының 0,5-тен 1,5 моль/дм³ жоғарылату ионит фазасынан уранды бөліп алудың тиімділігін арттыруға көмектеседі. NaCl жоғары концентрленген ерітінділерін пайдалану кезінде ионитте сорбцияланатын анионды кешендер [UOClO₄]²⁻ түзетіндіктен уранның десорбция дәрежесін төмендетеді. 7 көлемді 1,5 моль/дм³ натрий хлоридін өткізгенде Amberlite IRA 93 қаныққан фазасынан уранды бөліп алу дәрежесі 98 % құрады. АО «НАК «Казатомпром» өндірістік ерітінділерден уранды хелатты S 500 ионит және ортанегізді ЭДЭ-10 П анионитпен бөліп алуды зерттеу жұмыстары жүргізілді. Уранның концентрациясы 47 мг/дм³, Fe – 420 мг/дм³ және рН 2,2 болатын ерітіндіні сорбциялау кезінде иониттердің сыйымдылық мәндері S 500 және ЭДЭ-10П үшін сәйкесінше 74,6 және 80,7 мг U/г тең болды. Статикалық режимдегі тәжірибелердің нәтижесі бойынша, концентрациясы 0,8 моль/дм³ болатын натрий хлориді ерітіндісін десорбат ретінде қолдану S 500 ионит фазасынан уранды бөліп алу дәрежесін 92 % –ға және ЭДЭ-10П ионит фазасынан 96 %–ға қамтамасыз етеді. Десорбциялаушы ерітіндідегі NaCl концентрациясын жоғарылату екі шайыр үшін де десорбция дәрежесінің 99 % –ға дейін артуына алып келеді. Алайда, динамикалық режимдегі тәжірибе қорытындысы натрий хлоридімен регенерациялау тиімділігінің жеткіліксіздігін көрсетеді.

Қазіргі кезде уран технологиясында десорбция үшін ығыстырушы ретінде нитрат-ион артықшылыққа ие. Күкіртқышқылды шаймалауда рН 2,0 тең, құрамында 250 мг U/дм³ ерітіндісінен уранды бөліп алуда Ambersep 920U күштінегізді аниониттің сыйымдылығы 58 мг U/г құрады. Элюенттер

ретінде концентрациялары $0,1 - 2,0$ моль/дм³ аралығында болатын күкірт, тұз және азот қышқылдары пайдаланылды. Десорбциялаушы ерітіндідегі қышқыл концентрациясының артуы металлдың бөліну дәрежесіне әсер етті. Қаныққан ионит фазасынан концентрациялары 1 моль/дм³ болатын күкірт және тұз қышқылдары ерітінділерімен, концентрациясы $0,5$ моль/дм³ тең азот қышқылымен уран 99% -ға жуылды. Сорбция–десорбцияның 25 циклы бойынша Ambersep 920U қаныққан ионит фазасынан оның $0,5$ моль/дм³ азот қышқылы ерітіндісімен регенерациясы кезінде уранды бөліп алу дәрежесі 99 –дан $90,2\%$ -ға төмендегендігімен нитратқұрамды агентпен элюирлеудің тиімділігінің жоғарылығын көрсетеді [27].

Жұмыс жасап тұрған уран өндірістерінде нитратқұрамды десорбент ретінде аммоний нитратының ерітіндісі пайдаланылады. Қаныққан күштінегізді ионит фазасынан уранды десорбциялау үшін аммиак селитрасы мен минералды қышқылдың аралас ерітіндісін пайдаланған тиімді, мысалға NH_4NO_3 (1 моль/дм³) + HNO_3 ($0,1$ моль/дм³) или NH_4NO_3 (100 г/дм³) + H_2SO_4 (10 г/дм³). Минералды қышқылды қосу тауарлы десорбаттың рН төмендетеді және уранның тұнбаға түсуіне кедергі келтіреді.

АМП гельді ионит фазасынан нитратты–сульфатты аралас ерітінділермен уранды десорбциялау процесі жұмыста толығырақ қарастырылған. Десорбент ретінде 100 г/дм³ NH_4NO_3 + 10 г/дм³ H_2SO_4 и 150 г/дм³ H_2SO_4 ерітінділері қолданылады. Нитратты-сульфатты десорбаттағы уранның максималды концентрациясы $10,5 - 11$ г/дм³ тең және процесс қалыпты бөлме температурасында жүргізіледі. Алдын ала 3% -тік күкірт қышқылымен жуу ионит фазасындағы темірдің құрамын 60% дейін төмендетуге мүмкіндік береді. Соңында, темірдің ТД (тауарлы десорбат) концентрациясы 20 мг/дм³ аспайды. Күкірт қышқылының ерітіндісін пайдалану да жоғары концентрациялы десорбатты алуға мүмкіндік береді, бірақ тек десорбция процесін ыстық ерітіндімен (55°C) жүргізгенде ғана мүмкін болады.

