

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

“Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті” коммерциалық
емес акционерлік қоғамы

Ө.А.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

Берлібек Арайлым Мұратқызы

Өнеркәсіптік масштабта шығыралатын иониттердегі уранның сорбциясын зерттеу

МАГИСТЕРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

“Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті” коммерциалық емес акционерлік қоғамы

Ө.А.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

ӘОЖ 665.622.43.046.6-52 (043)

Қолжазба құқығында

Берлібек Арайлым Мұратқызы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін

МАГИСТЕРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы «Өнеркәсіптік масштабта шығыралатын иониттердегі уранның сорбциясын зерттеу»

Дайындық бағыты 7М07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

Ғылыми жетекшілер:
т.ғ.д., МПЖЖАМТ
кафедрасының профессоры
Сәтбаев Байқоңурова А.О.
«17» 06 2024 ж.

КСРО Мемлекеттік сыйлығының
лауреаты,
Қ.И.Сәтбаев ат.ҚазҰТЗУ профессоры,
Қазақстан Республикасының атом
саласының
еңбек сіңірген қызметкері
Буркурманов Буркурманов Б.Ш.
«17» 06 2024 ж.

Норма бақылаушы
т.ғ.к., МПЖЖАМТ
кафедрасының аға оқытушысы
Коныратбекова Қоныратбекова С.С.
«17» 06 2024

Рецензент:
Ғалым хатшы, аға ғылыми қызметкер
PhD,
РМК филиалы «Қазмеханобр»
мемлекеттік
өнеркәсіптік экология
ғылыми-өндірістік бірлестігі

Сәтбаев Сәтбаев Т.А. *Байқоңурова* Байқоңурова А.О.
«17» 06 2024 ж. секретарь филиала РГП НЦ
КПМС РК ГНПОПЭ «Қазмеханобр»
«17» 06 2024 г.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі МПЖЖАМТ
Қауымд. проф., Ph.D., тех. ғыл. канд,
Чепуштанова Чепуштанова Т.А.
«16» 07 2024 ж.

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

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

“Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті” коммерциалық емес акционерлік қоғамы

Қ.А.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

7M07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»



Кафедра меңгерушісі МПЖЖАМТ
жауымд. проф., Ph.D., тех. ғыл. канд,
Чепуштанова Т.А.
2022ж

Магистрлік диссертацияны орындауға арналған ТАПСЫРМА

Магистрант Берлібек Арайлым Муратқызы

Тақырыбы Өнеркәсіптік масштабта шығыралатын иониттердегі уранның сорбциясын зерттеу

Университет Ректорының 2022 жылғы «23» қараша № 408-П/Ө бұйрығымен бекітілген Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «14» маусым 2024ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: диссертация тақырыбы бойынша ғылыми, оқу және әдістемелік әдебиеттер, құрамында уран бар материалдарды талдау әдістері. (сорбенттер, өндірістік ерітінділер)

Магистрлік диссертацияның қысқаша мазмұны:

- a) ион алмасу процестерінің физика-химиялық негіздері, қолданылатын жабдық уран алу үшін таңдалған анион алмасу сорбенттерінің қасиеттері;
- б) уранға қатысты шайырлардың кинетикалық және сорбциялық сипаттамалары; сорбциялық жүйелерге анализ және зерттеудің шарттарын талдау;
- в) уран өндірісін ұйымдастырудың экологиялық қауіпсіздігі.

Графикалық материалдардың тізбесі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып): зерттеу нәтижелері бар демонстрациялық материал 20 слайдтарда ұсынылсын.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 39 дереккөз.


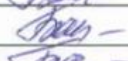
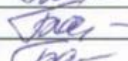
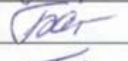


1 Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов: Учеб.Пособие для вузов.-4-е изд. перераб. и доп.-М.: Интермет Инжиниринг,2003.

2 Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов В.И., Рогов А.Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. - Алматы, 2001.

Магистрлік диссертацияны даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, қарастыралатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескерту
Кіріспе	03.10.2022 ж.	
Аналитикалық бөлім	05.01.2023 ж.	
Тәжірибелік бөлім	20.02.2023 ж.	
Еңбекті қорғау бөлімі	11.04.2024 ж.	
Қорытынды	20.05.2024 ж.	
Норма бақылау	12.06.2024 ж.	

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен норма бақылаушысының аяқталған қойған қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Кіріспе	А.О.Байконурова т.ғ.д., МПЖЖАМТ кафедрасының профессоры	03.10.2022 ж.	
Аналитикалық бөлім		05.01.2023 ж.	
Тәжірибелік бөлім		20.02.2023 ж.	
Еңбекті қорғау бөлімі		11.04.2024 ж.	
Қорытынды		20.05.2024 ж.	
Норма бақылау	С.С.Коныратбекова т.ғ.к., МПЖЖАМТ кафедрасының аға оқытушысы	12.06.2024 ж.	

Ғылыми жетекші



Байконурова А.О.

Білім алушы тапсырманы
орындауға алды



Берлібек А.М.

Күні

«12» 06 2024 ж.

АНДАТПА

Магистрлік жұмыс 3 бөлімнен, 39 әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 75 басылған беттен тұратын мәтіннен, 23 сурет және 15 кестеден тұрады. Әдебиеттер тізімі 39 атаудан тұрады.

Тірек сөздер: жер асты шаймалану, ионит, сорбция, десорбция, статика, динамика, кинетика, сорбент, анионит, амфолит, уран, уранил-ион.

Сорбенттердің технологиялық қасиеттерін зерттеу уранқұрамды шикізатты гидрометаллургиялық қайта өңдеудің маңызды аспектісі болып табылады. Шайырды неғұрлым жоғары техника-экономикалық сипатта-масымен алу уран бойынша неғұрлым жоғары сыйымдылыққа қол жеткізуге, таза десорбаттарды алуға, десорбцияға реагенттердің шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Берілген жұмыстың мақсаты Dowex RPU № 3930M; Amberjet 4400 Cl; Bayer-VP-OC 1955-Pt E 5023 Lewatit маркалы иониттердің сорбциялық сипатын зерттеу және осы негізде оларды уран өндірісінде пайдалануға арналған ұсыныстарды дайындау болып табылады.

Жұмыста уран өндірісін ұйымдастырудың экологиялық қауіпсіздігі жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация изложена на 75 страницах, содержит 3 раздела, 15 таблиц, 23 рисунков, 2 приложение и 39 литературных источников.

Ключевые слова: Подземное выщелачивание, ионит, сорбция, десорбция, статика, динамика, кинетика, сорбент, анионит, амфолит, уран, уранил-ион.

Исследование технологических свойств сорбентов является важным аспектом гидрометаллургической переработки шлакового сырья. Получение смолы с более высокими технико-экономическими характеристиками позволяет добиться более высокой емкости по урану, получить более чистые десорбаты, снизить расход реагентов на десорбцию.

Целью данной работы является- изучить сорбционные свойства ионитов Dowex RPU №3930M; Амберджет 4400 КЛ; Vayer-VP-OC 1955-Pt E 5023, леватита и подготовить рекомендации по их использованию в урановом производстве.

В работе проведен экологическая безопасность организации производства урана.

ANNOTATION

The master's thesis is presented on 75 pages and contains 3 sections, 15 tables, 23 figures, 2 appendices and 39 references.

Key words: Underground leaching, ion exchanger, sorption, desorption, statics, dynamics, kinetics, sorbent, anion exchanger, ampholyte, uranium, regenerate, uranyl ion.

The study of technological properties of sorbents is an important aspect of hydrometallurgical processing of slag raw materials. Obtaining a resin with higher technical and economic characteristics makes it possible to achieve a higher uranium capacity, obtain cleaner desorbates, and reduce the consumption of reagents for desorption.

The purpose of this work is to study the sorption properties of Dowex RPU No. 3930M ion exchangers; Amberjet 4400 CL; Vayer-VP-OC 1955-Pt E 5023, levatite and prepare recommendations for their use in uranium production.

The work carried out the environmental safety of the organization of uranium production.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Аналитикалық әдебиеттерге шолу	9
1.1 Ион алмастырғыш сорбцияның физикалық және химиялық негіздері	9
1.2 Уран технологиясындағы ион алмастырғыш шайырларға қойылатын талаптар	10
1.3 Күкірт қышқылы ерітінділерінен уранды алу үшін сорбцияны қолдану	13
1.3.1 Күшті негіздік анионалмастырғыштармен сорбциялау	13
1.3.2 Күшті негіздік катион алмастырғыштармен сорбциялау	17
1.4 Анион алмастырғыштардан уранның десорбциясы	23
1.5 Тауарлы десорбаттардан уранды концентрациялау және бөлу әдістері	24
1.6 Өнімді ерітінділерді өндеудің технологиялық схемалары	27
1.7 Өнімді ерітінділерді өндеу кезінде қолданылатын сорбциялық-десорбциялық жабдық	29
1.8 Өнімді ерітінділерді кешенді қайта өндеу перспективталары	31
1.9 Таңдалған бағыттың теориялық негіздемесі	32
2 Эксперименттік бөлім	33
2.1 Өндіруші фирмалар ұсынған шайыр сипаттамалары	33
2.2 Статикалық режимдегі шайырлардың кинетикалық және сорбциялық сипаттамалары	34
2.2.1 Зерттеу және талдау әдістері	34
2.3 Динамикалық режимдегі анионалмастырғыштардың кинетикалық және сорбциялық сипаттамалары	40
2.3.1 Зерттеу және талдау әдістері	41
2.4 Қаныққан ион алмастырғыштарды регенерациялау	45
2.4.1 Зерттеу және талдау әдістері	45
3 Уран өндірісін ұйымдастырудың экологиялық қауіпсіздігі	50
3.1 Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау	50
3.2 Қорғау шаралары	52
3.2.1 Өндірістік санитария	52
3.2.2 Санитарлық-гигиеналық шаралар	52
3.2.3 Радиациялық қауіпсіздік	53
Қорытынды	57
Пайдалалынған әдебиеттер тізімі	58
Қосымша А. Жарияланған ғылыми еңбектердің бедерлері	61

КІРІСПЕ

Дүние жүзіндегі сенімді барланған уран қорының шамамен 19 % - ы Қазақстан Республикасының жер қойнауында шоғырланған, бұл 900 мың тоннадан астам. Қазақстан аумағында ашылған көптеген ондаған уран кен орындары қалыптасу жағдайлары мен практикалық маңызы жағынан әртүрлі. Геологиялық позициялардың, генетикалық ерекшеліктердің және аумақтық окшауланудың ортақтығы оларды уран кені бар алты провинцияның бөлігі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

«Казатомпром» ҰАК-ның құрамында уран бар рудаларды өңдеу бойынша негізгі кәсіпорындары негізінен Шу-Сарысу және Сырдария уран рудалы облыстарында орналасқан (1-суретке сәйкес).

Неғұрлым кедей және тереңірек кен орындарын игеруге табиғи қатысу сөзсіз өндірілетін пайдалы қазбалар құнының өсуіне әкеледі. Бұл барлық пайдалы қазбаларға, соның ішінде энергетикалық отынның жаңа түрі – уранға да қатысты, өйткені ядролық энергетика өте жылдам қарқынмен дамып келеді [1].

«Казатомпром» ҰАК кәсіпорындарында жерасты шаймалау әдісімен уранды өндіру және өндеуде сорбциялық-десорбциялық технология кеңінен қолданылады. Құрамында уран бар ерітінділерді өңдеу құны бойынша ең қымбат реагенттердің бірі ион алмастырғыш шайыр болып табылады.

Сорбциялық өндеудің түпкілікті өнім сапасын жақсарту үшін үлкен мүмкіндіктері бар. Сорбенттердің технологиялық қасиеттерін сынау құрамында ураны бар шикізатты гидрометаллургиялық өндеудің ең маңызды аспектісі болып табылады. Ең жоғары техникалық-экономикалық сипаттамалары бар шайырларды таңдау уранның жоғары сыйымдылығына қол жеткізуге, неғұрлым таза десорбаттарды алуға және десорбцияға арналған реагенттердің шығынын азайтуға мүмкіндік береді [2].

Қазіргі уақытта ион алмастырғыш шайырлар нарығы ТМД елдерінде де, шетелде де шығарылатын әртүрлі өнімдермен қаныққан, сондықтан сорбенттердің ең тиімді маркаларын таңдау күрделі және өзекті мәселе болып табылады.

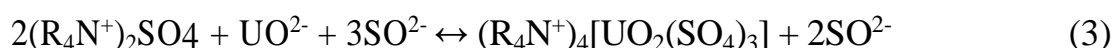
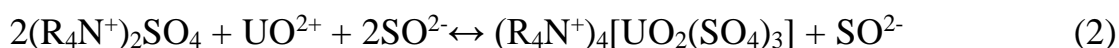
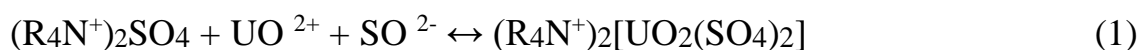
Бұл жұмыстың мақсаты – сорбенттердің сорбциялық сипаттамаларын зерттеу және осының негізінде оларды уран өнеркәсібінде қолдану бойынша ұсыныстар дайындау.

1 Аналитикалық шолу

1.1 Ион алмастырғыш сорбцияның физикалық және химиялық негіздері

Уран алудың сорбциялық әдістері ионалмастырғыш шайырларда – ион алмастырғыштарда ион алмасу процесін қолдануға негізделген. Ион алмастырғыштар қатты, іс жүзінде суда, қышқыл, сілтілі, тұзды және органикалық ортада ерімейді, ион алмасуға қабілетті табиғи немесе жасанды материалдар, олардың көмегімен ерітінділерден әртүрлі катиондар мен аниондарды алуға болады. Соңғы 30 – 35 жыл ішінде ион алмасу процестері гидрometаллургияда маңызды рөл атқара бастады, бұл ең алдымен осы процестердің уран технологиясында кеңінен қолданылуына байланысты [2].

Тұндыру процестерінен айырмашылығы, иондық алмасу жанама өнімдердің, қымбат реагенттер шығындарының болмауымен және кейбір басқа ерекше қасиеттерімен сипатталады: жоғары таңдаулылығымен және бөліну тазалығымен; осы сайланушылықты рН, тотығу-қалпына келтіру жағдайларын өзгертумен, кешенді түзумен және т.б. икемді реттеу мүмкіндігімен; аппараттық ресімдеудің қарапайымдылығы мен ықшамдылығы; автоматтандыруды кеңінен қолдана отырып, үздіксіз процесті жүзеге асыру мүмкіндігімен [3]. Күшті негіздік анионалмастырғыштармен өнімді ерітінділерден уранды сорбциялау процесі ион алмасу және комплекс түзілу теңдеулерімен сипатталады.

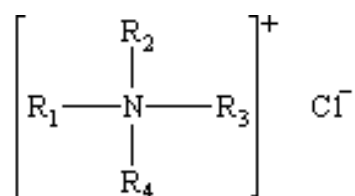


немесе, егер анионит иондық түрінде болса (мысалы, нитрат түрінде):



Өнімді ерітінділердегі уранның төмен концентрациясы ($6 \cdot 10^{-5}$ – $4,5 \cdot 10^{-4}$ М) аниониттерді қолдана отырып, оларды сорбциялық өңдеу процесінің ерекшеліктерін анықтайды [4].

Уран технологиясында функционалдық топтар ретінде төртінші аммоний негіздері бар аниониттерді кеңінен пайдаланады [2]:



2 - сурет – Функционалдық топтар ретінде төртінші аммоний негіздері бар аниониттерді

мұнда R_1, R_2, R_3 и R_4 — органикалық, кейде күрделі, радикалдар.

Бұл типтегі шетелдік аниониттер Амберлит IRA-400 және Дауэкс-1, сондай-ақ ресейлік аниониттер АВ-17, АМ, АМП және тағы да басқа дивинилбензолмен стиролды сополимерлеу арқылы алынады.

Неліктен анион алмастырғыштар уран технологиясы үшін маңызды? Уранға ең тән күрделі уранил аниондары $[UO_2(SO_4)_2]^{2-}$, $[UO_2(SO_4)_3]^{4-}$ – күкірт қышқылды ортада және $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$ – карбонаттағы [2].

Анион алмастырғыштар, мысалы, құрамында темір, магний, кальций және марганец қоспаларының көп мөлшері бар ерітінділерден уранды іріктеп бөліп алуға мүмкіндік береді [4].

Әдетте иониттерді 0,3-тен 2 мм-ге дейінгі мөлшерде түйіршіктелген немесе ұсақталған дәндер түрінде дайындайды және қолданады. Олар ерімейтін және химиялық тұрғыдан орнықты, бірақ суға немесе су ерітінділеріне батқан кезде «ісінеді», бұл ретте олардың көлемі екі еседен артық ұлғаяды. Ісінудің себебі ылғалдану және соның нәтижесінде иониттің кеңістіктік торының созылуы болып табылады [2].

1.2 Уран технологиясындағы ион алмастырғыш шайырларға қойылатын талаптар

Ион алмастырғыш шайырларға қойылатын негізгі талаптарды келесідей тұжырымдауға болады:

- 1) суда және сулы ерітінділерде толық ерімейтіндігі, өйткені шайыр ұзақ уақыт қызмет етуі керек;
- 2) қышқылдар мен сілтілер ерітінділеріне, сондай-ақ әртүрлі тұздарға жоғары химиялық төзімділік;
- 3) шайырдың практикалық құндылығын сипаттайтын жеткілікті жоғары ион алмасу қабілеті болуы керек;
- 4) кен массаларының абразивті әсерінен жоғары физикалық және механикалық беріктігі.

Алғашқы екі талапқа полимерлеу және конденсация кезінде шайырдың молекулалық қаңқасын бір желіге біріктіру арқылы қол жеткізіледі. Қаңқа үшін ең көп тарағандар ретінде стирол мен дивинилбензол-дың инертті сополимерлері қолданылады [6].

Ион алмасу сыйымдылығы шайырдың табиғатына, оның функцио-

налдық топтарының саны мен қасиеттеріне, сондай-ақ шайырды пайдаланатын жағдайларға байланысты.

Шайырдың толық, динамикалық және жұмыс сыйымдылығын ажыратады. Толық сыйымдылық шайырдың барлық мүмкін болатын функционалдық топтарын толтыруға сәйкес келеді. Ол ерітіндінің, рН ортаның табиғатына, сорбция жағдайына байланысты емес, бірақ тепе-теңдік жағдайына қол жеткізуді талап етеді. Серпінді сыйымдылық «секіруге дейін» белгілі бір сорбаланатын ионның санымен сипатталады және сорбция жағдайына байланысты, мысалы, ерітіндіні өткізу жылдамдығына және т.б. байланысты, Жұмыс сыйымдылығы динамикалық ұқсас, ол ионитпен сіңірілген сорбаланатын ионның санына «секіруге» дейін емес, концентрацияларды теңестіру сәтіне дейін сәйкес келеді сорылатын ион бойынша кіріс және шығатын ерітінділер [7].

Айырбастау сыйымдылықтары 1 кг құрғақ шайырға сорбцияланған ионның граммэквиваленттерінде немесе 1 л сөнген шайырға сорбцияланған ионның граммэквиваленттерінде, ал кейде 1 г құрғақ шайырға сорбцияланған ионның миллиграммасында көрсетіледі [8].

Иониттің динамикалық және жұмыс сыйымдылығы көптеген факторларға байланысты: ион алмасу тұрақтылығы, алмасатын иондардың концентрациясы мен сипаты, сүзу жылдамдығы, шайыр дөңдерінің мөлшері, ерітіндінің рН және тағы да басқалар. Бағанадағы ерітіндіні жоғары сорбциялық қасиеттері бар шайырлар арқылы өткізу кезінде олардың динамикалық сыйымдылығы таусылғаннан кейін «секіру» сәтінде уран концентрациясы күрт және анық өседі (2-сурет). Сорбциялық қасиеттері төмен шайырларды пайдалану кезінде қандай да бір құбылыс байқалмайды. Бірінші жағдайда шайырдың сыйымдылығы жақсы пайдаланылады, себебі секіру кезінде шайырдың барлық дерлік қаныққан [2].

Әр түрлі иондар бір-бірінен ионитке тұқымдылығы жағынан ерекшеленеді, бұл өз кезегінде ион алмасу шайырларының селективтілігін анықтайды. Тұқымы иондардың зарядына, олардың гидратталған күйдегі мөлшеріне байланысты.

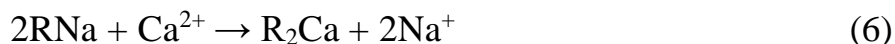


2 - сурет – Ион алмасу шайырларындағы уранның қисық сорбциялары

Мысалы, тотығу дәрежесі жоғарылаған сайын катиондардың катионалмастырғышқа жақындығы артады. Әлсіз айқаспалы (8-10 %-ға дейін дивинилбензол) монофункционалды сульфонды катионалмастырғышқа катиондардың жақындығы қатардағы гидратталған ион радиусының ұлғаюына сәйкес артады $Li^+ < H^+ < Na^+ < NH_4^+ < K^+ < Sr^{2+} < Ba^{2+} < Sc^{3+} < Y^{3+} < Lu^{3+} < Ce^{3+} < La^{3+} < Fe^{3+} < UO_2^{2+} < U^{4+} < Th^{4+}$. Алайда, сульфокатио-ниттердегі тігуші агент санының ұлғаюы және ионогендік топтардың табиғатының өзгеруі (с - SO_3H - $SOON$) тұқымдылық қатарының айналымына әкеледі.

Жалпы жағдайда, сульфокатиониттерге және карбоксилді катиониттерге ион алмасу жынысы Гиббс энергиясының өзгеруімен тіркелген топпен тығыз жақындағанда Антоиондарды ішінара гидратациялауды байланыстырады [2].

Ион алмасу процесі әсер ететін массалар заңына бағынады және ион алмасу реакцияларының тепе теңдік константасымен сипатталады. Шайырдағы сорбция кезінде UO_2^{2+} и Ca^{2+} реакциялар бойынша:



тепе-теңдік тұрақтары тиісінше:

$$K_1 = (a_{Na})_p^2 (a_{UO_2})_{cm} / ((a_{UO_2})_p (a_{Na})_{cm}) \quad (7)$$

$$K_2 = (a_{Na})_p^2 (a_{Ca})_{cm} / ((a_{Ca})_p (a_{Na})_{cm}) \quad (8)$$

мұндағы a – иондық белсенділік Na^+ және UO_2^{2+} ерітінді және ионит

фазаларында.

Тұрақты мән ион алмасу жақындығын анықтайды. Оларды салыстыру ион алмасуының селективтілігін сипаттайды [9].

Көптеген жағдайларда сорбцияланған иондар иониттің құрылымдық элементтерімен күрделі қосылыстар түзетіні белгілі. Бұл кешендер неғұрлым күшті болса, берілген ионға қатысты иониттің селективтілігі соғұрлым жоғары болады. Шайыр фазасындағы кешен түзілуі, мысалы, кейбір катиондарға қатысты карбоксил және фосфор қышқылы катиониттерінің жоғары селективтілігін түсіндіреді. Көптеген иондар өте күшті хелат типті кешендер құрайды. Хелат түзетін иондар, әдетте, әртүрлі металдардың катиондарына жоғары селективтілікке ие [10].

