

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыроватындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Қамзанова Салтанат Серікқызы

««Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті
тұндырып алуды зерттеу»

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070900 – Металлургия мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МжПҚБ кафедрасының
меңгерушісі,

техн. ғыл. канд.,

М.Б. Барменшинова

«23» 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: ««Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты
пероксидті тұндырып алуды зерттеу»

5B070900 – Металлургия

Орындаған

Қамзанова Салтанат Серікқызы

Ғылыми жетекші:

PhD доктор, лектор

Б.Т. Алтайбаев

«23» 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 - Металлургия



Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Қамзанова Салтанат Серікқызы

Тақырыбы: «Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу» Университет Ректорының 2018 жылғы "08" қазан №1113 -б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2019 жылғы "24" мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Уранды кен орындарындағы классикалық технологиямен алынған тауарлы десорбатты пероксидті әдіспен тұндыру арқылы, халықаралық стандарттарға сәйкес келетін, тазартылған «сары кекті» алуды зерттеу

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Уран сорбент ретінде орташа және төмен негізді селективті аниониттерді пайдалануын зерттеу;

б) Ерітінділерден уранды химиялық тұндыруды эксперименттік зерттеулер;

в) Сорбциялық-тұндыру технологиясы процесін және механизмін зерттеу.

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

20 - кесте, 9 - сурет, 8 слайдта көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет барлығы 29 атау.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Табиғи уранның және дайын өнімнің химиялық концентратына қойылатын талаптар ғылыми-техникалық ақпаратқа шолу және талдау	14.01.19 - 3.02.19	Орындалады
Құрамында уран бар ерітінділерден уран концентраттарын селективті тұндырубойынша эксперименттік зерттеулер	01.03.19 - 24.03.19	Орындалады
Шайырдың қанығуы алдында регенераттарды алдын ала тазалау мүмкіндігін зерттеу процесін және механизмін зерттеу	25.04.19 - 05.05.19	Орындалады

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Койшина Г.М., PhD, лектор	23.05.2019	Шойкина

Ғылыми жетекші:



Алтайбаев Б.Т.

Тапсырманы орындаған білім алушы:



Қамзанова С.С.

Күні:

" 14 " 01 2019 ж.

АНДАТПА

Жұмыстың жалпы көлемі компьютерде терілген 57 бетпен баяндалған, оның құрамына 10 сурет, 32 кестелер кіреді. Қолданылған әдебиеттер тізімі 29 атаудан тұрады. Дипломдық жұмысы кіріспеден, 5 бөлімнен, қорытындыдан және әдебиеттер тізімінен тұрады.

Келесідей өзекті сөздер қолданылған:

Уран, сары кек, аффинаж, пероксидті тұндыру, тәжірибие матрицасы, математикалық модель, тиімділік.

Жұмыстың мақсаты пероксидті тәсілмен уранды тұндыру арқылы тазарту тиімділігін зерттеу.

Жұмыста уранды тұндырып тазалаудың әртүрлі тәсілдерін салыстыру ұсынылған, пероксидті тазартудың тиімділігі көрсетілген, зерттеліп жатқан процестің бірнеше сериялы нәтижесі келтірілген, оның адекватты математикалық моделі тұрғызылған, тиімді мәндер алудың және тазартудың тиімді программасы енгізілген.

Процеске әсер ететін негізгі жағдайлар: қышқылдық, температура және уақыт. Олардың тиімді мәндері табылған: $pH=3,1$; температура $39\text{ }^{\circ}\text{C}$; уақыт 109 минут. Осы жағдайларда уранның ерітіндіден уран пероксидіне өтуінің максимум мәні байқалды.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа изложена на 57 страницах машинописного текста, включает 9 рисунков, 19 таблиц и состоит из введения, пять глав и заключения по работе. Список использованных источников состоит из 29 наименования.

Использованы следующие ключевые слова:

Уран, желтый кек, аффинаж, пероксидное осаждение, матрица эксперимента, математическая модель, оптимизация.

Целью представленной работы является изучение и оптимизация процесса осадительного аффинажа урана пероксидным методом.

В работе представлен сравнительный анализ различных методов осаждения урана, показаны преимущества пероксидной очистки, приведены результаты серии экспериментов исследуемого процесса, построена его адекватная математическая модель, разработана программа оптимизации и получены оптимальные значения факторов ведения аффинажа.

Основными факторами, влияющими на процесс являются кислотность, температура и время. Найдены их оптимальные значения: $pH=3,1$; температура $39^{\circ}C$; время 109 минут. В этих условиях происходит максимальный переход урана из раствора в пероксид урана.

ANNOTATION

The thesis is set out on 57 pages of carpenter text, includes 9 figures, 19 tables and consists of an introduction, five chapters and a conclusion on work. The list of sources used consists of 29 items.

Used following key words:

Uranium, yellow cake, process of affinazh, deposition of oxide, matrix of experiment, mathematical model, optimization.

Aim of master's thesis is analysis and optimization of Uranium affinazh depositional process with oxide methods.

This work offered comparative analysis of different methods of Uranium deposition, also pointed advantages of oxide cleaning, reduced results of experiments of observable process, constructed adequate mathematical model, developed programme of optimization and received optimal significance of affinazh factors.

Main factors of influence are acidity, temperature and time. Optimal significance are: $\text{pH}=3,1$; temperature $39\text{ }^{\circ}\text{C}$; time 109 minutes. In these conditions originated maximal transition of Uranium from solution of Uranium oxide.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдеби шолу	10
1.1 Табиғи уранның және дайын өнімнің химиялық концентратына қойылатын талаптар	10
1.2 Уран сорбент ретінде орташа және төмен негізді селективті аниониттерді пайдалану	13
1.3 Құрамында уран бар ерітінділерден уран концентраттарын селективті тұндыру	15
1.3.1 Бөлу әдісі	16
1.3.2 Пероксидті тұндыру	18
1.3.3 Шайырды қоспалардан алдын ала бөліп алу	24
1.3.4 «Сары кекті» тұндыру алдында тауарлық регенератты алдын ала тазалау	27
1.3.5 Шайырдың сыйымдылығын арттыру және қаныққан шайырды қоспалардан тазарту	28
1.4 Сумен шаюдың химиялық концентраттың сапасына әсерін анықтау	29
1.5 Химиялық концентраттың пероксидты тұндыру	30
1.6 Тауарлық регенераттан уранды тікелей пероксидті шөгу	31
2 Табиғи уранның химиялық концентратын алудың шөгінді әдістері	32
2.1 Ерітінділерден уранды химиялық тұндыру	36
2.1.1 Қышқыл ерітінділерден уранды тұндыру	36
2.1.2 Уранды аммиакты ерітінділермен тұндыру	39
2.1.3 Уранды әкпен тұндыру	39
2.1.4 Төрт валентті уранның фосфатын тұндыру	40
2.2 Карбонатты ерітінділерден уранды тұндыру	42
2.2.1 Аммиакты тұндыру	42
2.2.2 Карбонатты ерітінділерден уран мен ванадийді бөлу	43
2.3 Уранды сутегімен қалпына келтіру	44
2.4 Уранды тұндыру процестерін жүргізудің технологиядық аспектілері	46
3 Тәжірбиелік бөлім	48
3.1 ҰАК «Казатомпром» тотықтырғыштарын қолданумен шынайы тәжірибе жүргізу	48
3 Шайырдың қанығуы алдында регенераттарды алдын ала тазалау мүмкіндігін зерттеу	51
3.1 Сорбциялық-тұндыру технологиясы	53
Қорытынды	55
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	56

КІРІСПЕ

Кедей және тереңде жатқан кендерді заңды түрде игеру, сөзсіз, өндірілетін пайдалы қазбалардың өзіндік құнының көтерілуіне алып келеді. Бұл барлық пайдалы қазбаларға, соның ішінде, энергетикалық отынның жаңа түрі – уранға үлкен шамада қатысты, себебі, атом энергетикасы жылдам қарқынмен дамып келеді. Атом энергетикасын дамытудың нәтижесіне уран кендерін геологиялық зерттеу, оларды дайындау және Қазақстан аумағында уран өндірісін жаңғырту болып табылады.

2030 жылға қарай табиғи уран оксидінің өндірісі жылына 15000 тоннаға жетуі тиіс. Мұның бәрі орындалған жұмыс тақырыбының өзектілігін анықтайды, оның мақсаты уран аффинажын тұндыру үрдісін асқын тотығу әдісімен зерттеу және оңтайландыру болып табылады [1].

Қазіргі уақытта жылына шамамен 2000 тонна уранның шала тотығы тазартылады: Қара-Балта тау-кен комбинатында, Үлбі металлургия зауытында және Степногорск тау-кен химиялық комбинатында. Әрбір өндіріс өзінің технологиясын, еріту үшін түрлі реагенттерді, экстракция және реэкстракцияны, экстракторлардың әр түрлі түрлерін пайдаланады. Әрбір өндірістің мүмкіндіктері шектеулі. Өндеу көлемінің ұлғаю жағдайында шала тотықты алу - аз мөлшердегі шығынмен сапалы шала тотықты алуға мүмкіндік беретін немесе көрсетілген сападағы уран оксидін алу арқылы «сары кекті» қайта тазалау технологиясын енгізу сипаттамасымен сапалы «сары кекті» шығарумен мүмкін.

Осы жұмыста «сары кектің» сапасын едәуір жақсартатын, сонан соң минималды шығындармен қажетті тазалықта шала тотықты алуға мүмкіндік беретін технологиялық әдістер зерттелді. Одан басқа, магистранттың алдында келесідей міндеттер тұрды: тазартудың әр түрлі әдістеріне салыстырмалы анализ жасау және уран пероксиді түрінде алты валентті сутек пероксидін тұндыру бойынша эксперименттер сериясын ұйымдастыру [2].

Жұмысты орындау әдістері мен әдістемелері: ТФЭ (толық факторлы эксперимент) әдісімен эксперименттерді ұйымдастыру, химиялық анализ әдісін, DELPHI 7.0. бағдарламалау тілін пайдалану.

Осы жұмыста ең алғаш рет зерттеліп жатқан технологиялық үрдістің математикалық моделі жасалған, оңтайландыру бағдарламасы әзірленген, және 6966968тазартылған уранды пероксиді әдісімен жүргізудің тиімді шарттары алынды: рН 3,1; температура 39°C; уақыт 109 минут, бұл көрсеткіштер уранды тазарту жұмыстарын жүргізетін комбинаттарға ұсынылуы мүмкін.

Жұмыста қажетті экономикалық есептер жүргізіліп, еңбекті қорғау бойынша шаралар қарастырылған.

1 Әдеби шолу

1.1 Табиғи уранның химиялық концентраты мен дайын өнімге қойылатын талаптар

Осы жұмыста дайын өнім деп, табиғи уран концентратын қайта тазалау барысында алынатын уран оксиді түсініледі. Қазіргі уақытта уран оксидіне қойылатын талаптар халықаралық ASTM C 967-87 стандартымен реттеледі.

«Қазатомөнеркәсіп»ҰАК АҚ-да уран оксидіне арналған ТУ 19РК-38229886-ЗАО-03-2001 техникалық шарттары бар. 1995 жылға дейін ТУ 95 1981-89 техникалық шарттары болған. 1 Кестеде барлық стандарттар бойынша шала тотықтың физикалық-химиялық көрсеткіштеріне салыстырмалы талаптар келтірілген.

1 Кесте -Уранның шала тотығына қойылатын талаптар

Көрсеткіштерінің атауы	Көрсеткіштің мәні		
	ТУ 95 1981-89	ASTM C 967-87	ТУ 19РК-38229886-ЗАО-03-2001
1	2	3	4
Уранның салмақтық үлесі, %, кем емес	84,0	65,0	80,0
Уран изотобының салмақтық үлесі(235), %		0,7105-тен 0,7115 дейін	0,711± 0,005
Пентаоксид ванадийдің салмақтық үлесі, %, артық емес	0,01	0,1	0,1
Молибденнің салмақтық үлесі, %, артық емес	0,009	0,1	0,1
Цирконидің салмақтық үлесі, %, артық емес		0,01	0,01
Бордың салмақтық үлесі, %, артық емес	0,000025	0,005	0,005
Фосфордыңсалмақтық үлесі есептегенде PO ₄ , %, артық емес	0,008	0,1	0,1
Йодтың, бромның және хлордың салмақтық үлестерінің жалпы қосындылары, %, артық емес		0,05	0,05
Фтордың салмақтық үлесі, %, артық емес		0,01	0,01
Мышьяқтың салмақтық үлесі, %, артық емес		0,05	0,01
Күкіртті SO ₄ -ке шаққандағы салмақтық үлесі, %, артық емес		1,0	1,0
Кальцийдің салмақтық үлесі, %, артық емес		0,05	0,05
Натрийдің салмақтық үлесі, %, артық емес		0,5	0,5
Калийдің салмақтық үлесі, %, артық емес		0,2	0,2

1	2	3	4
Кремний қостотығының салмақтық үлесі, %, артық емес	0,008	0,5	0,5
Торийдің салмақтық үлесі, %, артық емес		1,0	0,01
Темірдің салмақтық үлесі, %, артық емес	0,03	0,15	0,15
Көміртегінің СО ₂ -ке шаққандағы салмақтық үлесі, %, артық емес		0,2	0,2
Титанның массалық үлесі, %, артық емес		0,01	0,01
Магнийдің салмақтық үлесі, %, артық емес		0,02	0,02
Сирекжер элементтердің салмақтық үлесі (Гадолиний, самарий, европий және диспрозий жалпы қосындысы), %, артық емес			0,05
Ауыр металдар салмақтық үлесі (Мыс, қорғасын, висмут және сүрменің жалпы қосындысы), %, артық емес			0,5
Азот қышқылында ерімейтін қалдықтың салмақтық үлесі, %, артық емес		0,1	0,1
Бөлінетін органикалық заттардың салмақтық үлесі, %, артық емес		0,1	0,1
Қыздыру кезінде жоғалатын салмақ, %, артық емес			4,0
Ылғалдың салмақтық үлесі, %, артық емес		2,0	2,0
Ірілігі, мм, көп емес		- 6,35	-6,0
Үйіндінің тығыздығы, г/см ³ , кем емес			2,0

«Қазатомөнеркәсіп»ҰАҚ АҚ-ның жерасты ұңғымалық шаймалау кәсіпорындарында әзірленген және ендірілген табиғи уран концентратын өндіру технологиясы ертеде болған ТУ 95 1981-89 талаптарына сай келетін, аса жоғары сапалы уран оксидін алуды қамтамасыз етеді. 1-кестеден көріп отырғанымыздай, ASTM C 967-87 және ТУ 19РК-38229886-ЗАО-03-2001 талаптары барлық параметрлер бойынша ертеде болған талаптарға қарағанда жұмсақ, бұл қолданыстағы технологияның жоғары сенімділігін көрсетеді [3].

«Сары кек» немесе табиғи уран концентратының сапасы ТУ 640 РК-38229886-ЗАО-01-2000 техникалық шарттарымен реттеледі. «Қазатомөнеркәсіп»ҰАҚ АҚ кендеріндегі «сары кекті» өндіру технологиялары елеулі айырмашылықтарға ие, нәтижесінде шала тотығуға дейін өңдеуге түсетін «сары кек» сапасы бойынша да айтарлықтай ерекшеленеді.

2001 жылы ЦНИЛ АҚ «КГРК» - техникалық шарттар талаптарына сәйкес келетін ПСВ ПВ-17, ПВ-5 және ПВ-1 РУ-6 кәсіпорнынан әкелінген химиялық концентрат үлгілеріне сынақ өткізді. 2 және 3-кестеде тестілеу нәтижесінде алынған және ТУ 640 РК-38229886-ЗАО-01-2000 талаптарына сай келетін «сары кектің» негізгі физикалық-химиялық көрсеткіштеріне салыстыру жұмыстары жүргізілген [4].

2 Кесте - Химконцентраттардың негізгі сипаттамаларын салыстыру

Көрсеткіштің атауы	ТУ 640 РК бойынша норма	Химконцентрат		
		ПВ-17	ПА-1 РУ-6	ПВ-5
Уранның массалық үлесі, % кем емес	35,0	54,0	43,1	47,3
Бастапқы өнімдегі ылғалдың массалық үлесі, % артық емес	30,0	19,0	33,4	22,0
Күкірт қышқылындағы ерімейтін қалдықтың массалық үлесі, %	1,2	0,49	0,13	0,40
Талданған қоспалардың жалпы құрамы, %	Реттелмейді	0,92	0,08	0,32
Талданған қоспалардың жалпы құрамы, %	Реттелмейді	5,64	12,88	12,93

3 Кесте -Құрғақ химконцентраттардың химиялық құрамы

Анықталатын компонент	Химконцентрат		
	ПВ-17	ПА-1 РУ-6	ПВ-5
U	66,7	64,76	60,65
Fe ₂ O ₃	0,85	1,57	2,22
Al ₂ O ₃	0,56	0,15	1,73
SiO ₂	0,28	0,067	0,33
Na	0,019	1,05	<0,01
K	0,012	0,034	<0,001
CaO	0,143	0,165	<0,005
MgO	0,044	0,038	1,65
PO ₄ ³⁻	0,012	0,009	0,53
SO ₄ ²⁻	2,71	8,33	4,30
C	0,95	0,84	1,75
NO ₃ ⁻	0,005	0,001	0,29
Cl ⁻	0,046	0,029	0,13
F ⁻	<0,004	<0,004	<0,004

Негізгі параметрлер бойынша барлық зерттелген концентраттар қалыпты мәннен жоғары ПВ-1 РУ-6 концентратында ылғалдың массалық үлесін қоспағанда, ТУ 640 РК талаптарына сай келеді.

Химиялық ең таза концентрат ПВ-17, Fe, Al, Si, Mg бойынша ең көп ластанған ПВ-5 концентрат, ал натрий мен сульфат-ионы бойынша ПВ-1 РУ-6 концентраты. 640 РК-38229886-3АО-01-2000-да қоспалардың құрамы реттелмейді.

Дегенмен, 3-кестедегі мәліметтер әртүрлі кәсіпорындардың «сары кектегі» қоспаларының нақты құрамы кең шамада өзгеретінін көрсетеді. Осылайша, темір оксидінің құрамы 0,85 - 2,22% шамасында, алюминий оксиді 0,56 - 1,73% шамасында, кремний диоксиді - 0,07 - 0,33% шамасында, натрий - 0,01 - 1,05%, хлор - 0,03 - 0,15% және т.с.с. шамада өзгеріп отырады.

Осылайша, жоғары сапалы уран оксидінің шығарылуын қамтамасыз ету үшін «сары кектің» сапасына қойылатын талаптарды қатайту қажет немесе

«сары кекті» қоспалар құрамында елеулі ауытқулармен өндеуге мүмкіндік беретін технология қажет. «Қазатомөнеркәсіп» ҰАК АҚ кәсіпорындарында уран өндірісінің дамуымен және әртүрлі технологияларды қолдана отырып, жаңа кен орындарын пайдалануға енгізумен «сары кектегі» қоспалар құрамының кең өзгерісін күтуге болады. Сонымен, «КАТКО» бірлескен кәсіпорынында натрий хлориді мен магний оксидінің «сары кек» ерітінділерін технологияда өндеуге байланысты, хлор мен магнийдің жоғары құрамдарына ие болды [28].

Осылайша, шала тотығу сапасын уранды өндіру және өндеу көлемінің ұлғаюы жағдайында, кейін сапалы шала тотығуды минималды шығынмен алуға мүмкіндік беретін немесе берілген сапада уран оксидін алумен, қажетті «сары кекті» тазалау технологиясын ендіру сипаттамасымен сапалы «сары кекті» шығарумен қамтамасыз етуге мүмкін болады.

1.2 Уран сорбенті ретінде орта және төменгі негіздегі іріктемелі аниониттерді пайдалану

Механизм, статика, кинетика және уран сорбциясының динамикасы бойынша иониттерге талдау жұмыстары негізгі ионит пен оның әртүрлі уран кешендеріне ұқсастығына анық тәуелділігін көрсетеді.