2 Тәжірибелік бөлім

2.1 Бастапқы шикізаттың сипаттамасы

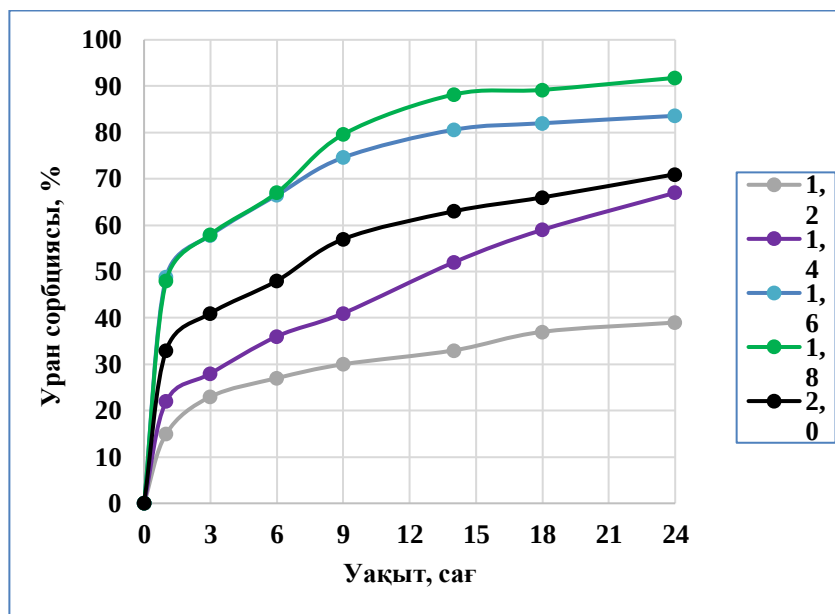
Бұл жобада зерттеу объектісі шаймалаудан кейінгі полиметалды көміртекті-кремнеземдік кенді өңдеудегі өнімді ерітінділер болып табылады.

Ерітінділердің құрамы келесідей, г/дм³: Fe_{жалпы} – 8,2; Al – 0,968; V – 2,89; Mo – 0,073; U – 0,062; Σ TRY – 0,064; H₂SO₄ – 240. Химиялық және физико-химиялық анализдердің қорытындысы бойынша, өнімді ерітінді сульфатты, аммонийлі және гидросульфатты топтардан тұратындығы анықталды. Өнімді ерітінділердің құрамына қарап, ерітінділердің күрделі құрамнан тұратындығын байқауға болады және құрамында айтарлықтай мөлшерде уранның, молибденнің, ванадийдің мен жерсілтілік элементтердің сульфатты, аммонийлі түріндегі қосылыстары және олардың кешенді қосылыстары кездеседі.

2.2 Уранды сорбциялау процесін зерттеудің әдістемесі

Уранды өнімді ерітіндіден статикалық жағдайда бөліп алуды зерттеу үшін жоғарынегізді аниониттер Ambersep 920UXL және SBA-80 қолданылды. Ол үшін орбитальды шейкердегі конустық колбаларда ионалмасушы анионит пен өнімді ерітінді 10 г шайыр 100мл өнімді ерітінді қатынасында әртүрлі рН ортаның шамасында араластырылды. Сорбциялық қасиеттерін анықтаудың алдында барлық аниониттер алдын ала күкіртқышқылды ерітіндінің көмегімен сульфатты формаға ауыстырылды.

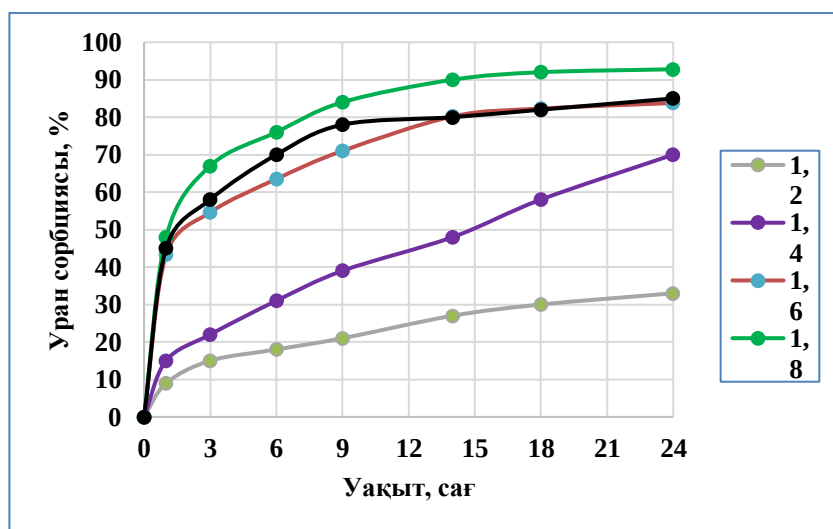
Жүргізілген зерттеулерде Ambersep 920UXL және SBA-80 иониттері арқылы уранды бөліп алуда қышқылдық орта мен процесстің жүру уақытының әсері қарастырылған еді. Алынған зерттеу нәтижелері 1 – суретте көрсетілген.