1.3 Күкірт қышқылы ерітінділерінен уранды алу үшін сорбцияны қолдану

1.3.1 Күшті негіздік анион алмастырғыштармен сорбциялау

Ион алмастырғыш шайырлардың қасиеттерін және оларды уран технологиясында оны өндірістік күкірт қышқылды ерітінділерден алу үшін қолдану заңдылықтарын қарастырайық. Алдымен күшті негізді аниониттерді қолдануды қарастырамыз. Күкірт қышқылды ерітінділерде уранның болу ықтималы $[UO_2(SO_4)_3]^{4-}$. Бұл түріндегі уран негізінен аниониттерге сорбцияланады, әсіресе $pH < 2$ [11].

Бұл жағдайда сорбция процесін теңдеулермен сипаттауға болады:



Бір мезгілде, аз дәрежеде болса да, қатысып отырған аниондардың бәсекелестік сорбциясы жүріп жатыр SO_4^{2-} , HSO_4^- , $Fe(SO_4)_2^-$, $Fe(SO_4)_3^{3-}$, кейбір аниондық нысандар V, P, As, Mo, сонымен қатар Cl^- и NO_3^- Катиондар Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Ti^{4+} және кейбіреулері сұрыпталмайды. Қышқылдығы жоғары болғанда, әсіресе, уран бойынша шайырдың сыйымдылығын айтарлықтай төмендететін HSO_4^- - бәсекелестік сорбциясы әсер етеді. Сондықтан, уран сорбциясы, жалпы айтқанда, салыстырмалы түрде жоғары pH ортада жақсы жүреді [12].

Қышқылдықтың төмендеуімен және уран концентрациясының жоғарылауымен шайырдың сыйымдылығы артады, өйткені төрт зарядталған аниондардың орнына $[UO_2(SO_4)_3]^{4-}$ негізінен екі зарядталған кешендер сорбцияланады $[UO_2(SO_4)_2]^{2-}$.

Әрі қарай өте төмен қышқылдықта ($pH = 2,5$) гидролизге байланысты күрделі аниондар $[U_2O_5(SO_4)_3]^{4-}$ және $[U_2O_5(SO_4)_2]^{2-}$ түзіліп, уран үшін

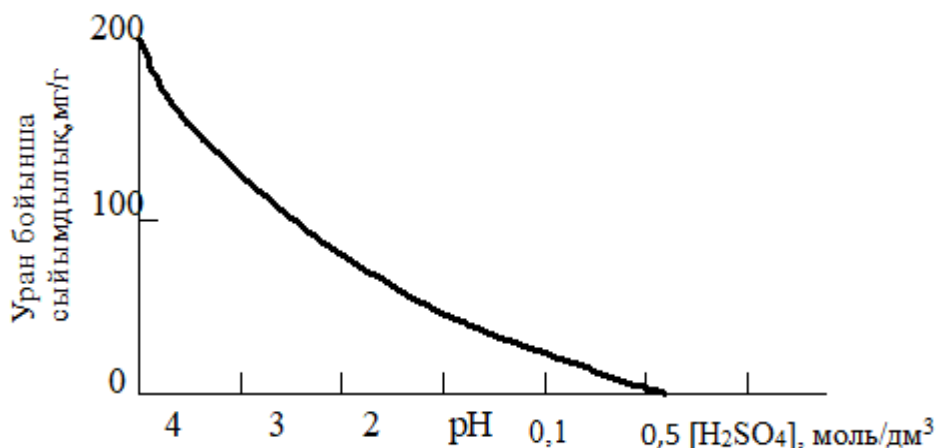
анионалмастырғыштың сыйымдылығын одан әрі арттырады [13].

Осылайша, ортаның рН ионит сыйымдылығына үлкен әсері болатыны анық. Алайда, рН көтерілуімен анионит сыйымдылығының өсуіне қарамастан, сорбция жылдамдығы иондардың қиын диффузиясы нәтижесінде айтарлықтай төмендейді. Қышқылдықтың күшті негізді шайырлар сыйымдылығына әсері 1-кестенің және 3-суреттің деректерін растайды [2]. Шайырдың сыйымдылығы тұздардың болуына айтарлықтай байланысты. Дегенмен, жалпы жағдайда, уран сульфат, бисульфат-иондарға және темірдің анион кешендеріне қарағанда әлдеқайда жақсы сұрыпталады. Сондай-ақ кейбір аниондардың сорбцияға тоқырау әсерін атап өту қажет, бұл олардың уран аниондық түрлерімен бәсекелестігімен түсіндіріледі (4-сурет) [2].

Кейбір реагенттердің депрессиялық әсері шайырдан уранды десорбциялау (регенерация, элюция) кезінде қолданылады. Десорбция, негізінен, сорбцияға қатысты кері процесс. Сондықтан десорбция үшін әдетте азот, тұз, күшті күкірт қышқылдары, хлорид немесе нитрат ерітінділері қолданылады.

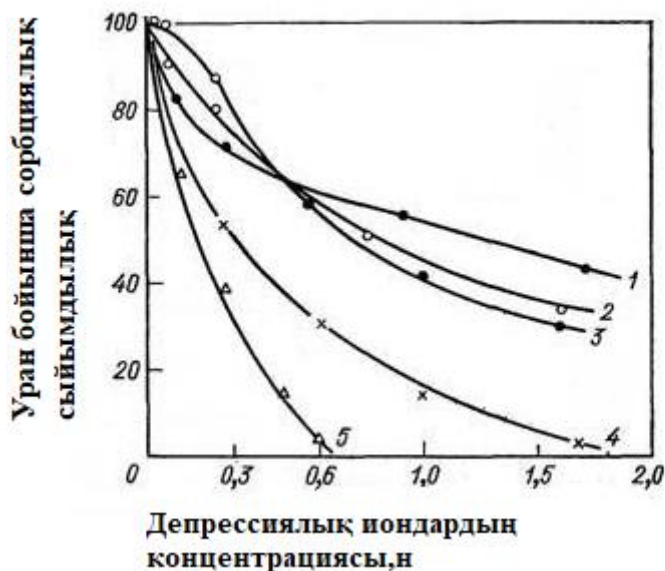
Кесте 1 – Сорбция кезіндегі уран шайырының сыйымдылығының ортаның рН - на тәуелділігі және оның ерітіндідегі уран концентрациясы

рН	Концентрация U, г/л	Шайыр сыйымдылығы, U мг/г
1,4	1	46
1,9	1	58
2,4	1	64
2,9	1	68
3,4	1	70
3,6	1,6	87
3,0	16,0	12
2,1	160,0	180



3 - сурет – Қышқылдықтың уран бойынша күшті негізді аниониттердің сорбциялық сыйымдылығына әсері

Қышқылданған нитрат ерітінділерін қолдану тиімді, бірақ кейде экономикалық себептерге байланысты NaCl және H₂SO₄ қоспасы қолданылады [12].



1 – фосфат-ион; 2 – нитрат-ион; 3 – фторид-ион; 4 – сульфат-ион;
5 – хлорид-ион

4 - сурет – Күшті негізді анионит уранының сорбциялық сыйымдылығының депрессиялық иондардың концентрациясына тәуелділігі

Десорбция кезінде уранды шайыр фазасынан ерітіндіге бөліп қана қоймай, оны мүмкіндігінше аз мөлшерде шоғырландыру қажет екенін ескеру маңызды.

Уранның десорбциясымен бір мезгілде басқа аниондардың десорбциясы жүреді, ал аниондардың шайырға жақындығымен (тепе-теңдік тұрақтыларымен) анықталатын қозғалмалы десорбция фронты бар, М.С.Цветаның хроматографиялық принципіне сәйкес (1903). Бұл құбылыс кейде элюат фракцияларын бөлек жинау арқылы сорбцияланған және жуылатын заттарды бөлу үшін қолданылады (5-суретке сәйкес) [9]. 5-суреттен көріп отырғанымыздай, уранды және темірді бөлу қиын, алайда бұл жерде уранды қозғамай, темірдің 60 %-ын алдын ала алуға және бұл фракцияны жеке өңдеуге шығаруға болады. Кейінгі фракцияда 90 % уран және 40 % темір болуы мүмкін. Жаңа десорбция үшін құрамында уран мөлшері аз регенераттың (элюаттың) соңғы фракцияларын қолдану керек.

Десорбциядан кейінгі уран ерітінділерінің көлемі бастапқы ерітінділердің көлемінен әлдеқайда аз, бұл регенерацияда уранды тиімді концентрациялауға мүмкіндік береді. Регенерациядан уран аммиакпен, NaOH немесе MgO-мен тұнбаға түседі.

Диуратат тұнбасын сүзгімен бөлгеннен кейін десорбциялайтын ерітінді регенерат ретінде қышқылданады және айналымға жіберіледі. Бұл ретте онда SO_4^{2-} жинақталуын ескеру керек [2].



5 - сурет – Уран (1), сульфат-ионның бірлескен десорбциясы (2) шайырдан жасалған темір (3)

Бірқатар заттардың сорбцияға айқын бәсеңдететін әсері бар. Мұндай депрессорлардың әрекеті ерекше. Ондағы кейбір аниондардың жиналуы нәтижесінде шайырмен улану жағдайлары кездеседі. Бірнеше осындай аниондарды қарастырыңыз:

1) Құрамында бес валентті ванадий, шайыр сіңіретін VO^{3-} және VO_4^{3-} бар аниондар кәдімгі десорбенттермен десорбцияланбайды. Уранды сорбциялау алдында оларды күкірт қышқылының ерітіндісімен жуу немесе ванадийді сіңірілмейтін төрт валентті түрге айналдыру қажет.

2) молибдат ионы MoO_4^{2-} шайырмен өте күшті байланысады. Ол шайырды NaOH ерітіндісімен өндегенде ғана жуылады;

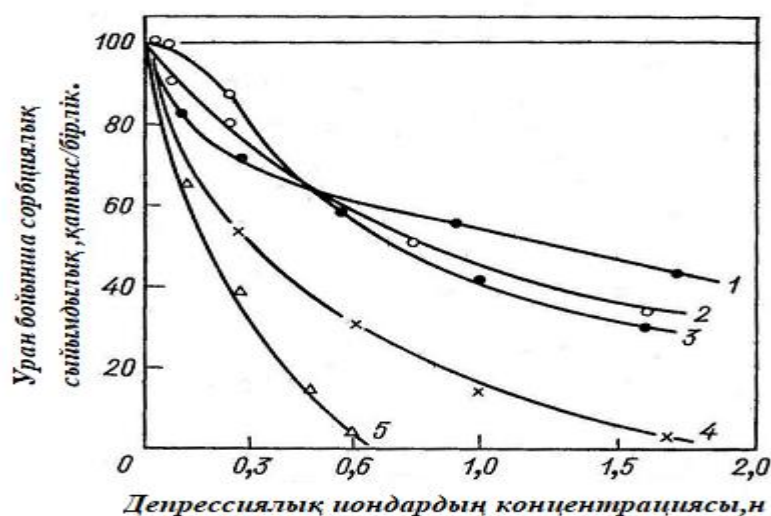
3) ерітіндіде коллоидты түрде немесе Na_2SiO_3 түрінде болатын кремний қышқылы силикат иондарының сорбциялануы немесе коагуляция нәтижесінде иониттің кеуектерінде берік ұсталады. Оны шайырды концентрлі $NaNO_3$ ерітіндісімен өңдеу арқылы жоюға болады;

4) кейбір жағдайларда, мысалы, Оңтүстік Африка кендерін өңдеу кезінде, сілтісіздендіруден кейінгі ерітінділерде политионаттардың түзілуіне және күкірттің бөлінуіне әкелетін CN^- иондары болады [2].

В0-020 және ВD-706 маркалы аниониттермен уран мен ренийдің сорбциясын зерттеу нәтижелері ұсынылған. Күшті негізді аниониттердің әлсіз негіздерге қарағанда уранның айырбастау сыйымдылығы жоғары

екендігі көрсетілген. Уран мен ренийдің бірлескен сорбциясы бойынша ең жақсы нәтижелер ВО-020 анионитінде алынды, онда уран бойынша статистикалық айырбастау сыйымдылығы 41,2 мг/г құрады [15].

Ерітінділерден уранды сорбциялық алу кезінде негізгі және аниониттер. Өнімді ерітінділердегі ілеспе қоспалар бірдей әрекет етпейді. Сілтілі және сілтілі жер элементтерінің катиондары, мыс, темір, кобальт, марганец иондары іс жүзінде сорбцияланбайды. Сульфат, нитрат, хлорид, фтор және фосфат иондары жақсы сіңеді және депрессор болып табылады. Сонымен қатар, аниондарда жиналып, оларды "уландыруға" қабілетті аниондар бар, өйткені олардың соңғыларымен жақындығы өте күшті [16].



1 – фосфат – ион; 2 – нитрат – ион; 3 – фторид ион; 4 – сульфат – ион;
5 – хлорид – ион

6 - сурет – Күшті негізді анионит уранының сорбциялық сыйымдылығының депрессиялық иондардың концентрациясына тәуелділігі

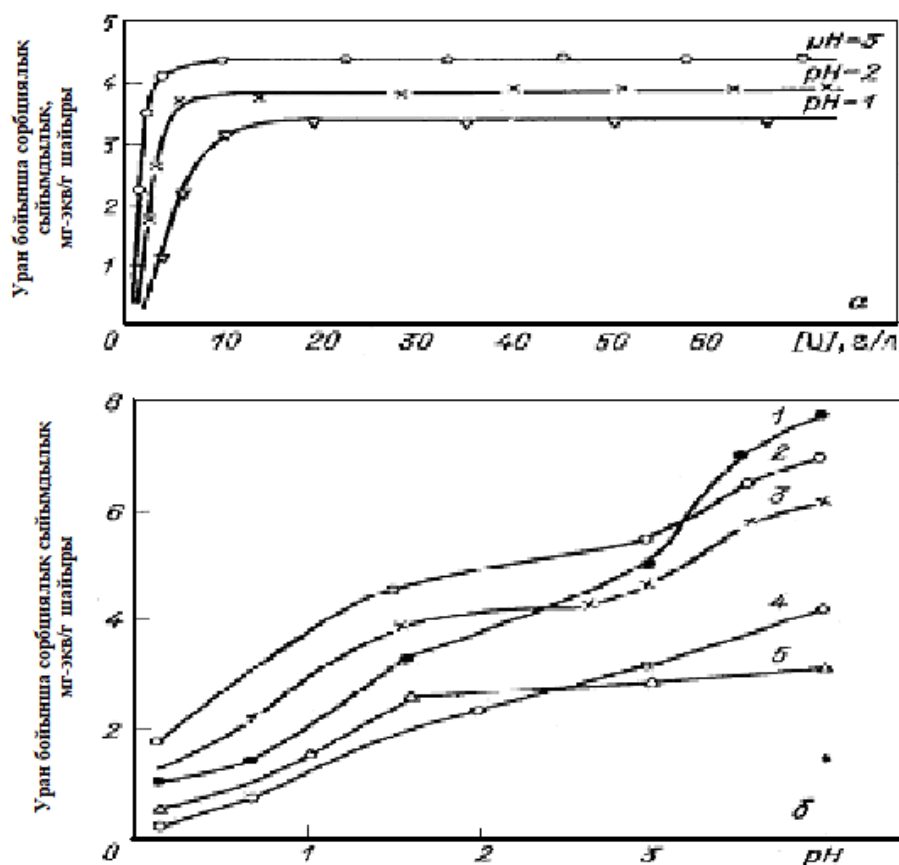
1.3.2 Қатты қышқыл катионалмастырғыштармен сорбциялау

Ионалмастырғыштардың осы класының типтік өкілдерінің бірі дивинилбензолдағы стирол сополимерін сульфохлорлау, содан кейін сабындау арқылы алынған күшті қышқылды полимерлеу типті ион алмастырғыш КУ-2 катионалмастырғышы болып табылады [6].

Осы катионалмастырғышпен уранды (VI) сорбциялаудың өте тік изотермасы (7а-сурет) шайырға иондардың жоғары жақындығын көрсетеді. Сонымен қатар, КУ-2 сорбциялық және десорбциялық процестердің жоғары жылдамдығымен ерекшеленеді (кейбір деректерге сәйкес, сорбциялық тепе-теңдік 6-10 минут ішінде болады). КУ-2 катионалмастырғышының алмасу қабілетінің ортаның рН мәніне тәуелділігі қызығушылық тудырады. Бұл

тәуелділік бб-суретте көрсетілген, мұнда нәтижелер тек КУ-2 үшін ғана емес, сонымен қатар кейбір басқа катионалмастырғыштар үшін де берілген.

pH ерітінділерді ұлғайта отырып, барлық катиониттер сыйымдылығының едәуір өсуі және сульфогруппалар бойынша толық айырбастау сыйымдылығы (теориялық) мәндерінің жоғары pH саласында нақты сыйымдылығының артуы назарға алынады. Бұл құбылыс уран иондарының сорбциясына жалпы формуласы $UO_2[OUO_2]_n^{2+}$, байланысты, мұнда n ортаның pH 0-ден 1,2-ге дейін ұлғаюына қарай өзгереді [2].



а – Ортаның әр түрлі pH кезіндегі КУ-2 сорбция изотермалары;

б – әртүрлі катионалмастырғыштармен сорбцияның ортаның pH ға тәуелділігі;

1 – катионалмастырғыш МСФ-3; 2 – КУ-2; 3 – СДВ-3; 4 – КУ-1; 5 – СВС-1

7 - сурет – Күшті негіздік катионалмастырғыштармен уранның сорбциясы

КУ-2 катионитінің оң қасиеттерінің бірі-аммоний нитратының ерітіндісімен шайыр фазасынан уранның жоғары және толық десорбциясы.

Уран технологиясында КУ-2 катиониті оның төмен селективтілігіне байланысты өте сирек қолданылады. Шынында да, уранның селективті сорбциясы басқа орталарға қарағанда жоғары болатын күкірт қышқылды орталарда да уран мен қоспалардың таралу коэффициенттері келесідей (арналған 0,5 г-экв/л H₂SO₄): UO₂²⁺ - 29,2; Th - 263; Mg - 124; Fe(III) - 255; Al - 540; Cu(II) - 128, Ce(III) - 10³ [2].

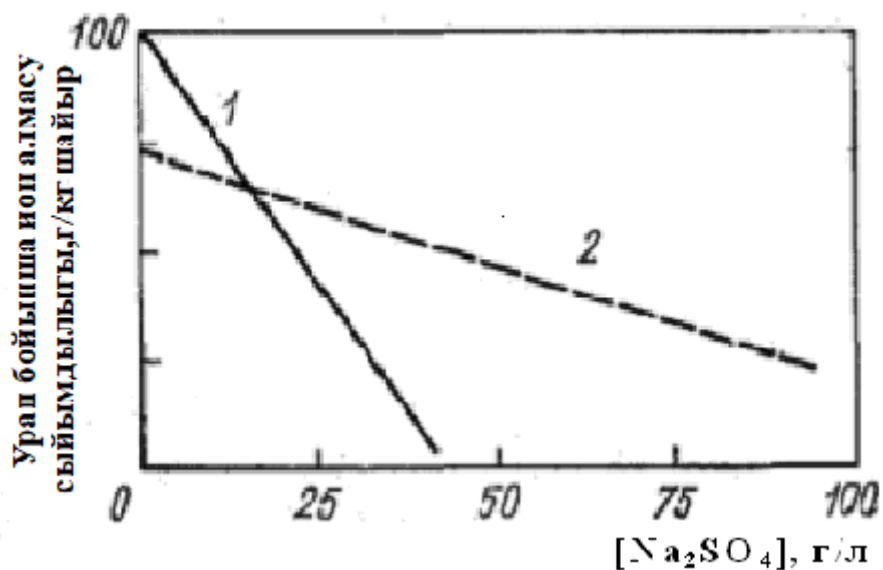
Уранның басқа катиондардан белгілі бір бөлінуіне уранның сульфат иондарымен комплекске түсу қабілетіне байланысты, мысалы, сирек жер элементтеріне тән емес, элюция кезінде қол жеткізуге болады. Сонымен қатар комплекс түзуші заттарды қолдану олардың сорбциялануын болдырмау үшін бірқатар қоспа элементтерін тұрақты комплекстерге байланыстыруы мүмкін. Мысалы, ЭДТА Fe, Mo, V, Cu және Pb комплекстерін біріктіреді, бұл уран сорбциясының селективтілігін айтарлықтай арттырады [14].

Қорытындылай келе, 1-ші топтағы күшті негіздік, ал кейбір жағдайларда күшті қышқылды ион алмастырғыштарды белсенді және сенімді сорбенттер деп айта аламыз. Бірақ олар аса селективті емес, өйткені олар уранмен бірге SO₄²⁻, Fe, P, As, V, сирек жер элементтерін (СЖЭ) Al, Th және тағы да басқа сіңіреді, бұл белгілі бір қиындықтар мен асқынулар тудырады. 1-ші класты ионалмастырғыштардың елеулі кемшілігі ерітіндідегі тұздар – «фондық» қоспалар болған кезде олардың сыйымдылығы күрт төмендейді.

Әлсіз қышқылдардың немесе негіздердің қасиеттерін көрсететін 2-топты иониттер 1-топтағы иониттермен салыстырғанда уран сорбциясының көбірек селективтілігімен және «фондық» қоспаларға сезімталдығымен сипатталады. Сондықтан олардың маңызы зор.

2-ші топтағы ион алмастырғыштарға шайырлар жатады: СГ-1 – әлсіз қышқылдық катионалмастырғыш, АН-2-ф – әлсіз негіздік анион-алмастырғыш, сонымен қатар орташа негізді анион алмастырғыштар, ЭДЭ-10 ион алмастырғыш шайыр және α-150 вофатит [2].

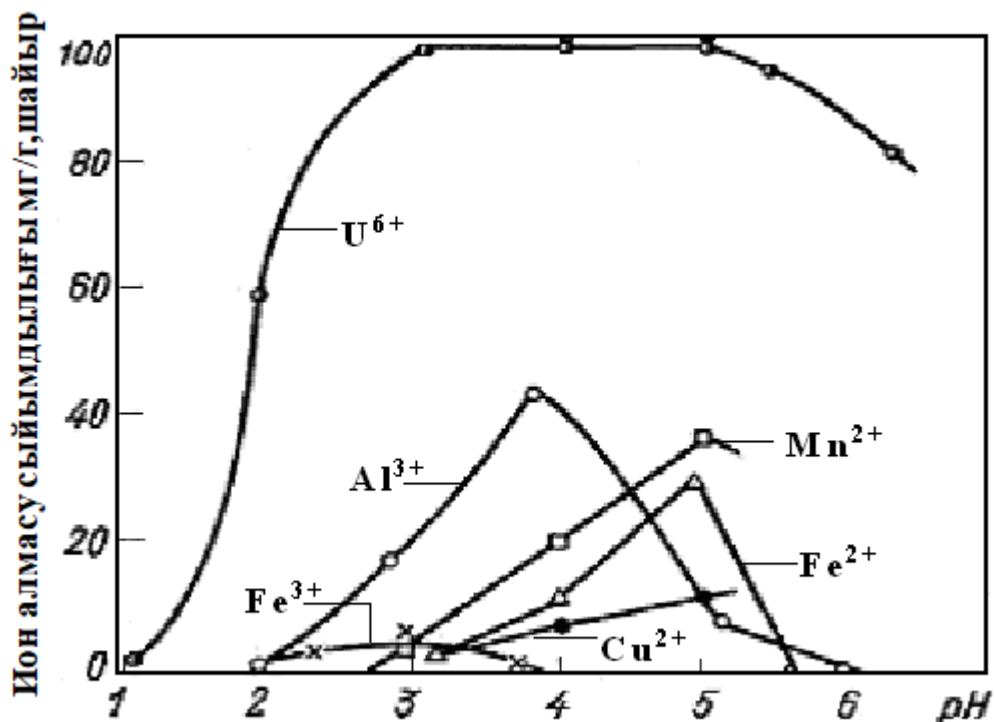
Бұл топтағы шайырлардың технологиялық тұрғыдан маңызды қасиеттері бар: олар ерітіндінің тұз құрамына аз тәуелді және белгілі бір жағдайларда таңдаулы болады.