4-кестеде уранды шығаруда жиі қолданылатын аниониттердің сипаттамалары келтірілген. Негізгі орта аниониттердегі ЭДЭ-10П (КСРО) мен Вофатит-150 (Германия) алмасу сыйымдылығындағы қышқыл мен тұздардың болуына аз тәуелділік өзіне назар аударады.

Темір сорбциясын (үш валентті) зерттеу кезінде үш валентті темірге қатысты ЭДЭ-10П анионитінің тотығу-тотықсыздану қасиеттері анықталған. Темірдің аз мөлшерін қалпына келтіретін ионит, өзінің сыйымдылығын өзгертпейтіні анықталды. ЭДЭ-10П-да сорбция кезінде уранды (алты валентті) және темірді (үш валентті) бөлудің оңтайлы шарттары 2н күкірт қышқылы мен жоғары концентрациясы бар ерітінділерден келеді. Бұл жағдайда уран анионитпен жұтылады, ал үш валентті темір сүзгіге өтеді [5].

Жұмыста 1972-1978 жж. ион алмасуды атом өнеркәсібінде пайдалануға шолу жұмыстары жүргізілген [6].

Алайда, қоспалардың құрамы бойынша концентраттар едәуір ерекшеліктерге ие.

Көбінесе молибденді жою үшін, анионитте ерітінділер сорбцияланбас бұрын, көмірде сорбциялануға ұшырайды.

4 Кесте – уран технологиясында қолданылатын кейбір аниониттердің сіңіру қабілеті

Анионит	Функционалдылық	Құрамында 1 г/дм ³ уран бар, күкірт қышқылы ерітіндісінен сіңіру кезіндегі сыйымдылық, г уран/кг шайыр		
		pH 1	30г/дм ³ Na ₂ SO ₄	30 г/дм ³ Na ₂ SO ₄ + 136 г/дм ³ H ₃ PO ₄
Амберлит	Қатты негізді	82	20	18
Дауэкс - 1	Қатты негізді	88	20	15
АМ	Қатты негізді	73	13	8
Вофатит 150	Орта негізді	68	67	55
АН – 2-ф	Әлсіз негізді	84	32	20
ЭДЭ-10П	Орта негізді	80	70	60

Органикалық иониттер мен неорганикалық ион алмасушыларды торий және уранды алу мен бөлу, нептунийді бөлу мен тазалау, Am – Cm және кейбір сынық элементтерді бөлу үшін қолдану сипатталған. Төменгі негіздегі Amberlit XE-270 аниониті уранды тез элюирлеуді қамтамасыз етеді, алайда жоғары негіздегі аниониттерге қарағанда, аз сыйымдылыққа ие. Егер ерітінділерде уран 1,5 г/дм³-жоғары болса, XE-270 аниониті темірдің жоғары концентрациясында анағұрлым таза уран өнімдерін алуға мүмкіндік береді.

Уранды ерітінділерден адсорбциялайтын, кейін шайырды минералды қышқылда жуып, уранды элюирлейтін уранды сульфат, уранил нитрат және уранил фосфатынан тұратын су ерітіндісі төмен негізді анионның алмастырғыш шайырымен байланысқа түсетіндіктен, сұйытылған қышқыл ерітінділерден уранды алу әдісі ұсынылған. Су ерітіндісіндегі темір, мыс және т.б. металдар қоспасы, сондай-ақ, толығымен алынуы мүмкін [7].

Төмен негіздегі AMBERLIT IRA-99 анионитінің сыйымдылығына әртүрлі параметрлердің әсері зерттелді: уран, темір, ион фосфаттары, кремний, pH концентрациялары. pH 1,05–1,95 кезінде сыйымдылық артады. Темірдің үш валентті концентрациясы 4 г/дм³ концентрациясына дейін уран сыйымдылығына әсер етпейді. Ионитте кремнийдің жинақталуы мен уран бойынша сыйымдылық сорбция-десорбция айналымында азаюы белгіленген. Десорбция - 1,3 моль/дм³ аммоний нитратында, 0,9 моль/дм³-денаммоний сульфатында жүргізілген. Ионит кремний қышқылынан 2 моль/дм³ сілті ерітіндісі арқылы тазартылуы мүмкін [8].

«Пасфиндер майнз корпорейшн» фирмасының американдық зауытында, Ширли өзені бассейнінде, құмтас кендерін өңдейтін сорбент түрінде ірі кеуекті

құрылымды төмен негізді «Амберлит ХЕ-270» маркалы анионит ең алғаш рет қолданған, кең қолданыстағы қатты негізді Амберлит-IRA-400В маркалы анионитке қарағанда, ол жоғары іріктелгіштік қасиетке ие, әрі соңғы жылдары әлсіз негізді аниониттерді Американдық «ЮРАВЭН» зауыты да кең пайдаланады [9]. Осы фирмалардағы сорбциялық шектің технологиялық сызбасы төмен негіздегі аниониттегі тұнықталған ерітінділер мен уранды өнімді регенераторлардағы аммиакпен тұндыруда бөлшектік десорбциядан тұрады. Десорбцияланған ерітінді NaCl бойынша 2 моль/дм³ және 1 моль/дм³ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ концентрациясынан тұрады. Шайырдан уранды толығымен жою үшін, әдетте 1 көлем шайырға 6-6,5 көлем десорбцияланған ерітінді жеткілікті. Шайырдың көлемдік сипаттамаларына байланысты ерітіндінің бірінші 1-1,5 көлемі уран және сульфат пен натрий иондарында шоғырланған, бірақ хлор ионында нашар. №1 тауарлы регенератор деп аталатын фракцияны жеке сыйымдылыққа жібереді. Келесі 2-2,5 көлемде де уран көп, алайда хлоридтердің жоғары концентрациясымен сипатталады. Бұл №2 тауарлы регенерат та жеке сыйымдылыққа жіберіледі. Соңғы 2-2,5 көлем айналмалы болып табылады және жеке жиналады. 1 және 2 регенераттар уранды аммиакпен тұндыруда жеке беріледі.

Төмен негізді ірі кеуекті шайырды қолдануға байланысты едәуір дәрежеде капиталды шығындар, сонымен қатар, реагенттерге шығындар азайды, оның ішінде, десорбцияға, себебі, әлсіз негізді ионитетке аз көлемді десорбцияланған ерітінді қажет және аммоний нитраты немесе қышқылсыз натрий хлоры түрінде бейтарап тұз ерітінділерін қолдануға болады [10].

Американдық компанияның мәліметтеріне сәйкес, ХЕ-270 анионитін пайдаланумен қатар жүретін сорбциялық әдіс өндірістің 1 кг U_3O_8 құны бойынша экстракциялық әдіспен тең.

Осылайша, төмен негізді анионит - уранды іріктемелі түрде бөлуге мүмкіндік береді, алайда, кейде анионитті іріктемелі сорбентке алмастыру үрдіс көрсеткіштерінің кинетикалық нашарлауымен немесе десорбцияланудың азаюымен қатар жүретінін ескерген жөн.

1.3 Құрамында уран бар ерітінділерден уран концентраттарын іріктемелі тұндыру

Уранды кешенді қосылыстар химиясында жүргізілген көп жылдық жұмыстар, уранды кешенді түзгіштер қатарына жатқызуға болатынын анық көрсетті. Көптеген уран мен уранил кешенді қосылыстары синтезделді, көп жағдайда уранил ионы 6 үйлестіру санына ие болды. Уран үшін алғаш рет, кешенді карбонаттардың генетикалық қатарын қоса алғанда, актинидті элементтердің химиялық қосылыстар кешенінде қатарлар синтезделді [11].

Генетикалық қатарларға кіретін қосылыстарды зерттеу, уранил ионы б үйлестіру санына ие екендігіне, алайда алмастыру реакциясын жүргізген кезде, кешеннің ішкі сферасында уранилдің оттегі атомдары реакцияларға қатыспайтынын көрсетті. Алмастыру реакцияларын жүргізуде және олардың негізінде ішкі сферада төрт түрлі орынбасарлар, уранды әдеттегі кешен түзгіштер қатарына қоюға және лигандардың ығыстырғыш қабілетін құруға мүмкіндік береді.

Кешен түзгіш күшімен уранил иондары арқылы әртүрлі аниондарды келесідей бір қуатты тәртіпте орналастыруға болады, фторид, нитрат, хлорид, перхлорат; екі қуатты: карбонат, оксалат, сульфат және т.б.

4 Кесте- уранил-ионының кешен құрау константалары (25 °C)

Реакция	Кешен
$UO^{+2} + ClO_4$	Кешенделмейді
$UO_2NO_3^+$	0,24
UO_2Cl^+	0,88
UO_2SO_4	6,4
$UO_2(SO_4)_2^{-2}$	$7,1 \cdot 10^2$
$UO_2(CH_3COO)_3^-$	$2,2 \cdot 10^6$
UO_2F^+	$3,5 \cdot 10^4$
$UO_2F_3^-$	$2,9 \cdot 10^{10}$
$UO_2F_4^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{11}$
$UO_2(C_2O_4)_2^{-4}$	$8,3 \cdot 10^{12}$
$UO_2(CO_3)_3^{-4}$	$2 \cdot 10^{18}$

Уран технологиясында берік кешенді уранилдің жасалуына негізделген көптеген әдістер белгілі: фосфатты, оксалатты, пероксидті тазалау, карбонатты тазалау. Алайда, тәжірибелі мағынаға пероксидті және карбонатты тазалау ие.

1.3.1 Бөлу әдісі

Бұл әдіс сулы ерітіндіде жеңіл еритін кешенді уранил байланыстарының жасалуына негізделген.

Уранил-ионының карбонат-иондарымен берік еритін кешенді байланыстарын әзірлеу қабілеті – кең қолданыстағы уранды басқа металл иондарынан бөлу әдісінің негізіне қойылған.

Уранилдің көптеген карбонаттары әйгілі: $UO_2(CO)_3UO_2[(CO_3)_2]_2$, $UO_2[(CO_3)_3]^{-4}$, оның ішінде соңғылары карбонат-иондарының артық болуы кезінде тұрақты болып келеді. Ионның шығуы рН 9 шамасында максималды болып табылады. Осындай шарттарда натрий карбонаты ортасында Fe^{+3} , Ti^{+4} , Bi^{+3} және басқа да иондар, гидролиз нәтижесінде ерімейтін гидрототықты құрады, ал Mg^{+2} , Ca^{+2} , Sr^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} , Mn^{+} иондары – ерімейтін

карбонаттар құрып, ураннан бөлінуі мүмкін. VO_3^- , MoO_4^{2-} , AlO_2^- , Th^{+4} иондары уранмен бірге сода ерітіндісіне өтеді. Уранның сәтті карбонатты тазаруын – уранның карбонатты байланыстарының ерекше иілгіштік қасиеті қамтамасыз етеді – әлсіз байытылған карбонатты ерітінділердегі жақсы ерігіштік, жақсы байытылған ерітінділерді тұздандыру, қайнау кезінде тұнбаға бөліну. Қоспалар тазарту әсеріне қолайлы болып табылады. Көпшілігі карбонатты ерітінділерде ерімейді, ал егер мұндай жағдай орын алса, уранды тұздандыру кезінде қоспалар тұнбайды, мысалы, фосфор, күшән, бор және ванадий аниондары толығымен ерітіндіде қалады.

Кейбір авторлардың айтуынша, ерітіндідегі кальций мен барий иондары карбонатпен бірге ерімейтін уран қосылыстарын жасауы мүмкін $Ba_2[UO_2(CO_3)_3]Ca_2[UO_2(CO_3)_3]$.

Сондықтан, кейбір жағдайларда, бұл металл-иондарды бөлу үшін, осы карбонатты үрдісті натрий гидрототығын тұндырумен қосу ұсынылады, ол сонымен қатар, фосфат пен ванадаттан терең тазалауға мүмкіндік береді [12]. Ол үшін бастапқы ерітіндіні рН 6,5-7 сілтілікке дейін бейтараптандырады, ал кейін оған рН 10-ға дейін натрий карбонатын қосады. Қоспалар ерімейтін гидрототық пен карбонаттар түрінде жойылады, сол уақытта уран еритін кешенді уран түрінде ерітіндіде қалады. Ерітіндіге ащы сілтіні қосқан кезде, уранның карбонатты кешені қиын ерігіш полиуранаттардың жасалуы нәтижесінде тұрақсыз болады, олар ерітіндіден толығымен натрий диуранаты түрінде тұнады. Сілтінің орнына аммиакты қолдану, алынған тұнбаны қыздыру арқылы уранның таза шала тотығын алуға мүмкіндік береді.

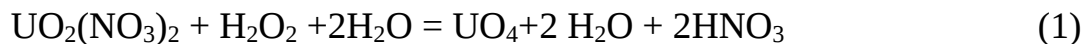
Карбонатты тазалау үшін аммоний кешенін алумен $(NH_4)_4[UO_2(CO_3)_3]$ аммоний карбонаты мен бикарбонаты кең қолданылады. Аммоний өзіне ұқсас натрий кешенінен жоғары ерігіштігімен ерекшеленеді. Аммонийлі карбонаттар мен бикарбонаттарды қолдану, шаю үрдісі қосымша сатымен байланысты натрий иондарын ендіруден құтылуға мүмкіндік береді.

Алайда, уранды үш карбонат түрінде бөліп алу уранды сандық мөлшерде бөліп алуға мүмкіндік бермейді, жатырлық ерітіндіде уранның аз мөлшері қалады, жатырдан сілтімен немесе төмен сапалы тұнбадағы аммиакпен бөліп, өңдеудің бастапқы сатысына қайтаруға мүмкіндік береді. Карбонатты тұндыруды Порт-Хоуп (Канада) зауыты мен Швецияда табысты қолданады. Осылайша, карбонатты тазалау әдісімен үрдіс шарттарының өзгерісі кезінде уранды іс жүзінде, карбонатты ортада тұнатын, және карбонатты ортада ерігіш байланыстарын жасайтын барлық қоспалардан тазартуға болады [13].

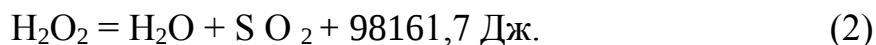
Біріктірілген әдісті (натрий гидро тотығын аммиак пен карбонаттармен тұндыру) немесе десорбциялаудан кейін бай элюаттардан уранды карбонатты тұндыруды қолдану - уран концентратының сапасын едәуір дәрежеде көтерілуіне көмектеседі.

1.3.2 Пероксидті тұндыру

Әдебиеттерге талдау жұмысы, қазіргі уақытта шет елдерде аффинаж үшін пероксидті әдіс кеңінен қолданылатынын көрсетеді. Қышқыл ерітінділерден алты валентті уран - уран пероксиді түрінде сутек пероксидімен төмендегі реакция бойынша тұнады:



Теңдеуден көріп отырғанымыздай, тұндыру үрдісі кезінде азот қышқылы бөлініп шығады; ол тұнбаның бөлінуіне кедергі жасайды. Қажетті толық тұндыруға жету үшін артық сутек пероксидін қолданады немесе бөлінген қышқылды амиак суымен ішінара бейтараптандырады. Соңғы тәсілді тұндыру салыстырмалы таза ерітіндіден жүргізілген кезде қолданады. Жоғарғы температурада сутек пероксиді ажыратылады, бұған қоса, реакция қатты экзотермиялық (1 кал = 4,186 Дж):



Сондықтан, сутек пероксидімен тұндыруды жылытусыз жүргізу ұсынылады. Уран пероксидін тұндыру ұзақтығы көп болмауы тиісі, себебі, сутек пероксидінің артық мөлшері бұзылады, ал бұл, өз кезегінде тұнбаның ішінара еруіне алып келеді [14].

Жұмыста әртүрлі технологиялық параметрлі сульфат ерітіндісінен “сары кек” түрінде уранның тұнуына әсер зерттелді: уранның бастапқы концентрациясы, H_2O_2 қоспа, иондардың концентрациясы, иондардың сульфаты, рН және тұну уақыты. Келесідей сипаттамалар анықталды: кектің бөлінуі, тұнған уранның мөлшері, бөліп алу, жатырдағы уранның концентрациясы, өнімнің тазалығы мен бөлшектердің ірілігіне қарай жіктеу [15].

Технологиялық параметрлердің әсері сызықтық теңдеуді қолданумен баяндалған. Эксперименттің екі математикалық жоспары үшін екі деңгейдегі көп факторлы жобалау әдісі қолданды. Үлгінің баламалығы тексерілді. Эксперименталдық мәліметтер, әсіресе, шығынды азайтпай, тұну сапасына да әсер ететін стехиометриялық мөлшерде аз болғанда, сыни технологиялық параметрге сутек пероксидінің шығыны жататынын көрсетті. Тұну реакциясы жылдам, алайда жақсы кристалданған тұнба алу үшін артық пероксид қажет. Артық пероксид кезінде зауытты шарттарда сызықтық үлгімен уранның тұну үрдісін жеңіл реттеуге болады. Шығынға, “сары кекті” бөліп алу мен тазалығына сутек пероксиді мен рН-дің жалпы концентрациясының айтарлықтай әсері анықталған, сульфат иондарының жоғары концентрациясы шығынды азайтады және концентраттың сүзулік сипаттамаларын нашарлатады. Тұнудың рН көлемі 0,001 г/дм³-дейін жеткізуге болатын жатырдағы уран

концентрациясын анықтайды. Кристаллды тұнба алу үшін пульпаны 2 сағат бойы араластырады [16].

Ванадий қоспалары бар ерітіндіден, жеңіл сүзгіштік түрде уранның жоғарғы тазалықтағы шала тотығын алу тәсілі ұсынылды (ванадий: уран = 1:2). Тұндырғыш чан - түбіне, орталық бөлігі мен шетіне дейін жетпейтін құбырмен бөлінген. Құбырдың ішінде орналасқан пропеллерлі араластырғыш орталық бөлікте жоғарыдан төмен, ал, шеткі бөлікте – керісінше ерітіндінің мәжбүрлі айналымын қамтамасыз етеді.

Соңғысына кенді шаймалаудан сульфат ерітіндісі, сульфат ионы концентрациясын 15-30 г/дм³ шегінде ұстап, сутек пероксиді мен натрий сульфаты түседі. Тұндырудың 3 түрі қарастырылған: қышқыл, сілтілі және бейтарап.

Жұмыста [17] уранды тұндыру үшін қолданатын пероксидтің ұлғаятыны көрсетілген, себебі, қоспалардағы жұмысты өңдеуді күрделендіретін, кедей кендерді өңдеу өседі. Уранды пероксидпен тұндыру - өте таза, толық және жеңіл сүзгіленетін тұнбаны шығарады. Уранды пероксидпен тұндыру ерітіндінің рН көлемі мен пероксидтің уранға қатынасына байланысты.

Осылайша, сутек пероксидімен уранды толық тұндыру толық факторлар қатары болып табылады, ең алдымен:

- ерітіндінің қышқылдығы;
- сутек пероксидінің артық концентрациясы;
- бастапқы ерітіндідегі уран концентрациясы;
- уран пероксидінің тұнуына кедергі келтіретін иондардың концентрация қатары (үш валентті темір, калий, барий, стронций, ион – сульфат, хлорид және ион фторид) мен температура.

Жоғарыда келтірілген реакцияға сәйкес:

- тұндыру кезінде ерітіндінің қышқылдығын жоғарылататын бос азотты қышқыл бөлінеді. Сонымен қатар, жатырдағы ерітіндіде уранның қалдық концентрациясы жоғарылайды.

Сүзгіштегі уранның минималды мөлшері рН 2-3 шамасында байқалады, алайда, бұл қышқылдықта пероксид тұнбасы ластануына қарай, төрт валентті торий, үш валентті темір, сирек жер элементтері (үш валентті) қоспаларының гидролизі басталады. Сондықтан, ерітінді ортасының рН мәніне пероксидті тұндыру кезінде рН 1,5-2,0 шамасы тиімді болып табылады. Ол үшін, пероксид тұнбасының бөлінуіне қарай, бөлінетін қышқылды аммиакпен бейтараптандыру қажет.