1 Сурет – Әртүрлі рН дәрежесінде уран сорбциясының (SBA-80) уақытқа тәуелділігі

1 Суретте көрсетілгендей, уранның бөліп алу дәрежесіне ерітіндінің қышқылдығы айтарлықтай әсер етеді. Суретте уран сорбциясының дәрежесінің рН-қа тәуелділігі көрсетілген. Эксперимент нәтижесі иониттегі металл массасының бастапқы ерітіндіге тура қатынасына тең уранның бөлінуіне қарай бағаланды. рН ортаның иониттің сорбциялық қабілеттілігіне иониттердегі уранның әртүрлі концентрациядағы рН 1,0–ден 2,0 аралығында қарастырылды. Нәтиже көрсеткендей, жақсы нәтижелер рН 1,8 мен 2,0 тең кезінде алынды.

Ары қарай әртүрлі рН мәндеріндегі Ambersep 920UXL анионитінде уран сорбциясының уақытқа тәуелділігі 2-ші суретте көрсетілген .



2 Сурет – Уран сорбциясының (Ambersep 920) әртүрлі рН мәндерінде уақытқа тәуелділігі

Жоғарынегізді сорбенттерде ерітіндінің рН өсуіне қарай уранның сорбциясы артатындығы және жоғарынегізді Ambersep 920 мен SBA-80 аниониттерде 92 %-ға жететіндігін көруге болады.

Әртүрлі ионалмасушы шайырлардың сыйымдылық мәндерін салыстыра келе күштінегізді SBA-80 мен Ambersep 920UXL аниониттерінің сыйымдылығы ең үлкен екендігіне көз жеткізуге болады.

Сорбциялық сыйымдылықты анықтау барысында таңдалынған күштінегізді аниониттер химиялық анализдерден өтті. 1–кестеде күштінегізді қаныққан сорбенттердің химиялық анализдерінің нәтижесі көрсетілген.

1 Кесте – Қанық иониттердің химиялық құрамы

Иониттердің шифры	Құрғақ иониттің құрамы, г / кг					
	U	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Fe	Al	SiO ₂
Ambersep 920	18,6	106,0	6,1	0,92	0,017	3,9
SBA-800	21,7	114	10,6	1,01	0,024	4,6

Ары қарай қанық иониттер десорбция процесіне жіберіледі.

2.2. 1 Уранды десорбциялау процесін зерттеу

Десорбция процесінің мәні иониттен бөлінген уранның тікелей ерітінді көлеміне бөлінуін қамтамасыз ететін ерітінділерді пайдалануда жатыр.

Қазіргі уақытта көптеген жұмыс жасап жатқан уранөндіруші мекемелерде десорбциялайтын ерітінділер ретінде көбіне нитрат-, хлорид- және карбонат-иондар, сонымен қатар кейде жағдайда сульфат–иондар қолданылады .

Уранның десорбциясы қаныққан сорбент иониті фазасындағы функционалдық топтармен байланысқан уранилдың сульфатты кешендері мен десорбциялаушы ерітіндінің ион алмасу реакциясы арқылы жүзеге асырылады.

Авторлар көрсеткендей иониттерден уранды иониттерден десорбциялау үшін азот қышқылы мен аммиак селитрасын қолданған тиімді.

Азот қышқылын қосу алынатын тауарлы десорбаттың рН ортасын төмендетеді және уранның тұнбаға түсуін болдырмайды.

Сонымен қатар, авторлардың мәліметтері бойынша күштінегізді иониттерден уранды десорбциялауда натрийдің карбонаты мен гидроксид ерітінділерін тиімді қолдануға болады.

2.2.2 Уранды десорбциялау процесінің әдістемесі

Сорбциядан кейінгі қаныққан иониттерден уранды десорбциялау процесін зерттеу келесідей әдістемемен жүргізілді. Эксперимент статикалық режимде концентрациялары 1,0–ден 4,0 М аралығындағы сода, аммоний нитраты мен натрий гидроксиді ерітінділерін қаныққан ионитпен 2 сағат ішінде үздіксіз араластыру арқылы әрекеттестіре отырып жүргізілді.

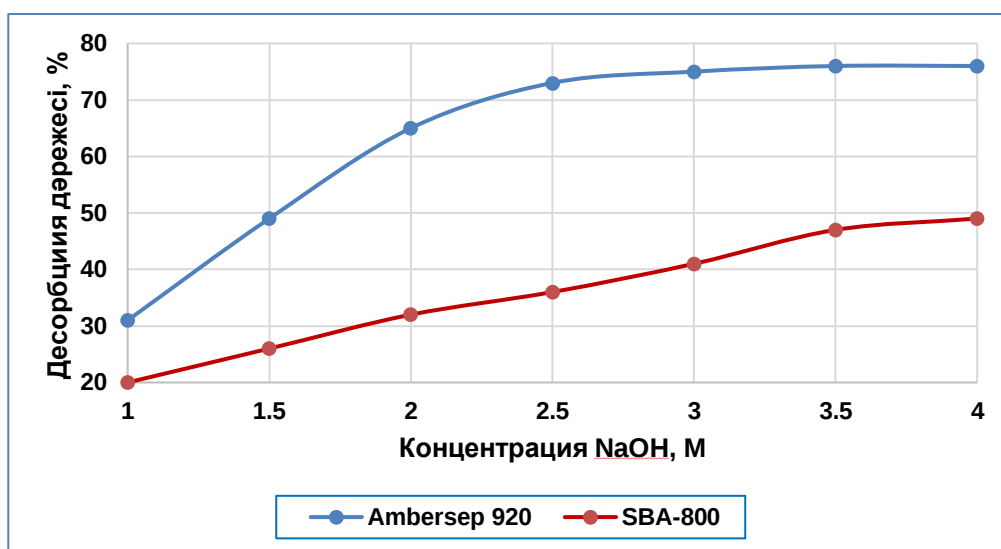
Қатты және сұйық фазаның арақатынасы 1 : 10 тең. Сынақты жүргізудің басынан 30, 60, 90 және 120 минут өткеннен кейін анализдар жүргізу мақсатында реактордан ерітінді сынамасы алынды. Алынған сынамада уранның құрамы анықталынды. Эксперименттің аяғында десорбаттан анионит бөліп алынды, содан соң алынған ерітінділерде уранның құрамы анықталды. Аталған процесстің басты мақсаты десорбциядан кейінгі қаныққан аниониттерден уранды максималды түрде бөліп алу және ұтымды шарттар таңдау болып табылады.