8 - сурет – КУ-2 (1) және СГ-1 (2) катиониттерінің уран бойынша ион алмасу сыйымдылығының натрий сульфатының концентрациясына тәуелділігі.

СГ-1 - әлсіз қышқылға ұқсас (мысалы, сірке қышқылы) COOH функционалдық тобы бар әлсіз қышқыл карбон ионалмастырғышы сәйкес көлденең байланысы бар акрил және метакрил қышқылдары негізінде синтезделеді. Бұл ионалмастырғыштың әрекеті карбоксил тобымен UO_2^{2+} күрделі түзілуіне негізделген. Оның КУ-2 ион алмастырғышымен салыстырғандағы қасиеттерін 8-суреттен бағалауға болады. Типтік, әлсіз қышқыл катионалмастырғыштың сипаттамаларына сәйкес, уранның СГ-1 шайырымен айқын сорбциясы басталады.

Оңтайлы рН мәндері 2,8-3,5. 8-суретте СГ-1 катионалмастырғышының кейбір катиондарды ерітіндіден сорбциялау нәтижелері көрсетілген, г/л: U - 1; Fe^{3+} - 0,05; Fe^{2+} - 2,5; Al^{3+} - 1; Mn^{2+} - 5.



9 - сурет – СГ-1 шайырының ион алмасу сыйымдылығының уран және оған ілеспе қоспалар бойынша ортаның рН тәуелділігі

9 - суретке сәйкес, рН 2,8-3,5 кезінде шайырға жақсы ион алмасу сыйымдылығы және уран сорбциясының жоғары селективтілігі тән. Көрсетілген рН диапазонында ерітіндідегі үш валентті темір өте аз, өйткені ол гидроксиді түрінде тұнбаға түседі (2-кесте). Cu^{2+} және Mn^{4+} туралы да солай деуге болады. Al^{3+} катионы аз және ол шайырдан уранмен ығыстырылады. Аниондық формадағы барлық элементтер шайырмен СГ-1 іс жүзінде сұрыпталмайды. Бұдан басқа, талап етілетін рН 2,8-3,5 мәні әдетте алдын ала әк қосумен (рН-өңдеу) жетеді. Бұл ретте Fe (ОН)₃-пен бірге As, Sb, R және басқа да қоспалар тұндырылады және сорбцияға жіберілетін ерітіндіде олар аз болады [2].

Кесте 2 – Күкірт қышқылы ерітінділерінен анион алмастырғыштармен сорбциялау кезінде уранның таралу коэффициентінің Fe^{3+} концентрациясына тәуелділігі.

Анионит	Концентрация Fe^{3+} , г/л				
	0	0,5	1,0	5,0	10,0
АМ-п	$7,4 \cdot 10^2$	$7,0 \cdot 10^2$	$6,8 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^2$	$2,7 \cdot 10^2$
ВП-1п	$3,3 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$	$2,9 \cdot 10^2$	$2,7 \cdot 10^2$

Ескертпе: сорбция жүргізу шарттары - рН 1,8, уран концентрациясы – 50 мг/л

Нитрат, хлорид және ацетат иондары олардың мөлшері 100 г/л-ден асса да, СГ-1 шайырының сыйымдылығына әсер етпейді [2] 3, 4 кестелер. Демек, шайырдың көмегімен сұйытылған хлоридті және азот қышқылды ерітінділерден сорбция жүргізуге болады.

Алайда, уранды комплекс түзуші заттардың көп мөлшері (PO_4^{3-} , F^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) уранға арналған СГ-1 шайырының сорбциялық қабілетін төмендетеді және олардың ерітіндіде болуын қатаң бақылау қажет.

Кесте 3 – рН мәні 1,8 күкірт қышқылы ерітінділерінен анион алмастырғыштармен сорбциялау кезінде уранның таралу коэффициентінің нитрат иондарының концентрациясына тәуелділігі

Анион алмастырғыш	Концентрация NO_3^- , г/л				
	0	0,25	0,5	1,0	3,0
Ерітіндіде уранның концентрациясы – 50 мг/л					
АМ-п	$7,4 \cdot 10^2$	$5,8 \cdot 10^2$	$5,1 \cdot 10^2$	$4,2 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^2$
ВП-1п	$3,3 \cdot 10^2$	$2,75 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$
Ерітіндіде уранның концентрациясы 5 мг/л					
АМ-п	$1,5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$	$8,6 \cdot 10^2$	$6,4 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^2$
ВП-1п	$6,1 \cdot 10^2$	$4,6 \cdot 10^2$	$3,7 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^2$

Кесте 4 – рН мәні 1,8 күкірт қышқылы ерітінділерінен анион алмастырғыштармен сорбциялау кезінде уранның таралу коэффициентінің хлорид иондарының концентрациясына тәуелділігі.

Анион алмастырғыш	Концентрация Cl^- , г/л				
	0	0,5	1,0	3,0	6,0
Ерітіндіде уранның концентрациясы 50 мг/л					
АМ-п	$7,4 \cdot 10^2$	$6,6 \cdot 10^2$	$6,5 \cdot 10^2$	$4,9 \cdot 10^2$	$3,6 \cdot 10^2$
ВП-1п	$3,3 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	$2,4 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^2$
Ерітіндіде уранның концентрациясы 5 мг/л					
АМ-п	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,46 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^3$	$7,9 \cdot 10^2$
ВП-1п	$6,1 \cdot 10^2$	$6,0 \cdot 10^2$	$5,8 \cdot 10^2$	$4,9 \cdot 10^2$	$3,2 \cdot 10^2$
Анионит	Концентрация Cl^- , г/л				
	0	0,5	1,0	3,0	6,0

Карбонатты ерітінділерден сорбциялауда тек күшті негізді анионалмастырғыштарды қолдануға болады. Бұл ретте сілтілі ортада күкірт қосылыстарының тотығуы кезінде түзілетін уранның сорбциясын төмендететін CO_3^{2-} , HCO_3^- және әсіресе SO_4^{2-} ерітінділерінде болуының кері

әсерін есте ұстаған жөн; сұйық фазаның аниондық компоненттерінің қосындысындағы уранның төмен эквивалентті үлесі.

Осылайша, уран кенінің белгілі бір түрін өңдеуге арналған ионитті негізделген таңдау алынған ерітінділердің оңтайлы шаймалау жағдайларын анықтағаннан кейін және тұз құрамын нақтылағаннан кейін жасалуы мүмкін және қажет екені анық [2, 5].

1.4 Анионалмастырғыштардан уранның десорбциясы

Анион алмастырғыштардан уранды десорбциялау үшін әртүрлі химиялық реагенттердің ерітінділері қолданылады. Ионалмастырғыштар-дың фазасындағы уранилсульфатты комплекстер күкірт қышқылының күшті ерітінділерімен элюцияланады немесе нитрат, хлорид және көміртекті аммоний тұздарының ерітінділерімен ығыстырылады. Егер десорбция үшін күкірт қышқылының немесе аммоний карбонатының тұздарының ерітінділері пайдаланылса, олардың артықтығынан жуылған анионалмастырғыш күкірт қышқылымен немесе бикарбонатты өнімді ерітінділермен тікелей жанаса алады, ал хлоридті немесе нитратты реагенттермен десорбциялау қосымша регенерация (конверсия) қажеттілігін туғызады) осы ерітінділерге депрессиялық аниондардың түсуін болдырмау үшін өңделген ерітінділерге сәйкес формадағы анионалмастырғышты пайдалану.

Десорбция процесінің көрсеткіштері – уранға аниониттің қалдық сыйымдылығы, десорбаттың тауарлық фракциясының шығымы, ондағы уранның мөлшері – десорбциялаушы заттың табиғатымен, оның концентрациясымен, технологиялық процестің температурасымен, сондай-ақ қолданылатын сорбенттің физика-химиялық сипаттамалары (5-кесте).

Десорбция температурасының жоғарылауы оның өнімділігінің айтарлықтай жақсаруына әкеледі. Мысалы, күкірт қышқылының десорбциясы кезінде температураның 50-60 °С дейін жоғарылауы шайырдың ерітіндімен қажетті жанасу уақытын 20-30 % қысқартып қана қоймайды, сонымен қатар десорбаттың тауарлық фракциясының шығымдылығын төмендетеді және ондағы уран концентрациясын 10-15 %-ға арттырады [5].

Кесте 5 – 40 кг/т күкірт қышқылы ерітіндісіндегі шартты қанықтыру қабілеті бар анионалмастырғыштардан әртүрлі ерітінділермен уранды десорбциялау процесінің көрсеткіштері

Қолданылатын анионалмастырғыштың түрі	H ₂ SO ₄					NH ₄ NO ₃ + HNO ₃ (H ₂ SO ₄)				
	C _д	E _{ост}	$\frac{Vp}{Vc}$	C _У	τ _д	C _д	E _{ост}	$\frac{Vp}{Vc}$	C _У	τ _д
Гель тәрізді (АМП)	15-18 12-15*	1.5-2.5	3-4	5-7	30-36	8-10 NH ₄ NO ₃ + 1-2 кислоты	0,5-1	1,5-2,5	8-13	16-20
Кеукті (ВП-1Ап, АМ-п, ВП-1п)	15-18	1-2	2-3	5-7	20-24	8-10 NH ₄ NO ₃ + 1-2 кислоты	0,5-1	1,5-2	7,5-10	12-16
Қолданылатын анионалмастырғыштың түрі	NaCl, NH ₄ Cl					NH ₄ HCO ₃ + (NH ₄) ₂ CO ₃				
	C _д	E _{ост}	$\frac{Vp}{Vc}$	C _У	τ _д	C _д	E _{ост}	$\frac{Vp}{Vc}$	C _У	τ _д
Гель тәрізді (АМ-п)	6-8	0,5-1	1-1,5	13-20	10-12	10-12	2-5	4-5	4-5	12-16
Кеукті (ВП-1Ап, АМ-п, ВП-1п)	6-8	0,5-1	0,8-1,2	12-18	8-10	10-12	2-4	3,5-4,5	3-4	8-12

Ескертпе: C_д - десорбациялайтын ерітіндідегі реагенттің массалық шоғырлануы, %;

E_{ост} - уран бойынша аниониттің қалдық сыйымдылығы, кг/т;

Vp/Vc - тауарлық десорбаттың шығуы, сорбенттің көлемі/көлемі;

C_У – десорбаттың тауарлық фракциясындағы уранның шоғырлануы, кг/м³;

τ_д – десорбцияның қажетті ұзақтығы, сағ;

* – 10-15 г/л қосылған HNO₃.

1.5 Өнеркәсіптік десорбаттардан уранды концентрациялау және бөлу әдістері

Шетелдік және отандық жерасты шаймалау (ПВ) кәсіпорындарында уранды аниониттерден десорбциялау әдісіне байланысты оны шоғырландырудың және тауарлық десорбаттардан бөлудің әртүрлі әдістері қолданылады. Тұзды ерітінділермен десорбция жағдайында (NH₄NO₃, NaCl, NH₄Cl) уран әдетте аммиак полиуранаттары түрінде немесе натрий полиуранаттары түрінде каустикалық натрий ерітінділерін қолданған

жағдайда аммиак сулы ерітінділерімен тұндырылады. Полиуранаттардың тұнбалары фильтрлі престерде сығымдалады және одан әрі тазарту үшін гидрометаллургиялық зауытқа тасымалданады.

Уранды қоспалардан тазарту үшін оның тұнбасын бөлшектеп, ба-сында рН $3,6 \div 3,8$ темір және кейбір басқа қоспаларды тұндыру, ал аналық ерітіндіні тазартқаннан кейін рН $6,5 \div 8$ полиуранаттарды тұндыру арқылы жүргізуге болады. алынған химиялық концентраттар олардың тазалығына байланысты 40-тан 64 %-ға дейін болуы мүмкін. Десорбциялау ерітінділерін дайындау үшін полиуранатты тұнбалы аналық ерітінділер қолданылады [2].

Кейбір жағдайларда полиуранаттар күшті күкірт қышқылында ериді және уран концентрацияланған ерітінді (200 г/л U дейін) тот баспайтын болаттан жасалған цистерналарда ГМЗ-ге жіберіледі.

Кейде уранды қышқылданған хлоридті десорбаттардан пероксид түрінде бөліп алады [17].

Уран алудың гидролитикалық әдісінің қарапайымдылығы мен тиімділігіне қарамастан, оның елеулі кемшілігі бар – айналымдағы өнімді ерітінділермен бірге жер асты горизонттарына төгілуге тура келетін се-литра немесе хлорид ерітінділерінің теңгерімсіз көлемінің жинақталуы.

Бұл кемшілік уранның күкірт қышқылын десорбциялау әдісінен айырылады, өйткені тауарлық десорбаттардан алынған уран сорбциялық немесе экстракциялық жолмен шоғырлануы мүмкін және бай сода десорбаттары немесе уран концентрациясы 80-100 г/л болатын реэкстрактілер түрінде оқшаулануы мүмкін, ал күкірт қышқылының тазартылған ерітінділері десорбцияға қайтарылуы немесе жер асты шаймалау процестері үшін пайдаланылуы мүмкін [12].

Уранды күкірт қышқылы мен нитрат десорбаттарынан концентрациялау және бөлу үшін ион алмастырғыш мембраналармен электродиализ процесін қолдануға болады.

Электродиализ процесінде реагенттерді - күкірт және азот қышқылдарын, нитрат тұздарын рекуперациялау дәрежесі 80 % -ға жетуі мүмкін екендігі анықталды, бұл ретте уран бай концентраттар түрінде бөлінеді (уран гидратирленген диоксиді) [6].

Карбонат-бикарбонат десорбаттарынан уранның бөлінуі көмірқышқыл тұздарының 90-100 немесе 120-130 °С температурада термиялық ыдырауымен, қалдық газдарды ұстап, уранил монокарбонаты, уранат және аммоний диуранатының қоспасы түрінде уранның тұндыруымен жүзеге асырылуы мүмкін. Алынған тұнбаны ГМЗ-де кальцинациялау кезінде уран ди-және триоксидінің қоспасы түзіледі [11].

Карбонат-бикарбонат регенераттарынан уран пероксиді түрінде уран бөлінуі мүмкін.

Әртүрлі құрамдағы тауарлық десорбаттардан уранды әртүрлі тәсілдермен шоғырландыру кезінде алынатын түпкілікті өнімдердің түрлері б-кестеде келтірілген.

Кесте 6 – Тауарлы десорбаттардан уранды әртүрлі әдістермен байыту арқылы алынатын соңғы өнімдердің түрлері

Тауар десорбатының сипаттамасы	Уран концентрациясы әдісі	Алынған өнімдердің түрі	
		Соңғы дайын өнім	Технологиялық өнімдер
Күкірт қышқылды, 100-150 г/л H ₂ SO ₄	Сорбциялы	Уран концентрациясы бар бақша тауарлық десорбаты 80-100 г/л	Күкірт қышқылының концентрациясы бар ерітіндісі 90-140 г/л
	Экстракциялық	Уран концентрациясы бар бақша тауар реэкстрактісі 80-100 г/л	Күкірт қышқылының концентрациясы бар ерітіндісі 90-140 г/л
	Ионитті мембраналары бар электродиализ	Аммоний полиуранаттары	Күкірт қышқылының концентрациясы бар ерітіндісі 80-120 г/л
Нитрат-күкірт қышқылды, 80-100 г/л NH ₄ NO ₃ + 10-20 г/л (NH ₄) ₂ SO ₄ + 10-20 г/л қислоты	Гидролиттік шөгу	Аммоний полиуранаттары	Аммиакты нитрат ерітіндісі (10 %) және аммоний сульфаты (1-2%), рН 8,5÷9
	Ионитті мембраналары бар электродиализ	Аммоний полиуранаттары	Күкірт және азот қышқылы қоспасының ерітіндісі, 10-20 г/дм ³ . аммоний нитраты ерітіндісі
Хлоридті, 6-8 % NaCl или NH ₄ Cl	Гидролиттік шөгу	Аммоний немесе натрий полиуранаттары	Натрий хлоридінің сілті немесе аммиак ерітіндісі
Хлоридті-сілтілі, 6-8 % NaCl + 1-2 % NaOH	Гидролиттік шөгу	Уран пероксиді	Натрий хлоридінің ерітіндісі
Бикарбонатты карбонат	Кристалдарды тұздану	Аммоний уранилтрикарбонатының кристалдары	Аммоний карбонаты мен бикарбонаты қоспасының мықты ерітіндісі
	Термиялық ыдырау	Уранил, уранат және аммоний диуранаты кристалдарының қоспасы	Көміраммоний тұздарының әлсіз ерітіндісі

1.6 Өнімді ерітінділерді қайта өңдеудің технологиялық схемалары

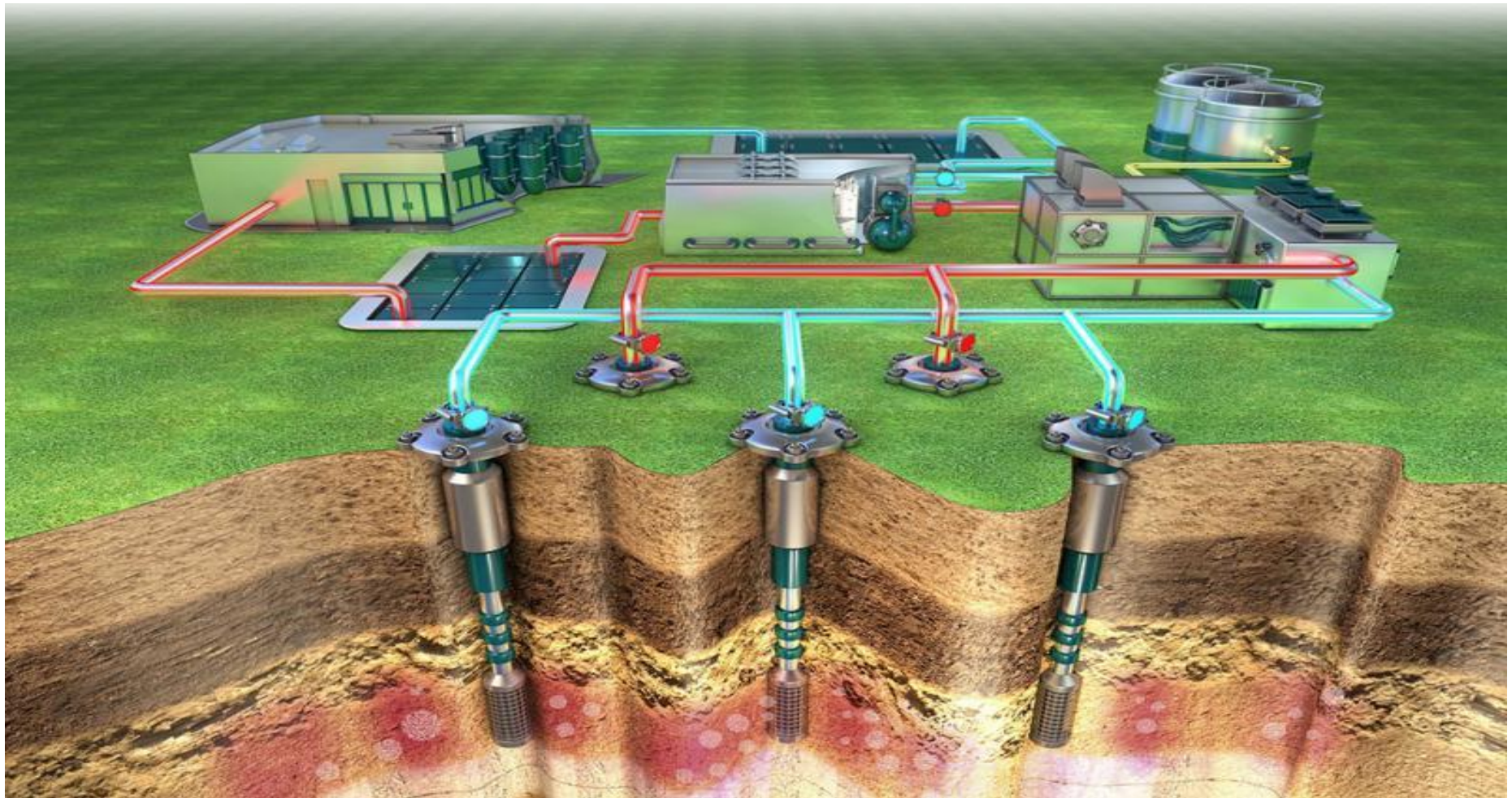
"Қазатомөнеркәсіп" ҰАК кәсіпорындарында уранды өндіру күкірт қышқылды ерітінділермен жерасты ұңғымалық шаймалау (ЖҰШ) әдісімен, содан кейін күшті негізді аниониттерге уранды сорбциялық алу арқылы жүзеге асырылады. ЖҰШ әдісімен уран өндіру схемасы 10-суретте келтірілген.

Өнімді ерітінділерді алу ұңғымаларға 90–100 м тереңдікке түсірілетін суасты сорғы қондырғылары арқылы жүзеге асырылады [12]. Әрі қарай құрастырмалы коллекторлар арқылы ерітінділер аралық құм тұндырғыштарына түседі, ол жерден магистральдық құбырлар арқылы РР құм тұндырғышына беріледі. Өнімді ерітінділерден пайдалы компонентті бөліп алғаннан кейін, аналық ерітінділер ВР құм ұстағышына түседі. Әрі қарай ерітінділер магистраль арқылы қышқылдандыру технологиялық қондырғыларына беріледі, онда олар күкірт қышқылымен қосымша нығайтады және айдау ұңғымаларына беріледі. Өнімді ерітінділерді өңдеудің технологиялық процесі тұйық цикл болып табылады және қалдық (күйрық) ерітінділері жоқ.

Өнімді ерітінділерді сорбциялық қайта өңдеудің технологиялық схемасы мынадай негізгі операцияларды қамтиды:

- ерітінділерді сорбцияға дайындау (жарықтандыру, сүзу);
- уранды аниониттермен сорбциялау;
- уран десорбциясын;
- тауарлық десорбаттардан уранды шоғырландыру және бөлу.

Өнімді ерітінділердің түріне (күкірт қышқылы немесе бикарбонат) және қолданылатын десорбент түріне (күкірт қышқылы, нитрат, хлорид немесе көміртекті аммоний тұздарының ерітінділері) байланысты технологиялық схемаға анионалмастырғышты жуу, қалпына келтіру және конверсиялаудың қосымша операциялары кіреді.