Сутек ерітінділерінің қышқылдығының артуы, сүзгіште уран концентрациясы қалдығының көбеюіне алып келеді, сонымен қатар, ол қоспадан уранды тазалау коэффициентінің артуына да байланысты:

- сутек пероксидінің артық концентрациясы уран пероксидінің толық тұнуына әсер етеді, сүзгіштегі уранның мөлшері 0,1 моль/дм³ дейін азаю байқалады, сондықтан да, уран пероксидін тұндыру кезінде артық реагенттің шамамен 10% қолданады;

- әртүрлі жүйе есебінен уранның толық тұнуы оның бастапқы концентрациясына байланысты, сонымен қоса, соңғысының жоғарылауымен сүзгіштегі уранның қалдық концентрациясы азаяды.

Алайда, уранның бастапқы концентрациясының шектен тыс көтерілуі - қиын сүзуші аморфты пероксид тұнбасының жасалуына алып келеді, осыған байланысты, бастапқы уран ерітінділерінде пероксид тұнбасынан бұрын, құрамында 20% дейін уран болады.

- жақсы сүзгіленетін тұнбаларды алу үшін үрдісті қарқынды араластырумен жүргізеді: бастапқы уран концентрациясы мен құйылған ерітінділердегі сутек пероксидінің азаюы - уран пероксиді тұнбасының технологиялық қасиетін жақсартады. Ерітінді қарқынды араластырылатын арнайы реакциялық түтікшені қолдану, ауада жеңіл кептірілетін, жақсы сүзгілегіш қасиеттермен тұнба алуға мүмкіндік береді;

- үрдіс температурасы – температураның 20-35⁰С-тен жоғары болуы уран пероксидінің аз шығуына алып келеді.

Пероксидті тазалау үрдісі кезінде қоспалардың тәртібі әртүрлі болады:

- бор, РЗЭ, хром, никель, марганец, кобальт, мыс жақсы бөлінеді, литий мен кадмийдан тазалау қиын жүреді. Фосфор, темір, натрий, ванадий – кұрделі;

- кейбір қоспалар уранмен бірігетіндіктен (сульфаттар, фторидтер, ванадат пен органикалық қышқылдар), уран пероксидінің толық тұнуына кедергі келтіреді;

- қоспалар ерімейтін пероксидті байланыстар құрады (немесе ерімейтін кешендер): титан, торий, гафний, төрт валентті церий, екі валентті мыс, бес валентті ниобий, алты валентті молибден;

- кальций, барий, стронций сульфаттары, фосфат, арсенат және ванадат әлсіз қышқыл ортада ерімейді және тұнбаны ластайды;

- уранның толық бөлінуіне құрамында сілтілі немесе сілтілік жер металдары көп болған кезде пайда болатын, еритін перунаттар кедергі келтіреді [9].

Баяндалған материалдардан, біз, ураннан басқа, элементтердің біршама салыстырмалы мөлшері ерімейтін пероксидті байланыстарды құратынын көреміз. Уранға пероксиді байланыстарының таңдамалы әсері, оларды таза уран өнімін алу үшін қолдануға мүмкіндік береді. Алайда, қоспалардың көп мөлшері уранның тұнуына кедергі келтіреді немесе сутек пероксидін бұзады. Сондықтан да, бұл құнды реактивті мақсатты түрде химиялық концентраттарды технологиялық тазалаудың соңғы сатысында қолдану қажет [18].

2-суретте пероксидті тазалаудың кең қолданылатын технологиялық сызбасы көрсетілген. Уранил-нитрат ерітіндісінде, уранның 100-120 г/дм³ концентрациясымен және 30-35 г/дм³ бөлме температурасында бос азот қышқылы мен белсенді араластыру кезінде сутек пероксидінің 30% ерітіндісі қосылады. Қоспалардың құрамы мен ерітіндідегі уранға қарай, соңғысын тұнбаға шығару 95-тен 99%-ға дейін мүмкін. Тұндыру кезінде уран пероксидінің ерігіштігін азайту үшін, артық 100% сутек пероксиді алынады.

Сутек пероксиді шығынын азайту мақсатында бөлінетін сутегі иондарын аммиакпен бейтараптандырады.

Көпшілік шетелдік аффинаж сызбаларында пероксидті тазалау органикалық ерітінділермен экстракциядан кейін жүреді.

Бушадағы (Париж маңы) зауытта пероксид көмегімен уранды тұндыру тәсілі ендірілген [19]. Кен зауытқа темір барабандарда жеткізілді, онда жиналған родоннан сорып алу үшін тесіктер жасалды. Содан кейін кендерді жақтаулы ұсатқышта ұсақтады, дымқыл кендер алдын-ала кептіруге ұшырады. Ұсақталған кенді дөңгелек диірменде тұйық айналымда ұсақтап, тот баспайтын болаттан жасалған механикалық араластырғыштардың каскадында азот қышқылымен араластырған. Кейін пульпадан құмдарды ажыратып, спиральді классификаторлар топтамасында тазартқан, ал ағызбаны содалы өңдеудің каскадты реакторына жіберген.

Содалы өңдеуден кейін, қоқырлы гидрадты тұнбаны сүзгіде сүзеді, ал ерітіндіні қышқыл сілтімен диуранатты тұндыру үшін ұсынды, оны сүзгіде сүзіп, кейін қайта азот қышқылында ерітіп, эфир экстрактымен тазалауға жіберді. Сутек пероксидімен экстракциялы тазалаудан кейін, уран пероксиді тұнды (10% артық пероксид, 4 сағат, рН 1,5 - 2,0), одан соң 400°C температурада таза уран тотығына дейін қыздырды [20].

Кейіннен зауыт негізінен басқа зауыттар жеткізетін уранның химиялық концентраттарын тазалауға көшті, оны азот қышқылында ерітіп, одан соң, трибутилфосфат экстракция ерітіндісімен 4м биіктіктегі Рашида саптамаларынан тұратын дөңгелекте тазалайтын. Сонымен бірге, пероксидті қыздырғаннан кейін, үш тотықты уран құрамында Fe –1,5; Ca – 0,4; Cu – 0,3; Mo –0,3 и Ni – 0,2 г/т болады.

Үш тотықты - сутекпен немесе аммиакпен үздіксіз тік ретортада екі тотыққа дейін қалпына келтірілді, фторлы сутектің көмегімен уран тетрафторидіне ауыстырылды (сондай-ақ, тік ретортада), ол кейін 1,8 м биіктіктегі шахталық пеште кальциймен қалпына келтірілді.

Әдеби мәліметтер бойынша, шет елде элюиаттардан пероксидті тұндыруды кең қолданады.

Осылайша, элюиаттан уранды тұндыру АҚШ-тың “АТЛАС” фирмасы зауытында жүзеге асырылады [21].

Зертханалық, ал кейін, зауыттық сынақтардан кейін, сутек пероксидімен уранды тұндыру – жоғары тазалықтағы уран концентратын алуды және толық шығаруды қамтамасыз ететіндігі анықталды. Уранды әртүрлі әдістермен тұндырудың салыстырмалы мәліметтері 8-кестеде келтірілген.

8-кестеден көріп отырғанымыздай, пероксидпен тұндыру кезінде уранның жоғалуы басқа реагенттерді тұндыруға қарағанда аз. Тұндыру ұзақтығы 0,5-1,5 сағат.

Сутек пероксиді құнының жоғары болғанына қарамастан, алынған өнімнің жоғары тазалығы зауыттың экономикалық пайдасын қамтамасыз етеді, себебі, концентраттағы қоспа нормасының артуына байланысты, бұрын

концентратты уран гексафторидіне өңдейтін фирмаларға төленетін айыппұлдардың мөлшері күрт азайды.

Сутек пероксидімен бірге тұндыру кезінде алынатын шала тотықтың тығыздығы аммиакпен бірге тұндыруға қарағанда 1,25 есе көп, ол көлік шығынына қосымша үнем береді, одан бөлек, алынған концентратқа сүзгілеу, тазалау және кептіру жұмыстарын жүргізу мен үрдісті бақылау жеңілірек.

Сутек пероксидімен тұндыруда реагенттердің құны аммиакпен тұндыруға қарағанда 1 кг уранның шала тотығына 7 центнерден келеді, және аммиак концентратымен тұндыру кезінде 0,8 цент пен 1 кг ураннан жоғары, ол, айтып өткендей, жетілмеген концентратты жеткізуге айыппұлдың жоқтығымен немесе азаюымен өтеледі.

Ерітінділерден уранды алу үшін экстракцияны ерітіндімен бірге пайдаланады (триалкиламин).

6 Кесте - Өртүрлі әдістермен уранды тұндыру кезіндегі көрсеткіштер

Реагент	Концентраттағы уранның құрамы, %	Қоспалардың құрамы, %					Тастанды ерітінділердегі уранның концентрациясы
		V ₂ O ₅	Mo	Na	K	Ca	
NH ₄ OH	90,3	1,62	0,64	2,04	0,28	0,22	0,007
NH ₃ +(NH ₄) ₂ SO ₄	89,3	1,61	0,70	0,40	0,06	0,02	0,007
H ₂ O ₂	96,2	0,46	0,09	0,03	0,006	0,05	0,002

Уран концентратын тұндыру кезеңінде уран зауыттарының көпшілігінде NH₃ диуранатын NH₄ (ДУА) тұндыру үшін және тек екі зауытта – сілтімен тұндыру үшін пайдаланылады. Құрамында Ураннан басқа Th, V, Mo, Cu бар кешенді кендерді қайта өңдеу кезінде аммоний диуранатын тұндырумен қатар уран пероксидін тотықпен өңдеу арқылы тұндыру пайдаланылады. АҚШ-та уран концентратын тұндыру тәжірибесіне шолу жасалған. АҚШ-тың уран зауыттарында уранды қайта өңдеу кезінде қолданылатын 7 технологиялық схема қарастырылды, оның 6-ы күкірт қышқылды шаймалау және біреуі-карбонатты. Тазартылған ерітіндіден уран экстракциясы алкиламиндермен немесе иондық алмасумен шығарылады. Уранды реэкстракциялау үшін хлорлы натрий ерітінділерін немесе күкірт қышқылымен қышқылданған аммоний хлоридін, натрий карбонатының ерітінділерін (ескі зауыттарда), аммоний сульфатының ерітіндісін пайдаланады[22].

Десорбция үшін күкірт қышқылы бар натрий хлоридінің ерітіндісі немесе 3 моль/дм³ күкірт қышқылы ерітіндісі қолданылды. Концентрацияланған ерітінділерден уран сілтімен, сода ерітінділерімен (ескі зауыттарда), NH₃ немесе H₂O₂ (жаңа зауыттарда) өңдеп, тиісінше натрий диуранатын (I), аммоний диуранатын (II) немесе уран пероксидін (III) ала отырып тұндырады. Пульпадан сорбцияны пайдаланатын барлық зауыттарда уран күкірт қышқылымен

күкіртқышқылды элюатты аминдермен экстракциялайды. Үш зауытта қолданылатын карбонатты шаймалаудың неғұрлым күрделі схемасы сілтіленген пульпаны қоюландыру мен сүзгілеуді, уранды І түріндегі сілтімен тұндыруды, тұнбаны содамен жабыстырады және ванадийды NaVO_3 түріндегі жою үшін сумен шаймалайды.

Қоспалардың құрамы бойынша І аффинаж зауыттарының талаптарын қанағаттандырмайтындықтан, оны күкірт қышқылында ерітеді және ІІ немесе ІІІ түрінде тұндырады. Сутегі асқын тотығының көмегімен Мо, V немесе Р концентратын тазалау кезінде, сутегі асқын тотығының жоғары құнына (1 долл./кг 100 %) қарамастан, ең таза өнім алады.

Көптеген зауыттарда уранның шала тотығын ала отырып, кептіріп және қыздырып ІІ түрін тұндырады. ІІ түрді $-50 - 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада 2 - 6 сағат және 1 кг уран шала тотығы үшін 0,22 кг аммиак шығындалатыны жайлы оңтайлы деректер келтірілген. ІІІ түр $-20 - 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада, 2 - 8 сағат, 1 кг уран шала тотығы үшін 0,18 - 0,22 кг асқын тотығы шығындалады. Карбонат ерітінділеріне $50-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада, 6-12 сағат, 1 кг уран шала тотығы үшін 5-6 кг сілті шығыны жұмсалады. Реэкстрактордан $-20-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада, 2-4 сағат, шығыны $-3-4\text{ кг/кг}$ уран шала тотығына кетеді.

Қоюландыру жылдамдығы 0,1 - 0,5 м/с және қоюландырылған өнімдегі қатты зат құрамы тиісінше ІІ, ІІІ және І түрлер үшін 15-30, 30-50, 35-40% құрайды. Сусыздандыру алдында уран концентратын бір сатылы қоюлату қолданылады. Концентраттың ең тығыз шөгінділері: 50-75, 65-75 және 60-70% қатты қойылтылған пульпаны центрифугалау арқылы алынады. Сусыздандырылған өнімдерді $120-400$ және $400-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ кезінде ІІ түрін, $150-200$ және $700-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ кезінде ІІІ түрін кептіреді және қыздырады [23].

Ең арзан әдіс-уранды аммоний сульфатымен реэкстракциялау және ІІ аммиакпен тұндыру болып табылады және шығындар 1 кг уран шала тотығы үшін 0,56 долларға бағаланады. Ең қымбат әдіс (0,83 долл./кг уранға) І түрдің тұндырылуын қамтиды. ІІІ түрін тұндыру біршама арзан (0,78 долл./кг) болып келеді.

Ең перспективалы екі технологиялық схема:

- қышқылдық сілтілеу, аммоний сульфатымен экстракция және ІІ түрін тұндыру;

- құрамында еритін қоспалары жоғары уран кендерін қайта өңдеу үшін- қышқылды сілтілеу, уранды сода ерітіндісімен экстракциялау және тұндыру. Қоспалардың құрамы бойынша І аффинаж зауыттарының талаптарын қанағаттандырмайтындықтан, оны күкірт қышқылында ерітеді және ІІ немесе ІІІ түрінде тұндырады.

Құрамында U, Mo, As бар Ben Lomond кен орнының кенін сілтілегеннен кейін ерітіндіден уран концентраттарының тікелей шөгуі туралы мәліметтер бар. Ерітіндіден қоспаларды (Fe, Mo, As және т.б.) CaO немесе CaCO_3 ерітіндісін $\text{pH } 2,5 - 3,5$ - ке дейін бейтараптандыру жолымен алдын ала алып тастайды, содан кейін $\text{pH } 3-4$ кезінде уран пероксидін тұндырады.

Осылайша, пероксидті тазалау шетелде өнеркәсіптік тәжірибеде кеңінен қолданылады. Шолуда көрсетілгендей, оны уранның химиялық концентратын жұқа тазалау үшін де, уранды элюаттардан тұндыру үшін де және тіпті уранды өнімді ерітінділерден тұндыру кезінде де сәтті» пайдаланады.[24].

ЖҰШ қайта өңдеу кешенінің сұйық фазалы карбонатты-сульфатты десорбциядан қышқыл нитратты-сульфатты десорбцияға ауысуы қоспалар бойынша тауарлық регенерат құрамының күрт өзгеруіне және тиісінше, химиялық орталықты тұндыру жағдайларының өзгеруіне және сөзсіз, химиялық орталықты құрамының өзгеруіне әкелді, бұл ретте, темір, алюминий, сульфат-иондардың қоспаларын алу есебінен нашарлау жағына өзгерді.

7 Кесте - Қаныққан сорбенттен уранның сұйық фазалық және нитраттық десорбциясынан кейін алынған химиялық орталықтардың сапасы бойынша салыстырмалы мәліметтері

Құрғақ концентраттағы қоспалардың құрамы, %	Сұйық фазалы десорбциядан кейінгі химконцентрат	Нитратты десорбциядан кейінгі химконцентрат
Уран	66,4	56,0
Темірдің үш тотығы	0,55	4,6
Алюминий	0,04	2,9
Кремний қостотығы	0,82	0,16
Сульфат-ионы	4,0	9,4
Нитрат-ионы	-	0,85
Көміртегі	6,7	5,1
Натрий	0,63	-
Молибден	0,094	-
Влага	39,9	29,4
Дымқыл концентраттағы уран мөлшері	39,8	39,6

1.3.3 Шайырды қоспалардан алдын ала бөліп алу

Әдеби шолуда айтылғандай, қышқылдардың әлсіз ерітінділерінде уран мен қоспалардың шайырындағы таралу коэффициенттері айтарлықтай ерекшеленеді, бұл уранды қозғамай, көптеген қоспалардан шайырды шаю мүмкіндігіне жол ашады.

Осыған байланысты уран десорбциясы алдында темірді алдын ала жуу мүмкіндігі зерттелді (уранның селективті десорбциясын жүргізу).

Құрамында уран бар шайырды темірден күкірт және азот қышқылдарының әлсіз ерітінділерімен алдын ала жуу статикалық жағдайда жүргізілді. Шайырды темірден жуу жөніндегі деректер төменде келтірілген.

Темірді жуу кезінде күкірт қышқылының әлсіз ерітінділері азот қышқылымен (күкірт және азот қышқылдарымен бірдей жағдайларда 0,03 моль/дм³ жуу тиісінше 2,76 мг және 1,26 мг темірді жуады) ерітіндіге қарағанда тиімдірек екені анықталды.

Күкірт қышқылының концентрациясының 0,01 моль/дм³-тен 0,1 моль/дм³-ке дейін ұлғаюымен темірдің шығарылу деңгейінің 30-40% - ға дейін жоғарылауына әкеледі, алайда темірмен қатар уран шамалы жуылады (16 % - ға дейін).

