

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ

Ө. Байқоныров атындағы Тау-кен – металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Сейдахмет Ясмина Қанатбекқызы

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: Уранды тауарлы десорбаттан ЖШС "Байкен-У" кен орны жағдайында аммиакты
тұндыруын зерттеу

6В07203 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы

Алматы 2023

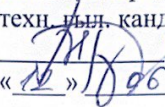
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө. Байқоныров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
МжПҚБ кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд.
 М.Б. Барменшинова
«12» 06 2023 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Уранды тауарлы десорбаттан ЖШС "Байкен-У" кен орны жағдайында
аммиакты тұндыруын зерттеу»

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту ББ

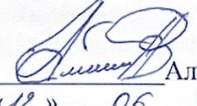
Орындаған

Сейдахмет Я.Қ

Пікір беруші
PhD докторы, Қазақстан-Британ
техникалық университетінің
перспективті материалдар мен
технологиялар зертханасының
басшысы


Шаринов Р.Х.
«09» 06 2023 ж.

Ғылыми жетекші
PhD доктор, аға оқытушы

 Алтайбаев Б.Т.
«12» 06 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ

Ө. Байқоныров атындағы Тау-кен – металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

6В07203 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы



техн. ғыл. канд.,
қауымдастырылған профессор
М.Б. Барменшинова
2023 ж.

ТАПСЫРМА

дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушы Сейдахмет Ясмина Қанатбекқызы

Тақырып: «Уранды тауарлы десорбаттан ЖШС "Байкен-У" кен орны жағдайында аммиакты тұндыруын зерттеу»

Университеттің Басқарма Төрағасы – Ректордың 2022 жылғы «23 қараша» №408 -П/Ө бұйрығымен бекітілген

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «12» маусым 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістер: Жұмыс істеп тұрған өндіріс кешенінің технологиялық регламенті, дипломдық жобаның қысқаша мазмұны.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: Кіріспе. Кен орны жайлы мәлімет. Жалпы түсіндірмелі жазба. Жобаның технологиялық бөлігі. Уранды әртүрлі жолмен тұндыру технологиялық процестері. Процестерде қолданылатын құрал-жабдықтар.

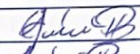
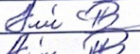
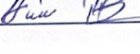
Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген): PowerPoint форматындағы слайдтар (технологиялық схема, негізгі және қосымша жабдықтар)

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

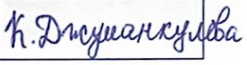
1. А.А. Маслов, Г.В. Каляцкая, Г.Н. Амелина. Уран технологиясы. М.:Томск политехникалық университеті, 2007 ж. 63-65б.

2. Е. С. Буганов, О.В. Василевский, А. П. Патрин. Табиғи уранның химиялық концентраттарын алудың физика-химиялық негіздері және технологиясы. Алматы. 2006 ж. 185-188б.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескертпе
Кіріспе бөлім	06.02.2023 - 14.02.2023	
Негізгі бөлім	17.02.2023 - 28.04.2023	
Технологиялық бөлім	04.05.2023 - 19.05.2023	

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

Бөлімдердің атаулары	Кеңесшілер, А.Ж.Т. (ғылыми дәрежесі, атағы)	Күні қолы	Қолы
Жұмытың технологиялық бөлімі.	Алтайбаев Б.Т. PhD доктор, аға оқытушысы	12.06.2023	
Норма бақылау	Джуманкулова С.К. PhD доктор, аға оқытушысы	12.06.2023	

Ғылыми жетекші



Алтайбаев Б.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Сейдахмет Я.Қ.

Күні

«12» маусым 2023 ж.

АНДАТПА

Орындалған дипломдық жоба «Байкен-У» кен орнындағы тауарлы десорбаттан уранды аммиакпен тұндыруға арналған.

Дипломдық жобада келесі мәселелер қарастырылған: кен орны туралы мәлімет, уранды тұндыру процестері және жүретін көптеген реакциялар, тауарлы десорбат, қоршаған ортаға деген зияны және алдын алу жолдары.

Жобада «Байкен-У» кен орнында уранды жер асты шаймалау және аммиакпен тұндыру жолдары қарастырылған. Жобада өндіріс кешенінің техника сипаттамасы және технологиялық аппараттары көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

Выполненный дипломный проект предназначен для осаждения урана аммиаком через от товарного десорбата на месторождении «Байкен-У».

В дипломном проекте рассмотрены следующие вопросы: сведения о месторождении, процессы осаждения урана и многочисленные протекающие реакции, товарный десорбат, вред окружающей среде и пути профилактики.

Проектом предусмотрены различные методы осаждения урана, в том числе осаждения аммиаком на месторождении «Байкен-У». В проекте изложены технические характеристики и технологические аппараты производственного комплекса.

ANNOTATION

The completed diploma project is intended for the deposition of uranium with ammonia through a commercial desorbate at the Baiken-U deposit.

The diploma project considers the following issues: information about the deposit, the processes of uranium deposition and numerous ongoing reactions, commodity desorbate, environmental damage and ways of prevention.

The project provides for ways of underground leaching and deposition of uranium with ammonia at the Baiken-U deposit. The project outlines the technical characteristics and technological devices of the production complex.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1	Әдебиетке шолу
1.1	«Байкен-У» ЖШС компаниясы туралы мәлімет
1.2	«Байкен-У» ЖШС қызметінің негізгі түрлері
2	Жалпы түсіндірме жазба
2.1	Ерітінділерден (пульпалардан) уранның бөлінуі
2.2	Ерітінділерден уранды химиялық тұндыру
2.3	Қышқыл ерітінділерден уранды тұндыру
2.4	Уранды каустикалық содамен тұндыру
2.5	Уранды әкпен тұндыру
2.7	Карбонатты ерітінділерден уранды каустикалық содамен тұндыру
2.8	Карбонатты ерітінділерден уран мен ванадийдің бөлінуі
2.9	Уранның сутегімен тотықсыздануы
2.10	Химиялық концентраттарды тұндыру
2.11	Тауарлық десорбаттардан уранды тұндыру және «сары кекті» алу
2.11.1	Шаймалаудан кейін ағартылған ерітінділерден уранды тұндыру
2.11.2	Қышқыл ерітінділерді бейтараптандыру арқылы уранды тұндыру
2.11.3	Алты валентті уранды сутегімен тотықсыздандыру арқылы уранды тұндыру
2.11.4	Тауарлық регенераттардан "сары кекті" тұндыру
3	Басты технологиялық процесс бөлімі
3.1	Қышқылды ерітінділерден уранды тұндыру
3.1.1	Уранды аммиак ерітінділерімен тұндыру
3.2	Карбонатты ерітінділерден уранды тұндыру
3.2.1	Аммиакты тұндыру
4	Металлургиялық шешімдер
4.1	Материалдық баланс есебі
Қорытынды	29
Пайдаланылған әдебиет тізімі	30
Қосымша А	31

КІРІСПЕ

Уран құрылымдық немесе құрылыс материалдары ретінде қызмет ететін қарапайым металдардан айырмашылығы, тиімді ядролық отын немесе үлкен күшке ие жарылғыш ядролық зат ретінде қолданылады. Бұл металлдық уран мен оның қосылыстарын өндірудің химиясы мен технологиясына ерекше із қалдырды.