10 – сурет – Жерасты ұңғымалық шаймалау тәсілімен уран өндіру схемасы (ЖҰШ)

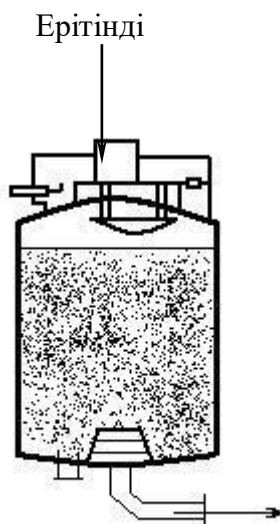
1.7 Жерасты шаймалаудың өнімді ерітінділерін қайта өңдеу кезінде қолданылатын сорбциялық-десорбциялық аппаратура

Өнімді ерітінділерді қайта өңдеу үшін технологиялық схеманың барлық операцияларында (сорбция, жуу, десорбция, конверсия) қазіргі уақытта сорбент пен ерітіндінің нүктеге қарсы қозғалысы бар бағаналы аппараттық аппараттар қолданылады [20].

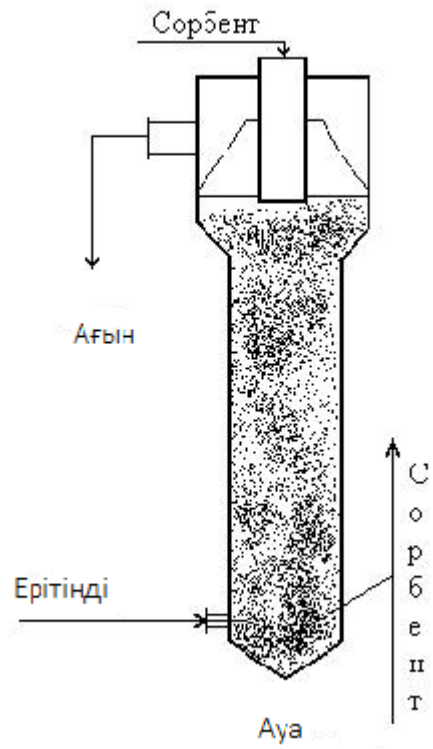
Мерзімді әсер ететін қондырғылар бұрғылау аппаратының принципі бойынша жұмыс істейтін ионитті сүзгі түріндегі сорбенттің қозғалмайтын қабаты бар сорбциялық колонналар тізбегінен (11-сурет) тұрады [7, 20]. Пайдаланылған ӨЕ-де (2-5 мг/л) тастау концентрациясы жеткен кезде сорбенті қаныққан бас колоннаны сорбциялық тізбектен шығарып, жуу және десорбция-лау операцияларына жібереді, ал сорбциялық тізбектің соңында регенерация-ланған сорбенті бар колоннаны қосады. Бағаналарды ауыстырып қосу мерзімділігі - 1-2 тәулікте бір рет.

Колонналардың ерітіндіге қатысты меншікті өнімділігі $7-15 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сағ})$ аспайды, ал бір сорбциялық циклде өңделетін ерітінділердің мөлшері ерітіндідегі уран концентрациясына байланысты сорбенттің 300 – 500 көлемі/көлемін құрайды.

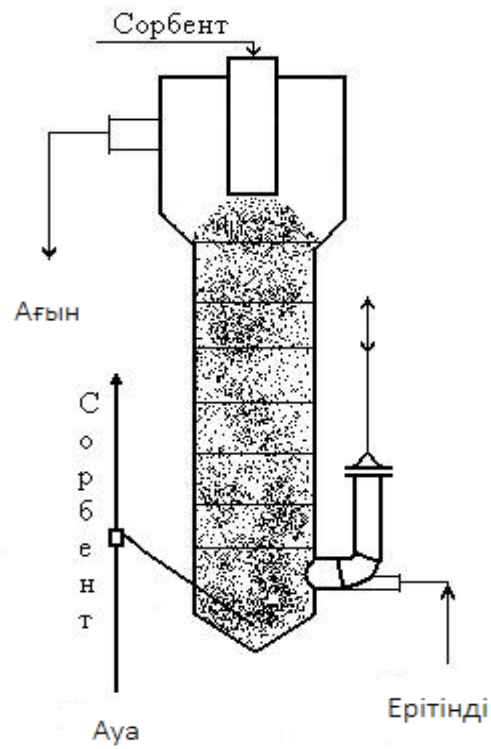
Бекітілген төсеніш колонналардың кемшіліктеріне олардың төмен меншікті өнімділігі, сорбент қабатының ықтимал лайлануы, көп мөлшердегі қосалқы жабдықтардың қажеттілігі және сорбенттің бір реттік көп жүктелуі жатады. Артықшылықтары-техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығы және автоматтандырудың қарапайымдылығы.



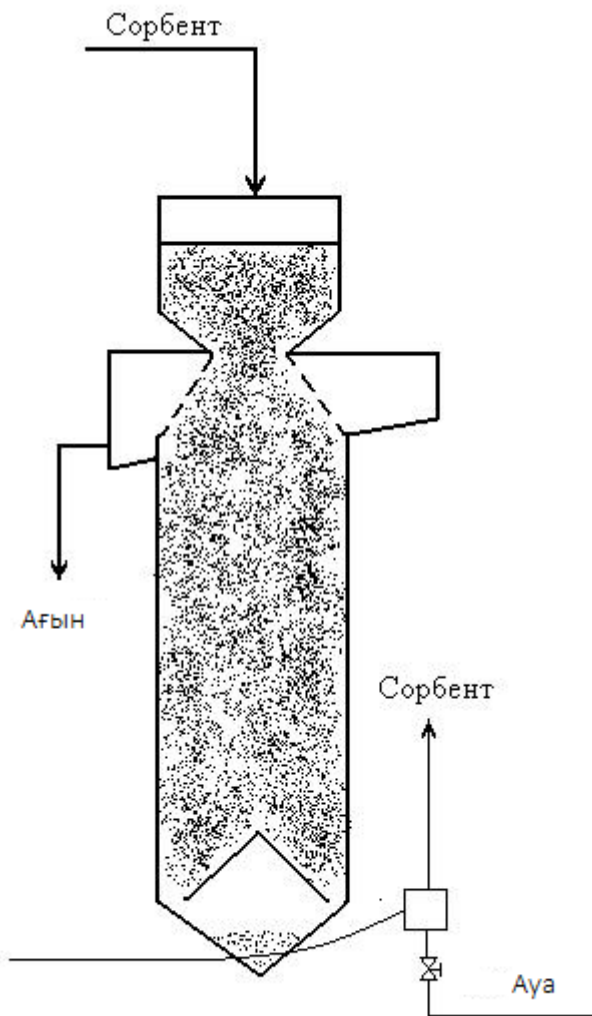
11 - сурет – АФИ-1,0-140 Ионит сүзгісі



12 - сурет – КДС сорбциялық колонна



13 - сурет – ПСК сорбциялық бағанасы, КРИМЗ тәрелкелері бар



14 - сурет – Сорбциялық колонна СНК

Қолданылатын үздіксіз сорбциялық-десорбциялық аппараттарға қысымсыз типті сорбенттің салмақталған қозғаушы қабаты бар бағандар, мысалы, ҚДС (11-сурет), КРИМЗ табақшалары бар ПСК (12-сурет) [12,13, 20], сондай-ақ қозғаушы сорбенттің тығыз (қысылған) қабаты бар қысымды типтегі бағандар, мысалы, SNC (13-сурет) [9].

1.8 Өнімді ерітінділерді кешенді қайта өңдеу перспективалары

Әдетте, уран кендерін күкірт қышқылымен шаймалау нәтижесінде алынған ПР құрамында уранмен қатар аса бағалы металл қоспалары болады. Ең алдымен рений, сирек жер элементтері (СЖЭ), иттрий, ванадий, молибден. Бұл элементтердің ерітінділердегі концентрациясы кеннің түріне байланысты ерітіндінің текше метріне оннан онға граммға дейін жетеді (7-кесте) [2].

Осындай төмен мазмұнға қарамастан, бұл компоненттерді ӨЕ -дің үлкен көлемінен ілеспе алу экономикалық тұрғыдан өте орынды болуы мүмкін, өйткені жер асты шаймалау кезіндегі негізгі капитал мен пайдалану шығындары негізгі компоненттің – уранның өзіндік құнына жатады. Уран кендерінен құнды элементтерді ілеспе алу шығындары тек ӨЕ өндеуге арналған пайдалану және күрделі шығындардан тұрады, бұл түпкілікті өнім құнының шамамен 10-15 % құрайды [5].

Көрсетілген құнды ілеспе элементтерді алудың сорбциялық технологиясын пайдаланған кезде олардың шайырға шоғырлану дәрежесі (Сорбент түріне байланысты), мг/л жетуі мүмкін: Re – 55-3500 үшін; РЗЭ – 30-100 үшін; V – 100-200 үшін; Мо – 750-1500 үшін [5]. Бұл элементтердің кейбіреулері уранмен бірге аниониттерде сорбциялануы мүмкін және тек олардың селективті десорбциясы қажет (молибден, рений), басқа элементтерді алу үшін сорбенттердің басқа түрін қолдану және жеке технологиялық тізбектерді салу қажет.

Тауарлық десорбаттардың селективті немесе ұжымдық десорбциясынан алынған, ілеспе құнды компоненттер одан да көп сорбциялық, экстракциялық немесе мембраналық әдістермен шоғырлануы мүмкін, содан кейін белгілі бір қосылыстар түрінде оқшаулануы мүмкін (тұздар, гидроксидтер, оксидтер және т.б.) [14, 17].

Кесте 7 – Күкірт қышқылының өнімді ерітінділеріндегі бағалы металдар қоспалардың мөлшері, мг/л

Re	Sc	$\Sigma_{PЗЭ}$	Y	Mo	V	Se
0,3 дейін	1,5 дейін	5-30	0,5–3,0	1–10	5–100	0,01–10

1.9 Таңдалған бағыттың теориялық негіздемесі

Осылайша, жер асты күкірт қышқылымен сілтісіздендіру арқылы уранды алу кезінде уран (рН 1,5-2) негізінен уранның тұрақты сульфатты кешені $[UO_2(SO_4)_3]^{4-}$ түрінде болады. Сондықтан уранды алу үшін анионалмастырғыш сипаттағы ион алмастырғыштар қолайлы. Күшті негізді анионалмастырғыштарды қолдану ерітінділерді рН кең диапазонында өндеуге мүмкіндік береді; сонымен бірге бұл ион алмастырғыштар жоғары сорбциялық кинетикаға ие. Сондықтан уран өнеркәсібінде қолдану үшін жаңа буын анионалмастырғыштарын таңдау өзекті мәселе болып табылады.

Бұл жұмыста сорбенттердің сорбциялық сипаттамалары зерттеліп, шетелдік өндірушілердің күшті негізді анионалмастырғыштарының кинетикалық және сыйымдылық қасиеттері зерттеледі: Dowex RPU№ 3930M, Amberjet 4400 Cl, Bayer–VP–OC 1955–Pt E 5023 Lewatit.

2 Эксперименттік бөлім

Зерттеу жұмысының таңдалған бағытында статикалық және динамикалық режимде шайырлардың кинетикалық және сорбциялық сипаттамаларын анықтау қажет болды. Аниониттерге технологиялық зерттеулер ХТЖҒЗИ әдістемесі бойынша жүргізілді [8].

Сынақ жұмысына ионит үлгілері ұсынылды:

- Dowex RPU № 3930M;
- Amberjet 4400 Cl;
- Bayer–VP–OC 1955–Pt E 5023 Lewatit.

Зерттелетін сорбенттердегі уран сыйымдылығының тәуелділігін қарастыру кезінде салыстыру үшін АМ-п, АВ-17 аниониттері мен ВП-14к амфолитіндегі статикалық және динамикалық жағдайларда уранның сорбциясын зерттеу деректері пайдаланылды [20]. Бұл иониттер, әлсіз қышқыл және күшті негізді алмасу топтары бар, кез келген дерлік, соның ішінде күрделі тұз жүйелері үшін пайдаланылуы мүмкін. АМ-п, АВ-17 және ВП-14к типті иониттердің механикалық беріктігі жоғары, олар ең қатал жұмыс жағдайында шайырдың минималды шығынын қамтамасыз етеді [21].

2.1 Өндіруші фирмалар ұсынған шайыр сипаттамалары

1) Dowex RPU № 3930M – 1 типті күшті негізді анион алмасу шайыры, төрттік аминао топтары бар стирол және дивинилбензол сополимерлері:

- негіз-стиролдивинилбензол сополимері;
- функционалды топтар-күшті негіз;
- физикалық пішіні-гель;
- жеткізу кезінде иондық форма – Cl⁻;
- жалпы айырбастау сыйымдылығы – $\geq 1,40$ г-экв/л (Cl⁻ форма);
- ылғал мөлшері – 43–48 % (Cl⁻ форма);
- тауар салмағы – 705 г/л;
- түйіршіктердің мөлшері – 420–840 мкм;

2) Amberjet 4400 Cl -1 типті күшті негізді анион алмасу шайыры, айқын гель құрылымы бар біркелкі бөлшектердің өлшемі бар айқаспалы полистролға негізделген. Ол Amberjet 4200 Cl-ге қарағанда жоғары сыйымдылықпен және төмен ылғалдылықпен сипатталады:

- негіз-стиролдивинилбензол сополимері;
- функциональдық топтар – N⁺ (CH₃)₃;
- физикалық пішіні - ерімейтін ашық янтарлық түйіршіктері;
- жеткізу кезінде иондық форма Cl⁻;
- жалпы айырбастау сыйымдылығы – $\geq 1,40$ г-экв/л (Cl⁻ форма);
- ылғал мөлшері – 40–48 % (Cl⁻ форма);
- түйіршіктердің мөлшері – 1,075 – 1,110 (Cl⁻ форма);
- тауар салмағы – 730 г/л;

- орташа өлшем – 550 ± 50 мкм;
- 3) Bayer – Lewatit 6267 – сфералық түйіршіктері бар стирол-дивинилбензол негізіндегі 2 типті күшті негізді, гель тәрізді анионит:
 - иондық форма – Cl^- ;
 - функционалды топ – төрттік амин, тип 2;
 - матрица – тігілген полистирол;
 - құрылымы – гелетәрізді түйіршіктер;
 - физикалық түрі – ашық сары мөлдір түйіршіктер;
 - жалпы айырбастау сыйымдылығы – 1,35 г-экв/л;
 - түйіршіктердің орташа мөлшері – 0,8 мм;
 - су құрамы – 40–50 %;
 - тығыздық – 1,10 г/мл;
 - жаппай салмақ – 670–730 г/л.

2.2 Статикалық режимдегі шайырлардың кинетикалық және сорбциялық сипаттамалары

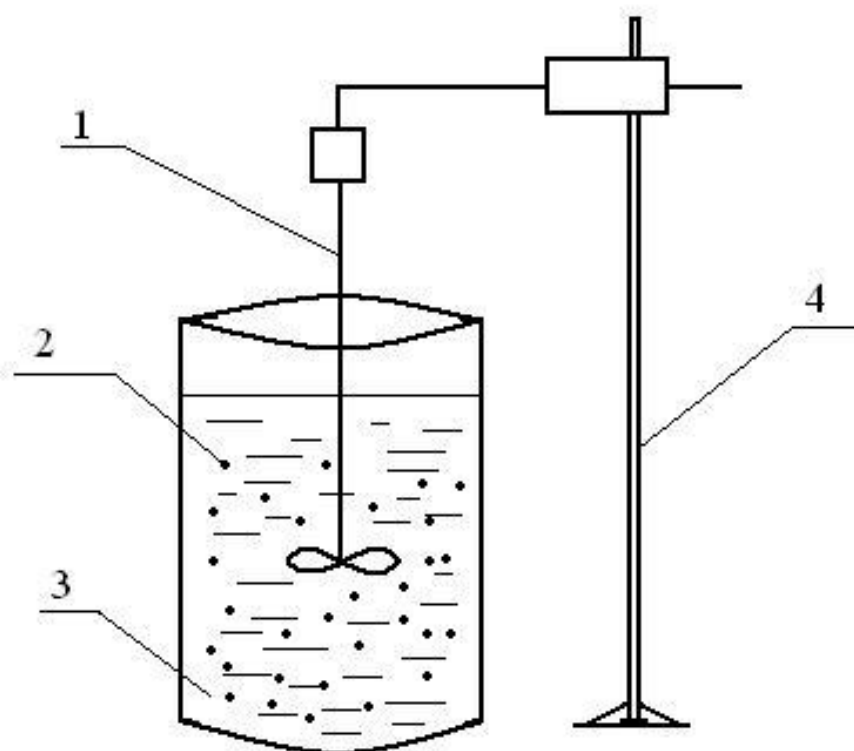
2.2.1 Зерттеу және талдау әдістері

Сорбенттер стандартты әдіс бойынша дайындалды [6]. 3 мл Сорбент құрамы бойынша жер асты шаймалаудың өнімді ерітінділеріне жақын 3 л модельдік ерітіндісі бар ыдысқа орналастырылды (14-суретке сәйкес).

Модельдік ерітіндінің құрамы: рН ~ 2,0; U – 100 мг/л; NO_3^- – 0,17 г/л; Fe^{3+} – 3,4 г/л; SO_4^{2-} – 13,85 г/л; SiO_2 – 0,006 г/л. Ерітіндіні шайырмен бөлме температурасында 4, 6, 8, 16 және 24 сағат бойы араластырылды.

Араластыру аяқталғаннан кейін сорбент ерітіндіден бөлініп, ондағы уранның құрамына талданды. Ерітіндідегі уранның құрамын анықтауды ферро-фосфат-ванадат МВИ 36-83 талдау әдісі жүргізді [23]. Бұл әдіс фосфор қышқылы ортасындағы уранды үш хлорлы титанмен төрт валентті күйге келтіруге, қоспалардың натрий азот қышқылымен селективті тотығуына және автотитратордағы ванадий қышқылы аммонийімен төрт валентті уранды титрлеуге негізделген (15-суретке сәйкес).

Қажетті қышқылдық "хч" маркалы концентрацияланған күкірт қышқылының есептік мөлшерін енгізу арқылы сақталды. Технологиялық ерітінділердегі бос қышқылдың мөлшерін өлшеу МВИ 27-82 жартылай автоматты көлемдік әдісімен жүргізілді [24]. Әдіс бейтараптандыру реакциясына негізделген, титрлеу автоматты титрлеу блогы арқылы берілген рН мәніне дейін автоматты түрде орындалады. 16-суретте шыны бюреткамен және рН-метрмен (иономермен) жартылай автоматты титрлеуге арналған БАТ 15.2 автоматты титрлеу блогы көрсетілген. Титрлеу берілген рН мәніне дейін автоматты түрде орындалады. Эквиваленттік нүкте рН метрінің сигналы бойынша автоматты түрде реттеледі.



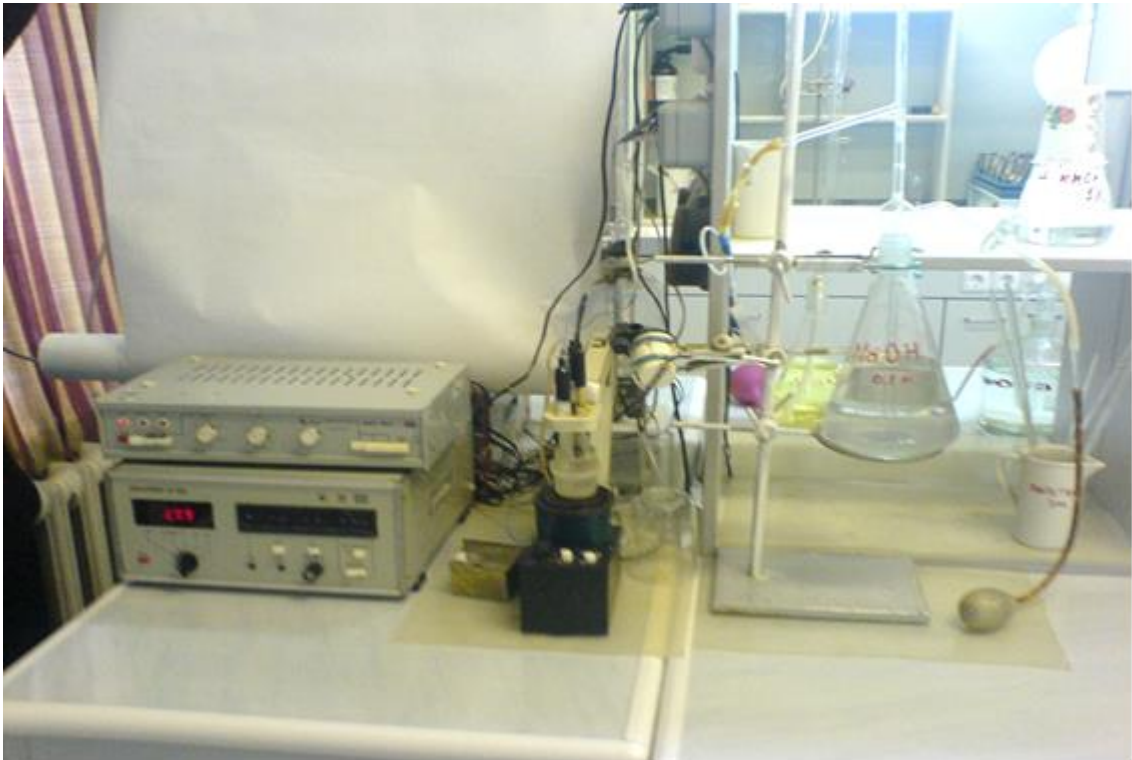
1 – араластырғыш; 2 – смолдар (аниониты); 3 – модельдік ертінді; 4 – штатив

15 - сурет – Статикалық сорбцияға арналған эксперименттік қондырғы режимі

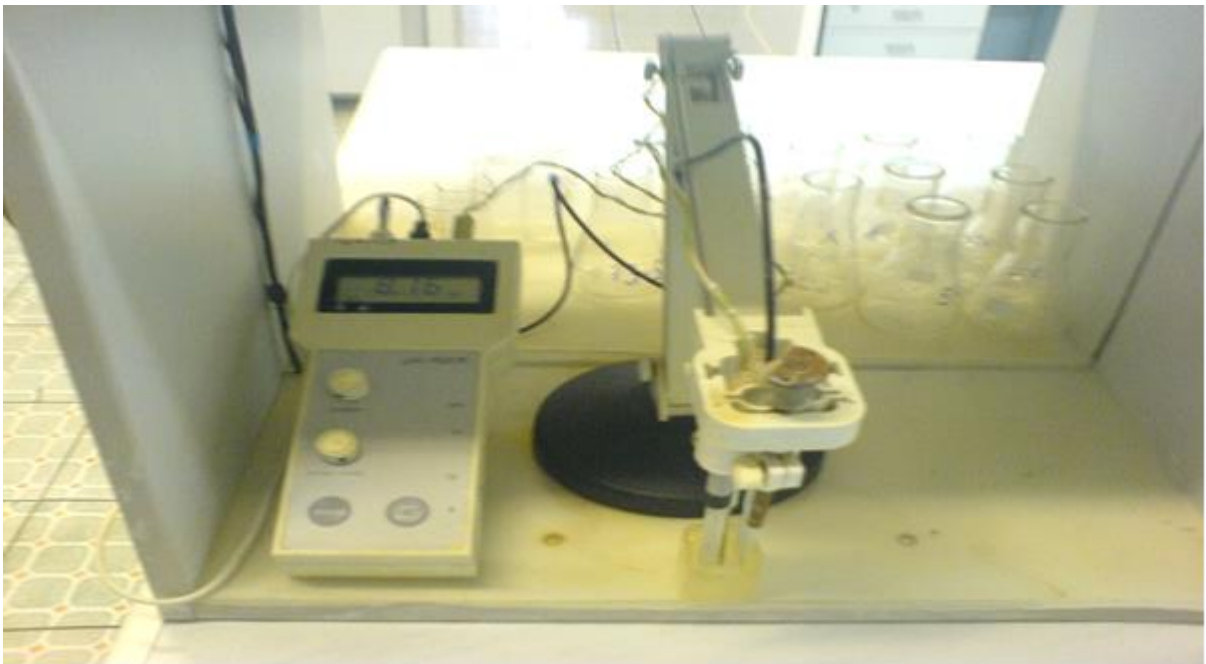
Су ертінділерінің сутегі иондарының белсенділігін рН-өлшеу мөлшері МВИ 23-81 шыны және хлор күміс электродтары бар 150м рН-метр иономерінің көмегімен өлшенді [25]. Сутегі иондарының белсенділігін өлшеу жүйеде электр қозғаушы күштің (ЭҚК) пайда болуына негізделген әдіспен жүзеге асырылады: анализдік орта-бастапқы түрлендіргіш (17-сурет). Аспапты баптау "рН-метрия үшін" біліктілік фиксаналдарынан дайындалған буферлік ертінділер бойынша жүргізілді. Өлшеу қателігі 0,05 бірлікті құрады. Десорбциялаушы ертінділерге талдау жүргізу кезінде құрамын өлшеу Fe^{3+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , SiO_2 фотокolorиметриялық әдіспен жүргізілді [24].