8 Кесте - Темірден шайырды бөліп алу және уранның селективті десорбциясы. Десорбция шарттары: t = 25 °C (бөлме температурасы); V = 60 мл; V = 27 мл

Тәж. №	τ, мин	Vp/Vc	U, мг/дм ³	U, мг	Fe, мг/дм ³	Fe, мг
H ₂ SO ₄ шаю – 0,01 моль/дм ³ ; pH 1,4						
1	60	2,2	62	3,72	25	1,5
2	60	2,2	21	1,26	3	0,18
3	60	2,2	11	0,66	1	0,06
4	60	2,2	11	0,66	1	0,06
				Σ = 6,3		Σ = 1,8
	τ, мин	Vp/Vc	U, мг/дм ³	U, мг	Fe, мг/дм ³	Fe, мг
Десорбция NH ₄ NO ₃ – 80 г/дм ³ ; pH 1,65						
5	60	2,2	172	10,32	25	1,5
6	60	2,2	140	8,4	12	0,72
7	60	2,2	85	5,1	7	0,42
8	60	2,2	46	2,76	4	0,24
				Σ = 26,5		Σ = 2,88
				ΣΣ = 32,8		ΣΣ = 4,68
H ₂ SO ₄ шаю – 0,02 моль/дм ³ ; pH 1,47						
9	60	2,2	63	3,78	19	1,14
10	60	2,2	26	1,56	6	0,36
11	60	2,2	18	1,08	3	0,18
12	60	2,2	13	0,78	1	0,06
				Σ = 7,2		Σ = 1,7
Десорбция NH ₄ NO ₃ – 80 г/дм ³ ; pH 1,65						
13	60	2,2	175	10,5	37	2,22
14	60	2,2	170	10,2	19	1,14
15	60	2,2	105	6,3	10	0,6
16	60	2,2	63	3,78	5	0,3
				Σ = 30,7		Σ = 4,26
				ΣΣ = 37,9		ΣΣ = 5,96khd
H ₂ SO ₄ шаю – 0,03 моль/дм ³ ; pH 1,51						
17	60	2,2	71	4,26	24	1,44
18	60	2,2	41	2,46	10	0,6

19	60	2,2	26	1,56	7	0,42
20	60	2,2	22	1,32	5	0,3
				$\Sigma = 9,6$		$\Sigma = 2,76$
Десорбция $\text{NH}_4\text{NO}_3 - 80 \text{ г/дм}^3$; pH 1,65						
21	60	2,2	186	11,16	35	2,22

22	60	2,2	164	9,84	18	1,08
23	60	2,2	103	6,18	9	0,54
24	60	2,2	53	3,18	5	0,3
				$\Sigma = 30,3$		$\Sigma = 4,02$
				$\Sigma\Sigma=39,9$		$\Sigma\Sigma=6,78$

H_2SO_4 шаю – 0,1 моль/дм³; pH 1,46

25	60	2,2	117	7,02	36	2,16
26	60	2,2	51	3,06	11	0,66
27	60	2,2	33	1,98	6	0,36
28	60	2,2	25	1,5	5	0,3
				$\Sigma = 13,56$		$\Sigma = 3,48$

Десорбция $\text{NH}_4\text{NO}_3 - 80 \text{ г/дм}^3$; pH 1,65

29	60	2,2	169	10,14	33	1,98
30	60	2,2	151	9,06	15	0,9
31	60	2,2	99	5,94	8	0,48
32	60	2,2	47	2,82	5	0,3
				$\Sigma = 27,9$		$\Sigma = 3,66$
				$\Sigma\Sigma=41,5$		$\Sigma\Sigma=7,14$

HNO_3 шаю – 0,03 моль/дм³, pH 1,52

33	60	2,2	30	1,8	13	0,78
34	60	2,2	45	2,7	3	0,18
35	60	2,2	57	3,42	2	0,12
36	60	2,2	60	3,6	3	0,18
				$\Sigma = 11,52$		$\Sigma = 1,26$

Десорбция $\text{NH}_4\text{NO}_3 - 80 \text{ г/дм}^3$; pH 1,65

37	60	2,2	201	12,06	40	2,4
38	60	2,2	108	6,48	16	0,96
39	60	2,2	54	3,24	7	0,42
40	60	2,2	35	2,1	4	0,24
				$\Sigma = 23,88$		$\Sigma = 4,02$
				$\Sigma\Sigma=35,4$		$\Sigma\Sigma=5,28$

Кесте 9 - Шайырды темірден бөліп алу және уранның селективті десорбциясы. Шарттары: $M_p = 60$ мл; $M_{cm} = 27$ мл

Тәж. №	τ , мин	V_p/V_c	U , мг/дм ³	U , мг	Fe , мг/дм ³	Fe , мг
0,3 N HNO ₃ өңдеу						
1	60	2,2	87,0	5,22	31,0	1,86
2	60	2,2	28,0	1,68	6,0	0,36
3	60	2,2	15,0	0,9	2,0	0,12
				$\Sigma = 7,8$		$\Sigma = 2,34$
(NH ₄ NO ₃ 80 г/дм ³ немесе NO ₃ 62 г/дм ³); pH 1,3 өңдеу						
4	60	2,2	176,0	12,06	16,0	0,96
5	60	2,2	151,0	9,06	12,0	0,72
6	60	2,2	87,0	5,22	7,0	0,42
7	60	2,2	87,0	5,22	7,0	0,42
8	60	2,2	62,0	3,72	6,0	0,36
				$\Sigma = 33,78$		$\Sigma = 2,88$
				$\Sigma\Sigma = 43,58$		$\Sigma\Sigma = 5,22$

1.3.4 «Сары кекті» тұндыру алдында тауарлық регенератты алдын ала тазалау

Тауарлық регенераттардан иондар мен темірдің шөгуін кальций гидрототығы pH 2,5÷4,0 және 25÷65 °C температурада 10% пульпамен жүзеге асырды. Әк пульпаның шығыны көлемі бойынша 28÷40% - ды құрады, бұл химиялық концентратты тұндыру алдында регенерат санының айтарлықтай ұлғаюына және ондағы уран мен қоспалардың концентрациясының төмендеуіне әкелді. Сонымен, әк өңдеуден кейін бастапқы регенерат құрамы келесідей болды, г/дм³: U - 48; Fe – 0,28; Al – 0,34; кремний – 0,12; CaO - 0,66; MgO - 2,1; сульфат-иондар – 131,0; нитрат-иондар – 22,0.

Тауарлы регенераттардан сульфат-иондар мен темір тұндыруды pH 2,5÷4,0 және 25 ÷ 65 °C температурада кальция гидрототығының 10 %-дық пульпасымен жүргізеді. Әктас пульпаның шығыны көлемі бойынша 28 40 % құрады, бұл химконцентратты тұндыру алдында регенерат мөлшерінің біршама ұлғаюына және ондағы уран мен қоспалар концентрациясының төмендеуіне әкелді. Мсәлен, әктаспен өңдеуден кейін бастапқы регенерат құрамы келесідей болды, г/дм³: U - 48; Fe – 0,28; Al – 0,34; кремний – 0,12; CaO - 0,66; MgO - 2,1; сульфат-иондар – 131,0; нитрат-иондар – 22,0.

Әктеу кезінде әк кегінің регенераттан шығуы химконцентраттың шығуымен өлшенеді. Кек құрамында 0,7÷2,0% уранның, 0,1÷2,0% темірдің,

45÷62% сульфат-иондардың құрамы байқалады, бұл кезде кек ылғалдылығы - 60÷65 %.

Темір мен сульфат-иондардың толық шөгуіне жету мүмкін еместігіне байланысты және аз тиімділікке байланысты технологиялық процеске әкту енгізу перспективалы емес екені белгілі. Бұдан басқа, әкту – уранды жоғалтумен байланысты қосымша жүретін операция болып табылады.

1.3.5 Шайыр сыйымдылығын арттыру және қаныққан шайырды қоспалардан тазарту

Шайырдағы уранның сорбциясы өте күрделі процесс болып табылады, оның механизмі көп жағдайда әртүрлі факторларға байланысты екені белгілі.

Анионит сыйымдылығына рНорта үлкен әсерін тигізеді. Қышқылдығы төмендегенде шайыр сыйымдылығы артады, өйткені төрт разрядты анионның орнына $[UO_2(SO_4)_3] - 4$ екі разрядты кешендер сорбцияланады $[UO_2(SO_4)_3] - 2$. Одан әрі, өте төмен қышқылдық кезінде (рН2,5 және одан жоғары) гидролиз салдарынан $[UO_2(SO_4)_3]^{-4}$ орнына, екі зарядты $[UO_2(SO_4)_2]^{-2}$ кешенді аниондар түзіледі, уран бойынша шайырдың сыйымдылығын одан әрі арттырады.

Уранды сорбциялық алу кезінде құрамында уран бар өндірістік ерітінділердің көп көлемі қайта өңдеуге ұшырайтыны белгілі, бұл рН түзетуге сілтілі агенттің үлкен шығындарын талап етеді.

Сондықтан біз рН кезінде (рН жұмыс мәні 0,5ке тең) шайырдың "кедей" регенератпен қанығу кезеңінде және "кедей" регенерат рН 3,2-ге дейін түзетілгеннен кейін уран сорбциясы зерттелген болатын.

Статикалық жағдайларда 26,5 г/дм³ концентрациясы бар "кедей" регенератпен уранды ұстап алу шайырын (сыйымдылығы 16 мг/г) қанықтыру жүргізілді. Шайыр көлемі 25 мл. Қ:С қатынасы = 1:2. Әрбір 30 мин сайын ерітіндіні ағызады және жаңасымен ауыстырады. Әрбір сынамада ерітіндіде уран мөлшері анықталды. Тәжірибе деректері 12 кестеде келтірілген.

Тәжірибе мәліметтері көрсеткендей, шайырды кедей регенератпен қанықтыру кезінде ерітіндінің рН ұлғаюы шайырдағы уранның мөлшерін шамамен 1,4 есе арттыруға мүмкіндік береді. рН 3,5 кезінде қаныққаннан кейін шайыр сыйымдылығы 44,7 мг/г құрады, ал рН 0,5 кезінде қаныққаннан кейін ол 32,2 тең болды.

Әр түрлі рН кезінде шайырдың қанығуы динамикалық режимде зерттелді, шарттар төменде келтірілген. Концентрациясы 26,5 г/дм³ болатын «кедей» регенератпен шайырдың қосымша қанығуы (қосымша ұстаудан кейін) жүргізілді.. Зертханалық сорбциялық бағаналарда биіктігі-30 см, диаметрі-1,1 см. ерітіндіні беру төменнен жоғары жүзеге асырылды. Колонкадағы шайыр көлемі-25 мл. меншікті жүктеме 0,49 м³/м³/сағшамасын құрады.

10 Кесте - Статикалық жағдайларда шайырдың регенератпен қанығуы

pH 3,2					pH 0,5				
NФ	VФ	τ,мин	U ерітінді де г/дм ³	Uшайырда, мг/г	NФ	VФ	τ, мин	U ерітінді де, г/дм ³	U шайырда, мг/г
1	25	45	11,75	36,5	1	25	45	16,0	30,5
2	25	45	20,5	44,7	2	25	45	25,0	32,2
3	25	45	26,0	44,7-	3	25	45	26,7	32,2-
				Σ=44,7					Σ=32,2

11 Кесте - Динамикалық жағдайларда шайырды қанықтыру жөніндегі мәліметтері

pH 0,5					pH 3,45				
NФ	Vp, мл	τ, ч	Vp /Vc	E,% (мг/г)	NФ	Vp, мл	τ, ч	Vp /Vc	E,% (мг/г)
1	49	4	1.96	3,4 (34)	1	48	4	1.92	4,9 (49)

11 Кестенің мәліметтерінен pH 0,5-тен 3,45-ке дейін артуымен шайыр сыйымдылығы шамамен 1,5 есе ұлғаятынын көруге болады.

Осылайша, қанығуға дейінгі кезеңдегі pH өзгеруі уран бойынша шайырдың сыйымдылығын айтарлықтай арттыруға және соның салдарынан шайырдағы қоспалардың құрамын азайтуға мүмкіндік береді.

Десорбциялық ерітінділерді тазалау мақсатында мұндай технологиялық тәсіл авторларға өте перспективалы болып көрінеді.

1.4 Суменшаюдың химиялық концентраттың сапасына әсерін анықтау

12 Кестеде концентратты сумен бөліп алудың, оның сапасына және концентраттағы уран құрамының сульфат-иондардың құрамына тәуелділігіне әсері көрсетілген. Химконцентраттың ылғалдылығы 50÷59% құрады. 14-кестеде алынған тұнбаның құрамы келтірілген.

12 Кесте - Аммиакты-карбонатты ерітіндімен тұндыру кезінде алынған химконцентраттың құрамы

Зерттелетін өнім	Компоненттердің құрамы, %		
	U	SO ₄	Fe
Шайылмаған хим. конц.	51,0 - 56,6	17,4 - 20,1	0,9 - 1,4
Шайылмаған хим. конц.	58,5 - 60,0	13,9 - 16,4	1,0 - 1,2
Шайылмаған хим. конц.	60,0 - 61,0	7,6 - 9,0	1,4 - 1,5
Шайылмаған хим. конц.	64,9 - 67,6	2,1 - 5,0	1,5 - 1,8

Кестеден көрініп тұрғандай, сумен шаю сульфат-иондардың құрамын айтарлықтай төмендетеді, тиісінше кектегі уранның мөлшері артады, бірақ темірдің құрамы іс жүзінде өзгермейді.

1.5 Химиялық концентратты пероксидті тұндыру

Концентраттардағы жағымсыз негізгі қоспалар кремний қос тотығы, темір гидроксидтері, алюминий және магний, натрий, сульфат-иондар, карбонат-иондар болып табылады. Концентраттардағы натрий, сульфат-иондардың және басқа суда еритін қоспалардың құрамын суменшаюмен төмендетуге болады. Ал темір, кремний алюминий құрамы өзгеріссіз қалады.

Уранның шала тотығына дейін оларды тікелей қыздыру тұтас бірқатар қоспалар (натрий күкірт темірінің кремний оксиді, магний) бойынша ТУ19РК38229886 ЗАО-03 талаптарын қанағаттандыратын дайын өнімді алуға мүмкіндік бермеді. Бір реттік көмір аммониялық тізбек фосфор және кремний бойынша ТУ талаптарын қанағаттандыратын урантотығын алуға мүмкіндік бермейді, ал темір құрамы ТУ талаптарынан едәуір жоғары. ТУ-ның барлық талаптарын қанағаттандыратын кепілдендірілген таза уран тотығы екі мәрте көмір аммониялық тізбек арқылы алынды. Осы схеманың негізгі кемшіліктері технологиялық операциялардың күрделілігі болып табылады: химиялық реагенттердің жоғары шығыны (аммоний бикарбонаты 2,7-3,1 кг/кг уранға, аммиак – 0,34-0,40 кг/кг уранға), сондай-ақ процестің басында уранның жоғары бұрылуы.

Қажетті тазалықтағы уранның шала тотығын алу жоспарында экстракциялық емес әдістермен "сары кектің" сутегі тотығымен (1 кг уранға 300 г сутегі тотығының жоғары емес шығыны) қайта тұндыру қызығушылық тудырады. рН 2 кезінде процесті жүргізу тұндыру кезеңінде негізгі қоспалардан: темірден, алюминийден және кремнийден құтылуға мүмкіндік береді. "Сары кекті" сумен алдын ала жуу суда еритін қоспалардан құтылуға мүмкіндік береді. Пероксидті тұндыру шарттары мен нәтижелері 15-кестеде келтірілген.

13 Кесте - «Сары кек» пероксидті тұндыру нәтижелері

V, Мл	U-ның бастапқы концентрациясы, г/дм ³	VH ₂ O ₂ , мл	H ₂ O % 2	Тұндыру уақыты, сағ.	pH	Кектің салмағы, г (құрғ.)	Фильтраттағы U-ның конц., в г/дм ³	Уранның құрамы(ГП). %	Массалық үлесі d, г/см ³
27	122,8	15,7	100	3	1,4	5,0	0,86	64,0	5
70	180	12	100	3	2	44,0	1.30	63,1	4,1

ASTM: (%) Fe - 0,15; SiO₂ - 0,5; SO₄ - 1,0.Пероксидті қайта тұндырудыңкегі: Fe 0,0085-0,36; SiO₂анықталмады; SO₄ 1,1-1,3.

13-кестеден көрініп тұрғандай, «сары кек» бір рет пероксидті тұндыру «сары кек» негізгі қоспалардан: темір, кремний, сульфат-иондардан тазартуға мүмкіндік береді.Алынған нәтижелер пероксидті аффинаждың экстракциялық емес әдіспен халықаралық стандарттарға сәйкес келетін уран тотығын алуға мүмкіндік береді деп пайымдауға негіз береді.

Пероксидті тұндыру кегі жақсы сүзіледі, ауада 3-4 сағат бойы кебеді, ылғалдылығы төмен (25%).

Уран пероксиді сілтімен, аммиакпен немесе карбонатты агенттермен (қыздыру температурасы 800 - 850 °C) тұндыру кезінде алынған "сары кектен" айырмашылығы жоғары температуралық тесуді (температурасы 200 °C) талап етпейді, бұл әдісті сөзсіз тартымды етеді, сондықтан пероксидті тұндыру зерттеулері өз жалғасын талап етеді.

1.6 Тауарлық регенераттан уранды тікелей пероксидті шөгу

Уранды тұндыру 34,2 г/дм³ уран концентрациясы бар тауарлық сульфатты-нитратты регенерат ерітіндісінен жүргізілді. Тұндыру уақыты 3 сағат.

Кесте 14 - Тауарлық регенераттан уранның пероксидті шөгуінің деректері

Регенераттағы V, мл.	Сутегі пероксидінің V		Тұндыру pH	Кектің салмағы, г сухого	Фильтраттағы U-ның конц., г/дм ³	Құрамы (ГП), %	Салмақтық үлесі, d г/см ³
	мл	артық, %					
1	2	3	4	5	6	7	8
50	28,6	800	1,5	3,15	0,008	-	4,6
200	28,6	800	1,3	9,1	5,2	61,1	3,0

1	2	3	4	5	6	7	8
200	28,6	800	1,8	9,2	5,6	62,9	3,0
200	28,6	800	4,8	12,9	0,6	62,9	4,5
200	28,6	800	4,8	12,7	1,8	59,5	4,0
200	6,5	100	2,0	2,1	27,2	-	4,2
200	19,4	500	2,0	6,5	8,2	60	3,9
200	12,9	300	2,0	5,2	15,8	60	3,9
200	6,5	100	2,0	3,5	15,4	57	3,0
200	6,46	100	2	3,3	32,6	62	3,5

Кесте мәліметтерінен көрініп тұрғандай, сульфатты-нитратты десорбаттардың рН 1-ден 5-ке дейінгі мәні кезінде уран пероксидінің шөгуі жеткілікті жақсы өтеді, яғни құрамында 59-63% уран бар өнім, 0,6-5,0 г/дм³ сүзгідегі уран концентрациясы алынады, алайда бұл ретте Н₂О₂ қымбат болуына байланысты уран пероксидін өнеркәсіптік алу жағдайында қолдануға болмайтын сутегі тотығының 800% артық болуы талап етіледі. Байқалатын әсер (асқын тотықтың талап етілетін артық болуы) регенераттағы сульфат-иондардың жоғары концентрациясымен (89-90 г/дм³ дейін) байланысты, олар уранилсульфат иондарын түзеді, сол арқылы уран пероксидінің толық шөгуіне кедергі жасайды.

Осылайша, қазіргі уақытта кен басқармаларында алынатын сульфатты-нитратты регенераттардан уранды тікелей тұндыру сутегі тотығының жоғары шығынынан орынсыз.

2 Табиғи уранның химиялық концентратын алудың шөгінді әдістері

Тұндыру процестері уран технологиясында жиі қолданылады. Олар уранды карбонаттан, ал кейде кен шикізатын шаймалау нәтижесінде алынған қышқыл ерітінділерден бөліп алу үшін қолданылады. Өте бай химиялық концентраттар түрінде уран сорбциялық немесе экстракциялық концентрациядан және аффинаждан кейін реэкстрактардан сорбциялық регенераттардан тұндырады. Сонымен қатар, уранды қоспалардан тазарту, тетрафторид алу, құрамында уран бар әртүрлі қалдықтарды қайта өңдеу кезінде және көп жағдайда уранды шоғырландыру, қоспалардан бөлу және ядролық жанатын одан әрі дайындау үшін жарамды қандай да бір қосылыстар түрінде алу қажет болған жағдайларда да тұндыру технологиясын қолданады[11].

Қайта бөлу ерекшелігіне байланысты шөгінді операцияларға белгілі бір талаптар қойылады. Олардың бірі – ерітінділерден уранның толық бөлінуі. Ең тиімді болып уранның ең аз қалдық құрамы бар аналық ерітіндіні алуға мүмкіндік беретін процесс саналады.

Шөгінді процестің селективтілігі де аз мәнге ие емес. Селективтілік жоғары болған сайын, демек, көп жағдайда уранды қоспалардан тазартуға болады. Әдетте, уран ерітіндіден неғұрлым толық бөлінетін болса, соғұрлым ол көп мөлшерде қоспалармен ластанған және керісінше.

Тұндыру толығынан және селективтіліктен басқа, басқа да факторлар да маңызды: қолданылатын реагенттің (тұнбаның) құны, тұнба сипаты, тұндыру жүзеге асырылатын бастапқы ерітіндінің құрамы. Барлық осы факторлар тұндыру процесінің тиімділігін бағалау кезінде ескеріледі. Тұндырудың кейбір түрі кристалдану болып табылады: салқындағанда (температураның өзгеруімен ерігіштікті күрт өзгертетін заттар үшін) немесе еріткіштің бір бөлігінің булануы кезінде оның қаныққан ерітіндісінен қатты кристалды өнімнің бөлінуі; көп жағдайда еріткіш ретінде су қолданылады. Уранның технологиясында кристалдану бұл түрінде салыстырмалы сирек қолданылады; негізінен ерітінділерден сорбциялық регенераттардан күкіртқышқылды натрийдің ілеспе заттары, резектрактардан нитраттар бөлінгенде [16].