2.2.3 Зерттеу нәтижелері мен оларды өңдеу

Зерттеу нәтижелерінен қаныққан иониттер фазасынан уранды десорбциялауда ерітіндідегі натрий гидроксидінің концентрациясы жоғарылаған сайын уранды бөліп алу дәрежесі артатындығын көрсетті (сурет 5). Сонымен қатар Ambersep 920 аниониті үшін натрий гидроксиді концентрациясының уранды бөліп алу дәрежесі ерітіндідегі NaOH концентрациясы 1,5 М–ден

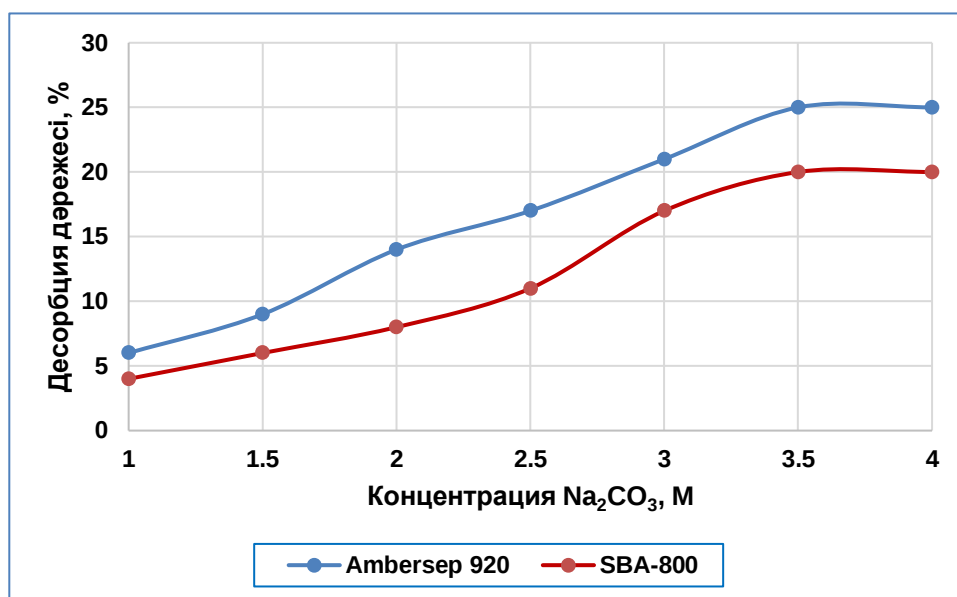
жоғары болғанда артады. Ұқсас жағдай аммоний нитраты ерітіндісін қолданғанда байқалады. Қаныққан анионит фазасынан уранды бөліп алу дәрежесі NH_4NO_3 концентрациясын 1-ден 3,5 М аралығында жоғарылатқанда артады, осы тәуелділік 3-ші суретте байқалынады. Концентрация 3,5 М–ден жоғары десорбциялаушы ерітінділерді қолданғанда, уранды десорбциялау дәрежесі артпайды.

Сонымен қатар, реагенттердің үлкен шығыны процесті айтарлықтай қымбаттады және оның технологиялық ұтымдылығын төмендетеді. Сондықтан процесстің ұтымдылығы тұрғысынан, десорбциялаушы ерітіндінің оптимальды концентрациясы 3,5 М болып табылады.