16 - сурет – Автотитратор



17 - сурет – Автоматты титрлеу блогы БАТ 15.2



18 - сурет – рН-метр 150М

КФК-3 фотоколориметрі (18-суретке сәйкес) өткізгіштік коэффициенттерін, мөлдір сұйық ерітінділердің және мөлдір қатты үлгілердің τ оптикалық тығыздығын өлшеуге, сондай-ақ құрылғыны тұтынушы алдын ала бітіргеннен кейін ерітінділердегі заттардың концентрациясын және заттың оптикалық тығыздығының өзгеру жылдамдығын анықтауға арналған.

Өткізу коэффициентін, оптикалық тығыздықты, оптикалық тығыздық пен концентрацияның өзгеру жылдамдығын және өлшеу жүргізілетін толқын ұзындығын өлшеу нәтижелері сандық тақталарда көрсетіледі.

Синтетикалық ерітінділерден алынған әртүрлі сорбенттермен уранның сорбция нәтижелері 8 кестеде келтірілген

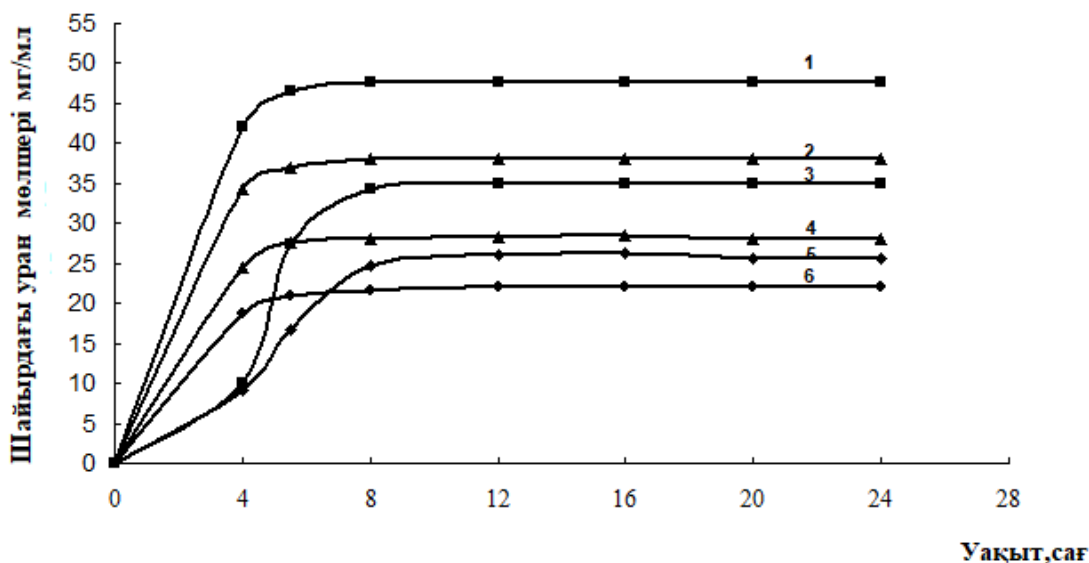
8-кестенің нәтижелері бойынша салынған уран сорбциясының кинетикалық қисықтары 19-суретке сәйкес келтірілген. Олар сорбциялық процестердің негізгі кинетикалық сипаттамаларын анықтауға негіз болады. Есептеулер 9-кестеде келтірілген.



19 - сурет – Фотоколориметр КФК-3

Кесте 8 – Статикалық режимдегі сорбция нәтижелері

Сорбция уақыты, сағ.	Уран құрамы, мг/мл					
	Dowex RPU № 3930 M	Amberjet 4400 Cl	Bayer-Lewatit 6267	AM-п	ВП-14к	AB-17
4	37,6,0	42,0	24,5	10,0	10,0	18,0
6	38,13	47,7	27,0	27,0	16,5	21,0
8	38,0	47,7	28,0	34,0	25,0	22,0
12	38,0	47,7	28,2	35,0	26,0	22,5
16	38,0	47,7	28,4	35,0	26,0	22,5
20	38,0	47,7	28,0	35,0	25,5	22,5
24	38,0	47,7	28,0	35,0	25,5	22,5



20 - сурет – Статикалық режимдегі уран сорбциясының кинетикалық қисықтары

- Amberjet 4400 Cl
- Dowex RPU № 3930M
- АМ-п
- Bayer–Lewatit 6267
- ВП-14к
- АВ-17

9-кестеден және 19-суреттен көрсетілгендей, зерттелетін сорбенттер жақсы ион алмасу сипаттамаларына ие. Алынған мәліметтерден уранның максималды сорбциялық сыйымдылығы АМ-п маркалы анионитке және зерттелетін Amberjet 4400 Cl анионитіне ие екендігі көрінеді, қалған аниониттердің уран сыйымдылығы төмен.

Кинетикалық сипаттамалары бойынша зерттелетін сорбенттерді келесі ретпен орналастыруға болады:

Amberjet 4400 Cl → Dowex RPU № 3930M; → Bayer–Lewatit 6267;

сыйымдылық сипаттамалары бойынша:

Amberjet 4400 Cl → Dowex RPU № 3930M → Bayer–Lewatit 6267.

Кесте 9 – Иониттердің кинетикалық сипаттамалары

Технологиялық параметрлер және процесс көрсеткіштері	Ионит үлгісі		
	Dowex RPU № 3930M	Amberjet 4400 C1	Bayer–Lewatit 6267
Уран бойынша сыйымдылық, (А) г-экв / л арқылы:			
4 сағат	37,6/98,9	42/94	24,5/86,3
6 сағат	38,1/100	44,7/100	27,0/95,1
8 сағат	38,0/99,6	44,7/100	28,0/98,6
12 сағат	38,0/99,6	44,7/100	28,2/99,3
16 сағат	38,0/99,6	44,7/100	28,4/100
20 сағат	38,0/99,6	44,7/100	28,0/98,6
24 сағат	38,0/99,6	44,7/100	28,0/98,6
Шартты тепе-теңдікке жету уақыты, t_0 , сағат	6	5,6	7
Уран бойынша иониттің сыйымдылығы шартты тепе-теңдік (A_p), г-экв/л	36,2	42,5	27,5
Уранның концентрация коэффициенті A_p мұндағы $C_{шығ} = 0,101$ г/л	358	420	272
Кинетикалық коэффициент сорбция β	0,017	0,013	0,0252
Концентрациясы 0,101-ден 0,0015-ке дейін өзгерген кезде шайыр қабатындағы ерітіндінің жанасу уақыты, Δt , сағат	0,0714	0,055	0,1079
Жұмыс қабатындағы иониттің жанасу уақыты, Δt , сағат	25,2	23,52	29,4
Иониттердің қаннқандағы үлес көлемі, г/см ³	2,41	2,25	2,52

2.3 Динамикалық режимдегі анионалмастырғыштардың кинетикалық және сорбциялық сипаттамалары

Негізінде, статикалық режимде алынған кинетикалық сипаттамалар сорбцияның барлық негізгі параметрлері мен көрсеткіштерін есептеуге мүмкіндік береді.

Дегенмен, қолда бар есептеу әдістері өнеркәсіптік масштабтағы сорбция процесіне әсер ететін кейбір факторларды ішінара ескермейді: Сорбент қабатының қимасындағы ерітіндінің біркелкі емес қозғалысы, сондай-ақ бастапқыда ионит дәндерінің беттері пленка диффузиясы арқылы

уранмен 50-70 % қаныққаннан кейін басталатын диффузиялық сорбция ішіндегі әсерлер.

Бұл факторлар сорбциялық процестерде тепе-теңдікті орнату процесін біршама баяулатады. Сондықтан, өнеркәсіптік сорбциялық жүйелердің технологиялық параметрлерін анықтау үшін зерттеушілер оларды сорбцияның "шығыс қисықтары" бойынша есептеу әдісін қолданады.

Ерітіндінің өткізгіштік жылдамдығы статикалық режимде сорбция кезінде алынған кинетикалық көрсеткіштер бойынша есептеледі және шешуші мәнге ие.

Ерітіндінің өту жылдамдығы формула бойынша анықталады:

$$W = \frac{V}{\Delta\tau \cdot 1,2}, \quad (11)$$

Мұндағы: W – ағын жылдамдығы;

V – колонкаға салынған шайырдың көлемі;

$\Delta\tau$ – уақыт.

Ерітіндінің өту жылдамдығы:

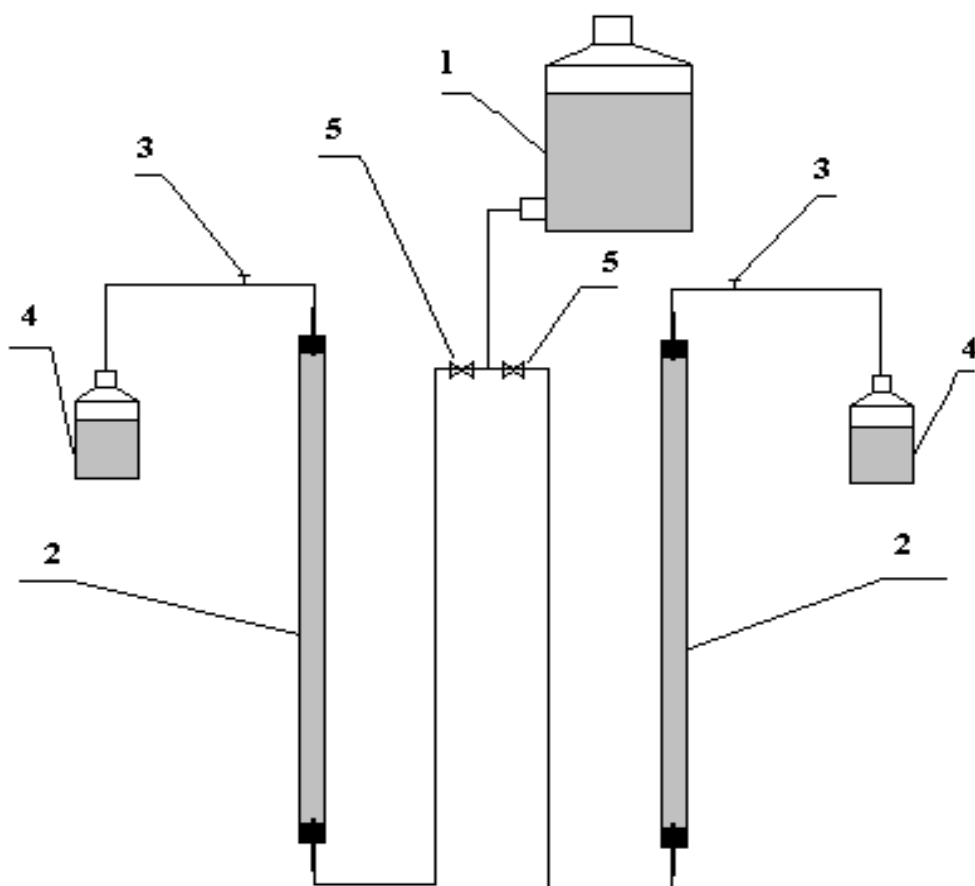
– Dowex V мл/сағ = $28 / 0,0714 \cdot 1,2 = 327$ мл/сағ;

– Amberjet V мл/сағ = $24 / 0,055 \cdot 1,2 = 364$ мл/сағ;

– Bayer–Lewatit 6267 V мл/сағ = $24 / 0,1079 \cdot 1,2 = 185$ мл/сағ;

2.3.1 Зерттеу және талдау әдістері

Динамикалық режимдегі сорбция шыны бағандарда жүргізілді: биіктігі-30 см, диаметрі - 1 см, жүктелетін сорбенттің көлемі - 28 мл. Ерітінділер төменнен жоғары қарай жеткізілді. Сорбцияға арналған модельдік ерітінді құрамы бойынша статикада қолданылатын ерітіндіге ұқсас. Динамикалық режимдегі тәжірибелік сорбция қондырғысы 20-суретте көрсетілген. Сынамалар әр 4 сағат сайын алынып, уранның құрамына талдау жасалды [23] (10-кесте). Ерітіндідегі бастапқы концентрацияға тең сорбаттардағы (бағандардан шыққан) концентрацияға жеткеннен кейін сорбция тоқтатылды. Сорбенттер рН – 2-2,5 дейін жуылды және уранға талданды.



1 – қысым сыйымдылығы; 2 – сорбция бағанасы; 3 – сынама алушы;
4 – сорбция аналығын жинауға арналған сыйымдылық; 5 – қысқыштар.

21- сурет – Динамикалық режимде сорбцияға арналған эксперименттік схема

Динамикалық режимде сорбция аяқталғаннан кейін шайыр үлгілері стандартты әдістер бойынша физика-химиялық зертханада уран мен негізгі қоспалардың құрамына талданды [26]. Деректер 11-кестеде келтірілген.

Кесте 10 – Динамикалық жағдайда бағаннан шығатын уранның концентрациясы ионит қабаты арқылы сорбция

Уақыт, сағат	Ерітіндідегі уранның мөлшері , мг/л		
	Dowex RPU № 3930M	Amberjet 4400 Cl	Bayer- Lewatit 6267
1	0,1	0,05	0,3
4	2,7	1,6	0,3
8	3,8	3	4
12	5,7	8	5
16	6	8,4	8
20	7	10	12
24	8,8	19	21,3
28	11	26,3	31
32	14	39,2	60,2
36	26	47,6	69,4
40	49	62	74
44	71	76	83,7
48	81,6	87,1	93
52	87,4	92	99
56	91,8	94	101
60	96	95	
64	101	96	
68		101	

Кесте 11 – Динамикалық режимде сорбциядан кейін шайырдағы уран мен негізгі қоспалардың құрамы уран бойынша ТДАС жеткенде

Сорбент атауы	Құрамы, г/кг				
	U	Fe ³⁺	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	NO ₃ ⁻
Dowex RPU № 3930M	84,8	1,4	164	0,04	3,4
Amberjet 4400 Cl	96,4	1,0	156	0,08	3,8
Bayer- Lewatit 6267	75,0	1,8	163	<0,01	2,9

Динамикалық режимдегі уранның сорбция қисықтары зерттеу нәтижелері бойынша құрастырылған, 11-суретте келтірілген. Олар

сорбциялық процестердің негізгі сипаттамаларын анықтауға негіз болады. Сорбцияның үздіксіз қарсы ағымдық процестерін жүргізудің негізгі параметрлері 12-кестеде келтірілген. Әр түрлі сорбенттердегі уран сыйымдылығына тәуелділікті қарастырған кезде, 100 мг/л ерітіндідегі уран концентрациясы кезінде ең үлкен мән Amberjet 4400 Cl маркалы анионитке сәйкес келетіні анықталды, Dowex RPU № 3930M орташа нәтижені көрсетеді және Bayer- Lewatit 6267 анионитінде айтарлықтай төмен.

12-кестеден көріп отырғанымыздай, уран бойынша Amberjet 4400 Cl анионитінің сыйымдылығы 42,8 г-экв/л, Dowex RPU № 3930M 35,2 г-экв/л, ал Bayer- Lewatit 6267 анионитінде дәл осындай жағдайларда-29,8, бұл бренд аниониттерін қолданудың артықшылығын көрсетеді Amberjet 4400 Cl және Dowex RPU № 3930M.

Кесте 12 – Үздіксіз - қарсы тоқты жүргізудің негізгі параметрлері сорбция процестері

Параметр атауы	Мазмұны	Ионит		
		Dowex RPU № 3930M	Amberjet 4400 Cl	Bayer-Lewatit 6267
Сорбцияның кинетикалық коэффициенті	B	0,024	0,018	0,026
Жұмыс істейтін ионит қабатының биіктігі (0,101 г/л ден 0,005 г/л-ге дейін) $W_L= 35$ м/ч, мм	Δh	2,52	1,89	2,73
Концентрация фронтының сызықтық қозғалыс жылдамдығы, м/с	W_f	0,10	0,083	0,119
Әр 8 сағат сайын түсірілген қаныққан ионит қабатының биіктігі, мм	h	0,80	0,66	0,95
Сорбенттің резервтік қабатының биіктігі, мм	h_p	0,33	0,33	0,33
Сорбенттің жалпы биіктігі, мм	H_c	3,65	2,88	4,01
Колонна диаметрі, мм	d_k	2,24	2,24	2,24
Сорбциядағы иониттің бір реттік жүктемесі,мл	Q_c	14,38	11,34	15,8

12 Кестенің жалғасы

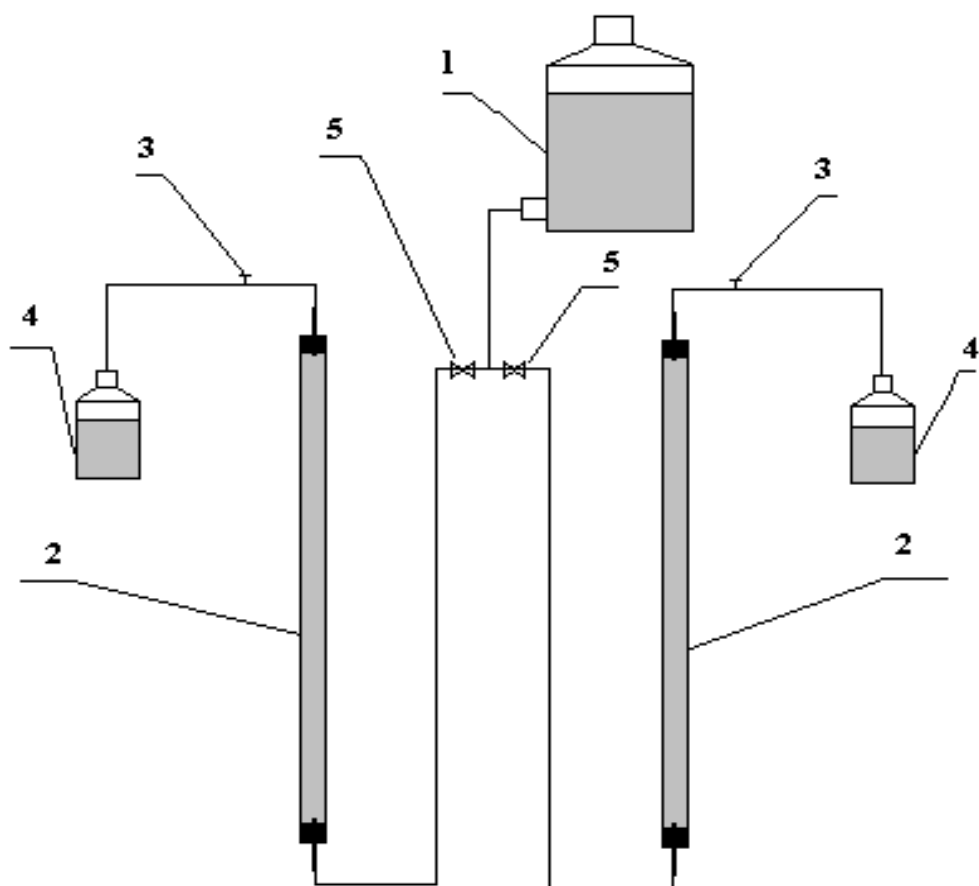
Параметр атауы	Мазмұны	Ионит		
		Dowex RPU № 3930M	Amberjet 4400 Cl	Bayer-Lewatit 6267
Сорбцияның кинетикалық коэффициенті	B	0,024	0,018	0,026
Жұмыс істейтін ионит қабатының биіктігі (0,101 г/л ден 0,005 г/л-ге дейін) $W_L= 35$ м/ч, мм	Δh	2,52	1,89	2,73
Концентрация фронтының сызықтық қозғалыс жылдамдығы, м/с	W_f	0,10	0,083	0,119
Әр 8 сағат сайын түсірілген қаныққан ионит қабатының биіктігі, мм	h	0,80	0,66	0,95
Сорбенттің резервтік қабатының биіктігі, мм	h_p	0,33	0,33	0,33
Сорбенттің жалпы биіктігі, мм	H_c	3,65	2,88	4,01
Колонна диаметрі, мм	d_k	2,24	2,24	2,24
Сорбциядағы иониттің бір реттік жүктемесі, мл	Q_c	14,38	11,34	15,8
Әр 8 сағат сайын шығарылатын қаныққан ионит мөлшері, мл	$q_{выгр}$	3,2	2,6	3,7

2.4 Қаныққан ион алмастырғыштарды регенерациялау

2.4.1 Зерттеу және талдау әдістері

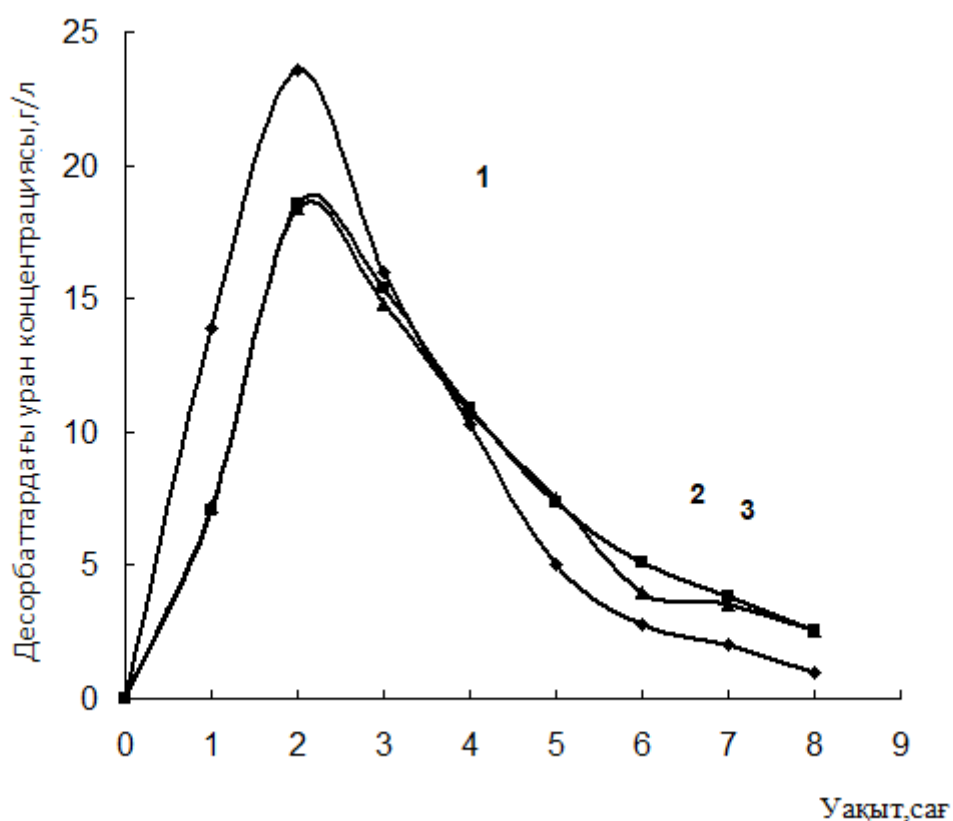
28 мл қаныққан иониттер оларды қалпына келтіру үшін бағанға жүктелді. Эксперименттік қондырғы 22-суретте көрсетілген.