Қатты фаза ерітіндіден, егер ерітінді қанықпаған жағдайда ғана бөлінеді. Процестің қозғаушы күші-қанықпаған (бастапқы) және қанық ерітінділердің концентрациясының әртүрлілігі. Бұл шама неғұрлым көп болса, тұнбаның пайда болуы соғұрлым қарқынды өтеді.

Қанықпаған ерітінділер-бұл тұрақсыз жүйелер; дегенмен кейбір жағдайларда оларды ұзақ уақыт бойы сақтауға болады. Тұнбаның өздігінен бөлінуі үшін белгілі бір қанығу дәрежесі қажет. Процесс, егер ерітіндіге жаңа Фаза кристалдарының ұрықтары енгізілген жағдайда едәуір жеңілдетіледі. Қатты бөліну процесі кристалдардың өсуі есебінен өтеді.

Осылайша, еритін заттың шөгіндіге өту процесі екі процестің жиынтығы болып табылады: қатты фазаның ұрықтарының түзілуі және кристалдардың өсуі. Бұл процестерді толығымен бөлу өте қиын; бұл ірі кристалдар пайда болған кезде қанығуға жақын ерітінділерді ұзақ ұстағанда ғана мүмкін болады. Алайда тұндыру барысына әсер етуге, ұрықтардың пайда болуы мен кристалдардың өсу процестерін жылдамдатуға немесе тежеуге болады; бұл әдістермен әрдайым зертханалық және өнеркәсіптік практикада қолданылады.

Технологиялық тұрғыдан Тұндыру және сүзу жылдамдығы, сондай-ақ негізінен бөлшектер мөлшеріне, меншікті беті мен тығыздығына байланысты тұнба ылғалдылығы маңызды. Ең жақсы ірі кристалды жауын-шашын болып саналады, олар салыстырмалы түрде аз ылғал, оңай тұндырады және сүзіледі. Мұндай жауын-шашын алу үшін жаңа Фаза ұрықтарының пайда болу жылдамдығын азайту және ең бастысы кристалдардың өсуі есебінен қатты түрде бөліп алу қажет.

Ұрықтардың (кристалдау орталықтарының) N санын $\frac{C_1}{C_2}$ келесі арақатынаспен байланыстыруға болады:

$$n = k \left(\frac{C_1}{C_2} - 1 \right), \quad (3)$$

мұндағы k – пропорционалды коэффициенті;

C_1 -бастапқы (қанықпаған) ерітіндінің концентрациясы;

C_2 -қаныққан ерітіндінің концентрациясы;

Көп қанығу ($\frac{C_1}{C_2}$ қатынасы) болған сайын, соғұрлым кристалдану орталықтары пайда болады, демек, ұсақ шөгінділер пайда болады. Ұрықтар санын азайту үшін C_1 шамасын азайтуға (сұйылтылған ерітінділерді пайдалануға, жүйеге заттың бір бөлігін сарқылмаған иондарға немесе молекулаларға байланыстыратын комплекс түзгіштерді енгізуге), немесе C_2 мәнін арттыруға (температураны, ортаның рН мәнін арттыруға немесе ерітіндінің иондық күшін арттыруға) болады. Осы әдістердің барлығы қандай да бір түрдегі тұнбаның технологиялық сипаттамаларын жақсарту және тұнбалық процесті қатты бөліп алу негізінен кристалдардың өсуімен анықталатын фазаға ауыстыру үшін қолданылады.

Кристалдардың сызықтық өсу жылдамдығы:

$$\frac{dl}{dt} = B e - \frac{A}{\ln \frac{C_1}{C_2}}, \quad (4)$$

мұнда B және A – тұрақты; l – сызықтық Өлшем.

Бұл теңдеу ерітіндідегі заттың тұрақты концентрациясы кезінде дұрыс тұжырымдалады. Алайда, нақты процесте бұл концентрация үздіксіз өзгереді, оның өзгеруі диффузиялық сипатқа ие. Осыған байланысты, егер ол кристалдардың өсуі ретінде өтетін болса, ерітіндіден қатты бөліп алу процесін массаберудің әдеттегі теңдеуімен сипаттауға болады:

$$\frac{dN}{d\tau} = KF (C_1 - C_2) \quad (5)$$

Кристалдану процесінде ешқашан полидисперсеннің кез келген тұнбасы монодисперсті өнімдер түзілмейді. Бірақ ұсақ кристалдардың ерігіштігі әрдайым ірі кристалдардан жоғары, сондықтан тұндыру процесінде ұрық түзілуінен және кристалдардың өсуінен басқа, сонымен қатар кристалдардың ірілендірілуі ұсақ еру есебінен жүреді. Бұл соңғы процесс өте баяу өтеді, дегенмен ол саналуы керек, ал C_2 шамасын жалпы қатты емес, белгілі бір өлшемдегі кристалдарға қатысты бағалау қажет.

Есептеу күрделілігіне байланысты тұндыру процесінің жылдамдығын теориялық тұрғыдан анықтауға болмайды. Әрбір нақты жағдай үшін кейіннен

тиісті кинетикалық теңдеуді құрастыру немесе алынған нәтижелерді графикалық ұсыну арқылы тәжірибелік зерттеу қажет.

Ерітіндінің температурасы мен бастапқы құрамы, араластыру қарқындылығы және тұндырғыштың белгілі бір артығымен берілген кезде, белгілі бір уақыт мезетіне түскен заттардың кристалдарының санын АА/ қисығы бойынша анықтауға болады, ол №3 слайдта бейнеленген. Бұл тәуелділік кристалдардың белгілі бір гранулометриялық құрамына ғана тән, мысалы, фракциялар 0,1 мм артық. Процесті жүргізудің тіркелген шарттарының ең болмағанда біреуінің өзгеруі АА / қисығы жағдайының өзгеруіне әкеледі.

Егер бұл қисықты дифференциалдау болса, онда кристалданған заттың уақытына немесе санына байланысты процестің белгілі бір жағдайларында тұндыру шынайы (лезде) жылдамдығының мәнін алуға болады. Графиктен, егер белгілі бір сәтте ең жоғарғы мән болса, содан кейін төмендесе, ерітіндідегі кристалданатын заттың концентрациясы азаяды. Бөлінетін тұнбаның сипаты ерітінділерді төгу тәртібімен немесе тұнбаны енгізу шарттарымен анықталады. Химик-талдаушылар алғаш рет атап өткен бұл факт егжей-тегжейлі зерттелді; нәтижесінде тұндырудың үш әдісі әзірленді:

- тамшылатып әдісі;
- соңғы тамшы әдісі немесе буферлік әдіс;
- пайда болатын реактив әдісі және газ тәрізді тұндырғышты енгізу.

Бұл әдістердің барлығы өнеркәсіптік практикада қолданылған.

Тамшылау әдісі тұндырғышты (аналитикалық химиядағы тамшылар бойынша және өнеркәсіптік практикадағы ағыстар бойынша) қарқынды араласатын ерітіндіге біртіндеп біркелкі қосу болып табылады. Тұнбаны заттардың қажетті толық бөлінуін қамтамасыз ету үшін алады. Сонымен қатар, жауын-шашын бөлу әдісі асыра қанығу айтарлықтай, ұрықтың пайда болу жылдамдығы олардың өсу жылдамдығынан асып түседі және кристалдар ұсақ болады. Заттардың шөгіндіге бөлінуіне қарай қанығу азаяды, кристалдардың мөлшері біршама артады, бірақ олардың көп бөлігі әлі де ұсақ болып қалады. Ұсақ кристалдардың ерігіштігі іріден көп болғандықтан, тұнбаны қайта кристалдауға болады. Алайда, бұл процесс өте баяу жүреді. Жауын-шашын бөлудің тамшылы әдісінің екінші маңызды кемшілігі-бұл оның шын мәнінде кезеңділігіне байланысты. Бұл ретте ірі кристалдарды алуға болмайды, сондықтан тамшы әдісі, егер жауын-шашын бұдан әрі ерігенде қолданылады.

Буферлік әдіс немесе соңғы тамшы әдісі айтарлықтай тиімді болып саналады. Ол ерітіндіні және тұндырғышты алдыңғы тұндыру кезінде алынған аналық ерітіндіге бір мезгілде ағызудан тұрады; сондықтан тұндыру жүзеге асырылған сұйық фазаның құрамы барлық процесс ішінде өзгермеген және құрамы бойынша қаныққан ерітіндіге жақын болып қалады. Мұндай жағдайларда қанығу елеусіз және қатты бөлу негізінен кристалдардың өсуі есебінен болады. Буфералық әдіс өнеркәсіптік тәжірибеде кеңінен таралған; ол ең ірі кристалдарды алуға мүмкіндік береді [26].

Егер тұндыру үшін тұндырғыш пен тұндырғыш заттың концентрацияланған ерітінділерін қолданса, онда жақсы технологиялық

қасиеттері бар тұнбаларды алу үшін буфердің үлкен көлемі және ерітінділерді салыстырмалы түрде баяу ағызу қажет. Бұл кемшіліктер, сондай-ақ гомогенді тұндыру әдісі деп аталатын пайда болатын реагент әдісін тұндыру үшін қолданылады. Бұл жағдайда тұндырғыш және тұндырғыш зат жүйенің қандай да бір параметрлері (мысалы, ерітінділердің температурасы) өзгергенге дейін өзара іс-қимыл жасамай ерітіндіде болады.

Мысалы, несепнәр қышқыл ерітіндіден уранды тұндырмайды, алайда несепнәрден қыздыру кезінде біртіндеп және біркелкі аммиак (тұндырғыш) бөлінеді және уран тұнбаға түседі. Бұл тәсілдің басқа нұсқасы-газ тәрізді тұнбаларды пайдалану әдісі. Мұндай заттармен өңдеу кезінде ерітіндіге аздап сіңеді, сондықтан ірі кристалды тұнбаны алуға болады.

Қатты кристалдау процесі, әдетте, экзотермді болып келеді, осыған байланысты жылудың аппараттардан змеевиктің немесе жейденің көмегімен бұрылуын қарастыру қажет. Тұндыру процесіне келетін болсақ, химиялық тұндыру реакциясы экзотермиялық және эндотермиялық болуы мүмкін. Процестің жиынтық жылу әсері, химиялық өзара әрекеттесу және кристалдану жылуының алгебралық жиынтығына тең. Сондықтан бірқатар жағдайларда жылу беру қажет.

2.1 Ерітінділерден уранды химиялық тұндыру

Химиялық тұндыру әдісі жерасты күкірт қышқылды шаймалау кезінде жақсы ағартылған ерітіндіге ғана қолданылуы мүмкін ерітінділердің екі түрін алады: уран мен қоспалардың әртүрлі арақатынасы бар қышқыл және карбонатты. Тұндыру кезінде аналық ерітінділермен ысыраптарды азайтуға, сондай-ақ негізгі қоспалардан босатуға ұмтылады.

2.1.1 Қышқыл ерітінділерден уранды тұндыру

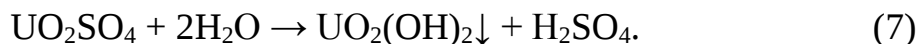
Алты валентті уран үшін амфотернділік және қышқылдық тән және негізгі қасиеттері өте әлсіз болып келеді. Сондықтан тұздар салыстырмалы түрде оңай гидролизденеді (рН=3,8-6,0 кезінде), уран қышқылдарының барлық тұздары ерімейді. Осыған байланысты қышқыл ерітінділерден уранды бөлудің ең қарапайым тәсілі-сілтілі тұндыру.

2.1.2 Уранды аммиакты ерітінділермен тұндыру

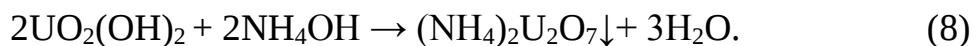
Қышқыл ерітінділерді аммиакпен өңдеу кезінде оның едәуір бөлігі қалдық қышқылдықты бейтараптандыруға жұмсалады:



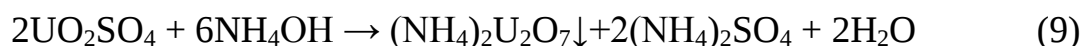
pH=3,8 жеткенде уранилсульфат гидролизі басталады:



Бұдан әрі уранил гидроксиді аммиакпен аммоний полиуранаттарының пайда болуымен өзара әрекеттеседі:



Аммоний диуранатының шөгуінің жиынтық теңдеуі:



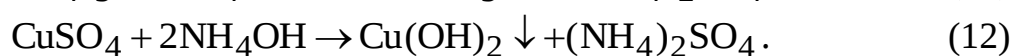
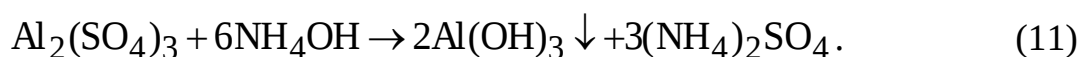
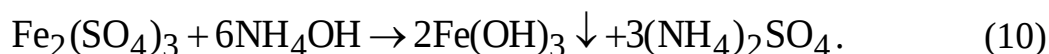
Тұнба құрамы айнымалы, ол қышқыл түріне, уран концентрациясына байланысты. Сұйылтылған күкірт қышқылды ерітінділерден уранды тұндыру кезінде тұнба құрамы диуранатқа жақын ($\text{Me}_2\text{O} \cdot 2\text{UO}_3$), азот қышқылды ерітінділерден аммоний тетрауранаты тұнады $[(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7]$. Концентрацияланған күкірт қышқыл ерітінділерінен тұндыру кезінде күрделі құрамды тұнбалары алынады, мысалы $(\text{NH}_4)_2[(\text{UO}_2)_2\text{SO}_4(\text{OH})_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Уранның сандық шөгуі pH 6 кезінде байқалады. Сондықтан аммиакқа pH 6-7ге дейін қосылады. Бұл ретте уранмен бір мезгілде гидроксидтердің ерігіштік туындыларының мәндеріне және олармен байланысты pH тұндыру мәндеріне сәйкес қоспалардың едәуір бөлігі тұндырылады (17-кесте).

15 Кесте - Металл гидроксидтерінің шөгуінің pH мәні

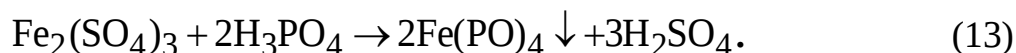
Гидроксид	pH тұндыру	Гидроксид	pH тұндыру
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	2,5-3,5	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	8,0-9,0
$\text{Th}(\text{OH})_4$	3,2-3,5	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	8,0-9,0
$\text{Al}(\text{OH})_3$	4,0-6,0	$\text{Co}(\text{OH})_2$	8,0-9,0
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	5,2-5,8	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	8,6-10,0
$\text{Cr}(\text{OH})_3$	5,3	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	>10
$\text{UO}_2(\text{OH})_2$	3,8-6,0	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	>10
$(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$	3,8-6,0		

pH 6-7 кезінде қоспалардың көп бөлігі тұндырылады:

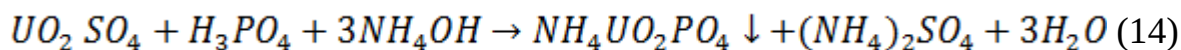


Кальций, магний, марганец, эквивалентті темір, никель, кобальт шөгілмейді, сирек жер элементтерінің гидроксидтері ішінара шөгеді (pH

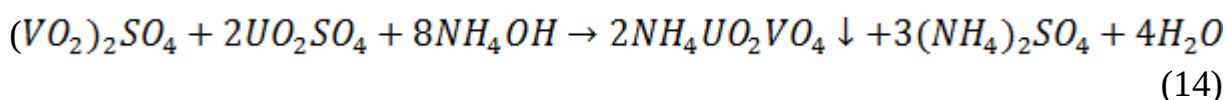
тұндыру 7-8 құрайды). Уранмен бірге фосфор мен ванадий тұнады. Болған кезде темір фосфаты тұнады (1,5–1,9 тұндыру рН):



Fe^{3+} болмаған жағдайда аммоний мен уранилдің қос фосфаты тұнады:

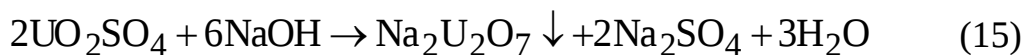


Ванадиймен аммоний мен уранилдің қос ванадаты түзіледі:



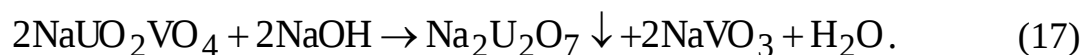
Қос фосфаттар мен ванадаттар рН 1,9–2,5 кезінде шөгіледі. Уранмен бірге қоспалардың көп бөлігі шөгілетіндіктен, байыту дәрежесі (1,5–2 рет), концентрат төмен болып шығады (құрғақ шөгіндіге қайта есептегенде 5-8% уран). Сілтілі тұндырудың негізгі қасиеті – еріткіштің (судың) үлкен көлемінен босату. Тұнба ерітіндіден сүзу арқылы бөлінеді. Гидроксидті жауын-шашын тұтқыр, қиын сүзілетін болады. Кешенді түзгіштер (F^- , CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, органикалық) болмаған кезде маточниктағы уранның қалдық құрамы 1-2 мг/л (кейде 5 мг/л дейін) құрайды.

Уран ерітіндісіне NaOH әсер еткен кезде натрий полиуранаты түзіледі:



Аммиакпен салыстырғанда улы натр бірқатар артықшылықтарға ие болып келеді, олар:

- Тасымалдауға өте жақсы қолайлылығы,
- төмен бағасы,
- ванадий мен фосфордан бөліну мүмкіндігі, сілтінің артық мөлшері (рН 10 кезінде) натрий мен уранилдің қос фосфаттары мен ванадаттарын ыдыратады:

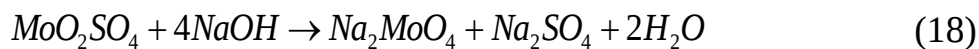


Бір мезгілде кемшіліктерін де атап өту керек:

- концентратқа натрий енгізілуі, салдарынан оны тазалау қажеттілігі туындайды;

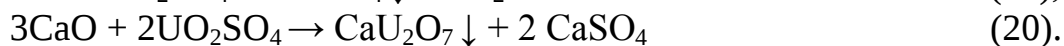
– маттық ерітіндіде уранның жоғары концентрациясы (3–5 мг/л, кейде 10 мг/л дейін).

Айта кететін жағдай, улы натрдың артық мөлшері кезінде, ураннан натрий молибдатының ерітіндісі түріндегі молибден бөлінеді:



2.1.3 Уранды әкпен тұндыру

Уранды тұндыру үшін кальций оксиді мен гидроксиді, сондай-ақ магний оксиді мен гидроксиді түріндегі арзан әк пайдалануға болады. Тұндыру рН 6-7 кезінде жүргізіледі:



Кальций гидроксидінің аз еруіне байланысты (2г/л суда) реакция гетерогенді болып табылады, ол баяу жүреді, кальций оксиді артық пайдаланылады, уран концентраты кальций оксиді мен гипспен араластырылады. Концентраттағы кальций оксидінің құрамы 3-5% уранның құрамы кезінде 20% құрайды. Мюре, Ле Бри, Крем және Готье уранның кальций оксидімен фракциялы шөгуін зерттеді.