Қазіргі уақытта уран ядролық отын ретінде қолданылатын негізгі элемент болып табылады. Уран алу-бұл өте күрделі химиялық-металлургиялық операциялар кешені.

1789 жылы неміс химигі Клапрот саксондық шайыр рудасының үлгісінде уранды тапты, ал 1841 жылы француз ғалымы Пелиго металл уранды алды, оның тетрахлоридін металл калийімен тотықсыздандырды.

1853 жылдан бастап уран қосылыстары шыны өнеркәсібінде түрлі-түсті эмальдар, фарфор және бояулар алу үшін әйнектерді қызыл және жасыл түске бояу үшін қолданыла бастады.

1896 жылы Беккерель радиоактивтілік құбылысын ашты, содан кейін уранға деген қызығушылық айтарлықтай өсті. 1898 жылы уран рудасындағы ерлі-зайыпты Кюри радий мен полонийдің радиоактивті элементтерін ашты. Осы сәттен бастап уран кендері негізінен радий алу үшін өндіріле бастады, ал уран жанама өнім ретінде алынды.

1939 жылы уран ядросының бөлінуі және энергияның орасан зор мөлшері ашылды. Осыдан кейін ғана уранның заманауи техника үшін шынайы маңызы анықталды. 1942 жылы Ферми уран ядроларының бөліну тізбекті реакциясын жүзеге асыра алған алғашқы атом реакторы құрылды. Осы сәттен бастап уран өндірісінің қарқынды өсуі басталады, ол тау-кен металлургия өнеркәсібінің ірі саласына айналады.

1906 жылдан 1939 жылға дейінгі 33 жыл ішінде жер шарында тек 1 кг радий алынды және жол бойында 4000 тонна уран өндірілді. Уранның бұл мөлшері оған деген қажеттіліктен асып түсті, сондықтан уранның едәуір бөлігі пайдаланылмады және үйіндіге кетті. Бұл жағдай екінші дүниежүзілік соғыстың соңына дейін сақталды, ал 1945 жылы ескі канадалық үйінділердің уранынан алғашқы американдық атом бомбалары жасалып, жарылды. Бұл кейінгі жылдары уран өндірудің қарқынды дамуының бастамасы болды:

- 1940 жылдан 1950 жылға дейін 2000 тонна уран өндірілді (жылына орта есеппен 200 тонна);

- 1956 жылы 10000 тонна өндірілді;

- 1957 жылы-17000 т;

- 1958 жылы-25000 т;

- 1959 жылы-30000 т;

- 1960 жылы-40000 тонна, (КСРО-сыз).

Осылайша, 10 жыл ішінде (1950 жылдан 1960 жылға дейін) уран өндірісі 200 тоннадан 40000 тоннаға дейін өсті, яғни 200 есе.

Шет елдерде уран өндірудің ең жоғары көтерілу жылдарында көптеген уран зауыттары жұмыс істеді: АҚШ – та – 28, Канадада – 19, Оңтүстік Африкада – 17, Австралияда – 6, Францияда-6 және Англияда, Үндістанда, Аргентинада, Швецияда, Италияда, Германияда, Испанияда, Португалияда бір уран зауыты, Габон, Жапония, Мексика, Бразилия, Конго және басқа елдер. Олардың жалпы қуаты жылына 48000 тоннаға жетті U_3O_8 .

Бұрынғы КСРО-дағы атом ғылымы мен техникасы халық шаруашылығы жүйесінде елді қорғаудың қуатты факторына айналды. 1954 жылы Калуга облысының Обнинск қаласында қуаты 5 мың кВт уран отынымен әлемдегі алғашқы атом электр станциясы салынды, 1957 жылы әлемдегі алғашқы "Ленин" Атом мұзжарғышы іске қосылды, 1958 жылы қуаты 100 мың кВт Сібірдегі атом электр станциясының бірінші кезегі іске қосылды, 1964 жылы құрылған. атом энергиясын электр энергиясына тікелей түрлендіруге арналған әлемдегі алғашқы қондырғы, Басқа қуатты атом электр станциялары жұмыс істейді және салынууда.

Табиғи уран үш изотоптың қоспасынан тұрады: U^{238} , U^{235} , U^{234} . Олар радиоактивті, U^{238} изотопы $4n+2$ уранның табиғи радиоактивті отбасының атасы, ал U^{235} изотопы $4n+3$ актинийдің табиғи радиоактивті отбасының атасы. U^{234} Радиоактивті ыдырау арқылы түзіледі U^{238} және U^{235} болып табылады гелий және тұрақты қорғасын изотоптары Pb^{206} және Pb^{207} .

Қазіргі уақытта ядролық реакциялар арқылы массалық сандары бар 11 жасанды радиоактивті уран изотоптары алынды 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 236, 237, 239, 240.

Уран изотоптарының өте маңызды қасиеті-олардың нейтрондарды ұстау кезінде бөліну қабілеті. Ядролық бөліну реакциясы нейтрондарды ұстаған кезде ядро көп мөлшерде энергия бөліп, бірнеше жаңа нейтрондар шығаратын екі сыныққа ыдырайды. Белгілі бір жағдайларда бұл нейтрондар басқа ядролармен әрекеттеседі және осылайша өзін-өзі қамтамасыз ететін тізбекті бөліну реакциясы дамиды. 1 кг U^{235} бөлу кезінде бөлінетін энергия мөлшері шамамен 21900 миллион кВт·сағ құрайды, бұл 20 мың тонна тринитротолуолдың жарылысына тең. Бұл қасиет уран изотоптарын Атом реакторларында ядролық отын ретінде, сондай-ақ ядролық қаруда ядролық жарылғыш зат ретінде пайдалануды анықтайды. U^{235} -тің бөліну қабілетін тек орасан зор энергия алу үшін ғана емес, сонымен қатар маңызды актиноидты трансуран элементтерін синтездеу үшін де пайдалануға болады.