Уранның десорбциясы төменнен жоғарыға берілетін ерітіндімен жүзеге асырылды. Ерітінділерді беру жылдамдығы - сағатына ионит көлеміне 1 көлем немесе $1 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{сағ}$. Бағанның жоғарғы жағынан шығатын ерітінділер (десорбаттар) белгілі бір уақыттан кейін олардың құрамындағы уран үшін талданады [23].



1 – қысым сыйымдылығы; 2 – сорбция колоннасы; 3 – сынама алушы;
 4 – сорбция аналығын жинауға арналған сыйымдылық; 5 – қысқыштар

22 - сурет – Десорбциялық эксперименттік қондырғының схемасы



1 – Dowex RPU № 3930M; 2 – Amberjet 4400 Cl; 3 – Bayer- Lewatit 6267

23 - сурет – Уран десорбциясының шығыс қисықтары

Десорбциялық ерітіндінің құрамы: сульфат иондары – 130 г/л; нитрат иондары-83 г/л; рН = 1,1. Десорбциялық ерітінді технологиялық регламентке сәйкес стандартты әдістеме бойынша дайындалды [24].

Уранның десорбциясы оның десорбаттардағы концентрациясы 3 мг/л дейін төмендегенге дейін жалғасты. Шығыс қисықтары 23-суретте көрсетілген. Есептеулер 14-кестеде келтірілген.

Кесте 13 – Иониттер регенерациясының негізгі көрсеткіштері

Технологиялық параметрлер және процесс көрсеткіштері	Ионит үлгісі		
	Dowex RPU № 3930M	Amberjet 4400 Cl	Bayer- Lewatit 6267
Уран бойынша қаныққан иониттердің сыйымдылығы, г-экв/л, $A_{\text{қан}}$ (эксп. мәліметтер)	35,2	42,8	29,8
	84,8	96,4	75,0
Десорбаттардағы уран концентрациясы, мг/мл кейін 1сағат 2сағат 3 сағат 4 сағат 5сағат 6сағат 7сағат 8сағат	13,92	7,04	7,2
	23,6	18,56	18,4
	16	15,36	14,8
	10,3	10,88	10,72
	5,04	7,36	7,52
	2,8	5,12	4,0
	2	3,84	3,52
	1	2,56	2,55
Уран бойынша иониттердің қалдық сыйымдылығы, г-экв/л, $A_{\text{қалд}}$ (эксп. деректер)	2,27	3,9	5,0
Уранның десорбция дәрежесі	97,32	95,95	93,3
Уранды десорбциялаудың есептік уақыты (кесте бойынша), сағат	4	6	6
Десорбаттардағы уранның максималды концентрациясы $C_{\text{мах}}$, г/л (экспер. деректер)	23,6	18,56	18,4
Тауарлық регенераттағы уранның есептік концентрациясы, г/л	17,7	13,9	13,8
Регенераттың есептік шығымы, г/л	4,66	6,67	5,07

Кесте 14 – Қаныққан иониттің регенерациясы

Параметр атауы	Белгіленуі	Ионит үлгісі		
		Dowex RPU № 3930M	Amberjet 4400 Cl	Bayer- Lewatit 6267
Есептелген ағын ионит	$V_{\text{см}}$	0,4	0,325	0,463

14 Кестенің жалғасы

Параметр атауы	Белгіленуі	Ионит үлгісі		
		Dowex RPU № 3930M	Amberjet 4400 Cl	Bayer– Lewatit 6267
Есептелген ағын ионит	V_{cm}	0,4	0,325	0,463
Уранның десорбциясындағы иониттің байланыс уақыты, сағат	$\Delta t_{рег}$	4,0	6,,0	6,0
Ионит қабатының жалпы биіктігі, мм	$H_{рег}$	3,65	2,88	4,01
Жұмыс қабатындағы ионитті жүктеу, мл	q_p	1,6	1,95	2,78
Әр 2 сағат сайын босатылған ионит мөлшері, мл	$q_{выгр}$	0,8	0,65	0,926
Резервтік ұяшықтағы ионит мөлшері, мл	$q_{рез}$	0,4	0,4	0,4
Бағандағы иониттің бір реттік жүктемесі, мл	$Q_{рег}$	2,8	3,0	4,1

Десорбция кинетикасының деректері Dowex шайырындағы (қалдық сыйымдылығы 2,27 мг/г) десорбция параметрлері Amberjet 4400 (қалдық сыйымдылығы 3,9 мг/г) және Bayer-Lewatit 6267 (қалдық сыйымдылығы 5 мг/г) шайырларына қарағанда жақсырақ екенін көрсетеді. Бұл ретте Dowex және Bayer–Lewatit фирмаларының шайырларына арналған тауарлық регенераттардың көлемі Amberjet 4400 шайырларына қарағанда іс жүзінде бірдей және айтарлықтай төмен. Айта кету керек, біздің жағдайда регенераттардың жоғары көлемі десорбцияның жоғары жүктемесімен ғана байланысты-1 м³/(м³ сағ).

Amberjet 4400 шайырымен көрсетілген десорбция процесінде уранға жоғары жақындық (жоғары кинетикалық және сорбциялық сипаттамалар) десорбция параметрлерінің нашарлауына әкеледі.

Зерттелген 3 шайыр үшін алынған нәтижелер Dowex шайырын кинетикасы мен сыйымдылығы жағынан Amberjet 4400–ден төмен болғанына қарамастан ұсынуға мүмкіндік береді (сонымен бірге бұл көрсеткіштер бойынша Bayer-Lewatit 6267-ден жоғары). Десорбция процесінде Dowex шайыры Bayer–Lewatit 6267 және Amberjet 4400-ге қарағанда әлдеқайда жақсы жұмыс істейді. Осылайша, шайырды таңдағанда, шайырдың сорбциялық және сыйымдылық сипаттамаларын ғана емес, сонымен қатар десорбция көрсеткіштерін де басшылыққа алу керек.

Жоғарыда келтірілген мәліметтерден көріп отырғанымыздай,

десорбция кезіндегі меншікті жүктеме ерікті түрде берілген - $1 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \text{ сағ})$. Бұл десорбаттар көлемінің ұлғаюына және десорбаттардағы уран концентрациясының төмендеуіне әкелді.

Десорбция кезінде ерікті түрде берілген жүктеме десорбция режиміндегі шайырдың құбылысын шынайы көрінісін бұрмалайды. Яғни, десорбция кинетикасын (десорбция изотермасын алып тастау) зерттемей, нитратты десорбция процесінде шайырдың әрекетін бағалау және белгілі бір анион алмасу шайырынан оңтайлы десорбция режимін ұсыну қиын.

Шайырларды сынау бағдарламасы арнайы күрделі эксперименттерсіз аниониттердің сорбциялық сипаттамалары туралы сенімді деректерді аналитикалық жолмен алуға мүмкіндік береді, соның негізінде өнеркәсіпте шайырды пайдалану кезінде барлық қажетті технологиялық есептеулер жүргізіледі. Алайда, белгілі әдістеме бойынша десорбция процесінде шайырларды зерттеу кенді басқару жағдайында өндірістік процесті модельдемейді.

Сенімді нәтижелерге қол жеткізу үшін (шайырларды өнеркәсіптік пайдалану үшін) нитратты десорбция кинетикасын (сорбция изотермасын алып тастау) зерттеу керек. Және денитрация тиімділігіне байланысты тармақты енгізу керек.

3 Уран өндірісін ұйымдастырудың экологиялық қауіпсіздігі

3.1 Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау

Дала кен басқармасы "Қазатомөнеркәсіп"ҰАК өндірістік бірлігі ретінде кіреді. Кен басқармасы ұңғымалық жерасты шаймалау арқылы уран өндірумен айналысады. Уран өндіру және оны жерасты сілтiсiздендiрудiң өнімді ерітінділерінен өндіру ҚР ҚНЖЕ сәйкес кен басқармасында жүзеге асырылады 3.01-01-2002 «Атом өнеркәсібі кәсіпорындарын салу мен пайдаланудың негізгі ережелері мен нормаларының жинағы» [34].

Өндірістік жағдайда физика-химия зертханасының корпустарында адам ағзасына зиянды заттарды зерттеу және тәжірибе жасау процесінде пайда болатын жағымсыз әсердің ықтимал қаупі, сондай-ақ электр тогының соғу қаупі және кәсіптік ауруларға әкелуі мүмкін басқа да бірқатар қауіптер туындайды.

Әсер ету сипаты бойынша қауіпті және зиянды өндірістік факторлар мынадай топтарға бөлінеді: физикалық (қозғалатын машиналар мен механизмдер, жабдықтың жылжымалы бөліктері, қозғалатын бұйымдар, бұзылатын конструкциялар, ауаның шаңдануы мен ластануының жоғарылауы, шу деңгейінің жоғарылауы, діріл, кернеудің жоғарылауы, жоғары температура аймақтары, зиянды сәулелену аймақтары және т.б.), химиялық (ағзаға әсер ету сипаты: улы, тітіркендіргіш, мутагенді; адам ағзасына ену жолында: тыныс алу органдары, асқазан-ішек жолдары, тері

және шырышты қабаттар), биологиялық (микроорганизмдер және олардың тіршілік әрекетінің өнімдері) және психофизикалық (физикалық шамадан тыс жүктемелер, жүйке-психикалық шамадан тыс жүктемелер-психикалық стресс, еңбектің монотондылығы, эмоционалдық шамадан тыс жүктемелер) [32].

Әрбір фактор белгілі бір параметрлермен сипатталады, олардың мәні арнайы құжаттармен - санитарлық нормалармен реттеледі. Қауіпті факторлар деп аталады, олар бүкіл өндірістік еңбек өтілі кезінде күнделікті жұмыс істегенде, жұмыс өтілі аяқталғаннан кейін де ағзаға теріс әсер ететін зиянды факторлардан айырмашылығы, ауруларды немесе денсаулық жағдайындағы ауытқуларды тудыруы мүмкін емес.

Өндірістегі зиянды әсердің негізгі факторлары [33]:

– технологиялық ерітінділерді құм тұндырғыштарға айдауда иондаушы сәулеленудің ашық көздерімен жұмыс істеу;

– өнімді ерітінділерден табиғи уранды алу;

– химиялық концентратты металл контейнерлерге құю;

– қышқылдармен және басқа химиялық заттармен жұмыс істеу.

Қауіпті өндірістік факторларға мыналар жатады:

– жұмыс орнының нашар жарықтандырылуы;

– жұмыс аймағының шаңдануы және газдануы;

– жұмыс бөлмесіндегі нормативтік температураға қатысты жоғары немесе төмен;

– жоғары ылғалдылық;

– зиянды заттардың көбеюі;

– радиоактивтіліктің жоғарылауы;

– шум және вибрация.

3.2 Қорғау шаралары

3.2.1 Өндірістік санитария

Өндірістік санитария-бұл жұмыс істейтін зиянды және қауіпті өндірістік факторлардың әсерін болдырмайтын ұйымдастырушылық, гигиеналық және санитарлық шаралар мен құралдар жүйесі [35].

Ауруларға әкелуі мүмкін еңбек жағдайларының факторлары санитарлық-гигиеналық факторлар ұғымымен біріктіріледі.

Санитарлық нормалар санитарлық-гигиеналық еңбек жағдайларының барлық параметрлерінің рұқсат етілген шекті мәндерін анықтайды. Қауіпті және зиянды факторлардың шекті рұқсат етілген мәндері күнделікті жұмыс кезінде бүкіл өндірістік еңбек өтілі кезінде ауруларды немесе денсаулық жағдайындағы ауытқуларды тудырмайтындар болып табылады.

Параметрлері шекті рұқсат етілген мәндерден асатын санитарлық-гигиеналық еңбек жағдайлары қолайсыз болып саналады. Қолайсыз жағдайларда жұмыс істеуге белгілі бір жағдайлар сақталған жағдайда ғана рұқсат етіледі (демалу, жылыту үшін үзілістер, қысқартылған жұмыс күні және т. б.) [33].

Салауатты және қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз ету кәсіпорын әкімшілігіне (ұйымға) жүктеледі. Әкімшілік өндірістік жаракаттанудың алдын алатын заманауи ТҚ құралдарын енгізуге және жұмысшылардың кәсіптік ауруларының пайда болуына жол бермейтін санитарлық-гигиеналық жағдайларды қамтамасыз етуге міндетті.

3.2.2 Санитарлық-гигиеналық шаралар

Бұл іс-шараларға жатады [39]:

- санитарлық-тұрмыстық үй-жайларды (киім-кешек бөлмелері, душ бөлмелері, кептіргіштер, жуынатын бөлмелер, әйелдердің жеке гигиена бөлмелері және т. б.) кеңейту және қайта құру;
- дәрігерлік және фельдшерлік пункттерді ұйымдастыру;
- жылыту жүйелері мен ауаны баптау қондырғыларының жабдығы, жылу және ауа перделерінің құрылғысы;
- тротуарлар, өткелдер, галереялар және т. б.;
- арнайы киіммен, арнайы аяқ киіммен және жеке қорғану құралдарымен қамтамасыз ету;
- ауыз сумен жабдықтау.

3.2.3 Радиациялық қауіпсіздік

Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі принциптері [37]:

– нормалау қағидаты-иондаушы сәулеленудің барлық көздерінен жұмысшы персоналдың жеке сәулелену дозаларының рұқсат етілген шегінен аспау;

– негіздеу принципі – адам мен қоғам үшін алынған пайда табиғи радиациялық сәулелену фонына қосымша келтірілген ықтимал зиян қаупінен аспайтын иондаушы сәулелену көздерін пайдалану жөніндегі қызметтің барлық түрлеріне тыйым салу;

– оңтайландыру принципі-иондаушы сәулеленудің кез келген көзін пайдаланған кезде сәулеленудің жеке дозаларының экономикалық және әлеуметтік факторларын және сәулеленетін адамдардың санын ескере отырып, мүмкіндігінше төмен және қол жеткізуге болатын деңгейде ұстау.

Радиациялық қауіпсіздік қамтамасыз етіледі:

– құқықтық, ұйымдастырушылық, инженерлік-техникалық, санитарлық-гигиеналық, профилактикалық, тәрбиелік, жалпы білім беру және ақпараттық сипаттағы шаралар кешенін жүргізу;

– Қазақстан Республикасы мемлекеттік органдарының, қоғамдық бірлестіктердің, жеке және заңды тұлғалардың радиациялық қауіпсіздік саласындағы нормалар мен қағидаларды сақтау жөніндегі іс-шараларды іске асыруы;

– Республиканың бүкіл аумағында радиациялық мониторингті жүзеге асыру;

– иондаушы сәулелену көздерінен халықтың сәулеленуін шектеудің мемлекеттік бағдарламаларын жүзеге асыру.

Радиациялық қауіпсіздіктің негізгі мақсаты халықтың денсаулығын, оның ішінде персоналды экономиканың әртүрлі салаларында, ғылым мен медицинада сәулеленуді пайдалану кезінде пайдалы қызметтің негізсіз шектеулерінсіз радиациялық қауіпсіздіктің негізгі қағидаттары мен нормаларын сақтау арқылы иондаушы сәулеленудің зиянды әсерінен қорғау болып табылады.

Қарастырылып отырған физика-химиялық зертханада радиоактивті технологиялық ерітінділермен және табиғи уранның химиялық концентратымен жұмыстар жүргізіледі.

НРБ-99 "Радиациялық қауіпсіздік нормалары" СП 2.6.1.758-99 "Иондаушы сәулелену, радиациялық қауіпсіздік" бойынша сәулеленетін адамдар санаты бойынша зертхана персоналы [37] "А" тобына жатады (аса ауыр және аса зиянды еңбек жағдайлары).

Зертханадағы негізгі бақыланатын параметрлер

– жылдық эквивалентті және тиімді дозалар (17-кесте);

– жылдық түсімді бағалау үшін радионуклидтердің ағзаға түсуі және олардың ағзадағы құрамы;

- радионуклидтердің ауадағы, судағы, тамақ өнімдеріндегі, құрылыс материалдарындағы және тағы да басқа көлемдік немесе үлестік белсенділігі;
- терінің, киімнің, аяқ киімнің, жұмыс беттерінің радиоактивті ластануы;
- сыртқы сәулелену дозасының дозасы мен қуаты.

Кесте 15 – Дозалардың негізгі шектері

Нормаланған Шамалары	Доза шектері	
	Қызметкерлер (А тобы)	Халық
Тиімді доза	Жылына 20 м ³ в кез-келген 5 жыл ішінде орташа есеппен, бірақ жылына 50 м ³ в-тан аспайды	Жылына 1 м ³ в кез келген қатарынан 5 жыл ішінде орташа, бірақ жылына 5 мЗв артық емес
Эквив. бір жылдағы доза:		
- көздің линзасында	150 м ³ в	15 м ³ в
- тері	500 м ³ в	50 м ³ в
- қолдар мен аяқтар	500 м ³ в	50 м ³ в

Сыртқы сәулеленудің өлшенетін шамаларынан нормаланғанға ауысу арнайы әдістемелік нұсқаулармен анықталады.

Қызметкерді радиациялық қорғауды ұйымдастыру және іс-шаралар жұмыс істейтіндердің иондаушы әсердің барлық ішкі және сыртқы көздерінен сәулеленуін адамдарды сәулелендірудің тиісті санаты үшін НРБ-99 белгілеген негізгі дозалық шектен аспайтын және әдетте төмен жиынтық дозада шектеуді қамтамасыз етеді.

Сыртқы сәулеленудің тиімді дозасын анықтау гамма дозиметрдің экспозициялық дозасының (МЭД) қуатын еденнен және жұмыс беттерінен 1 м биіктікте тікелей жұмыс позицияларында жоспарлы өлшеу негізінде жүргізіледі.

Дозаның мәнін есептеу 8 формула бойынша жүргізіледі [34]:

$$D_e = \sum_n P_i \cdot t_i, \quad (12)$$

мұндағы: D_e – сыртқы сәулелену дозасы;

P_i – ауысымдағы экспозициялық доза қуатының орташа мәні;

t_i – ауысым барысында нақты жұмысшының жұмыс орнында болу уақыты;

n – жұмыс ауысымдарының саны.

Сыртқы сәулелену дозасының мәні әрбір жұмысшы үшін айқындалады және тоқсан сайын оның жеке карточкасына жазылады.

P_i – біздің зертхана үшін ауысымдағы экспозициялық доза қуатының орташа мәні 0,6 мкЗв/сағ (жоспарлы өлшеулер деректері бойынша), жылына жұмсалған орташа уақыт 1700 сағатқа тең:

$$D_e = 0,6 \cdot 1700 = 1020 \text{ мкЗв} = 1,02 \text{ мЗв}.$$

Алынған мән сыртқы сәулеленудің жылдық дозасын сипаттайды, ал сағаттық доза - 0,11 мкЗв. Жұмыс орнындағы гамма-сәулелену дозасының орташа жылдық қуаты (көп факторлы әсер ету) сағатына 11,8 мкЗв аспауы тиіс (20 мЗв/1700 сағат). Ұзақ өмір сүретін радионуклидтердің жұмыс аймағының ауасында болуына байланысты ішкі сәулеленудің тиімді дозасын айқындау АФА-PCП-20 сүзгілеріне ПВП-4А үлгісіндегі сынама іріктегіштердің көмегімен жүргізіледі.

Сынамалар бойынша уран қатарының радионуклидтерін тікелей айқындауды Ramon-01M аспабы сүзгілердің алты тәуліктік ұсталуынан кейін (қысқа өмір сүретін радионуклидтердің толық ыдырауына сәйкес келетін уақыт) жүргізеді.

Алынған мәндер ішкі сәулеленудің тиімді дозасын есептеу үшін қолданылады.

Жұмыс аймағының ауасында 1,1 Бк/м³ ұзақ өмір сүретін радионуклидтер болған кезде - 1700 сағат ішінде сәулелену 20 мЗв-қа тең болады. Біздің жағдайда ұзақ өмір сүретін радионуклидтердің орташа жылдық мөлшері 0,01 Бк/м³ (аспаптық өлшеу нәтижелері бойынша), жұмыс істеген уақыты 1700 сағат.

Есептеу пропорция бойынша жүргізіледі:

$$\begin{aligned} 1,1 \text{ Бк/м}^3 &- 20 \text{ мЗв} \\ 0,01 \text{ Бк/м}^3 &- x \text{ мЗв} \end{aligned}$$

Осыдан $x = 0,18 \text{ мЗв}$ -ке тең.

Радонның жұмыс аймағының және оның еншілес ыдырау өнімдерінің (қысқа өмір сүретін радионуклидтердің) ауадағы болуына байланысты ішкі сәулеленудің тиімді дозасын анықтау Ramon-01 құралымен жүргізіледі.

Алынған көлемдік белсенділік концентрациясының мәндері ішкі сәулеленудің тиімді дозасын есептеу үшін қолданылады.

Бұл ретте жұмыс аймағының ауасындағы радонның рұқсат етілген көлемдік белсенділігі 1200 Бк/м³ аспауы тиіс, ал жылдық түсім шегі - 3,0 мБк аспауы тиіс [37].

Дозаның мәнін есептеу 9 формула бойынша жүргізіледі:

$$D = k \cdot A \cdot \omega \cdot t \quad (13)$$

Мұндағы: t - жұмыс істеген сағаттардың орташа жылдық саны;

A - жыл бойы зертханада радонның орташа жылдық ЭРОА мәні (эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігі);

ω - тепе-теңдік коэффициенті 0,4,

k - дозаны ауыстыру коэффициенті - $8 \cdot 10^{-6} \text{ мЗв/Бк} \cdot \text{час} \cdot \text{м}^3$:

$$D = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 0,4 \cdot 1700 = 0,5 \text{ м}^3$$

Әрбір "А" Жұмыс тобы үшін тоқсан сайын ішкі сәулеленудің сыртқы және күтілетін тиімді дозасының (НРБ - 99) тиімді дозасының сомасына тең тиімді дозаны айқындау жүргізіледі [37].