Тұндыру бірінші сатысы артық қышқылдықты әкпен немесе бормен рН2,7-3,0-ге дейін ішінара бейтараптандырғанда жүргізіледі. Бұл ретте уран тұнбастан, кальций сульфатынан, үшвалентті темір фосфатынан, темір гидроксидінен тұратын қоспалардың көп бөлігін алып тастау қажет. рН бұл мәнінде, егер ерітіндіде, барлық фосфорды FePO_4 түрінде байланыстыруға қажетті Fe^{3+} аз болса, кальций мен уранилдің қос фосфаты тұнуы мүмкін. Сондықтан Fe^{3+} мөлшері аз болса, онда оның концентрациясы ұлғайту қажет. Тұндыру алдында барлық темірді Fe^{3+} дейін тотықтырған жөн, себебі екі валентті темір фосфатының тұну рН 5,3–5,6 құрайды және ол ураннан бөлінбейді. Қоспалардың шөгуін екінші сатыда бөлгеннен кейін ерітіндінің рН тұнбасының 6,5–7 дейін кальций оксидін, натрий гидроксидін немесе аммиак ерітіндісін қосу жолымен артады. Концентрат неғұрлым бай болып шығады (15-20% уран). Темірдің құрамы шамамен 3 есе, ал алюминий – 2 есе азаяды. Уранды концентратқа шығару 99% құрайды. Уранның бір бөлігі темір гидроксидінің тұнбасында сорбцияланады (уран 0,01%–дан тұрады), бір бөлігі (уран 0,5-2 мг/л) жатыр арқылы кетеді [24].

«Денисон майнс» (Канада) фирмасының зауытында уранның фракциялық шөгуі ионалмасу процесінің азотқышқылды тауарлық регенератынан өндіріледі.

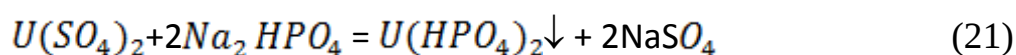
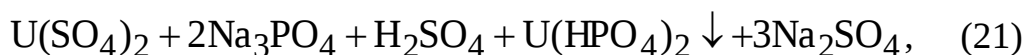
Бірінші сатыда регенерат темір, торий, титан қоспаларын тұндыру үшін рН 1,7 дейін әкпен және рН 3,7 дейін аммиакпен жартылай бейтараптандырады. Бұл қоспаларды ерітіндіден қоюландыра отырып, кейіннен сүзу арқылы алып тастайды. Екінші кезеңде уран рН 7 кезінде аммиакпен тұнады.

«Анаконда» фирмасының зауытында (АҚШ) иониттің регенерациясы күкірт қышқыл ортада NaCl (100 г/л) ерітіндісімен (рН1,3) жүргізілді. Фракциялық тұндырудың бірінші сатысында тауарлық регенератқа темір, гипс тұндыру үшін рН 4,2 дейін әк сүті қосылды.

Екінші кезеңде тұндыру рН 7 кезінде магний оксидімен жүргізілді. Фракциялық тұндырудың бірінші сатысындағы рН ұлғаюы уранды қоспалардан жақсы тазартуға ықпал етеді, бірақ бір мезгілде қоспалардың шөгінділері бар уранның шығынын арттырады.

2.1.4 Төрт валентті уранның фосфатын тұндыру

Фосфор қышқылының немесе оның тұздарының төрт валентті уран ерітіндісіне әсері кезінде уранның қышқыл фосфаты тұнады $U(HPO_4)_2 \cdot 6H_2O$:



Тұнба ерігіштігі қышқылдыққа тәуелді болады (Кесте - 18).

16 Кесте - Әртүрлі рН мәнінде суда $U(HPO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ерігіштігінің мәндері төменде келтірілген:

рН	4,1	1,8	1,3	0,7	0,45
Ерігіштік, мг U/л	0,1	0,5	0,9	6,2	15,2

Тұндыру процесін рН 1-2 кезінде қышқыл ортада жүргізуге болады, бұл ретте ерітіндіде 1 мг/л аз уран болады.

Қоспалардың фосфаттарын тұндыру процесіне қышқылдықтың әсері 19-кестеде келтірілген.

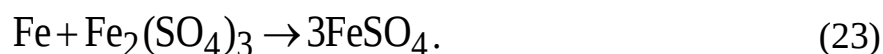
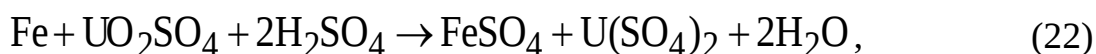
17 Кесте - Әртүрлі металдардың фосфаттарын тұндыру рН мәні

Метал ионы	Ca^{2+} Mg^{2+}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Ni^{2+}	Co^{2+}	Zn^{2+}	Al^{3+}	Fe^{3+}	UO_2^{2+}
------------	------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------------

pH тұндыру	8,5-10	5,2- 8,0	5,3- 5,6	5,6-9	5,8- 6,5	5,0- 5,6	2,7- 3,5	1,5- 1,9	1,9- 2,5
---------------	--------	-------------	-------------	-------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

pH 1-2 кезінде фосфаттардың көпшілігі еритін, тек үш валентті темір фосфаттары, торий, цирконий және титан шөгеді. Уран мен темір тұнар алдында алдын ала қалпына келтіріледі. Қалпына келтіргіштер ретінде натрий дитиониті ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), темір жоңқасы, алюминий ұнтағы, мырыш амальгамы қолданылады.

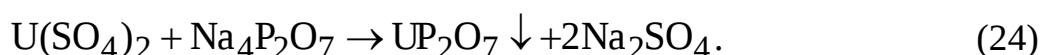
Көбінесе ең арзан қалпына келтіргіш ретінде темір жоңқасы мен үгінділерін пайдаланылады:



Кесте 18 - Алюминийдің уранның (IV) шөгуінің толық тұнуына әсері

Al конц., г/л	1,9	2,05	8,1	12,15	14,04
pH-1,8 кезінде тұндыру дәрежесі	97	95	85	30	0
Уранның аналықтағы конц., мг/л	12	20	60	280	400

Уранның фосфатының орнына уранның пирофосфатын тұндыруға болады, оны ерітіндіге натрий пирофосфатын молдық қатынасын қосу арқылы жүзеге асырамыз $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7:\text{U}1,15-2,1$:



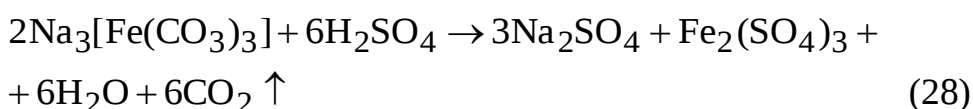
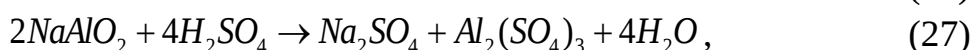
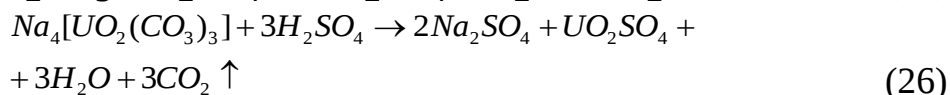
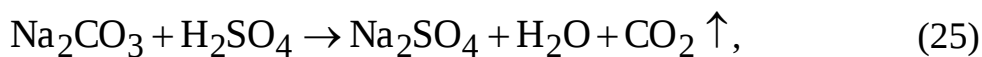
Уранның пирофосфаты уранның фосфатына қарағанда қышқылдарда еруі қиын. Бұл неғұрлым қышқыл ерітінділерден (0,25–1 моль/дм³) тұндыруға мүмкіндік береді, бұл уранмен бірге тұндыратын қоспалардың мөлшерін азайтады. Пирофосфат концентраты құрамынын 30-35% уран (құрғақ өнімге) қамтиды.

Сондай-ақ аммоний қос фосфатын $\text{NH}_4\text{UO}_2\text{PO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ және құрамында фосфор бар қышқыл ерітінділерді аммиакпен pH 2,5-ке дейін бейтараптандыру жолымен тұндыруға болады. Бұл жағдайда pH жоғары болғандықтан, қоспалардың құрамы көп болады, ал үш валентті темір екі валентке дейін қалпына келтірілуі тиіс.

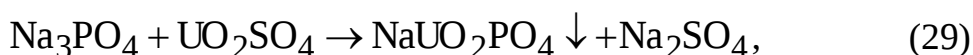
2.2 карбонатты ерітінділерден уранды тұндыру

2.2.1 аммиакты тұндыру

Әлсіз негіз ретінде аммиак уранның карбонатты кешенін бұза алмайды. Сондықтан алдымен карбонат-ион ерітіндісінен алып тастау керек. Бұл ерітіндіні рН 3-5ке дейін қышқылдандыру арқылы жетеді. Қышқыл карбонат ерітіндісіне әсер еткенде келесі процестер болады:

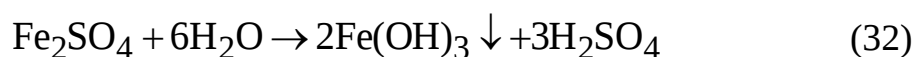
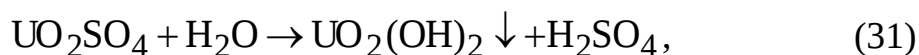


Алюминий мен темір сульфаттары ішінара гидролизденеді. Егер ерітіндіде фосфор мен ванадий болса, онда уранның бір бөлігі тұнуы мүмкін:



Бөлінетін көмірқышқылын және ерітілген көмірқышқылын толық жою үшін ерітіндіні қайнауға дейін қыздырады және ерітінді арқылы екі сағат бойы ауамен үрлейді. Осыдан кейін ерітіндіге рН 6,5-7 дейін аммиак қосылады. Қышқыл ерітінділерден аммиакты тұндыру кезіндегі реакциялар өтеді. Тұнба сүзіледі. Онда 40-60% уран болады(құрғақ массаға есептегенде).

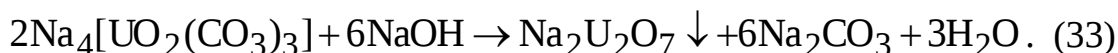
Уранның аммиаксыз шөгуін де жүзеге асыруға болады. Бұл жағдайда карбонатты ерітіндіні қышқылмен бейтараптандыруды тек рН 5-6 дейін жүргізеді. Қышқылдың концентрациясы аз болғандықтан, карбонат кешенінің бұзылу процесі баяу жүреді. Кешен бұзылғаннан кейін және ерітіндіні ұзақ қайнату кезінде көмір қышқылын алып тастағаннан кейін гидролиз жүреді:



Бұл әдіс артық соданы, қышқылдың көп шығынын және көмірқышқылын жоюға көп уақытты талап етеді.

Күйдіргіш натрды қолдану карбонатты ерітіндіден алынған уранды карбонатты кешенді алдын ала бұзбай және артық содасыз шөуге мүмкіндік

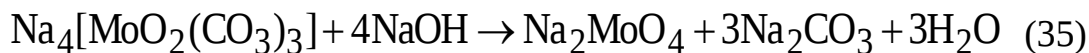
береді. $\text{pH} > 12$ кезінде күшті сілтілі ортада күйдіргіш натр кешенді бұзады және уранды тұндырады:



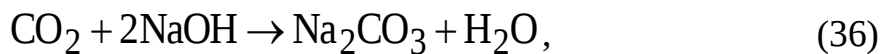
Уранмен бірге бірқатар қоспалар тұнады, мысалы:



Басқа гидроксидтер (Ca, Mg) бірқатар шөгуі мүмкін. Ерітіндіде натрий ортофосфаты және натрий метаванадаты түріндегі фосфор мен ванадий қалады. Қатты сілтілі ортада алюминий натрий алюминаты NaAlO_2 түріндегі ерітіндіде болады. Ерітіндіде молибден қалады:



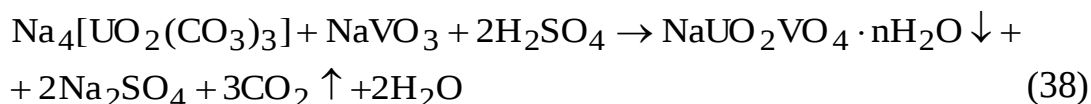
Осы кезеңде молибден ураннан бөлінеді. Маточникті pH 2,5-3-ке дейін қышқылданған кезде молибден қышқылы тұнады. Карбонатты кешеннің сілтілі бұзылуы кезінде сода қалпына келтіріледі. Сүзілгеннен кейін құрамында NaOH (5-10 г/л) бар және артық ерітінді көмірқышқылымен қанықтырылады:



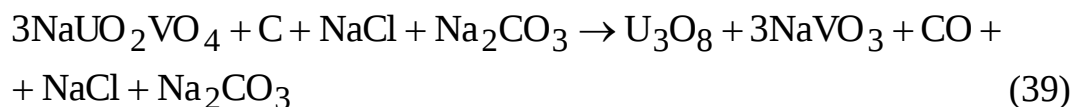
Осыдан кейін бұл ерітінді карбонатты сілтілеуге бағытталуы мүмкін. Сода регенерациясы уранды алуға жалпы шығындарды төмендетеді. Натрий диуранатын тұндыру жақсы сүзілетін тұнбаны алу мақсатында тұнбаның пісуін жеделдету үшін жоғары температураларда жүргізіледі. Егер жатыр ерітіндісі сілтісіздендіруге оралатын болса, натрий диуранатының ерігіштігінің кейбір ұлғаюы рөл атқармайды. Филтраттағы уран концентрациясы артық сода мен натрий ванадаты көп болғанда күрт артады.

2.2.2 Карбонатты ерітінділерден уран мен ванадийді бөлу

Уран мен ванадий карбонатты ерітіндісі pH 6-ға дейін күкірт қышқылымен бейтараптандырылады. Бұл ретте карбонат кешені бұзылады және уран натрийуранилванадат («сары кек») түрінде тұнады:



Сүзілген «сары кекті» сода, ас тұзы және ағаш үгінділерімен 800–900 °С температурада ерітеді:

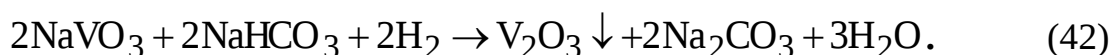
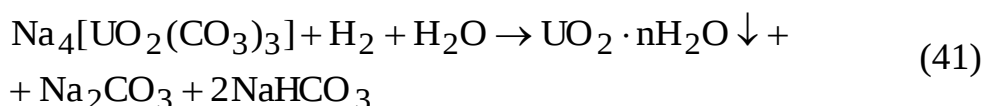


Ванадат натрий қорытпасынан сумен шайылып бөлініп алынады, ал қалдық концентрат (уранның 60%) болып табылады. Ванадий ерітінділерінен рН2,5ке дейін қышқылдандыру жолымен қыздырылған ерітінділерден «қызыл кек» ($\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) түрінде бөлінеді:



2.3 Уранды сутегімен қалпына келтіру

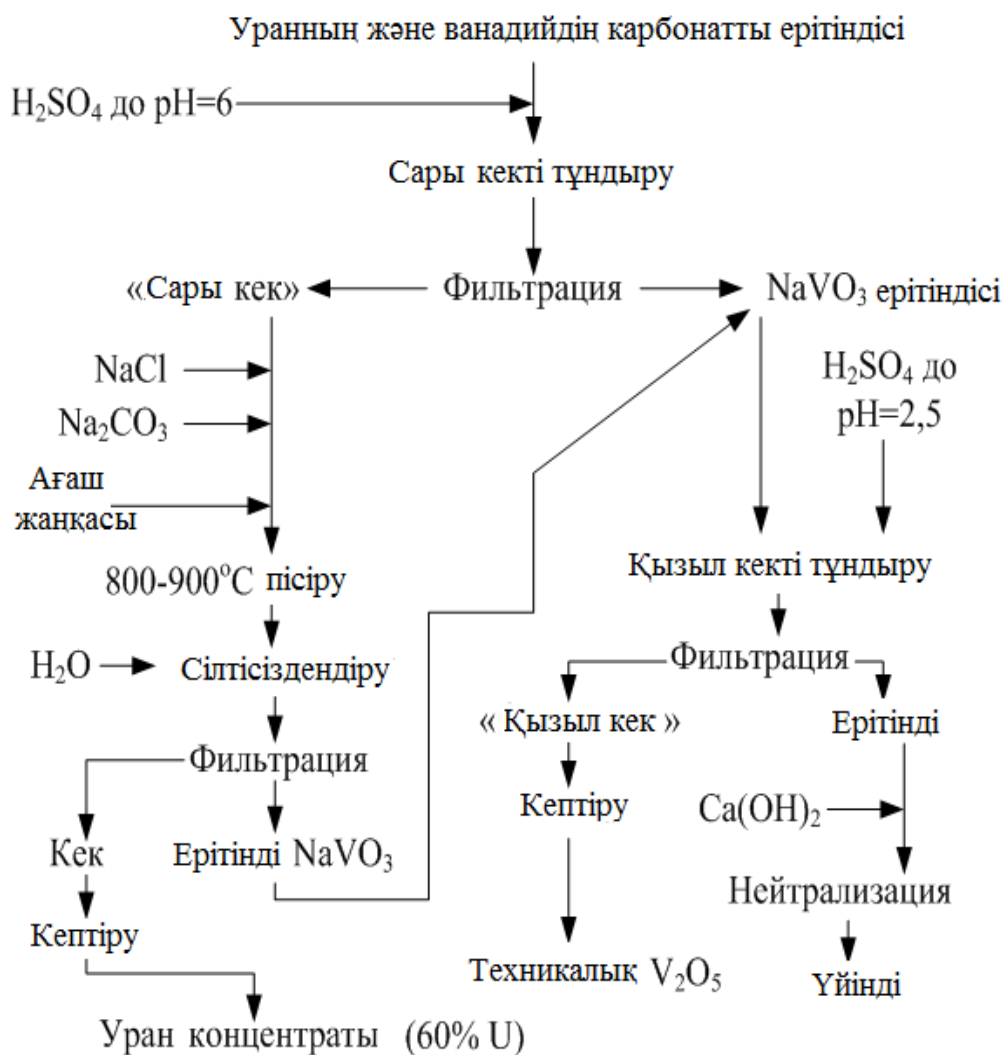
Еритін карбонат кешенін тек алты валентті уран құрай алады. Сондықтан, егер карбонатты ортада уранды төртвалентті жағдайға дейін қалпына келтірсе, онда ол гидратталған диоксид түрінде шөгілетін болады. Көптеген қалпына келтіргіштерді қолдануға болады: натрий дитиониті ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), мырыш шаңы және т.б., атом өнеркәсібінде сутегін электролиттік бөлу кезінде элементтік фтор алу кезінде ілеспе алынатын сутекті пайдалануға болады. Қалпына келтіру катализатор – никель ұнтағы бетінде жүргізіледі, бір мезгілде ванадий қалпына келтіріледі:



Қалпына келтіру жылдамдығы келесі кинетикалық теңдеумен сипатталады [46]:

$$\frac{d[\text{UO}_2]}{d\tau} = K \cdot S_{\text{Ni}} \cdot P_{\text{H}_2} \cdot e^{-\frac{9800}{RT}}, \quad (43)$$

мұнда S_{Ni} – никель катализаторының жоғары болуы, сутегі Бу қысымы, Па. (1атм 101325 Па-ға тең), 9800 кал/моль – E – активтендіру энергиясы (1кал 4,186 Дж тең).



1 Сурет – Карбонат ерітінділерінен уран мен ванадийдің бөліп алу мен ажыратудың технологиялық сұлбасы

Процесс 100–150°С температурада және 3,5–14 Па сутегі бу қысымы кезінде өтеді. (1атм 101325 Па-ға тең), никель катализаторының концентрациясы 3-10 г/л. Сүзуден кейінгі ерітінді карбонатты шаймалауға бағытталуы мүмкін (онда уранның концентрациясы 2-3 мг/л). Никель ұнтағы тұнбадан электромагниттік сепарация арқылы бөлінеді. Осыдан кейін уран оксиді мен ванадий қоспасын содамен ерітеді. Бұл ретте ванадий тотығады және суда еритін жағдайға ауысады:



Қорытпадан натрий ванадатын сумен суда шайылады. Уран қара кек түрінде қалады, онда 85-90% уран тотығы бар. Атом энергиясын бейбіт мақсатта пайдалану жөніндегі екінші Женева конференциясында (1959 ж.) югославтық зерттеушілер Бунья мен Зогович уранды сутегімен қалпына келтіру процесіне каталитикалық әсер уранның жаңа пайдаланылған диоксиді болатынын хабарлады. Каталитикалық қасиеттері уран диоксидін кептіру кезінде жоғалады. Сутегі қалпына келтіру жылдамдығы сутегі бу қысымына

және диоксидтің мөлшеріне пропорционалды. Бәрі жақсы тәрізді болғанымен, реакция өнімі уранды қалпына келтіру процесін катализдейді. Бірақ қалпына келтірудің қолайлы жылдамдығы уран диоксидінің концентрациясы 20-40 г/л болғанда жетеді, бұл карбонатты ерітіндідегі уран концентрациясына қарағанда он есе көп (0,5–1 г/л) [20].