Табиғи уранды ірі реакторларда нейтрондарды өндіру үшін пайдалануға болады, мұнда бастапқы ядролық отын болып табылатын U^{235} бөлінуінде түзілетін нейтрондардың тұрақты көбеюі нәтижесінде сақталатын құнды реакция жүзеге асырылады.

Табиғи уранды негізгі ядролық отын болып табылатын U^{235} бөлінуінде түзілетін нейтрондардың тұрақты көбеюі нәтижесінде сақталатын тізбекті реакция жүзеге асырылатын үлкен реакторларда нейтрондарды өндіру үшін пайдалануға болады.

Артық нейтрондарды U^{238} табиғи изотопы ұстап алады, нәтижесінде жаңа жасанды элемент пайда болады плутоний Pu^{239} – қайталама ядролық отын.

Осылайша, ең көп таралған U^{238} изотопы (оның табиғи урандағы мөлшері 99,2739%) Pu^{239} -ға айналуы мүмкін, ол оқшауланған кезде U^{235} бөлінуіндегідей үлкен энергия мөлшерін бөліп, жылдам нейтрондарға бөлінуге қабілетті. Жапонияның Хиросима мен Нагасаки қалаларына тасталған бомбалардың бірі уран, екіншісі плутоний екені белгілі.

Капиталистік әлемде және КСРО-да уран өнеркәсібінің қарқынды дамуына уранды әскери мақсатта пайдалану, қару-жарақ жарысы және "қырғи қабақ соғыс" саясаты ықпал етті.

"Қырғи қабақ соғыс" аяқталғаннан кейін пайдаланылмаған атом қаруының орасан зор қорын құру уранға деген сұраныстың төмендеуіне және оның өндірісінің төмендеуіне әкелді, жұмыс істеп тұрған уран зауыттарының саны екі есеге қысқарды.

Алайда, соңғы уақытта уран өндірісінің жаңа өрлеуіне себеп болған уранды тұтыну мен атом энергиясын пайдаланудың сапалы жаңа үрдісі айқын көрінді. Уран дамып келе жатқан атом энергетикасы үшін қажет.

Американдық экономист Путман болашақта әлемдік энергия өндірісінің өсу қарқынын бағалады. Оның бағалауы бойынша, әлемнің барлық елдері 1950 жылға дейінгі тарихта 13Q энергияны жұмсаған ($Q=3 \cdot 10^{14}$ кВт·сағ энергия тұтынудың үлкейтілген бірлігі), ал 2050 жылға дейін 80Q энергия жұмсалады, бұл 32Q энергиямен бағаланатын барланған көмір қорынан екі есе көп. Жер шарындағы мұнай қоры көмір қорынан әлдеқайда аз және ертерек таусылады.

Уранның барланған қоры шамамен 575Q энергияға сәйкес келеді, яғни уранға салынған энергия бүкіл ХХІ ғасырға және одан да көп уақытқа жетеді.

Қуаттылығы 1 млн.кВт қазіргі заманғы атом электр станциясы жұмыс істеген жылына небәрі 30-50 тонна әлсіз байытылған (3-5%) уран отынын қажет етеді, оны атом электр станциясына 3-4 вагонмен немесе ұшақпен жеткізуге болады. Кәдімгі жылу электр станциясында бірдей мөлшерде электр энергиясын өндіру үшін кем дегенде 2 миллион тонна мұнай немесе шамамен 3 миллион тонна көмір қажет, оны тасымалдау үшін 1500 теміржол эшелоны қажет, яғни әр 7 минут сайын вагон арқылы.

АЭС дәстүрлі жылу электр станцияларына қарағанда атмосфераны, суды және топырақты мың есе аз ластайтыны да маңызды.

Осылайша, таусылмайтын мүмкіндіктерді уәде ететін және өзінің шындығы мен үнемділігін дәлелдейтін жалғыз көз-атом энергиясы болып табылады. Бұл туралы әлемде жұмыс істейтін екі жүзге жуық атом электр станциялары және өнеркәсіпте атом энергиясын жаппай пайдалану үшін салынып жатқан жаңа атом электр станциялары айтып отыр.

Қазіргі уран өнеркәсібі - химия-металлургия өнеркәсібінің қарқынды дамып келе жатқан саласы. Бұл басқа салалар арасында ең озық болып табылады.

Атом энергетикасын дамытудың нәтижесі Қазақстан аумағында уран кендерін геологиялық барлаудың, оларды өндірудің және уран өндірудің жаңа жандануы болып табылады.

1 Әдебиетке шолу

1.1 «Байкен-У» ЖШС компаниясы туралы мәлімет

Соңғы уақытта әлемдік электр энергиясының атом электр станцияларында өндірілген үлесі жыл сайын артып келеді. Демек, энергия тасымалдаушы - уранға сұраныс пропорционалды түрде артып келеді. Қазақстан Республикасы табиғи уранның ірі өндірушісі ретінде көш бастап және «Байкен-У» ЖШС компаниясы өзінің үлесін осы тұста нығайтуға айрықша үлес қосып келеді.

«Байкен-У» ЖШС 2006 жылғы наурызда «Қазатомөнеркәсіп ҰАК» АҚ-ның 100 % қатысу үлесімен құрылды және «2010 жылға қарай 1500 тонна» салалық бағдарламасы шеңберінде уран шикізатын барлау, өндіру, қайта өңдеу және өткізу саласындағы сауда-экономикалық және ғылыми-техникалық ынтымақтастықты дамытуға бағытталған. Кейінірек «Байкен-У» ЖШС құрылтайшылар құрамының өзгеруіне байланысты қайта тіркелді. Кәсіпорындағы үлестердің Қазатомөнеркәсіп пен «Energy Asia Limited» жапондық энергетикалық компаниялар консорциумы бар, қатысудың 95 %-ы «Energy Asia Limited» жапондық консорциумына тиесілі, 5 %-ы «Қазатомөнеркәсіп ҰАК» АҚ меншігінде қалады.