ҚОРЫТЫНДЫ

Таңдалған зерттеу бағыты бойынша әдеби деректерді талдай отырып, келесі қорытынды жасауға болады: уранды жер асты күкірт қышқылымен шаймалау арқылы өндіру кезінде рН 1,5-2 дегі уран негізінен тұрақты уранил сульфат кешені $[UO_2(SO_4)_3]^{4-}$ -түрінде болады, сондықтан анион алмасу сипатындағы иониттер уранды алуға жарамды. Күшті негізді аниониттерді қолдану рН-ның кең ауқымында ерітінділерді қайта өңдеуге мүмкіндік береді; сонымен қатар, бұл иониттер жоғары сорбция кинетикасына ие, сондықтан уран өнеркәсібінде пайдалану үшін жаңа буын аниониттерін зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Зертханалық зерттеулер негізінде сорбенттерді кинетикалық сипаттамалары бойынша орналастыруға болады:

- Amberjet 4400 Cl;
 - Dowex RPU № 3930M;
 - Bayer–VP–OC 1955–Pt E 5023 Lewatit;
- Сыйымдылық сипаттамалары бойынша:
- Amberjet 4400 Cl;
 - Dowex RPU № 3930M;
 - Bayer–VP–OC 1955–Pt E 5023 Lewatit.

Десорбция кинетикасының деректері – Dowex RPU № 3930M шайырындағы десорбция параметрлері – Amberjet 4400 Cl және Bayer–Lewatit 6267 шайырларына қарағанда жақсырақ екенін көрсетеді. –Amberjet 4400 Cl шайырымен көрсетілген десорбция процесінде уранға жоғары жақындық (жоғары кинетикалық және сорбциялық сипаттамалар) десорбция параметрлерінің нашарлауына әкеледі. Зерттеу барысында Bayer-lewatit 6267 сорбенті сыйымдылығы мен кинетикалық сипаттамалары бойынша нашар нәтиже көрсетті, шайыр хлор ионына жоғары жақындықты көрсетті. Барлық аниониттердің ішінде уранның сорбциясы мен десорбциясы процесі үшін оңтайлы Dowex RPU № 3930M сорбенті болып табылады. Айта кету керек, әдістеме бойынша сорбенттердің сорбциялық қасиеттерін зерттеу сыйымдылық және кинетикалық сипаттамалармен бірге сорбция мен десорбцияның технологиялық параметрлерін есептеуге мүмкіндік береді. Шайырдың кинетикалық сипаттамалары шайырдың бағанға бір реттік жүктемесін азайтуға немесе шайырдың жүктелуінің өзгермеген көлемімен қондырғылардың өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді, бұл пайдалану шығындарының төмендеуіне әкеледі. Шайырларды сынау бағдарламасы уранның статикалық және динамикалық сорбция және десорбция режимдерінде сорбенттерді зерттеуде жақсы нәтиже көрсетті. Аниониттердің сорбциялық сипаттамалары туралы сенімді деректерді аналитикалық жолмен аниониттердің ерекше күрделі эксперименттерінсіз алуға мүмкіндік береді, олардың негізінде өнеркәсіптік шайырды пайдалану үшін қажетті технологиялық есептеулер жүргізіледі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов В.И., Рогов А.Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. - Алматы, 2001.
- 2 Громов Б.В. Введение в химическую технологию урана. – М.: Атомиздат, 1978.
- 3 Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов: Учеб.Пособие для вузов.-4-е изд. перераб. и доп.-М.: Интермет Инжиниринг,2003.
- 4 А Аликулов Ш.Ш., Каршибаев Ш.Б., Жалилов Г.Б., Изучение основы сорбционной технологии переработки урановых растворов-№3 (84),2021.
- 5 Белицкий В.И., Богатков Л.К., Волков Н.И. Справочник по геотехнологии урана. – М.: Металлургия, 1975.
- 6 Ласкорин Б.Н. и др. Ионный обмен // Атомная энергия. – Т. 2. – 1960.
- 7 Захаров Е.И., Рябчиков Б.Е., Дьяков В.С. Ионообменное оборудование атомной промышленности. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
- 8 Зефирова А.П., Ласкорин Б.Н., Невский Б.В. Современное состояние технологии переработки урановых руд // Атомная энергия. – Т. 11. – 1961.
- 9 Ионообменные материалы для процессов гидрометаллургии, очистки сточных вод и водоподготовки. / Под ред. Б.Н. Ласкорина. – М.: ВНИИХТ, 1983.
- 10 Лурье А.А. Сорбенты и хроматографические носители. – М.: Химия, 1972.
- 11 Садыков Р.Х.. Подземное выщелачивание за рубежом. / Об-зор. – Вып. 87. – М.: ЦНИИАтоминформ, 1987.
- 12 Мамилов В.А., Петров Р.П., Шушания Г.Р. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания / Под ред. В.А. Мамилова. – М.: Атомиздат, 1980.
- 13 Белицкий В.И., Давыдова Л.Г., Долгих П.Ф. и др. Методы исследований при подземном выщелачивании руд / Учебное пособие. – М.: МГРИ, 1981.
- 14 Шумилин М.В., Муромцев Н.Н., Бровин К.Г. и др. Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выщелачивания. – М.: Недра, 1985.
- 15 Шарафутдинов У.З., Курбанов М.А., Аликулов Ш.Ш., Ганиева Д.С. Ис-следование сорбционных свойств анионитов при совместной сорбции ура-на и рения в процессе подземного выщелачивания урана.-УДК 549.719-2021. Стр-139.
- 16 Белоцерковский Г.М., Мальцев Н.В., Адсорбенты,их получения, свойства и применение. Учебное пособие//. Л.Наука 1985.с. 35-41.
- 17 Водолазов Л.И., Наумов Г.Б, Пчелкин В.А. и др. Химия ура-на / Под ред. Л.И. Водолазова. – М.: Наука, 1989.
- 18 Arden T.V., Wood G. A. Adsorption of complex anions from uranyl sulphate solution by anion-exchange resins // J. Chemical Soc. – Vol. 91, 1956.

19 In situ uranium extraction dominates Texas meeting // Engng and Mining J. – Vol .181. - № 12, 1980.

20 Федулов В.Н., Алексеева В.В. и др. Сорбционная колонна непрерывного действия с зажатым слоем ионита // Цветные металлы. - № 2. – 1970.

21 Козлов В.А., Разыков З.А., Батракова Л.Х., Гражданова Я.В. Исследование и разработка сорбционной технологии извлечения и разделения ванадия и урана из кварцитов Каратау // Сб. докладов: Актуальные проблемы урановой промышленности. – Алматы: НАК Казатомпром, 2002.

22 Гидрометаллургия / Под ред. Ласкорина Б.Г. – М.: Атомиздат, 1976.

23 Теоретические основы объемного оксидиметрического ферро-(ти-тано-)-фосфатно-бихроматного методов определения урана и инструкции по его определению в различных материалах. - Алматы: НАК Казатомпром, 2000.

24 Сборник методик выполнения измерений содержания, мо-либдена, свободной кислотности, нитратов, двух-, трехвалентного железа, алюминия, кремния, хлоридов, сульфатов, кальция, магния, карбонатов, бикарбонатов, механических взвесей, суммарного содержания солей в тех-нологических растворах при экспрессном контроле. - Алматы: НАК Каза-томпром, 2000.

25 Методика выполнения измерений активности ионов водорода водных растворов и пульп лабораторными средствами измерений. МВИ 23-81. – Алматы: Казатомпром, 2000.

26 Временные методики выполнения измерений содержания же-леза, кремния, нитрат-, сульфат, хлорид-ионов в ионитах. - Алматы: НАК Казатомпром, 2000.

27 Шокобаев Т.Д. Организация и планирование промышленных предприятий / Учебное пособие. – Алматы: КазНТУ, 2001.

28 Тырышкин М.А., Байкалова А. И. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов / Методические указания для студентов всех специальностей. – Томск: Ротапринт ТИАСУРа, 1993.

29 Злобинский Б.М. Охрана труда в металлургии. – М.: Метал-лургия, 1975.

30 Тяжин Ж. Охрана труда в дипломных проектах / Методиче-ские указания. – Алма-Ата: КазПТИ, 1989.

31 Санитарные нормы проектирования промышленных пред-приятий. – М.: Наука, 1972.

32 Кобевник В.Ф. Охрана труда. – Киев: Высшая школа, 1990.

33 СНиП РК 3.01-01-2002. Сборник основных правил и норм строительства и эксплуатации атомной промышленности. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

34 Санитарные нормы и правила по гигиене труда в промыш-ленности. – Т. 3. – Омск: Омич, 1995.

35 Ермилов В.В., Калита Н.Л. Исследование и расчет производ-ственных шумов в помещениях. – Алма-Ата: КазПТИ, 1983.

36 Нормы радиационной безопасности (НРБ). Межгосударственные гигиенические нормативы (СП 2.6.1.054-99). – Алматы: Стандарт, 2000.

37 Ермилов В.В., Омаргалиева С.А., Акилбеков С. Исследование и расчет естественного освещения в помещении. – Алма-Ата: КазПТИ, 1982.

38 Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – Астана: Агентство по делам Здравкохранения РК, 1999.

39 Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности / Под ред. И.В. Рябова. – М.: Химия, 1979.

Қосымша А.Басылып шығарылған мақала



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Kazakh national research technical university named after K.I. Satpaev

Көрнекті ғалым, педагог және қоғам қайраткері, академик
Байқоңыров Әмірхан Аймағамбетұлының туғанына 110 жыл толуына арналған
«МЕМЛЕКЕТТІК ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ЖОБАНЫ ІСКЕ АСЫРУ БОЙЫНША
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТАУ-КЕН МЕТАЛЛУРГИЯ КЕШЕНІН ДАМУ»
халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының

ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ

Международной научно-технической конференции
«РАЗВИТИЕ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАЗАХСТАНА ПО
РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА»
посвященной к 110-летию со дня рождения выдающегося ученого, блестящего педагога и
общественного деятеля академика **Байқоңырова Әмірхана Айтмағамбетовича**

PROCEEDING

International scientific - technical conference
"DEVELOPMENT OF MINING AND METALLURGICAL COMPLEX OF
KAZAKHSTAN ON REALIZATION OF THE STATE INVESTMENT PROJECT"
dedicated to the 110th Anniversary of the outstanding scientist, brilliant teacher and public figure
academician **Baikonurov Omirkhan Aitmagambetovich**

25 қараша 2022 жыл, Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, ТМҒ, Мәжіліс залы
25 ноября 2022 год, КазННТУ им.К.И.Сатпаева, ГМК, Актовый зал
25 november 2022 year Almaty c., Republic of Kazakhstan, KazNRTU named after K.I.Satpaev

Алматы, 2022

УДК 622:669 (574)
ББК 33:34.3 (5Каз)
М44

Мемлекеттік инвестициялық жобаны іске асыру бойынша қазақстанның тау-кен металлургия кешенін дамыту. Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының еңбектері - Алматы, Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, 2022,- 283 б.

Развитие горно-металлургического комплекса казахстана по реализации государственного инвестиционного проекта. Труды международной научно-технической конференции- Алматы, КазННТУ им.К.И.Сатпаева, 2022, - 283 с.

Development of mining and metallurgical complex of kazakhstan on realization of the state investment project. Proceeding international scientific - technical conference – Алматы, KazNRTU named after K.I.Satpaev, 2022, - 283 p.

ISBN 978-601-323-334-5

Еңбектерге тау-кен металлургия кешенінің негізгі аспектісі – тау-кен ісінің қазіргі жағдайы мен дамуына, металлургия мен байытуға, өндірістегі экология мен еңбекті қорғауға, тау-кен металлургия кешенінде қолданылатын инновациялық технологияларға және инженерлік кадрларды даярлауға арналған мақалалар енгізілген.

В труды включены статьи, посвященные ключевым аспектом горно-металлургического комплекса – современному состоянию и развитию горного дела, металлургии и обогащения, экологии и охране труда на производстве, инновационным технологиям, применяемым в горно-металлургическом комплексе и подготовке инженерных кадров.

The works include articles devoted to the key aspect of the mining and metallurgical complex - the current state and development of mining, metallurgy and enrichment, ecology and occupational safety in production, innovative technologies used in the mining and metallurgical complex and the training of engineering personnel.

**ЖЕРАСТЫ ШАЙМАЛАУДЫҢ ӨНІМДІ ЕРІТІНДІЛЕРІНЕН УРАНДЫ СОРБЦИЯ
ӘДІСІМЕН АЛУ МҮМКІНДІКТЕРІ**

Берлібек А.М., магистрант Satbayev University
Буркурманов Б.Ш., «Қазақстан Республикасы Ядролық ғылым,
энергетика және өнеркәсіп ардагерлері кеңесінің» атқарушы директоры
Байконурова А.О., техника ғылымдарының докторы, профессор Satbayev University
Сұлтанбаева А.Б., ассистент Satbayev University
Алтымышбаева Ә.Ж., аға оқытушы Satbayev University

Аңдатпа. Мақалада Dowex анионалмастырғышымен уранды сорбциялау зерттелді. Жерасты шаймалаудың уранды ерітінділерді сорбция процесіне бағытталғаны белгілі. Кеңінен қолданылатын шетелдік сорбенттердің бірі – Dowex болып табылады. Қазіргі таңда Қазақстанда сорбенттер өндірілмейді, соның мақсатында шетелдік ион алмастырғыштар сатып алынады. Белгілі сорбенттердің мақсатты ион алмастырғыштарды таңдау мүмкіндігін зерттеу үшін осы ион алмастырғышта уранның сорбциясын зерттедік. Сорбция динамикалық және статикалық жағдайда жүргізілді. Статикалық режимде сорбциялау кезінде алынған кинетикалық параметрлер негізінде динамикалық режимде сорбция кезінде ерітіндінің өту жылдамдығы есептелді.

Түйінді сөздер: жерасты шаймалау, уран, сорбция, сорбент Dowex.

Дүние жүзіндегі сенімді барланған уран қорының шамамен 19 %-ы Қазақстан Республикасының жер қойнауында шоғырланған, бұл 900 мың тоннадан астам. Қазақстан аумағында анықталған көптеген ондаған уран кен орындары қалыптасу шарттары мен практикалық маңызы бойынша әр түрлі.

Геологиялық позициялардың, генетикалық белгілердің және аумақтық окшауланудың ортақтығы оларды алты уран-кен провинцияларының құрамында қарастыруға мүмкіндік береді.

Құрамында уран бар кендерді өңдеу бойынша "Қазатомпром" ҰАК негізгі кәсіпорындары негізінен Шу-Сарысу және Сырдария уран-кен провинцияларында орналасқан.

Кедей және терең орналасқан кен орындарын игеруге заңды түрде тарту сөзсіз өндірілетін пайдалы қазбалардың қымбаттауына әкеледі. Бұл барлық пайдалы қазбаларға, соның ішінде уранның энергетикалық отынының жаңа түріне де қатысты, ал атом энергетикасы өте жылдам қарқынмен дамып келеді [1].

"Қазатомпром" ҰАК кәсіпорындарында уранды өндіру және өңдеу кезінде-жерасты шаймалау әдісімен сорбциялық-десорбциялық технология кеңінен қолданылады. Құрамында уран бар ерітінділерді өңдеу құны бойынша ең қымбат реагенттердің бірі-ион алмасу шайыры.

Сорбциялық қайта бөлу соңғы өнімнің сапасын жақсарту үшін үлкен әлеуетке ие. Сорбенттердің технологиялық қасиеттерін сынау құрамында уран бар шикізатты гидрометаллургиялық өңдеудің маңызды аспектісі болып табылады. Ең жоғары техникалық-экономикалық сипаттамалары бар шайырларды таңдау уранның жоғары сыйымдылығына қол жеткізуге, таза десорбаттар алуға, десорбцияға реагенттердің шығынын азайтуға мүмкіндік береді [2].

Шетелдік және отандық жерасты шаймалау (ЖШ) кәсіпорындарында уранды аниониттерден десорбциялау әдісіне байланысты оны шоғырландырудың және тауарлық десорбаттардан бөлудің әртүрлі әдістері қолданылады. Тұзды десорбция жағдайында (NH_4NO_3 , NaCl , NH_4Cl) уран әдетте аммоний полиуранаттары түріндегі аммиактың Сулы ерітінділерімен немесе натрий полиуранаттары түріндегі каустикалық натрий ерітінділерімен тұндырылады. Полиуранаттардың қалдықтарын сүзгі престерінде сығылады және кек одан әрі тазартылу мақсатында гидрометаллургиялық зауытқа тасымалданады. Уранды қоспалардан тазарту үшін оның тұндыруын РН 3,6÷3,8 аралығында темір және басқа да қоспалармен

тұндыру арқылы бөлшектеуге болады, және ары қарай рН 6,5÷8 болатын полиуранаттарды тұндыру арқылы аналық ерітіндіні тазарту мақсатында бөлшектеп жүргізуге болады. Алынған химиялық концентраттардағы уранның мөлшері олардың тазалығына байланысты 40-тан 64 % - ға дейін өзгеруі мүмкін. Полиуранаттадың тұнған аналық ерітінділерін десорбциялық ерітінділерді дайындау үшін қолданылады [2].

Кейбір жағдайларда полиуранаттардың кегі күшті күкірт қышқылында ериді және концентрленген уран ерітіндісі (200 г/л U дейін) тот баспайтын болаттан жасалған цистерналарда ГМЗ-ге жіберіледі.

Уранды бөліп алудың гидролитикалық әдісінің барлық қарапайымдылығы мен тиімділігімен ол елеулі кемшілікке ие – айналымдағы өнімді ерітінділермен бірге жер асты горизонттарына тасталуы керек нитрат немесе хлорид ерітінділерінің теңгерімсіз көлемінің жинақталуы.

Уранды күкірт қышқылымен десорбциялау әдісінде бұл кемшілік жоқ, өйткені тауарлық десорбаттардан алынған уран сорбциялық немесе экстракциялық жолмен шоғырлануы мүмкін және бай сода десорбаттары немесе уран концентрациясы 80-100 г/л болатын реэкстрактілер түрінде бөлінуі мүмкін, ал күкірт қышқылының тазартылған ерітінділері десорбцияға қайтарылуы немесе жер асты шаймалау процестері үшін пайдаланылуы мүмкін [3].

Уранды күкірт қышқылды нитратты десорбаттарынан шоғырландыру және бөліп алу үшін ионит мембраналарымен электродиализ процесін қолдануға болады.

Карбонат-бикарбонат десорбаттарынан уранның бөлінуі көміраммонийлі тұздарының 90-100 немесе 120-130 °С температурада термиялық ыдырауымен, қалдық газдарды ұстап, уранил монокарбонаты, уранат және аммоний диуранатының қоспасы түрінде уранның тұндыруымен жүзеге асырылуы мүмкін. Алынған тұнба кальциленген кезде Ди-және уран триоксидінің қоспасы түзіледі [4].

Уран пероксиді түрінде карбонат-бикарбонатты регенераттардан уран бөлінуі мүмкін.

"Қазатомпром" ҰАК кәсіпорындарында уранды өндіру күкірт қышқылды ерітінділермен жерасты ұңғымалық шаймалау (ЖҰШ) әдісімен, содан кейін күшті негізді аниониттерге уранды сорбциялық алу арқылы жүзеге асырылады (сурет 1).



1-сурет. Уранды жерасты ұңғымалық шаймалау схемасы

Өнімді ерітінділерді өндіру айдау ұңғымаларына 90-100 м тереңдікке түсетін суасты сорғы қондырғыларының көмегімен жүзеге асырылады [3]. Бұдан әрі құрама коллекторлар

бойынша ерітінділер аралық құм тұндырғыштарға түседі, сол жерден магистральдық құбырлар арқылы құм тұндырғышқа өнімді ерітінділер беріледі.

Пайдалы компоненттің өнімді ерітінділерінен алынғаннан кейін, аналық ерітінділер құм шұңқырына түседі. Бұдан әрі магистральдар бойынша ерітінділер қышқылданудың технологиялық тораптарына беріледі, онда күкірт қышқылымен нығайтылады және айдау ұңғымаларына беріледі. Өнімді ерітінділерді қайта өңдеудің технологиялық процесі тұйық цикл болып табылады және ағынды (қалдық) ерітінділері жоқ.

Өнімді ерітінділердің түріне (күкірт қышқылы немесе бикарбонат) және қолданылатын адсорбенттің түріне (күкірт қышқылы, нитрат, хлорид немесе көмір аммоний тұздарының ерітінділері) байланысты технологиялық схемаға анионитті жуудың, қанықтырудың және конверсиялаудың қосымша операциялары кіреді.

Уранды жер асты күкірт қышқылымен шаймалау арқылы өндіру кезінде уран негізінен тұрақты уранил сульфат кешені түрінде болады $[UO_2(SO_4)_3]^{+}$.

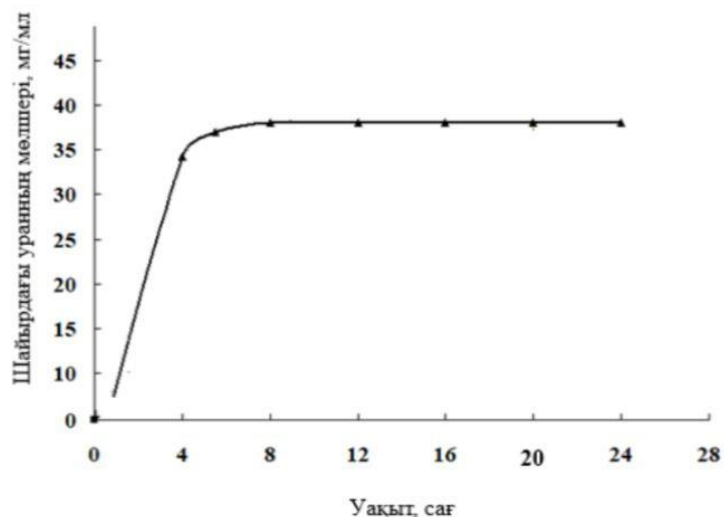
Сондықтан анион алмасу сипатындағы иониттер уран алуға жарамды. Күшті негізді аниониттерді қолдану ерітінділерді рН кең диапазонында өңдеуге мүмкіндік береді; иониттер жоғары сорбция кинетикасына ие.

Біз Dowex брендінің жоғары қышқылды анионитінің көмегімен сорбцияны зерттедік. Сорбент стандартты әдіс бойынша дайындалды. Сорбция "Қазатомпром" қызметкерлерінің зерттелген жұмыс жағдайында процестің ұзақтығы 4 сағатта жүргізілді; ортаның рН 2, 0; және қатты және сұйық фазаның 4:1. Сорбциялық ерітіндінің құрамы жер асты шаймалаудың өнімді ерітіндісі алынды, г / л: рН – 2,0; C_U – 0, 100; $C_{NO_3^-}$ - 0,17; $C_{Fe^{3+}}$ - 3,4; $C_{SO_4^{2-}}$ - 13,85; C_{SiO_2} – 0, 006

Статикалық режимде жүргізілген сорбция нәтижелері 1-кестеде және 2-суретте көрсетілген.