Карбонатты ерітіндідегі уранды қалпына келтіруді электролиттік жолмен де жүзеге асыруға болады. Карбонатты ерітіндіні бірнеше рет орналасқан электролит ванналары арқылы өткізген кезде уран мен ванадий катодтарда шөгіледі. Ваннаның сіңіру циклі аяқталғаннан кейін регенерацияға қойылады, олар аммоний карбонатының ерітінділерімен толтырылады, ванналарда полюс өзгереді, анодтарда уран мен ванадий тотығуы мен еруі жүреді, уранның карбонатты аффинажы басталады.

2.4 Уранды тұндыру процестерін жүргізудің технологиялық аспектілері

Тұндыру процесі бір агитаторда немесе жиі үздіксіз – агитаторлардың каскадында жүзеге асырылады. Тұндыру процесін жүргізу кезінде жақсы тұндыратын, жеңіл сүзілетін ірі кристалды шөгінділердің пайда болуына ықпал ететін іс-шаралар жүргізуге ұмтылады.

Тұндыру процесі 3 кезеңнен тұрады:

- тұнбаны енгізген кезде алдымен термодинамикалық тұрақсыз қанықпаған ерітінділер түзіледі;
- одан әрі қанықпаған ерітінділерден жасырын кристалды құрылымы бар алғашқы агрегаттар бөлінеді (кристалдау орталықтары) ;
- содан кейін иондардың бастапқы агрегаттарында және тұндыратын заттың молекулаларында шөгінділер есебінен кристалдардың өсуі басталады.

Ірі кристалды жауын-шашын алу үшін кристалдардың өсуінің басым болуына жағдай жасау керек, сонымен қатар жаңа кристалдау орталықтарының пайда болу жылдамдығын төмендету керек.

Ерітіндінің салыстырмалы түрде қанықтырылуына пропорционалды жаңа кристалдау орталықтары көлемінің бірлігінде түзілетін саны:

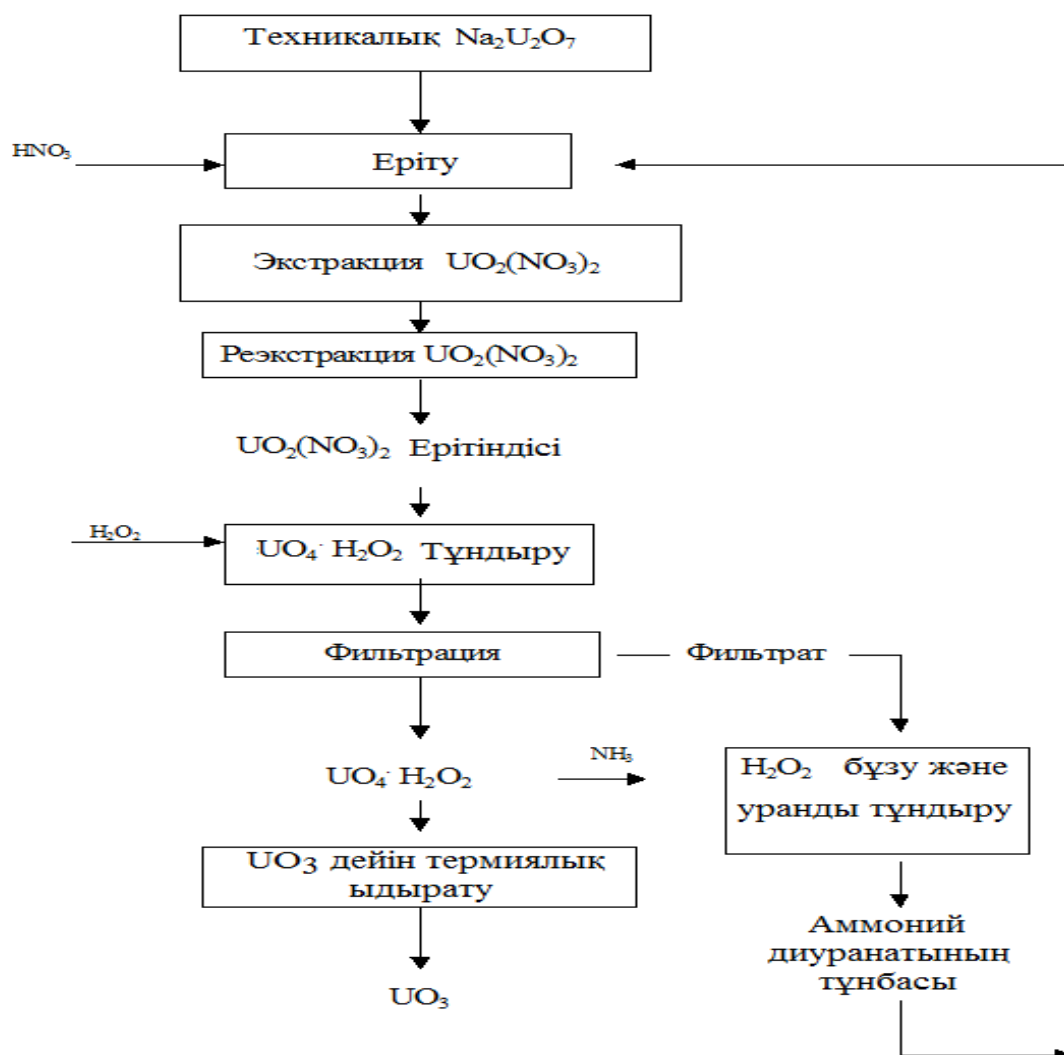
$$N = K \left(\frac{C_1}{C_2} - 1 \right), \quad (46)$$

мұнда C_1 -кристалдану басталғанға дейін шөгілетін заттың ерітіндідегі нақты концентрациясы, яғни қаныққан ерітіндінің концентрациясы;

C_2 -тұндырғыш заттың қаныққан ерітіндісінің концентрациясы.

Ерітіндінің салыстырмалы қанығуын C_1 -ді азайту немесе C_2 -ні арттыру арқылы төмендетуге болады.

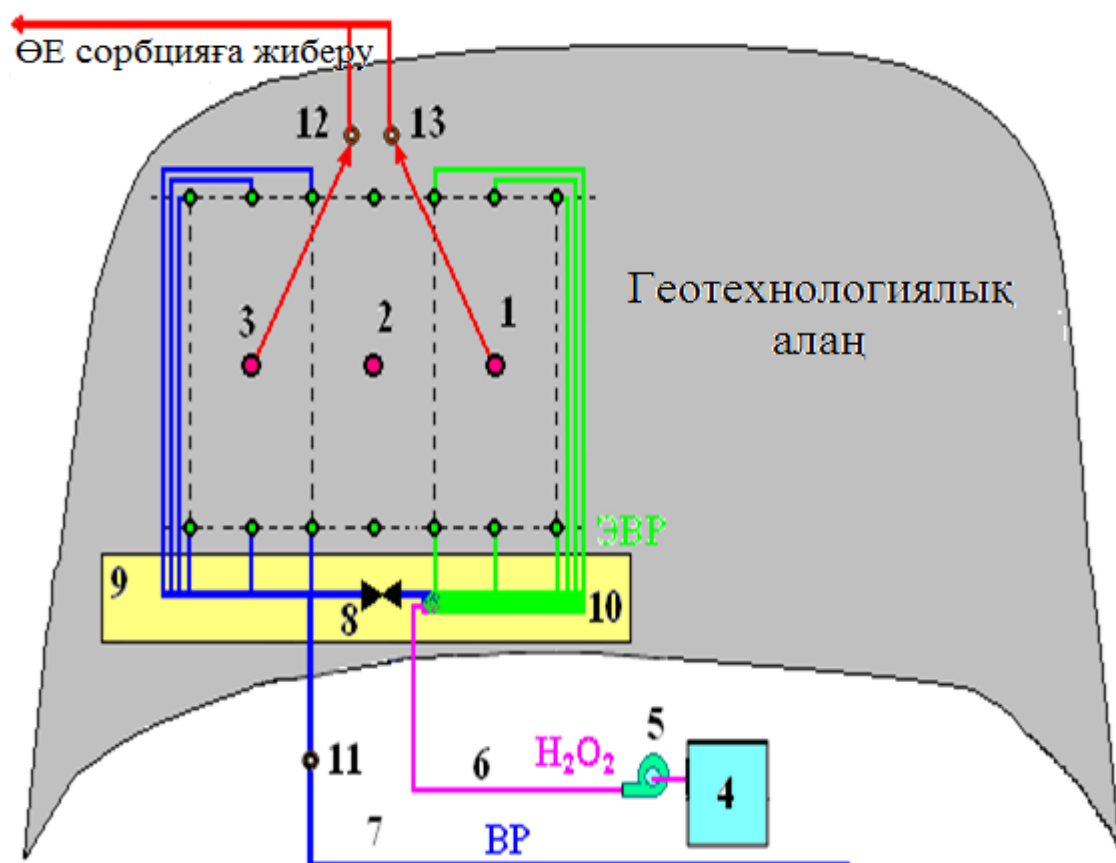
C_1 концентрациясын ерітіндінің сұйылуымен, тұнбаның баяу қосылуымен, тұнбаның бірнеше аппараттарына жіберілуін шашыратумен, газ тәрізді тұнбаларды пайдаланумен, реактив – тұнбаның диссоциациясын басумен, пайда болатын реагент әдісін пайдаланумен азайтуға болады, мысалы, аммиакты тұнбаны несепнәр гидролизі арқылы жүргізуге болады:



2 Сурет - Уран тотығын қайта тотықтырудың технологиялық схемасы

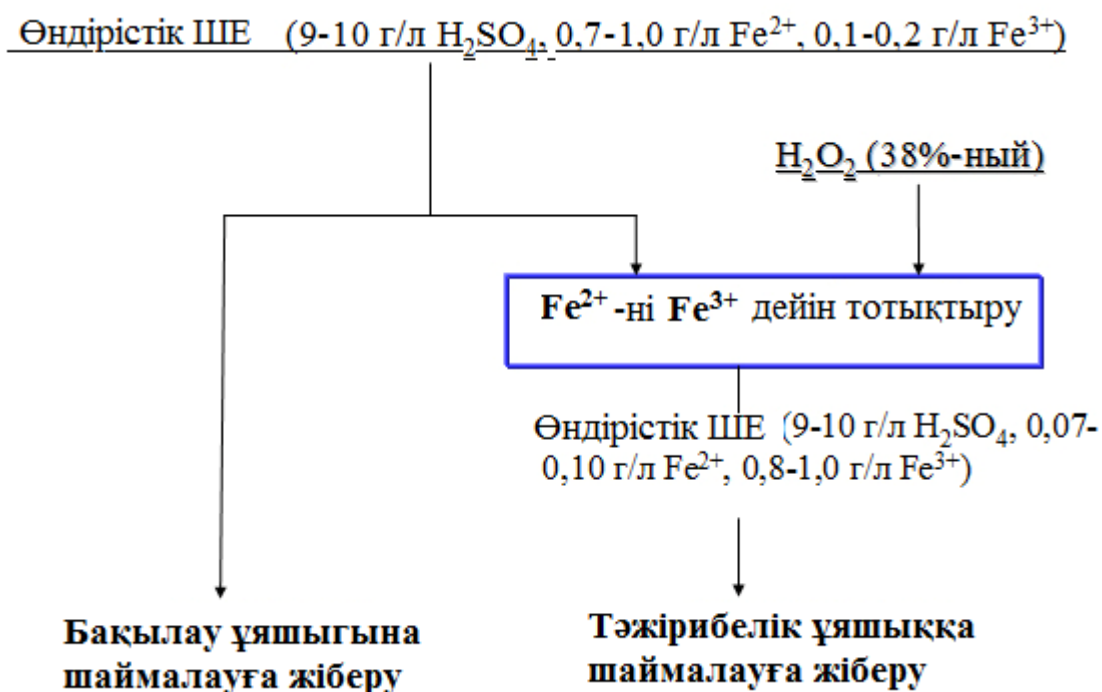
3 Тәжірибелік бөлім

3.1 ҰАК «Казатомпром» тотықтырғыштарын қолданумен шынайы тәжірибе жүргізу



- 1 – Тәжірибе ұяшығы;
- 2 – Аралық ұяшық;
- 3 – Бақылау ұяшығы;
- 4 – Сутек пероксидіне арналған ыдыс;
- 5 – Сутек пероксидін ВР-ге беруге арналған мөлшерлеуіш сорғысы;
- 6 – Сутек пероксидінің құбыры;
- 7 – ШЕ құбыры;
- 8 – ШЕ шығынын өлшегіш;
- 9 – ШЕ тарату бұрышы;
- 10 – ЭШЕ бөлу коллекторы;
- 11 – ШЕ-ден сынама алу нүктесі;
- 12-13 – ӨЕ-ден сынама алу нүктесі

3 Сурет - Тәжірибелік учаскенің жалпы схемасы



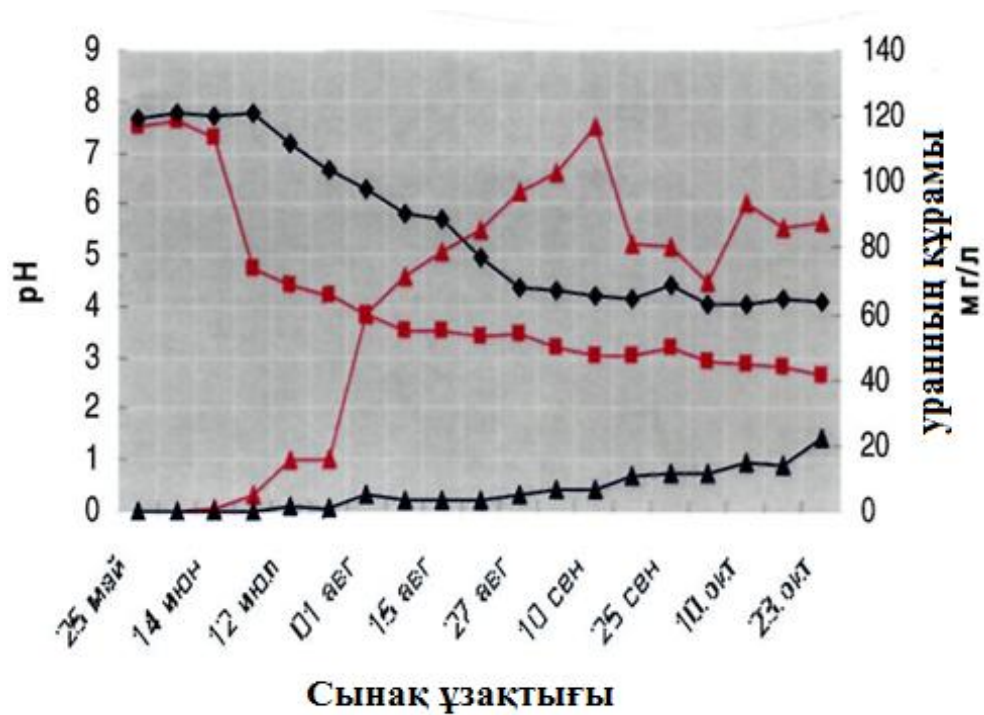
4 Сурет - Белсенді сілтілеу кезеңіндегі процестің технологиялық схемасы



5 Сурет- Тәжірибелік учаске

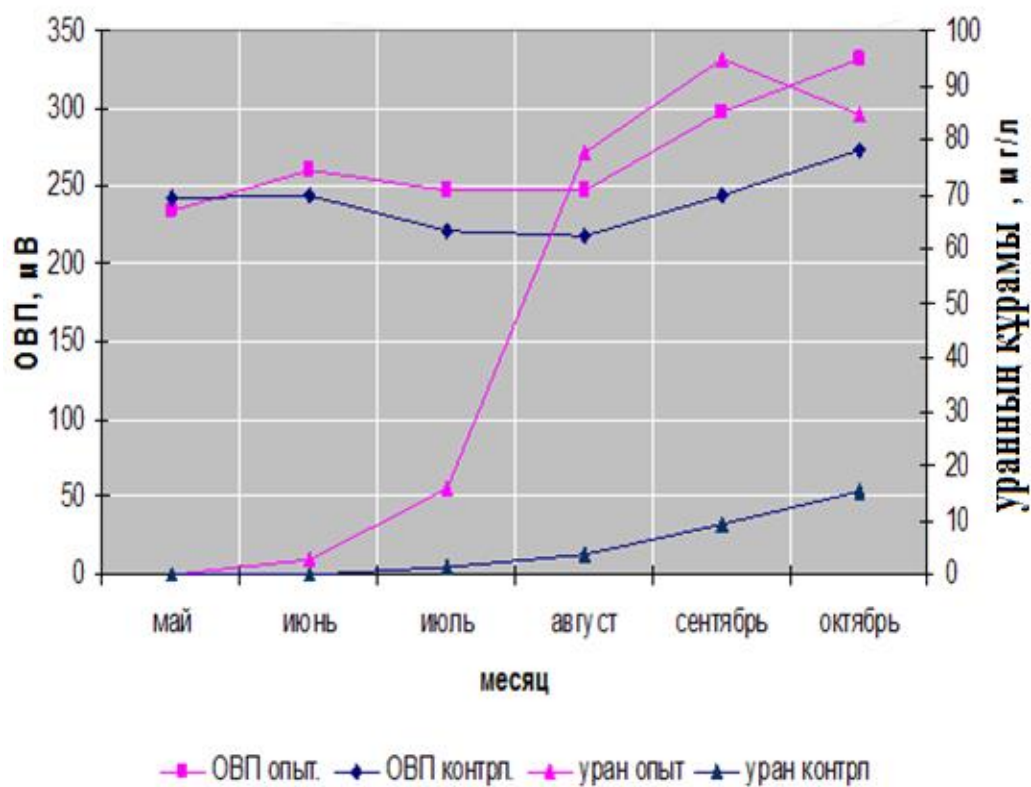
Белсенді тотығу кезеңінде сутегі пероксиді $\text{pH} = 4,5$ төмендегенге дейін тәжірибелік учаскенің ТЖ-ға берілді;

Ұңғымаға берілген: тотығу кезеңінде-7800 кг 38 % сутегі пероксиді. ЭВР-да сутегі пероксидінің концентрациясы 0,13 г /л (0,013 %); белсенді сілтілеу кезеңінде-18 000 кг 38 % сутегі пероксиді. ЭВР-да сутегі пероксидінің концентрациясы 0,24 г /л (0,024 %);



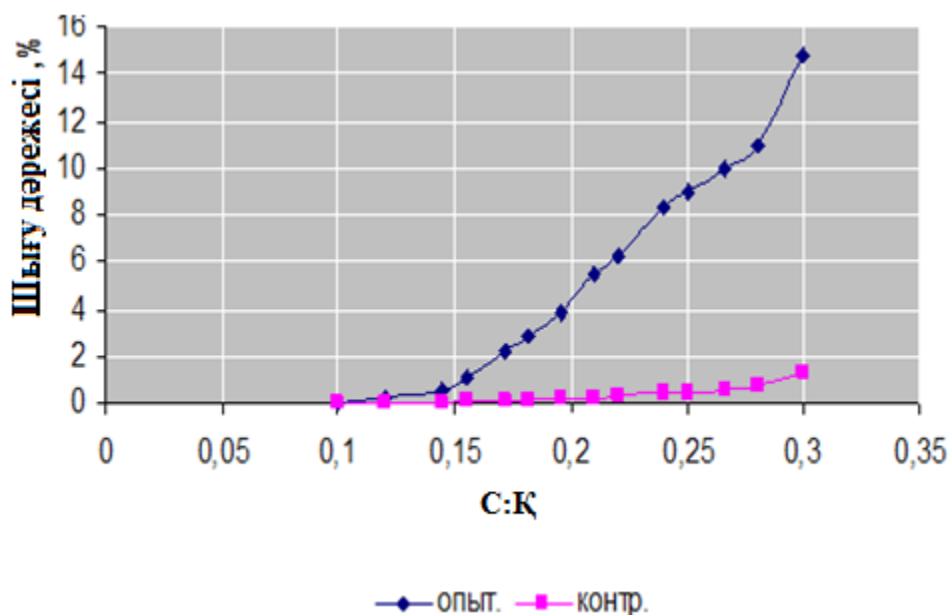
—■— pH опыт. —◆— pH контрол. —▲— уран опыт —▲— уран контрол.