«Байкен-У» ЖШС Қызылорда облысының Жаңақорған ауданында орналасқан. Сырдария уран кені провинциясының ірі кен орны болып табылатын Солтүстік Харасан кен орнында уранды барлау және өнеркәсіптік өндіруді жүргізеді. Қазақстан Республикасының уран өнеркәсібін дамытудың бас жоспарына сәйкес 2005 жылы Харасан-1 және Харасан-2 екі учаскеге бөлінді.

Харасан-2 кенішінің құрылысы 2007 жылдан 2012 жылға дейін жүргізілді.

Кен орнында өндіру 600-ден 700 м-ге дейінгі тереңдікте орналасқан кен горизонттарынан жүргізіледі, бұл Қазақстанның ең терең кен орындарының бірі. Негізгі міндеті кен орнының өнеркәсіптік пайдасын дәлелдеу, жинақталған кемшіліктерді жою, барлау мен өндірудің ең оңтайлы технологиясын таңдау болды, ол үшін бірегей, үлкен жұмыс тәжірибесі бар мамандар тартылды, түрлі талдаулар жүргізілді, геофизикалық деректер қайта тексерілді, заттай тәжірибелер жүргізілді және нәтижесінде 2010 жылдан бастап өндірістің жоспарлы өсуі басталды.

«Байкен-У» ЖШС қызметі геологиялық барлау жұмыстарын жүргізуді және ЖҰШ әдістемесі бойынша уран алу кезіндегі экономикалық және технологиялық параметрлерді зерделеуді, сондай-ақ құрамында уран бар кендерді өндіруді, сақтауды, тасымалдауды және өңдеуді, тауарлық өнімді өткізуді, инвестициялық қызметті қамтиды. Қызметтің барлық түрлері Қазақстан заңнамасының барлық экологиялық нормалары мен талаптарына қатаң сәйкес жүргізіледі. Кәсіпорында қоршаған ортаның ластануын болдырмайтын ең экологиялық қауіпсіз және озық технологиялар қолданылады.

1.2 «Байкен-U» ЖШС қызметінің негізгі түрлері

Харасан-2 кеніші ең табысты кеніштердің бірі болып табылады, өйткені кен горизонтынан кен өндірудің 90% құрайды.

Солтүстік Харасан кен орнында өндіру жерасты ұңғымалық шаймалау әдісімен жүргізіледі. Бұл табиғи уранды тікелей жер қойнауындағы өнімді ерітіндіге ауыстыру арқылы кенді жер бетіне көтермей игеру әдісі. Кен орындарын игерудің бұл технологиясы кез-келген шаң көздерін толығымен жояды және радиоактивті ластану қаупін азайтады.

Бұл әдіс технологиялық блоктар біріктірілген технологиялық ұңғымаларды салудан тұрады, олар арқылы сілтілеу ерітінділері жер бетінен кенді сулы горизонтқа жіберіледі, оларды уран кендерінен мәжбүрлеп шаймалаумен сүзеді, содан кейін уран бар өнімді ерітінділерді бетіне көтереді және уранды сорбциялық алу үшін өңдеу кешеніне тасымалдайды.

Бұл қазіргі уақытта әлемдегі ең үнемді, экологиялық таза және жоғары технологиялық әдіс.

Харасан-2 учаскесінің жобалық өндірістік қуаты кенішті пайдаланудың шамамен 30 жыл мерзімімен жылына екі мың тонна уранға бағаланады.

"Байкен-U" ЖШС қызметінің негізгі түрлері:

- табиғи уранды өндіру және өңдеу;
- U_3O_8 дайын өнім өндірісі;
- өнімді өткізу.

2 Жалпы түсіндірме жазба

2.1 Ерітінділерден (пульпалардан) уранның бөлінуі

Ерітінділерден уранды бөлініп шығару үшін химиялық тұндыру, ион алмасу процестері мен экстракцияны қолдануға болады.

2.2 Ерітінділерден уранды химиялық тұндыру

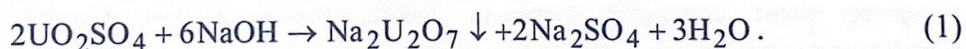
Жалпы, бұл әдісті тек жақсы ағартылған ерітіндіге қолдануға болады. Шаймалау кезінде ерітінділердің екі түрі алынады: уран мен қоспалардың әртүрлі қатынасы бар қышқыл және карбонатты. Тұндыру кезінде олар аналық ерітінділермен шығындарды азайтуға, сондай-ақ қоспалардан босатуға тырысады.

2.3 Қышқыл ерітінділерден уранды тұндыру

Алты валентті уранға амфотерлік тән, бұған қоса қышқылдық және негізгі қасиеттері әлсіз көрінеді. Сондықтан уранил тұздары салыстырмалы түрде оңай гидролизденеді ($\text{pH}=3,8-6$ кезінде), уран қышқылдарының барлық тұздары ерімейді. Осыған байланысты уранды қышқыл ерітінділерден бөліп шығарудың ең оңай жолы - сілтілі тұндыру.

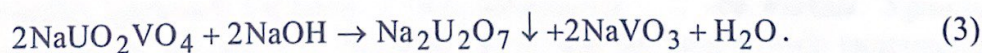
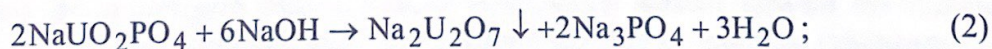
2.4 Уранды каустикалық содамен тұндыру

NaOH уран ерітіндісіне әсер еткенде натрий полиуранаты тұндырылады:



Каустикалық сода аммиакпен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие:

- 1 - ең жақсы тасымалдау мүмкіндігі,
- 2 - құны төмен,
- 3 - ванадий мен фосфордан бөліну мүмкіндігі, артық сілтілік ($\text{pH}=10$ кезінде) натрий мен уранилдің қос фосфаттары мен ванадаттарын бұзады.

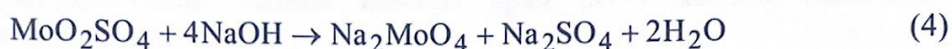


Сонымен қатар кемшіліктерді атап өту керек:

1 - натрий концентратына енгізу, нәтижесінде одан кейін тазарту қажеттілігі туындайды;

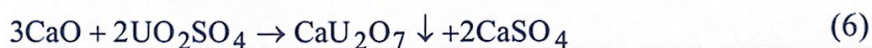
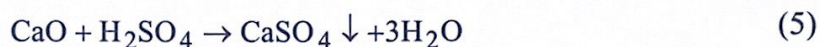
2 - аналық ерітіндідегі уранның үлкен концентрациясы (3-5 мг/л, кейде 10 мг/л дейін).