3 Сурет – Уранның натрий гидроксиді ерітіндісімен десорбциясының көрсеткіштері

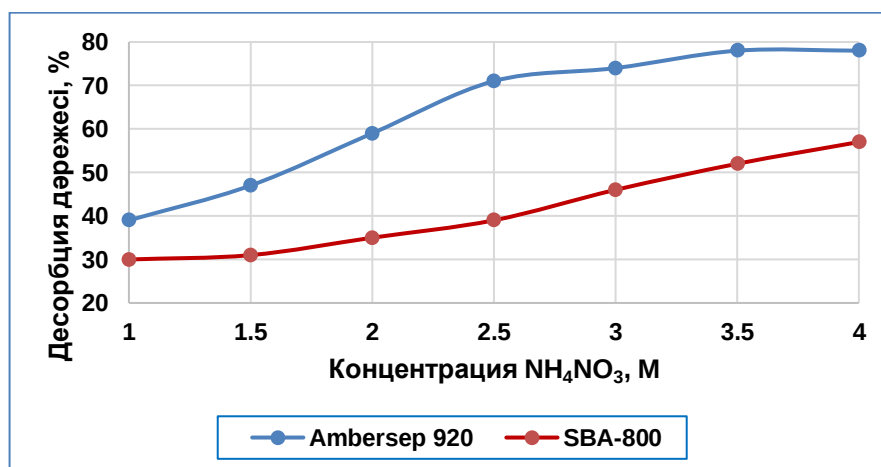
Уранды десорбциялау кезінде қаныққан аниониттер фазасынан уранды бөліп алу десорбциялаушы ерітіндінің концентрациясының өсуіне қарай артады. Анализдер нәтижесі бойынша уранды десорбциялау бойынша ең жақсы нәтижелерге натрий гидроксидін қолдану кезінде қол жеткізілді. Десорбциялаушы ерітіндінің оптимальды концентрациясы 3,5 М. Бұл кезде уранды максималды бөліп алу 4-ші суретте көрсетілгендей 120 минут ішінде жүзеге асырылды



4 Сурет – Аммоний нитраты ерітіндісімен уранды десорбциялау процесінің көрсеткіштері

Уранды сода ерітіндісімен десорбциялау кезінде концентрациясы 3,5М болатын Na_2CO_3 ерітіндісін қолдану кезінде уранның ең жоғарғы десорбция дәрежесі 30 % жетеді. Десорбциялаушы ерітіндінің концентрациясын ары қарай арттыру уранды ерітіндіге бөліп алуға айтарлықтай әсер етпейді, дегенмен процесстің технологиялық көрсеткіштерін біршама төмендетеді.

Сонымен, натрий карбонаты ерітіндісін десорбциялаушы ерітінді ретінде қолдану өндірістік қызығушылық тудырмайды деген тоқтамға келсек болады.



5 Сурет – Натрий карбонаты ерітіндісімен уран десорбциясының көрсеткіштері

Ары қарай уранды Ambersep 920 ионитінен нитратты десорбциялауды зерттеу уранды элюатқа бөліп алу дәрежесі 83 %–дан жоғары, ал SBA-80 ионитінен уранды бөліп алу дәрежесі 58 % құрайды. Бұл Ambersep 920 ионитін уранды сорбциялау арқылы бөліп алу кезінде анағұрлым тиімді екендігін көрсетеді.

Десорбаттағы тауарлы реагенттардың құрамы 2 – кестеде көрсетілген.

2 Кесте –Тауарлы регенераттардың құрамы

Иониттердің атауы	Десорбаттағы құрамы, г / л								
	U	Fe	Al	Si	Ca	Mg	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl
Ambersep 920UXL	16,6	0,12	<0,01	0,002	0,102	жоқ	88,0	44,2	5,2
SBA-800	9,5	0,10	0,02	0,001	0,046	0,026	81,1	71,6	5,0

Осылайша, ең жақсы нәтижелер уранды натрий гидроксиді мен аммоний нитраты ерітінділерімен десорбциялау кезінде қол жеткізілді. Алайда, натрий гидроксиді құнының жоғарылығы мен десорбция дәрежесінің шамалы айырмашылығын ескерсек, іс жүзінде 3,5 М натрий нитраты ерітіндісін пайдаланған тиімді. Алынған элюат ары қарай уран өндірісі үшін қажетті сары кекті алуға жіберіледі.

Жоғарыда айтылғандай, уранды ортаның рН 1,6 – 1,8 кезінде молибден молибдениттің катион формасында болды. Бұл өз кезегінде уранды молибденнің қоспаларынсыз селективті сорбциялауға және оны ерітіндіде концентрlemeуcіз сорбциялауға мүмкіндік береді. Уран сорбциясынан соң ерітінділерді өңдеуде келесі кезең молибденнің сорбциясы болып табылады.

3 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау бөлімі

Қазақстан Республикасының Заңдары.

Осы бөлім Қазақстан Республикасының заңдарын ескере отырып жазылған:

- Еңбек кодексі Қазақстан Республикасының 22.05.2017ж.
- 22.05.2017 ж өрт қауіпсіздігі туралы Заңы;
- 15.05.2017 ж №251-З-ІІ ҚРЗ қауәпті өндірістік объектілеріндегі өнер-кәсіптік қауіпсіздік туралы Заңы.

Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау.

Жұмыс кезінде адам әртүрлі заттармен және адамдармен өзара байланыста болады. Сонымен қатар оған өндірістік жағдайдың параметрлері әсер етеді (температура , ылғалдылық, ауаның қозғалуы, шу және т.б). Бұл адамның еңбегі өтетін белгілі бір жағдайларды сипаттайды. Адамның денсаулығы мен жұмысқа қабілеттілігі, оның еңбекке көзқарасы еңбек жағдайларына үлкен дәрежеде байланысты. Нашар жағдайда өнімділік күрт төмендейді және жарақаттану мен кәсіби аурулардың пайда болуына алғышарттар жасалады. Мұндай факторлар өндірістік жұмыста ғана емес, зертханалық жағдайда да кездеседі. Зертханадағы әрбір адамдар осындай талаптарды сақтауы тиіс:

- Алдын ала техникалық және өрт қауіпсіздік бойынша нұсқамадан өту.
- Өрт сөндіру құралдарын пайдалана білу, олардың орнын білу.
- Дәрі қобдишасын пайдаланып білу және оның орнын білу. Күйіктер (соның ішінде химиялық) және уланулар кезінде алғашқы көмек көрсете білу міндетті.
- Бастапқы реактивтер мен түзілетін заттардың ерекшеліктерін білу.
- Жеке өорғану құралдарын қолдану.
- Жұмыс аяқталғаннан кейін зертхананы тексеріп шығу, газбен, электр,суды өшіру.