Кесте-1. Dowex маркалы уранды ионитпен сорбциялау нәтижелері

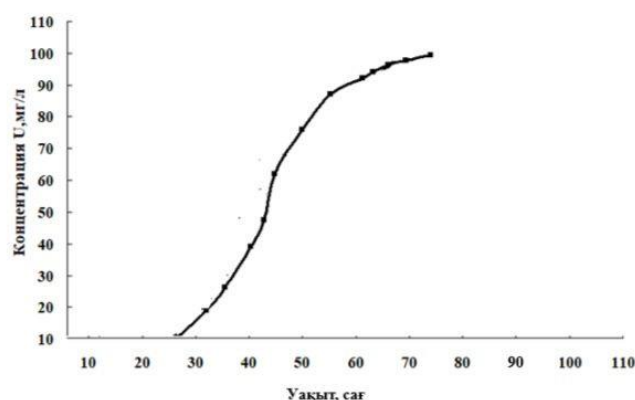
Сорбациялау уақыты, сағат	4	6	8	12	16	20	24
Уран мөлшері, мг/мл	37,6	38,13	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0



2-сурет. Статикалық режимде алынған уранның сорбция қисықтары

Көріп отырғаныңыздай, сорбент жақсы ион алмасу сипаттамаларына ие. Статикалық режимде сорбция кезінде алынған кинетикалық көрсеткіштер бойынша динамикалық режимде сорбция кезінде ерітіндінің өту жылдамдығы есептелді. Ерітіндінің құрамы статикада қолданылатын ерітіндіге ұқсас.

Динамикалық режимде салынған уранның сорбция қисығы 3-суретте көрсетілген.



3-сурет. Динамикалық режимде салынған уранның сорбция қисығы.

Уранның толық динамикалық сыйымдылығына жеткен кезде динамикалық режимде сорбциядан кейін қаныққан сорбенттегі уран мен ілеспе негізгі қоспалардың құрамы 3-кестеде келтірілген.

Кесте-3. Қаныққан сорбенттегі уран мен ілеспе негізгі қоспалардың құрамы

Сорбенттің атауы	Мазмұны г/кг				
	U	Fe ³⁺	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	NO ₃ ⁻
Dowex RPU № 3930M	84,8	1,4	16,4	0,04	3,4

Көріп отырғаныңыздай, шайыр уранның статикалық және динамикалық сорбция режимдерінде жоғары көрсеткіштерді көрсетті. Шайырды таңдау кезінде иониттің сорбциялық және сыйымдылық сипаттамаларын ғана емес, сонымен қатар десорбция көрсеткіштерін де басшылыққа алу керек екенін атап өткен жөн. Шайырдың сыйымдылық сипаттамаларын салыстыру үшін Иониттердің әртүрлі маркаларын, соның ішінде Ресейде өндірілген маркаларды пайдалану кезінде осы бағытта зерттеулер жүргізу қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов В.И., Рогов А.Е. Қазақстан кен орындарындағы уран геотехнологиясы. (Геотехнология урана на месторождениях Казахстана.) - Алматы, 2001.
2. Громов Б.В. Уранның химиялық технологиясына кіріспе. (Введение в химическую технологию урана.) – М.: Атомиздат, 1978.
3. Мамилов В.А., Петров Р.П., Шушания Г.Р. и др. Жерасты шаймалау әдісімен уран өндіру (Добыча урана методом подземного выщелачивания) ред. В.А. Мамилова. – М.: Атомиздат, 1980.
4. Садыков Р.Х.. Шетелде жерасты шаймалау. (Подземное выщелачивание за рубежом. / Обзор. – Вып.)



SATBAYEV
UNIVERSITY



СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ
САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ
SATBAYEV CONFERENCE

**INTERNATIONAL SATBAYEV
CONFERENCE 2023**
«Ғылым және технологиялар: идеядан
өндіріске ендіруге дейін» халықаралық
конференцияның еңбектері



Proceedings of the
**INTERNATIONAL SATBAYEV
CONFERENCE 2023**
«Science and technology:
From idea to implementation»

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev

«INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023

(Сәтбаев Оқулары-2023).

ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР: ИДЕЯДАН

ӨНДІРІСКЕ ЕНДІРУГЕ ДЕЙІН

халықаралық ғылыми – практикалық конференцияның

ЕҢБЕКТЕРІ

12 сәуір 2023 ж.

I Том

ТРУДЫ

Международной научно-практической конференции

«INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023

(Сатпаевские Чтения – 2023).

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ: ОТ ИДЕИ ДО ВНЕДРЕНИЯ

12 апреля 2023 г.

Том I

PROCEEDING

International scientific and practical conference

«INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023

(Satbayev Conference - 2023).

SCIENCE AND TECHNOLOGY: FROM IDEA TO IMPLEMENTATION

12 april 2023

Volume I

Алматы 2023

УДК 001+62
ББК 72+30
I-10

Труды Международной научно-практической конференции «INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Сатпаевские Чтения – 2023). Наука и технологии: от идеи до внедрения».

Шокпаров А.Ж.	–	Член Правления - Проректор по науке и международному сотрудничеству, председатель
Бактыгали Ж.К.	–	Директор Департамента науки,
Буршукова Г.А.	–	Руководитель Отдела публикационной активности и научных изданий
Сыздыков А.Х.	–	Директор Института геологии и нефтегазового дела
Рысбеков К.Б.	–	Директор Горно-металлургического института
Ускенбаева Р.К.	–	Директор Института автоматизации и информационных технологий
Елемесов К.К.	–	Директор Института энергетики и машиностроения
Куснаиғалиев Б.У.	–	Директор Института архитектуры и строительства
Амралинова Б.Б.	–	Директор Института управления проектами
Узбаева Б.Ж.	–	Директор Научной библиотеки

«INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Сатпаев окулары-2023). Ғылым және технологиялар: идеядан өндіріске ендіруге дейін» = «INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Сатпаевские чтения -2023). Наука и технологии: от идеи до внедрения» = «INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Satbayev Conference - 2023). Science and technology: from idea to implementation»; Материалы Международной научно-практической конференции – Алматы: КазННТУ, 2023.-Том 1.- 291 с. – Англ., каз., рус

ISBN 978-601-323-379-6

В сборнике рассматриваются результаты научных исследований в следующих направлениях: Научно-инновационная концепция развития ГКМ Казахстана; Вызовы и возможности трансформации ключевых секторов в новых реалиях; Компьютерные науки, инженерия и информационные технологии: от теории к приложениям; Освоение и внедрение инновационных технологий в строительстве гражданских и транспортных сооружений; Инновационные тенденции развития в области машиностроения и энергетики; Современные тенденции развития социально-гуманитарных и экономических наук.

ISBN 978-601-323-379-6
ISBN 978-601-323-373-4

© КазННТУ им. К.И. Сатпаева

<https://doi.org/10.51301/ISC.2023.v1.39>

А.М. Берлібек*, Б.Ш. Буркурманов ,
А.Б. Сұлтанбаева, Ә.Ж. Алтмышбаева, А.О. Байконурова
Satbayev University, Алматы, Қазақстан
*e-mail: aberlbek@inbox.ru

УРАНЫҢ АНИОНАЛМАСУ СОРБЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада күшті негіздік анион алмастырғыш Amberjet уранға сорбциялық қасиеттері зерттелді. Сондай-ақ статикалық және динамикалық жағдайда АМ-п анионалмастырғышында уранды салыстырмалы сорбциялау жүргізілді. Уранды сілтісіздендіру үшін күкірт қышқылының ерітінділері қолданылатыны белгілі, ал өнімді ерітіндідегі металдың тұрақты түрі уранилсульфат кешені $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$ болып табылады. Уран кешендерінің аниондық түрі олардың сорбциясы үшін анионалмасу ионын қолдануды талап етеді. Сорбентті дайындау және ион алмасу процесі үшін сорбциялық жағдайларды Орталық ғылыми-зерттеу зертханасының қызметкерлері дайындады және оны ҚАЗАтомөнеркәсіп бекіткен әдістерге сәйкес жүргізді. Осы зерттеу негізінде Amberjet анионалмастырғышының сорбциялық қасиеттері зерттелді. Amberjet шайырының жоғары кинетикалық және сорбциялық қасиеттерін оның уранға жоғары жақындығымен түсіндіруге болады, бұл десорбция процесі кезінде нашар десорбция параметрлеріне әкелуі мүмкін. Сондықтан бұл бағыттағы зерттеулер бұл шайырдың өнеркәсіптік ауқымда жұмыс істеуіне қажетті техникалық есептеулерді жүргізуге мүмкіндік береді. Алынған мәліметтерден зерттелетін сорбенттердің жақсы ион алмасу қасиеттері бар екенін көруге болады. Ресейде шығарылған АМ-п маркалы анионалмастырғышпен салыстырғанда, Amberjet анионалмастырғышы уран үшін максималды сорбциялық қабілетімен сипатталады.

Негізгі сөздер: сорбция, сорбент, аниониттер, сыйымдылық, кешен, статикалық режим, динамикалық режим, элюирлеу, десорбат.

Кіріспе. Оңтүстік Қазақстан аудандарының бірінде уран кендерінің кен орны бар. Уран негізінен кендерде қосалқы минералдармен ұсынылған. Уранның негізгі кен минералдары настуран және коффинит болып табылады. Минералдың формулалары $x\text{UO}_2 \cdot y\text{UO}_3 \cdot z\text{PbO}$ және $\text{U}(\text{SiO}_4)_{1-x}(\text{OH})_{4x}$. Бұл кен орнының жыныстары негізінен жоғары өткізгіштікке ие, және су өткізбейтін астыңғы қабаты бар. Бұл кен орны жер асты шаймалау әдісімен сәтті пайдалануға мүмкіндік береді [1-3].

Әдістің принципі сульфат ерітінділерін айдау ұңғымалары арқылы кенді горизонтқа айдау, уран минералдарын еріту және сорбциялық қайта бөлу үшін айдау ұңғымалары арқылы өнімді ерітінділерді жер бетіне шығару болып табылады. Өнімді ерітінділерді сорбциялық өңдеудің технологиялық схемасы мынадай негізгі операцияларды қамтиды: ерітінділерді сорбцияға дайындау (тұндыру, сүзу); уранды аниониттермен сорбциялау; уранды десорбциялау; тауарлық десорбаттардан уранды шоғырландыру және бөлу.

Өнімді ерітінділердің түріне және қолданылатын десорбентке байланысты технологиялық схемаға қосымша операциялар кіреді: жуу, қанықтыру және анионді конверсиялау. Сонымен, жер асты шаймалау үшін қолданылатын реагенттердің күшті ерітінділерімен уранды десорбциялау кезінде десорбция және оларды конверсиялау алдында өнімді ерітінділерден қаныққан сорбенттерді жуу операциялары қажет болмайды.

Уранды жер асты шаймалау кезінде күкірт қышқылының ерітінділері қолданылатыны белгілі, сондықтан өнімді ерітінділерде металды табудың тұрақты түрі-уранил сульфат кешені $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$ болып табылады. Уранның күрделі қосылысының аниондық түрі оны сорбциялау үшін анион алмасу иониттерін қолдануды талап етеді.

Материалдар мен әдістер. Біз Amberjet күшті негізді анионит уранға қатысты сорбциялық қасиеттерді зерттедік. Сонымен қатар, АМ-п анионитіндегі статикалық және динамикалық жағдайларда уранның салыстырмалы сорбциясы жүргізілді. Бұл анион алмасу иониттерін кез-келген, соның ішінде күрделі тұзды жүйелер үшін қолдануға болады.

Қазақстанның ТМК дамытудың ғылыми-инновациялық тұжырымдамасы

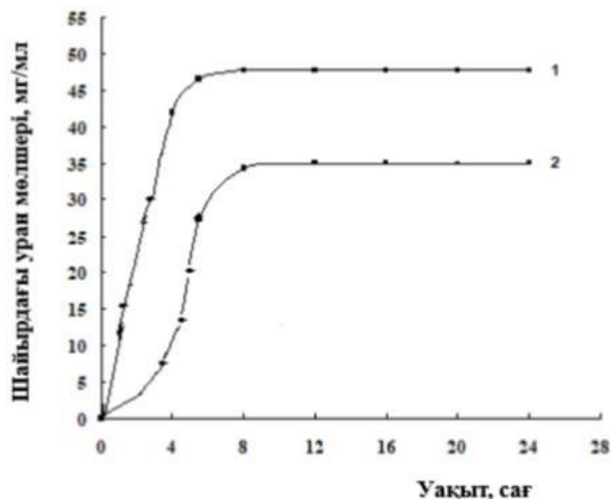
251

Сорбенттерді ион алмасу процесіне дайындау және сорбция шарттары "Қазатом өнеркәсіп" ұйымы бекіткен және ЦНИЛ қызметкерлері әзірлеген әдістемелерге сәйкес қолдау тапты. Құрамында синтетикалық уран бар ерітіндінің құрамы жерасты шаймалау технологиясының өнеркәсіптік өнімді ерітінділеріне мүмкіндігінше жақын ұсталды [4].

Өнеркәсіптік ерітінділерден таңдалған сорбенттермен сорбция нәтижелері 1-кестеде және 1-суретте келтірілген.

1-кесте. Статикалық режимде уранның аниониттермен сорбциялану нәтижелері

Сорбция уақыты, сағ	4	6	8	12	16	20	24
Amberjet							
Уран мөлшері, мг/мл	42,0	47,7	47,7	47,7	47,7	47,7	47,7
AM-п							
Уран мөлшері, мг/мл	10,0	27,0	34,0	35,0	35,0	35,0	35,0



1-сурет. Статикалық режимдегі уран сорбциясының кинетикалық кисықтары: 1 – Amberjet; 2 – AM-п

Алынған мәліметтерден зерттелетін сорбенттердің жақсы ион алмасу сипаттамалары бар екендігі көрінеді. Ресейде өндірілген анионитпен салыстырғанда AM-п маркасы уранның максималды сорбциялық сыйымдылығымен Amberjet анионитімен сипатталады.

Статикалық режимде сорбция кезінде алынған кинетикалық көрсеткіштер бойынша динамикалық режимде сорбция кезінде ерітіндінің өту жылдамдығы есептелді. Ерітіндінің құрамы статистикада қолданылатын ерітіндіге ұқсас болды.

Нәтижелер мен талқылау. Статикалық режимде сорбция кезінде алынған кинетикалық көрсеткіштер бойынша динамикалық режимде сорбция кезінде ерітіндінің өту жылдамдығы есептелді. Ерітіндінің құрамы статикада қолданылатын ерітіндіге ұқсас болды.

Ерітіндінің өту жылдамдығы формула бойынша анықталды:

$$W = \frac{V}{\Delta\tau \cdot 1,2} \quad (1)$$

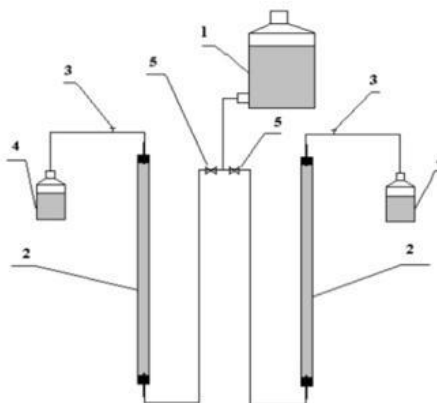
мұндағы W-ағын жылдамдығы;

252 _____ Қазақстанның ТМК дамытудың ғылыми-инновациялық тұжырымдамасы

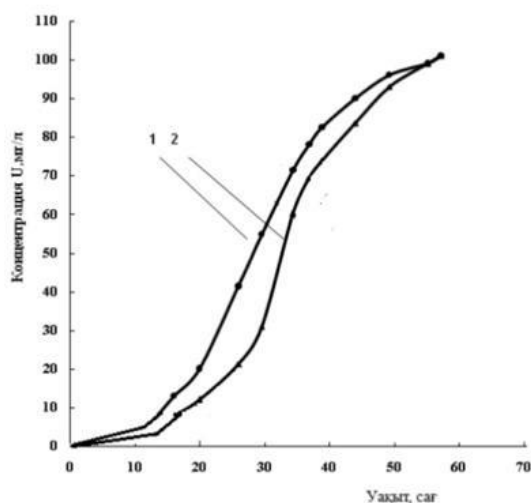
V -бағанға салынған шайырдың көлемі;
 Δt -уақыт.

Amberjet шайыры бар баған арқылы ерітіндінің өту жылдамдығы V мәнін құрайды $= 24 / 0,055 \cdot 1,2 = 364$ мл/сағат.

Динамикалық режимдегі сорбция шыны бағандарда жүргізілді: биіктігі - 30 см, диаметрі - 1 см. жүктелетін сорбенттің көлемі - 28 мл ерітінділер төменнен жоғары қарай жеткізілді. Сорбцияға арналған модельдік ерітінді құрамы бойынша статикада қолданылатын ерітіндіге ұқсас. Динамикалық режимде уран сорбциясын жүргізуге арналған эксперименттік қондырғы 2-суретте көрсетілген. Сынамалар әр 4 сағат сайын алынып, уран құрамына талданды [5]. Сорбаттардағы концентрация (колонкалардың шыққан) ерітіндідегі бастапқы концентрацияға тең болғаннан кейін сорбция тоқтатылды. Сорбенттерді рН 2-2,5 дейін жуып, құрамында уранға талдау жүргізілді.



2-сурет. Уранды динамикалық режимде сорбциялауды жүргізуге арналған қондырғының схемасы: 1 - қысымды резервуар; 2 – сорбциялық колонна; 3 – сынама алғыш; 4 – сорбциялық аналық ерітіндіні жинауға арналған ыдыс; 5 – қысқыштар



3-сурет. Динамикалық режимдегі уран сорбциясының шығыс кысықтары: 1 – AM-n; 2 – Amberjet
 Қазақстанның ТМК дамытудың ғылыми-инновациялық тұжырымдамасы _____ 253

Зерттеу нәтижелері бойынша құрылған динамикалық режимдегі сорбция қисықтары 3-суретте келтірілген.

100 мг/л ерітіндідегі уран концентрациясы кезінде Amberjet маркалы аниониттің сыйымдылығы 42,8 шамасына сәйкес келеді.

Қаныққан сорбенттегі уран мен ілеспе негізгі қоспалардың құрамы 2-кестеде келтірілген.

2-кесте. Уран бойынша ПДОЕ жеткен кезде динамикалық режимде сорбциядан кейін қаныққан шайырдағы уран мен ілеспе қоспалардың құрамы

Сорбент атауы	Мөлшері, г/кг				
	U	Fe ³⁺	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	NO ₃
Amberjet	96.4	1.0	15,6	0,08	3.8

Қорытындылар. Жүргізілген зерттеулер негізінде Amberjet анионитінің сорбциялық сипаттамалары зерттелді. Amberjet шайырымен көрсетілген жоғары кинетикалық және сорбциялық сипаттамалар үлкендігімен түсіндіріледі оның уранға жақындығы, бұл десорбция процесінде десорбция параметрлерінің нашарлауына әкелуі мүмкін. Осылайша, осы бағыттағы зерттеулер шайырды өнеркәсіптік масштабта пайдалану үшін қажетгі технологиялық есептеулерді жүргізуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР / REFERENCES

- [1] Бахуров В.Г., Вечеркин С.Г. (1969). Подземное выщелачивание урановых руд. – М.: Металлургия.
- [2] Мамилов В.А., Петров Р.П., Шушания Г.Р. и др. (1980). Добыча урана методом подземного выщелачивания / Под ред. В.А. Мамилова. – М.: Атомиздат.
- [3] Садыков Р.Х. (2014). Подземное выщелачивание за рубежом. / Обзор. – М.: ЦНИИАтоминформ, Вып. 87 (397).
- [4] Развитие горно-металлургического комплекса Казахстана по реализации государственного инвестиционного проекта. Труды международной научно-технической конференции- Алматы, КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2022, - 283 с.
- [5] Теоретические основы объемного оксидиметрического ферро-(титано-)-фосфатно-бихроматного методов определения урана и инструкции по его определению в различных материалах. - Алматы: НАК Казатомпром, 2000.

А.М. Берлібек*, Б.Ш. Буркурманов, А.Б. Сұлтанбаева, Ә.Ж. Алтмышбаева, А.О. Байконурова
Satbayev University, Алматы, Казахстан
*e-mail: aberlbek@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ УРАНА НА АНИОНООБМЕННЫХ СМОЛАХ

Аннотация. В статье были исследованы сорбционные свойства Amberjet, сильноосновного анионита, на уране. Также была проведена сравнительная сорбция урана на анионите АМ-п в статических и динамических условиях. Известно, что для выщелачивания урана используются растворы серной кислоты, а стабильной формой металла в продуктивном растворе является комплекс уранилсульфата [UO₂(SO₄)₃]⁴⁻. Анионная форма урановых комплексов требует использования анионообменного иона для их сорбции. Подготовка сорбента и условия сорбции для процесса ионного обмена были подготовлены сотрудниками ЦНИЛа и поддерживались в соответствии с методами, утвержденными "КАЗатомпромом". На основе этого исследования были изучены сорбционные свойства анионита Amberjet. Высокие кинетические и сорбционные свойства смолы Amberjet можно объяснить ее высоким сродством к урану, что, возможно, приводит к ухудшению параметров десорбции в процессе десорбции. Поэтому исследования в этом направлении позволят провести технические расчеты, необходимые для эксплуатации этой смолы в промышленных масштабах. Из полученных данных видно, что исследуемые сорбенты, обладают хорошими ионообменными

характеристиками. По сравнению с анионитом, марки АМ-п, производимым в России, максимальной сорбционной емкостью по урану характеризуется анионит Amberjet.

Ключевые слова: сорбция, сорбент, аниониты, емкость, комплекс, статистический режим, динамический режим, элюирование, десорбат.

A. Berlibek*, B. Burkurmanov, A. Sultanbayeva, A. Altmyshbaeva, A. Baikonurova

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: aberlibek@inbox.ru

STUDY OF ANION-EXCHANGE SORPTION OF URANIUM

Abstract. The article investigated the sorption properties of Amberjet, a strongly basic anion exchange resin, on uranium. A comparative sorption of uranium on the AM-p anion exchanger under static and dynamic conditions was also carried out. It is known that sulfuric acid solutions are used for uranium leaching, and the stable form of the metal in the productive solution is the uranyl sulfate complex $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$. The anionic form of uranium complexes requires the use of an anion-exchange ion for their sorption. The preparation of the sorbent and the sorption conditions for the ion exchange process were prepared by the employees of the Central Research Laboratory and maintained in accordance with the methods approved by KAZAtomProm. On the basis of this study, the sorption properties of the Amberjet anion exchanger were studied. The high kinetic and sorption properties of Amberjet resin can be explained by its high affinity for uranium, which may lead to poor desorption parameters. Therefore, research in this direction will make it possible to carry out the technical calculations necessary for the operation of this resin on an industrial scale. From the data obtained, it can be seen that the studied sorbents have good ion-exchange characteristics. Compared to the anion exchange resin, grade AM-p, produced in Russia, Amberjet anion exchange resin is characterized by the maximum sorption capacity for uranium.

Keywords: sorption, sorbent, anion exchangers, capacity, complex, static mode, dynamic mode, elution, desorbate.