Айта кету керек, каустикалық соданың артық мөлшерінде натрий молибдаттарының ерітіндісі түрінде молибден ураннан бөлінеді:



2.5 Уранды әкпен тұндыру

Уранды тұндыру үшін кальций оксиді мен гидроксиді түріндегі арзан әкті, сондай-ақ магний оксиді мен гидроксидін қолдануға болады. Тұндыруды рН = 6-7 кезінде жүзеге асырылады:



Кальций гидроксидінің аз ерігіштігіне байланысты (суда 2 г/л) реакция гетерогенді болып табылады, ол баяу жүреді, артық кальций оксиді қолданылады, уран концентраты кальций оксиді мен гипспен сұйылтылады. Уран мөлшері 3-5 % болған кезде концентраттағы кальций оксидінің мөлшері 20 % құрайды. Мюре, Ле Бри, Креме және Готье уранның кальций оксидімен фракциялық тұндыруын зерттеді.

Тұндырудың бірінші кезеңі артық қышқылдықты рН=2,7-3,0 дейін әкпен немесе бормен ішінара бейтараптандыру арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда уранның тұнбасын болдырмай, кальций сульфаты, темір фосфаты, темір гидроксидінен тұратын қоспалардың көп бөлігін алып тастау қажет болуы мүмкін. Сонымен бірге, рН мәнінде кальций мен уранилдің қос фосфаты тұнбаға түсуі мүмкін, егер ерітіндіде Fe^{3+} аз болған болса, барлық фосфорды FePO_4 түрінде байланыстырады. Сондықтан, егер Fe^{3+} мөлшері аз болса, онда оның концентрациясын арттыру қажет.

Тұндыру алдында барлық темірді Fe^{3+} -ке дейін тотықтырған жөн, өйткені темір фосфатының рН тұндыру 5,3-5,6 құрайды және ол ураннан бөлінбейді. Тұндырудың екінші сатысында қоспалардың тұнбасы бөлінгеннен кейін ерітіндінің рН-ы кальций оксиді, натрий гидроксиді немесе аммиак ерітіндісін қосу арқылы 6,5-7-ге дейін артады. Концентрат бай болып шығады (уранның 15-20%). Темірдің мөлшері шамамен 3 есе, алюминий – 2 есе азаяды. Уранды концентратқа бөліп шығару 99% құрайды. Уранның бір бөлігі темір гидроксиді

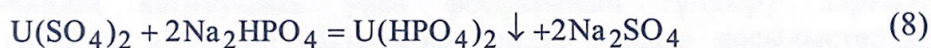
тұнбасында сорылады (оның құрамында 0,01% уран бар), бір бөлігі аналықпен кетеді (0,5–2 мг/л уран).

«Денисон майнз» (Канада) фирмасының зауытында уранның фракциялық тұндырылуы ион алмасу процесінің азот қышқылды тауарлық регенератынан өндіріледі. Бірінші кезеңде регенерат темір, торий, титан қоспаларын тұндыру үшін рН=1,7 дейін әкпен және рН=3,7 дейін аммиакпен ішінара бейтараптандырылады. Бұл қоспалар ерітіндіден қоюлату арқылы, содан кейін сүзу арқылы жойылады. Екінші кезеңде уран рН=7 кезінде аммиакпен тұндырылады.

«Анаконда» (АҚШ) фирмасының зауытында иониттің регенерациясы күкірт қышқылы ортасында (рН=1,3) NaCl (100 г/л) ерітіндісімен жүргізілді. Фракциялық тұндырудың бірінші кезеңінде темірді, гипсті тұндыру үшін рН=4,2 дейін әк сүті тауарлық регенерацияға қосылды. Екінші кезеңде тұндыру магний оксидімен рН=7 кезінде жүргізілді. Фракциялық тұндырудың бірінші сатысында рН жоғарылауы уранды қоспалардан жақсы тазартуға ықпал етеді, бірақ сонымен бірге қоспалардың шөгіні уранның жоғалуын арттырады.

2.6 Төрт валентті уран фосфатын тұндыру

Фосфор қышқылы немесе оның тұздары төрт валентті уран ерітіндісіне әрекет еткенде уран қышқыл фосфаты $U(HPO_4)_2 \cdot 6H_2O$ тұндырылады:



Тұнбаның ерігіштігі қышқылдыққа байланысты (кестені қараңыз. 1.1).

1.1-кесте – Әр түрлі рН кезінде $U(HPO_4)_2 \cdot 6H_2O$ суда ерігіштігі

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

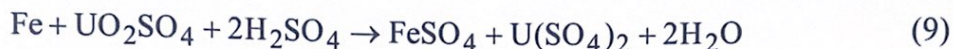
Қоспалардың фосфаттарын тұндыру процесіне қышқылдықтың әсері 1.2-кестеде келтірілген.

1.2-кесте – Әр түрлі металдардың фосфаттарын тұндыруының рН мәні

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

1.2-кестеден көрініп тұрғандай, pH=1-2 кезінде фосфаттардың көпшілігі ериді, тек үш валентті темір, торий, цирконий және титан фосфаттары тұндырылады. Тұндыру алдында уран мен темір тотықсызданады. Тотықсыздандырғыш ретінде натрий дитионитін ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), темір жоңқасын, алюминий ұнтағын, мырыш амальгамасы қолданылады.

Көбінесе темір жоңқалары мен үгінділер ең арзан тотықсыздандырғыш ретінде қолданылады:



Тотықсыздандыру жылдамдығы темір мөлшерімен анықталады. Темір шығыны ерітіндінің бастапқы және соңғы қышқылдығына байланысты. Уранды толығымен тотықсыздандыру үшін стехиометриялықтан темірдің он есе мөлшері алынады. Тотықсыздандыру аяқталғаннан кейін ерітіндіге натрий фосфаты қосылады.

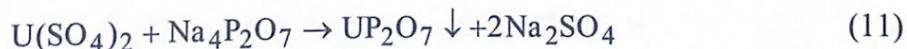
Уранның бастапқы концентрациясы 0,6-1 г/л P_2O_5 : U моль қатынасы шамамен 3 болуы керек. Қажет болса, ерітінді pH=2 дейін бейтараптандырылады. Фосфат түріндегі уранды тұндыру дәрежесі 96-98 % құрайды. Тұнбада темір сульфатының едәуір мөлшері бар, оны шайғаннан кейін құрғақ массаға қайта есептегенде құрамында 20-30% уран бар концентрат алынады.