Зертханада осындай өрт сөндіру құралдары болу міндетті:

- Кіру есігінің жанында бекітілген өрт сөндіргіш (көмірқышқыл немесе сұйық);
- Құрғақ құм мен қалақ ссалынған ашық жәшік;
- Пайдаланылған қағазға және майланған шүберекке арналған жабылатын жәшік. Бұл сыйымдылықты мезгіл- мезгіл тазалау керек.

Бұдан басқа, қышқыл өткізгішті белгілеу үшін адамдардың өмірі мен денсаулығы, пайдалану кезінде жобада көзделген ГОСТ 14202-69 сәйкес түсті ескерту сақиналарын жағу және ескерту белгілері. Күкірт қышқылы адам терісіне түскен кезде , күшті ұзақ уақыт бойы теріге күйік түсіреді. Көзге тиіп кеткен жағдайда , көрудің жоғалуына алып келеді. Теріге тускен күкірт қышқылын бірден мол сумен жуу керек. Жуу кезінде судың артық болуы мідетті, себебі аз мөлшерде күйік күшеюі мүмкін. Адамның құйылып кеткен жағдайда, үстіндегі арнайы киімдерді шешіп , оны ағынды судың астына орналастырып, шұғыл жедел жәрдем шақырту керек. Жөндеу алдында аппаратура мен құбырлар қышқылдан босатылуы тиіс. Қышқыл құбыры мен

арматураны жөндеуге байланысты барлық жұмыстар, сондай-ақ қышқыл сынамаларын алуды қышқылға қарсы киімдерде, резеңке қолғаптарда және сақтандыру көзілдіріктерінде жүргізілу қажет. Қышқылды сумен араластыру барысында, қышқылды суға құю қажет.

Уран тау-кен өндіру өнеркәсібі қызметінен бірінші кезекте кәсіпорын қызметкерлері (шахтерлар, жабдықтар және операторлары т.б), ал екінші кезекте – маңайдағы елді мекендердің тұрғындары мен табиғат зардап шегеді. Табиғи ортаның жергілікті техногендік ластануының негізгі көзі күкірт қышқылын пайдалана отырып, жерасты шаймалау полигоны болып табылады. Ол қамтиды:

- шахталық суларды уранмен және басқа радионуклидтермен ластау;
- сарқынды суларды жер асты суларына ағызу;
- ластанған аумақтардан радионуклидтердің жаңбырларымен шаю және оларды қоршаған ортаға тарату;

Уран кендерін өндірудің және өндеудің дәстүрлі тәсілдері кезінде әуе бассейнін ластайтын негізгі заттар болып табылады:

– Кен өндіру, тасымалдау, ұсақтау, үйінділерде жинау және гидрометаллургиялық өндіріс-сердің қалдықтарын ұзақ сақтау процесінде пайда болатын шаң, оның ішінде радиоактивті заттары бар шаң. Кеніш шаңындағы радиоактивті заттарға желдету қондырғылары мен өндіріс аймағынан шығару нүктелеріне жақын ластанған кеніш ауасын жұтқан кезде тірі организмдерге зиянды әсер етуі мүмкін ұзақ өмір сүретін сәуле шығарғыштар (U, Ra, Po, Io, RaD, Th) жатады.

– Жарылыс жұмыстары кезінде және гидрометаллургиялық өндеу процесінде реагенттердің кендермен және жартылай өнімдермен химиялық өзара әрекеттесу нәтижесінде бөлінетін газдар (CO_2 , CO, H_2S , азот тотықтары, NH_3 , H_2SO_4 булары және т.б) .

4 Экономикалық бөлім

Дипломдық жұмыс осы бөлімінде зерттеу жүргізудің экономикалық шығындары есептелген, оның ішінде:

- шикізат пен реактивтерге кеткен шығындар.
- электр энергиясының шығыны.
- ыдыс шығындары.
- су шығындары.
- жалпы институт шығындар көлемі.

Сонымен бірге бұл бөлімде экономикалық тиімділік, рентабельділік пен пайда алу шамалары көрсетілген.

4.1. Шикізат пен реактивтер шығындарын есептеу

Зерттеулер жүргізу кезінде реактивтер, әртүрлі шикізаттар және ерітінділер қолданылды. Шикізат пен реактивтер және құралдар шығыны 3 – 4 кестеде көрсетілген.