6 Сурет - Ерітіндідегі уран құрамының тәжірибе ұзақтығы



—■— ОВП опыт. —◆— ОВП контрол. —▲— уран опыт —▲— уран контрол

7 Сурет -ОВП сынау ұзақтығына тәуелділігі



8 Сурет - С:К қатынасына байланысты уранның ерітіндіге өту дәрежесінің тәуелділігі

30 сору ұңғымалары жалпы уран алу-41336,4 кг
 7 пероксидке түскен сору ұңғымалары-20425,7 кг
 23 пероксид тимеген сору ұңғымасы - 20910,7 кг.

3.2 Шайырдың қанығуы алдында регенераттарды алдын ала тазалау мүмкіндігін зерттеу

Құрамында уран бар ерітінділерді темірден алдын ала тазарту үшін қолданылатын реагенттердің бірі кальций тотығы болып табылады. Ерітінді гипс және темірдің гидротототототығы түріндегі сульфат-иондардың артығынан босатылады.

Біз құрамында уран бар ерітінділерді кальций тотығымен тазалау және шайырдың тазартылған ерітіндісімен қанығуы бойынша алдын ала тәжірибемізді жүргіздік.

СаО тұндырғанға дейін құрамында уран бар ерітіндідегі уран мен темірдің болуы:

U 26 мг/дм³, Fe 5мг/дм³, тұндырғаннан кейін құрамында уран бар ерітіндідегі уран мөлшері СаО : U 16 мг/дм³.

Кальций тотығымен өңдегеннен кейін ерітінді шайырдың қанығуына берілді, одан кейін уран мен темір десорбциясы жүргізілді. Тәжірибе статистикалық режимде өткізілді.

Кестеден көрініп тұрғандай, элюатта темірдің осындай өңдеуден кейін құрамы айтарлықтай қысқарады: 37 мг/дм³-тен 19 мг/дм³-ке дейін.

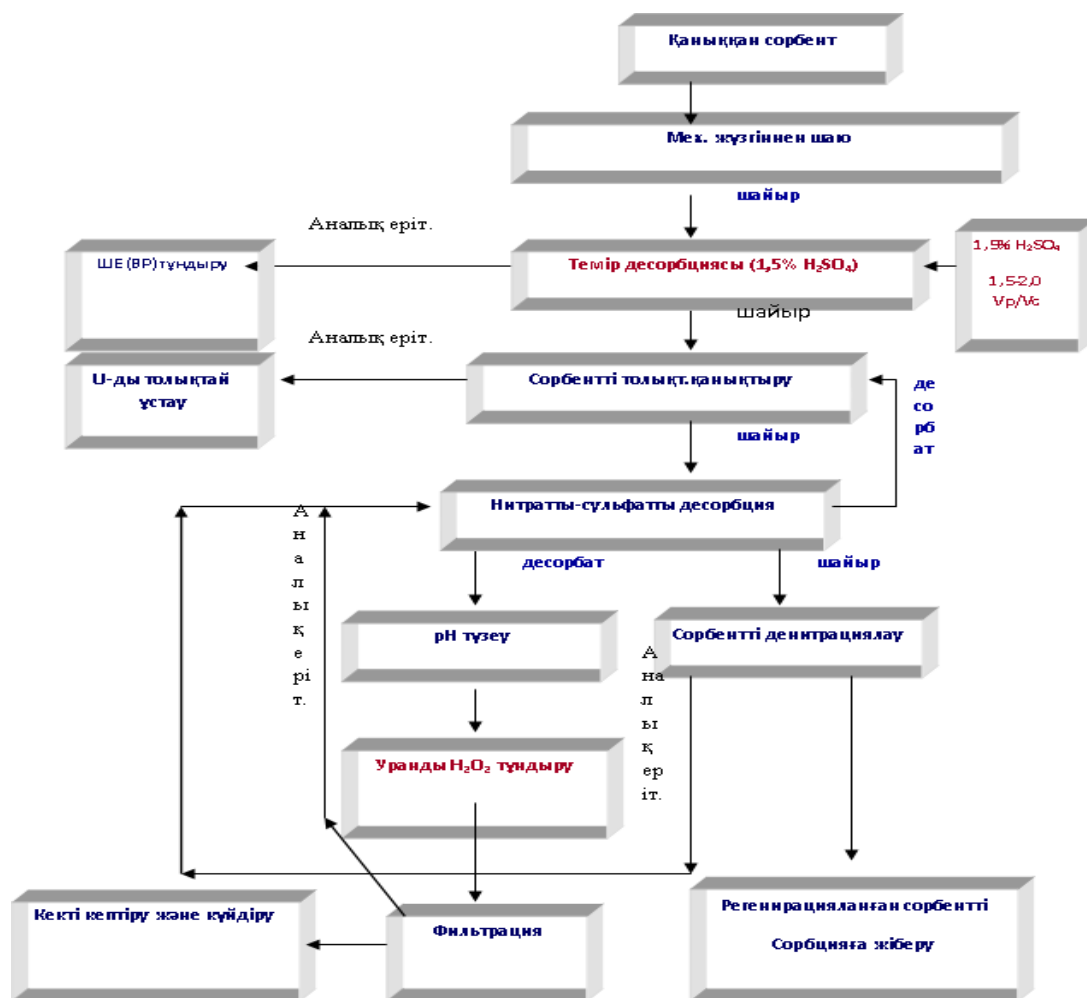
19 Кесте - Уран мен темірдің шайырдан ұжымдық десорбциясы. Десорбция шарттары: NH_4NO_3 -80 г/дм³; $V_{\text{см}} = 27$ мл; $V_p = 60$ мл; pH 1,65

τ, мин	$V_p/V_{\text{см}}$	U, мг/дм ³	U, мг	Fe, мг/дм ³	Fe, мг
60	2,2	278	16,68	37	2,22
60	2,2	170	10,2	16	0,96
60	2,2	95	5,7	9	0,54
60	2,2	51	3,06	5	0,3
			$\Sigma = 35,64$		$\Sigma = 4,02$

19 кестеде шайырды CaO өңделген регенератпен қанығудан кейін уран мен темір десорбциясы. Десорбция шарттары: $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 80$ г/дм³; $V_{\text{см}} = 27$ мл; $V_p = 60$ мл; pH 1,61

Алайда, құрамында уран бар ерітінділерді кальций тотығымен өңдеу кезінде уран ерітіндісінен тұнбамен айтарлықтай басып алу байқалғанын атап өткен жөн, бұл ураннан тұнбаны шаюдың қосымша сатысын талап етеді. Бұл уранды жер астында шаймалау жағдайында қабылдауды қолайсыз етеді.

3.3 Сорбциялық-шөгінді технология



9 Сурет - Сорбциялық-тұндыру процесінің технологиялық схемасы

20 Кесте - Дайын өнімнің химиялық құрамы – уран пероксиді

Көрсеткіштердің атауы	ASTM C 967-87 талаптары	Қалдық-элементтердің салмақтық үлесі, % к U					
		№1 сынама ХКПУ $UO_4 \cdot 2H_2O$	№2 сынама ХКПУ $UO_4 \cdot 2H_2O$	№3 сынама ХКПУ $UO_4 \cdot 2H_2O$	№4 сынама ХКПУ $UO_4 \cdot 2H_2O$	№5 сынама ХКПУ $UO_4 \cdot 2H_2O$	ЗОУ сынама сы
1	2	3	4	5	6	7	8
U	65,0	70,32	70,05	70,2	69,69	69,04	84,6
V	0,1	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Mo	0,1	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Zr	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
B	0,005	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PO4	0,1	0,0037	0,0053	0,0034	0,0055	0,0044	0,0057

20 Кесте жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
Cl+Br+I	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
F	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
As	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
SO ₄	1,0	0,16	0,28	0,17	0,32	0,35	0,024
Ca	0,05	0,018	0,014	0,015	0,014	0,016	0,012
Na	0,5	0,046	0,09	0,043	0,119	0,12	0,049
K	0,2	0,0053	0,005	0,0061	0,0038	0,005	0,0062
SiO ₂	0,5	0,020	0,036	0,020	0,016	0,022	0,024
Th	1,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fe	0,15	0,008	0,0075	0,0083	0,0068	0,0070	0,0077
CO ₃	0,2	0,10	0,12	0,14	0,12	0,15	<0,01
Ti	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mg	0,02	0,00248	0,0025	0,0023 8	0,00324	0,0024	0,00174

ҚОРЫТЫНДЫ

Ғылыми және патенттік әдебиеттің талдауы жүргізілді. Уранды сорбциялық-десорбциялық және шөгінді әдістермен іріктеп алу жоғары сапалы табиғи уранның химиялық концентратын алуға мүмкіндік беретіні анықталды.

Сұйық фазалы және нитратты десорбция бойынша мәліметтерді талдау қазіргі уақытта кен басқармаларымен нитратты десорбцияны пайдалану темір, алюминий, сульфат-ион сияқты қоспалардың «сары кекте» өсуіне алып келді.

«Сары кектің» пероксидпен тұндыру зерттелді. Алынған нәтижелер халықаралық стандарттарға сәйкес келетін уранның шала тотығы «сары кек» пероксидті аффинажы арқылы, яғни экстракциялық емес әдіспен алуға болады деп пайымдауға негіз береді.

Уранның пероксидін тұндыру процесін жүйелі зерттеу негізінде бірқатар параметрлерге байланысты оңтайлы жағдайларда (100 % H_2O_2 артық мөлшері, рН 4, уақыт 4 сағ) уранды химиялық концентратқа шығару 99,5–99,9% құрайтыны анықталды. Пероксидті тұндыру құрамында 69-70% уран бар химиялық концентрат алуға мүмкіндік береді. Уран пероксидінің кек жақсы сүзіледі және ылғалдылықтың пайызы жоғары болмайды.

Уранның температурасына (283-353 K) және концентрациясына (0,05-0,15 моль/л) байланысты әртүрлі реагенттермен ерітіндіден уранды тұндыру процестерін кинетикалық талдау өзге де тең жағдайларда уранды тұндыру белсенділігінің активтілігі энергиясының мәні пероксидтен каустикалық содаға және аммоний бикарбонатына ауысқан кезде ұлғаятынын көрсетті. Тиісінше, тұндыру жылдамдығы $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{NaOH} > \text{NH}_4\text{HCO}_3$ қатарында азаяды. Уранды пероксидпен және каустикалық содамен тұндыру төмен температурада айтарлықтай жылдамдықпен өтеді. Карбонатты тұндыру, керісінше, активтендіру энергиясының жоғары мәнімен сипатталады және реакциялық қоспаның қызуын талап етеді. 353 K карбонатты тұндыру жылдамдығы бөлме температурасында басқа зерттелген екі процестің жылдамдығына қарағанда 10 есе көп болып келеді.

Сыйымдылығы 30-60 г U / кг қаныққан шайырдан десорбция жолымен алынған регенераттардан тікелей уран пероксидін тұндыру қоспалардың жоғары болуына байланысты проблемалы болып келеді. Шайырдың қанығуы шайырдағы уран құрамының 80-120 г/кг-ға дейін артуына әкеледі, бұл ретте шайырдағы темірдің мөлшері 0,02-0,03% деңгейінде болады. Темірдің ығыстыру дәрежесі шайырдағы уранның мөлшеріне тікелей тәуелді болады. Десорбция кезінде құрамында темір бар 0,8 Vp/Vc көлемінде регенераттың бірінші бөлігін ажырату, ал шөгуді регенераттың (таза десорбаттың) келесі бөлігінен жүргізу керек. Егер тұндыру 0,15 г/л аспайтын темір концентрациясы бар тауарлық регенераттан жүргізілсе, ASTM стандартына сәйкес келетін уран пероксидін алу мүмкін.

Тазартудың пероксидтік әдісінің шекаралық шарттары анықталды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Громов Б. В. Введение в химическую технологию урана. - М.: Атомиздат, 1978 ж.-336 б.
- 2 Шаталов В. В., Садыков Р. Х., Фазлуллин М. И., Абдульманов И. Г. Ядерная энергетика: тенденции в потребностях и поставках урана // Атомная техника за рубежом. - 1997 ж. - № 10. - . 13-18 б.
- 3 Польшкин С. И., Адамов Э. В. Обогащение руд цветных и редких металлов. - М.: Недра, 1975. - 480 с
- 4 Шаталов В. В. Состояние и перспективы сырьевой базы отрасли // Атом-пресса. — 2003. — Ақпан (№ 8).
- 5 Митяев Ю. И. Ядерная энергетика в 2002 ж. // Атомная техника за рубежом. - 2003. - № 7. - 11-13 б.
- 6 Химия актиноидов / Д. Д. Кац, Г. Т. Сиборг, Л. Морсс редакторлығы бойынша. — М.: Мир, 1991.-Т. 1.-522 б.
- 7 Несмеянов А. П. Радиохимия. — М.: Химия, 1978. — 559 б.
- 8 Сиборг Г. Т., Кац Д. Д. Химия актиноидных элементов. — М. : Атомиздат, 1960.— 542 б.
- 9 Власов В. Г., Жуковский В. М., Тканенко Е. В., Бекетов А. Р. Кислородные соединения урана. — М.: Атомиздат, 1972. - 255 б.
- 10 Комплексные соединения урана / И. И. Черняев редакторлығы бойынша. — М.: Наука, 1964. — 49 б.
- 11 Юрьев В. С. Ресурсы урана // Атомная техника за рубежом. - 2002. - №7. 13-16 б.
- 12 Тарханов А. В., Шаталов В. В. Состояние мировой урановой промышленности и тенденции ее развития на рубеже веков // Минеральное сырье. - М.: Всероссийский НИИ минерального сырья, 2002. - № 12. 3 - 13 б.
- 13 Круглое А. К, Пнелкин В. А., Свидерский М. Ф. и др. Природные ядерные реакторы и признаки их обнаружения // Химия урана : сборник / под ред. Б. Н. Ласкорына. - М. : Наука, 1983. 338-346 б.
- 14 Головин В. Ф., Литвиненко В. Г. Переработка урановых руд Стрельцовой группы месторождений // Сб. докл. II Междунар. конф. «Актуальные проблемы урановой промышленности». — Алматы, 2002. 94-95 б.
- 15 Зеликман А. И., Вольдман Г. М., Беляевская Л. В. Теория гидрометаллургических процессов. М.: Металлургия, 1993.-423 б.
- 16 Киреев В. А. Курс физической химии. - М.: Химия, 1956. -Прил. III.-832 б.
- 17 Карапетьянц М. Х., Карапетьянц М. Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. - М. : Химия, 1968.-471 б.
- 18 Раков Э. Г., Хаустов С. В. Процессы и аппараты производства радиоактивных и редких металлов. - М.: Металлургия, 1993. - 384 б.
- 19 Андреев Г. Г., Пермьяков О. Е. Химическая кинетика гетерогенных некаталитических процессов в технологии ядерного топлива. — Томск: ТПУ баспасы, 2000.
- 20 Forward F. A., Halpern I. // J. Canad. Mining Met. Trans. - 1953. - Т. 56. -.

255-258 б.

21 Муре П., Ле Бри, Креме М., Готье Р. Применение извести для концентрирования урана // Сб. докл. иностр. ученых на II Женевской конф. по мирному использованию ядерной энергии. - М.: Госхимиздат, 1959. - Т. 7.- 155 б.

22 Смирнов Ю. В., Ефремов З. И., Скороваров Д. И., Иванов Г. Ф. Гидрометаллургическая переработка ураново-рудного сырья. -М.: Атомиздат, 1979.-280 б.

23 Буньи Б., Зогович Б. Восстановление урана из карбонатных растворов водородом с использованием UO_2 в качестве катализатора // Сб. докл. иностр. ученых на II Женевской конф. по мирному использованию ядерной энергии.- М.: Госхимиздат, 1959. - 712 б.

24 Ласкорин Б. И., Скороваров Д. И., Фшгилов Е. А. Развитие химии и технологии урана в ядерно-энергетическом топливном цикле // Химия урана: сборник/ под ред. Б. Н. Ласкорина. - М.: Наука, 1983.. 59 - 66 б.

25 Справочник химика. - М.; Л.: Химия, 1965. - Т. 4. - 920 б.

26 Карпачева С. М., Захаров Е. И. Основы теории и расчета пульсационных колонных реакторов. - М.: Атомиздат, 1980. - 256 б.

27 Каталог продукции // Ульбинский металлургический завод. Сертификат 15. 100 0731, ТУ 70 00 РК 38229886-ЗАО - 2001 «Урана закись-окись. Технические условия».

28 Жиганов А. И., Гузеев В. В., Андреев Г. Г. Технология диоксида урана для керамического ядерного топлива. — Томск, 2002. - 326 б.

29 Chorney N. P. // Ind. - 1962. - Vol. 69, N 9. 94 - 96 б.

Краткий отчет



Университет:	Satbayev University
Название:	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында уранды өрітінділерден сары көкке тұндырып алудың әдістерін зерттеу
Автор:	Қамзанова Салтанат
Координатор:	Бағдат Алтайбаев
Дата отчета:	2019-05-18 08:17:22
Коэффициент подоби́я № 1:	34,5%
Коэффициент подоби́я № 2:	19,8%
Длина фразы для коэффициента подоби́я № 2:	25
Количество слов:	9 416
Число знаков:	67 146
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок:	47

! К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно.

Количество выделенных слов 31

>> Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные

№	Название, имя автора или адрес гиперссылки (Название базы данных)	Автор	Количество одинаковых слов
1	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу Satbayev University (Г_М_И)	Меңлібай Ұлагат	476
2	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу Satbayev University (Г_М_И)	Меңлібай Ұлагат	158
3	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу Satbayev University (Г_М_И)	Меңлібай Ұлагат	133
4	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу Satbayev University (Г_М_И)	Меңлібай Ұлагат	126
5	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу Satbayev University (Г_М_И)	Меңлібай Ұлагат	107

6	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Меңлібай Ұлагат	90
7	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Меңлібай Ұлагат	84
8	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Меңлібай Ұлагат	76
9	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Меңлібай Ұлагат	75
10	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Меңлібай Ұлагат	59

>>

Документы,содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных

Документы, выделенные жирным шрифтом, содержат фрагменты потенциального плагиата, то есть превышающие лимит в длине коэффициента подобия № 2

№	Название (Название базы данных)	Автор	Количество одинаковых слов (количество фрагментов)
1	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Меңлібай Ұлагат	3229 (195)

>>

Документы,содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных

Документы, выделенные жирным шрифтом, содержат фрагменты потенциального плагиата, то есть превышающие лимит в длине коэффициента подобия № 2

№	Название (Название базы данных)	Автор	Количество одинаковых слов (количество фрагментов)
1	KNMU/24413094935144661231138163285125404814.txt <i>Kharkiv National Medical University (KNMU) (Науковий відділ ХНМУ)</i>	KNMU	5 (1)

>>

Документы,содержащие подобные фрагменты: Из интернета

Документы, выделенные жирным шрифтом, содержат фрагменты потенциального плагиата, то есть превышающие лимит в длине коэффициента подобия № 2

№	Источник гиперссылки	Количество одинаковых слов (количество фрагментов)
1	URL_ https://patentdb.ru/patent/2605697	14 (2)