Алюминийдің қатысуымен уран фосфатының тұндыру дәрежесі ерітіндідегі уранның мөлшерін арттыратын аралас күрделі қосылыстардың түзілуіне байланысты төмендейді (кестені қараңыз. 1.3).

1.3-кесте – Алюминийдің уран(IV) фосфатын тұндыру толықтығына әсері

Концентрация Al, г/л	1,9	2,05	8,1	12,15	14,04
pH=1,8 кезіндегі тұндыру дәрежесі	97	95	85	30	0
Аналықтағы уранның конц., мг/л	12	20	60	280	400

Уран фосфатының орнына натрий пирофосфатын $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$:U=1,15–2,1 мольдік қатынас түрінде ерітіндіге қосу арқылы уран пирофосфатын тұндыруға болады:



Уран пирофосфатының қышқылдарда еруі уран фосфатына қарағанда қиынырақ. Бұл көбірек қышқыл ерітінділерден (0,25–1N) тұндыруға мүмкіндік береді, бұл уранмен бірге тұндырылған коспалардың мөлшерін азайтады. Пирофосфат концентратында 30-35% уран бар (құрғақ өнімге).

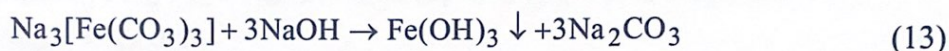
Құрамында фосфор бар қышқыл ерітінділерді аммиакпен $pH=2,5$ дейін бейтараптандыру арқылы аммоний және уранил қос фосфатын $NH_4UO_2PO_4 \cdot 3H_2O$ тұндыруға болады. Бұл жағдайда pH жоғары болғандықтан, қоспалардың мөлшері көп болады және үш валентті темірді екі валентті темірге дейін тотықсыздандыру керек.

2.7 Карбонатты ерітінділерден уранды каустикалық содамен тұндыру

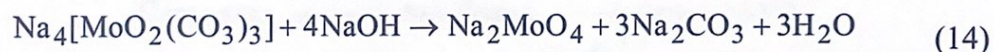
Каустикалық соданы қолдану уранды карбонат ерітіндісінен алдын-ала карбонат кешені мен артық соданы бұздырмай тұндыруға мүмкіндік береді. $pH > 12$ жоғары сілтілі ортада каустикалық сода кешенді бұзады және уранды тұндырады:



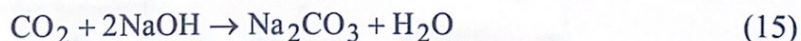
Уранмен бірге бірқатар қоспалар тұнбаға түседі, мысалы:



Басқада бірқатар гидроксидтер (Ca, Mg) тұнбаға түсуі мүмкін. Ерітіндіде фосфор мен ванадий натрий ортофосфаты және натрий метаванадаты түрінде қалады. Жоғары сілтілі ортада алюминий натрий алюминаты ($NaAlO_2$) түріндегі ерітінді ішінде болады. Ерітіндіде молибден қалады:



Бұл кезеңде молибден ураннан бөлінеді. $pH=2,5-3$ дейін аналық қышқылданған кезде молибден қышқылы тұнбаға түседі. Сілтілік кезінде карбонат кешенінің бұзылуынан соданы регенерацияланады. Сүзуден кейін құрамында Na_2CO_3 және артық $NaOH$ (5-10 г/л) бар ерітінді көмірқышқыл газымен қанығады:



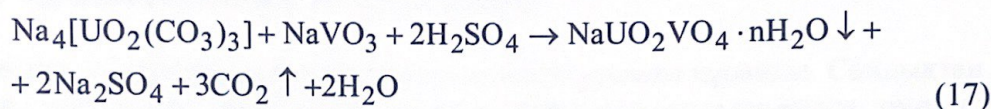
Осыдан кейін бұл ерітінді карбонатты шаймалауға бағытталуы мүмкін. Сода регенерациясы уранның жалпы шығындарын азайтады.

Натрий диуранатын тұндыру жақсы сүзілген тұнба алу үшін тұнбаның жетілуін жеделдету үшін жоғары температурада жүзеге асырылады. Натрий

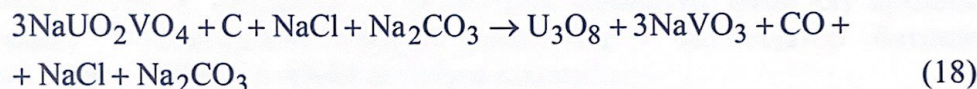
диуранатының ерігіштігінің кей жоғарылауы, егер аналық ерітіндісі шаймалауға оралса, маңызды рөл атқармайды. Филтраттағы уран концентрациясы артық сода мен натрий ванадатының көп мөлшерімен күрт артады. Ванадий концентрациясында (2-3 г/л) сілтілі тұндыру тиімсіз болып қалады.

2.8 Карбонатты ерітінділерден уран мен ванадийдің бөлінуі

Уран мен ванадийдің карбонатты ерітіндісі күкірт қышқылымен $\text{pH}=6$ дейін бейтараптандырылады. Бұл жағдайда карбонат кешені ыдырайды және уран натрий уранил ванадаты ("сары кек") түрінде тұнбаға түседі:



Сүзілген "сары кек" $800-900^\circ\text{C}$ температурада сода, ас тұзы және ағаш үгінділермен балқытады:



1.1-сурет - Карбонатты ерітінділерден уран мен ванадийді бөліп алу және бөлудің технологиялық схемасы

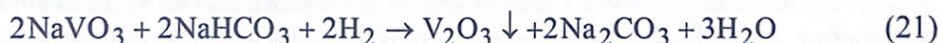
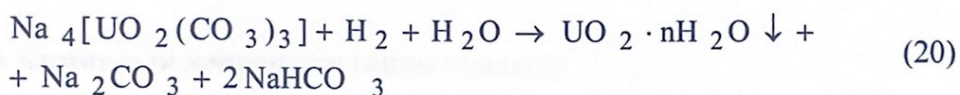
Натрий ванадаты қорытпасынан сумен сілтісіздендіріледі, ал қалғаны концентрат (уранның 60%) түрінде болады. Ерітінділерден ванадийді $pH=2,5$ дейін қышқылдану арқылы қыздырылған ерітінділерден "қызыл кек" ($V_2O_5 \cdot nH_2O$) түрінде бөледі:



Процесс келесі технологиялық схема бойынша ұйымдастырылады (сурет. 1.1).