3 Кесте – Қондырғылар шығыны

Қондырғылар	Қуаты , кВт	Жұмыс сағат саны	Шығыны ,тг
Орбитальды шейкер	0,36	24	8,64

4 Кесте – Шикізат пен реактивтер шығыны

Аты	Мөлшері,кг	Шартты баға, тг	Шығындары , тг
Ambersep 920	0.10	1500	150
SBA 80	0,10	1600	160
NaCO ₃	0,10	1900	19
Барлығы :			329

4.2 Электр энергиясының шығынын есептеу

Электр энергия шығынын есептеу, тәжірибелік жұмыс қондырғыда, араластырғышта жүргізілді. Есептеу мәндері 5 –кестеде көрсетілген.

5 Кесте – Электр энергиясы шығыны

Қондырғылар	Қуаты, кВт/сағ	Жұмыс сағат саны	Шығыны тг
Орбитальды шейкер	0,36	24	8,64
Араластырғыш	1,60	24	746,496
Барлығы :			755,136

4.2.1 Ыдыс шығындарының амортизациялық төлемдері

Тәжірбиелік жұмысқа әртүрлі ыдыстар: колбалар, пипеткалар, химиялық стакандар қолданылды. Ыдыс шығындарының амортизациялық есебі 6 – кестеде көрсетілген.

6 Кесте – Ыдыс шығындарының амортизациялық төлемдері

Аты	Саны, тал	1 тал бағасы, тг	Сумма
Өлшегіш колбалар	2	190	380
Пипетка	1	100	100
Химиялық стакан	2	100	200
Барлығы :			780

4.2.2 Су шығындарының есебі

Тәжірбиелік жұмыста жұмсалатын су мөлшері 7 – кестеде келтірілген.

7 Кесте – Су шығындарының есебі.

Судың сағаттық шығыны, м ³ /сағ	1 м ³ бағасы, тг	Жұмыс сағат саны	Шығыны, тг
0,3	100	24	5,6
Барлығы:			5,6

4.2.3 Еңбек ақыны және әлеуметтік сақтандыру төлемдерін есептеу

Жұмыстың еңбек ақысы лаборанттың 1,2 ставкасы алынады:

$$500 * 0,5 = 2500 \text{ айына,}$$

Зерттеу жұмысының ұзақтығы 0,5 ай:

$$2500 * 0.5 = 1250 \text{ тг,}$$

Жетекші мен консультанттың еңбек ақылары бір дипломдық жұмыс 1 сағатқа 60 тг жалпы санынан алынады.

$$20 * 60 = 1200 \text{ тг,}$$

Негізгі еңбек ақы:

$$1200 + 1250 = 2450 \text{ тг,}$$

Әлеуметтік сақтандыру төлемдері еңбек ақыдан 30 % алынады:

$$2450 * 0,3 = 735 \text{ тг.}$$

4.3 Жалпы институт шығындары

Жалпы институт шығындарына жатады:

- кітапханаға жұмсалатын шығындар
- жатаханалар
- жылу жүйесі шығындары
- су,жарық
- ғимарат пен персоналға кететін шығындар
- еңбек қорғау шығындары

ИОКЭ – де жалпы институт шығындарына еңбек ақыдан 12 % алынады

$$2450 * 0,12 = 294 \text{ тг}$$

4.3.1 Жалпы шығындар саны

8 Кесте – Жалпы шығындар саны

Шикізаттар аты	Шығын саны, тг	Салмақ үлесі, %
Шикізат шығыны	8,64	0,18
Электрэнергия шығыны	755,136	16,35
Ыдыс шығыны	780	16,90
Әлеуметтік қорғау мен еңбек ақыны шығындары	2450	53,06
Жалпы институт шығыны	294	6,36
Шикізат пен реактивтер шығындарын есептеу	329	7,12
Барлығы	4616,776	100

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыстың мақсаты ретінде бекітілген талаптарға сай, келесі қорытындыларға келдік:

1) Бірінші кезеңде Үлкен Қаратау кенорнындағы көміртекті-кремнеземді кенді шаймалаудан кейін, өзекті ерітіндіні сорбциялы өңдеуде уранды сорбциялы бөліп алу статикалық режимде зерттелінді. Уранның бастапқы ерітіндідегі құрамы 0,062 г/л құрады. Ары қарай уранды бөліп алу дәрежесіне рН ортаның әсері мен жоғарынегізді Ambersep 920UXL, SBA-80 аниониттер анионитермен процесстің жүру уақытының әсері зерттелінді.

2) Сонымен қатар, аниониттердің сорбциялық қабілеттіліктері келесідей қатармен өсетіндігі анықталды: Ambersep 920UXL > SBA-800.

3) Анализдер нәтижелері бойынша, уран сорбциясы бойынша ең жақсы нәтижелер күштінегізді SBA-80 және Ambersep 920UXL шайырларын қолдану кезінде алынды. Сонымен қатар, ерітіндінің ең оптимальды ортасы рН 1,6 - 1,8 аралығында болатындығы анықталды.

4) Десорбция процесін статикалық режимде 2 сағат бойы қаныққан ионитті концентрациялары 1,0-ден 4,0М дейін болатын натрий гидроксиді, аммоний нитраты және сода ерітінділерімен үздіксіз араластыру арқылы әрекеттестірді. Қатты және сұйық фазалардың арақатынасы 1:10 құрайды. Ең тиімді десорбциялаушы ерітінді ретінде концентрациясы 3,5 М тең аммоний нитраты таңдалынды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Li Min-ting. Pressure acid leaching of black shale for extraction of vanadium // Transactions of nonferrous metals society of China. -2010. - № 20. – P.112-117.