2.9 Уранның сутегімен тотықсыздануы

Ерітілген карбонат кешені тек алты валентті уранды құрайды. Сондықтан, егер уран карбонатты ортада төрт валентті күйге тотықсыздандырса, онда ол гидратталған диоксид түрінде тұнбаға түседі. Көптеген тотықсыздандырғыштарды түбегейлі қолдануға болады: натрий дитиониті ($Na_2S_2O_4$), мырыш шаңы және т.б., сутекті қолдануға болады, оны атом өнеркәсібінде сутектің электролиттік бөлінуімен элементтік фтор алу арқылы алуға болады. Тотықсыздану никель ұнтағының - катализатор бетінде жүргізіледі, сонымен бірге ванадий де тотықсызданады:



Тотықсыздандыру жылдамдығы келесі кинетикалық теңдеумен сипатталады:

$$\frac{d[VO_2]}{d\tau} = K \cdot S_{Ni} \cdot P_{H_2} \cdot e^{-\frac{9800}{RT}} \quad (22)$$

мұндағы: S_{Ni} – никель катализаторының беті,

P_{H_2} – сутектің парциалдық қысымы, атм.,

9800 кал/моль – E – активтендіру энергиясы.

Процесс $100-150^\circ C$ температурада және 3,5–14 атм. сутегінің парциалдық қысымында ағылады, никель катализаторының концентрациясы 3-10 г/л. Сүзуден кейінгі ерітінді карбонатты шаймалауға бағытталуы мүмкін (онда уран концентрациясы 2-3 мг/л). Тұнбадан никель ұнтағы электромагниттік сепарация арқылы бөлінеді. Осыдан кейін уран мен ванадий оксидтерінің қоспасы содамен балқытылады. Бұл ретте ванадий тотығады және суда еритін күйге өтеді:



Қорытпадан натрий ванадаты сумен сілтісіздендіріледі. Уран кара кек түрінде қалады, оның құрамында 85-90% уран оксиді бар.

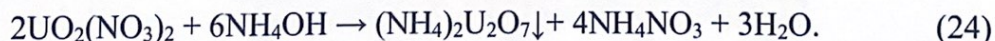
Атом энергиясын бейбіт мақсатта пайдалану жөніндегі екінші Женева конференциясында (1959 ж.) югославиялық зерттеушілер Буния мен Зогович уранның сутегімен тотықсыздану процесіне жаңа тұндырылған уран диоксиді каталитикалық әсер ететінін хабарлады. Уран диоксиді кептірілген кезде каталитикалық қасиеттері жоғалады. Сутектің тотықсыздану жылдамдығы сутектің парциалды қысымына және диоксид мөлшеріне пропорционалды. Бәрі жақсы болып көрінетін сияқты, реакция өнімінің өзі уранның тотықсыздану процесін катализдейді. Алайда қолайлы тотықсыздану жылдамдығына уран диоксидінің концентрациясы 20-40 г/л болғанда қол жеткізіледі, бұл карбонат ерітіндісіндегі уран концентрациясынан (0,5–1 г/л) ондаған есе көп.

Карбонат ерітіндісіндегі уранды тотықсыздандыруды электролиттік жолмен де жүзеге асырылуы мүмкін. Карбонат ерітіндісін бірқатар ретпен орналастырылған электролиттік ванналар арқылы өткізген кезде уран мен ванадий катодтарда тұнбаға түседі. Сіңіру циклі аяқталғаннан кейін ванналар регенерацияға қойылады, олар аммоний карбонатының ерітінділерімен толтырылады, ванналарда полюстер өзгереді, анодтарда уран мен ванадийдің тотығуы және еруі жүреді, уранның карбонатты тазартылуы басталады.

2.10 Химиялық концентраттарды тұндыру

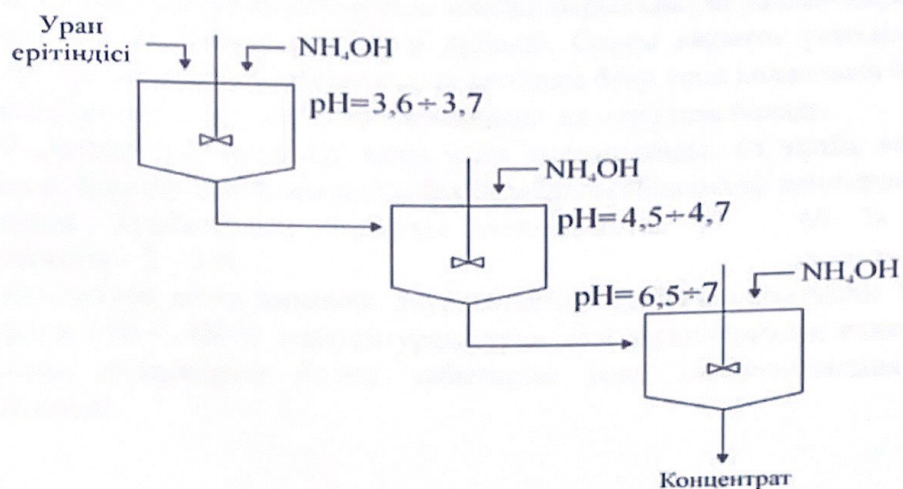
Гидрометаллургиялық өндірістің соңғы кезеңі химиялық концентраттарды тұндыру, оларды сусыздандыру, кептіру және қыздыру болып табылады. Химиялық концентраттар уран бар регенераттар мен реэкстрактілерден гидроксид-аммоний NH_4OH , натрий NaOH , кальций $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ерітінділерімен немесе кальций CaO және магний MgO оксидтерімен тұндырылады.