3 Lu, Z.L. Investigation and industrial practice on extraction of V_2O_5 from stonecoal containing vanadium by acid process. Hydrometallurgy of China. -2002. № 21 (4).-P.175 - 183.

4 Liang J.L., Liu H.J., Shi W.G., Hu E.M., Li X.Q., Peng J., A study of a new technology leaching of vanadium ores with hydrometallurgy // China mining magazine. -2006. - № 15. - P. 64 - 66.

5 Козлов В.А. О формах тенденций уран-ванадиевого оруденения черных сланцев Казахстана // Материалы VI международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности». - Алматы, 2010. - С. 473-475.

6 Козлов В.А., Нуржанова С.Б., Аймбетова И.О. Научно обосновать развитию минерально-сырьевой базы и создать универсальную технологию производства концентратов редких тугоплавких металлов и редкоземельных элементов в Казахстане // Материалы VI международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности». – Алматы, 2010. - С. 471-473

7 Козлов В.А., Терликбаева А.Ж., Батракова Л.Х., Нуржанова С.Б. Углистые уран-ванадиевые сланцы Каратау и их переработка // Промышленность Казахстана. - 2005. - №2. - С. 73-75.

8 Кунаев А.М., Сухарников Ю.И., Левинтов Б.А. Пирометаллургическая переработка редкометального фосфорсодержащего сырья. - Алма-Ата: Наука, 1987.-286 с.

9 Кунаев А.М. Пиро-гидрометаллургические способы переработки ванадиевого сырья Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1971. -С.27.

10 Юлусов С.Б., Козлов В.А., Егоров Н.Б., Суркова Т.Ю., Байгенженов О.С. Физико-химические исследования урансодержащего сырья месторождения Баласаускандык // Вестник КазНУ, 2019, № 1(130), С. 377.

11 Байгенженов О.С., Юлусов О.Б., Хабиев А.Т., Сыдыканов М.М., Акбаров М.С. Исследование процесса выщелачивания редких и редкоземельных металлов из черносланцевых руд Большого Каратау // КИМС, 2019, №3, С. 76-80 Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана: Учебное пособие для вузов. - М. ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. - 247 с.

12 Daher A. M. Removal of uranium from sulfate leach liquor of salcrete deposits using tri-n-octyl amine // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2014, V. 299. -P. 493-499.

13 Ali M. M. Synergistic extraction of uranium from acidic sulfate leach liquor using D2EHPA mixed with TOPO // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2014, V. 300. -P. 963–967.

14 Sohbatzadeh H. Insights into the biosorption mechanisms of U(VI) by chitosan bead containing bacterial cells: A supplementary approach using desorption

eluent, chemical pretreatment and PIXE–RBS analyses // Chemical Engineering Journal. - 2017, V. 323. - p. 492-501.

15 Tan J. Adsorption of uranium (VI) from aqueous solution by tetraphenylimidodiphosphate // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. - 2018, V. 315. -P. 119 - 126.

16 Ang K. L. The effectiveness of ion exchange resins in separating uranium and thorium from rare earth elements in acidic aqueous sulfate media. Part 2. Chelating resins // Minerals Engineering. - 2018, V. 123. - p. 8 - 15.

17 Sazonova V. F. Sorption of uranium (VI) compounds on fibrous anion exchanger surface from aqueous solutions // Colloid Journal. - 2017, V. 79. - p. 270

18 Danko B. Ion exchange investigation for recovery of uranium from acidic pregnant leach solutions // Nukleonika. - 2017, V. 62. -P. 213-221.

19 Xu C. Uranium recovery from leach solution in in-situ leaching of uranium with ion-exchange adsorption // Journal of Chongqing University. - 2009, V. 32. -P. 1398-1402.

20 Cai P. Experimental study of ion exchange and neutralization on acid in situ leach uranium mining waste water // Modern Mining. - 2010, V. 11. -P. 21-23.

21 Туманов Ю. Н. Электротехнологии нового поколения в производстве неорганических материалов: экология, энергосбережение. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 816 с.

22 Меркулова В.П., Нуркеев С.С. Охрана труда и окружающей среды в дипломном проекте. /Методические указания. – Алматы: КазНТУ, 1997.

23 Шокобаев Т.Д. Организация и планирование промышленных предприятий: Учебное пособие, - Алматы: КазНТУ, 2001

24 Маршанова Г.Л. Техника безопасности в школьной химической лаборатории. /Сборник инструкции и рекомендаций// -М.: АРКТИ, 2002.

25 http://cmrp.kz/index.php?option=com_content&view=article&id=351%3A2011-12-23-06-13-08&catid=26%3A2010-05-20-04-5608&Itemid=55&lang=ru

26 Лебедева К.В. Охрана труда и техника безопасности на производстве. – М.: Наука, 1968. – 307 с.

27 Макаров Г.В. Охрана труда в химической промышленности. – М.: Химия, 1977. –56 с.