Көптеген жағдайларда аммоний гидроксиді ерітінділері қолданылады. Тұндырғыштың мөлшері аналықтағы уранның қалдық концентрациясы 1 литрге 1 – 3 мг U аспайтын мөлшерде алынады. Тұндыру 60 – 80 °C температурада жүзеге асырылады. Бұл жағдайда ауыспалы құрамдағы сарғыш тұнба пайда болады, жалпы формуласы ретінде аммоний диуранаты – $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$ берілген:



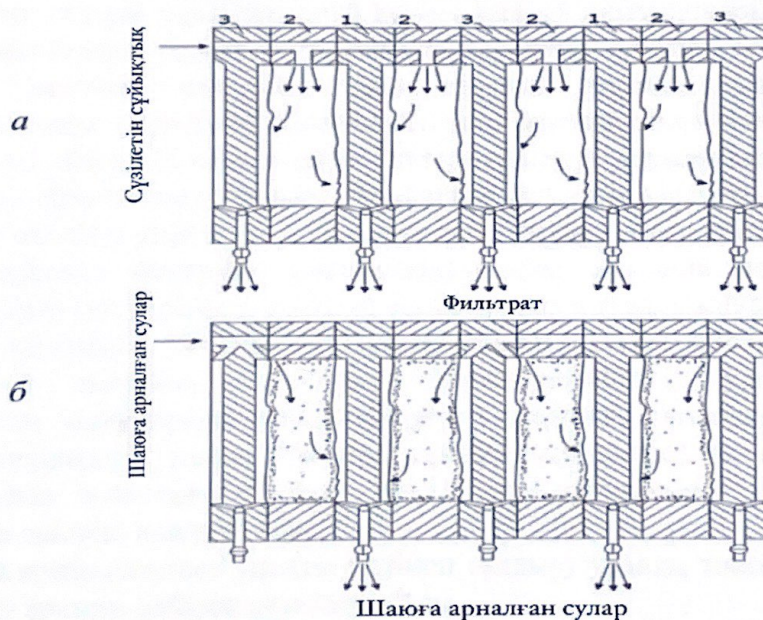
Тұнба алу 1-ден 6 сағатқа дейін жүреді. Үш агитатор каскадында жүзеге асырылатын ең көп таралған тұндыру әдісі (сурет. 1.2).

Химиялық концентраттардың салыстырмалы сұйық пульпаларын сүзгіден өткізу автоматты сүзгі престерінде жүзеге асырылады (сурет. 1.3).



1.2-сурет – Тұндыру каскадының схемасы

Сүзгі престері қысыммен жұмыс істейді. Сүзгі престеріндегі жұмыс қысымы $0,3 - 1,0 \text{ Мн/м}^2$ ауытқиды, олардың жалпы сүзу беті 100 м^2 немесе одан да көпке жетеді. Тұнба жиналып қалатындықтан, бұл сүзгілерді тоқтатып, тазалау керек болады, оларда сұйылтылған пульпаларды сүзген жөндірек.



а-сүзу кезінде; б-тұнбаны жуу кезінде;
1-тақта; 2-жақтау; 3 - жуу тақтасы

1.3-сурет – Сүзгі прессінің жұмыс схемалары

Көбінесе сүзгіден бұрын пульпа қоюландырылады, ал қоюландырғыштың төменгі өнімі вакуумдық сүзгілерде сүзіледі. Соңғы уақытта үздіксіз әрекет ететін центрифугалар қатты және сұйық заттарды бөлу үшін қолданыла бастады. Бұл жағдайда ылғалдылығы аз тұнба алынады, ал сүзгі таза болады.

Фильтрат тұндырғышты еріту үшін қолданылады, ал тұнба кептіруге жіберіледі. Кептіру электр жылытуы бар барабанды айналмалы пештерде жүзеге асырылады. Тұнбалардың бастапқы ылғалдылығы 50 – 60 %, соңғы ылғалдылығы – 2 – 5 %.

Кептіруден кейін аммоний диуранатының тұнбасы айналмалы барабан пештерінде 700 – 900°C температурада уран кені зауыттарының соңғы өнімі (химиялық концентрат) болып табылатын уран оксид-тотығына дейін қыздырылады.

2.11 Тауарлық десорбаттардан уранды тұндыру және «сары кекті» алу

2.11.1 Шаймалаудан кейін ағартылған ерітінділерден уранды тұндыру

Шаймалаудан кейін ерітіндіден уранды алу уранның аздығымен және ерітіндінің әртүрлі қоспалармен ластануымен қиындайды, ол қоспалардың құрамы кейде ураннан бірнеше есе көп.

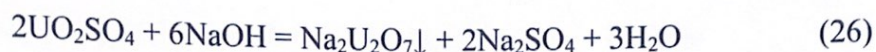
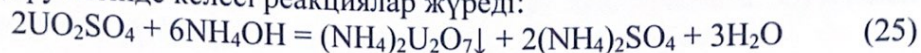
Осы кезге дейін уранды химиялық тұндырудың әртүрлі әдістері жасалды. Қышқыл ерітінділер үшін: аммоний немесе натрий диуранаттарын аммиакпен немесе каустикалық содамен қышқылдандыру және тұндыру арқылы уранил карбонат кешенін кезегімен бұза отырып содамен өңдеу, нашар концентраттарды аммиакпен және басқа сілтілі реагенттермен тікелей тұндыру, ерітінділерді тиісті рН мәніне дейін бейтараптандыру арқылы ілеспе қоспалар мен уранды фракциялық тұндыру, фосфаттар мен алты валентті арсенаттарды және төрт валентті уран және т. б. селективті тұндыру. Сода ерітінділері үшін: уранил карбонат кешенінің қышқылдануы және аммоний немесе натрий диуранатының тұндырылуы, уранның сілтімен, әкпен тұндырылуы және т. б.

Бұл әдістердің кемшіліктері: реагенттердің жоғары шығыны, уранның айтарлықтай жоғалуы, химиялық концентраттардағы уран құрамын төмендететін қоспалардан нашар тазарту. Сондықтан сілтісіздендірілгеннен кейін ерітінділерден уранды химиялық тұндырудың орнына ион алмастырғыш шайырлардың көмегімен сорбция әдісі және органикалық еріткіштермен экстракция әдістері қолданылады.

Сода ерітінділерінен уранды сілтімен тұндыру уранды тікелей пульпадан сорбциялау арқылы көбірек ығыстырылады.

2.11.2 Қышқыл ерітінділерді бейтараптандыру арқылы уранды тұндыру

Уранның сульфат ерітінділерін аммиакпен немесе каустикалық содамен бейтараптандыру кезінде келесі реакциялар жүреді:



Осы реакциялардан алынған аммоний мен натрий диуранаты $\text{pH}=6-7$ кезінде сандық түрде тұндырылады. Ерітіндідегі уранның қалдық концентрациясы 1-3 мг/л құрайды. Бұл әдіс уранның десорбциясынан кейінгі ерітінділерден және реэкстракциядан кейінгі ерітіндіден бай химиялық уран концентраттарын тұндыру үшін қолданылады.

Уранның сілтілі тұнбасы кезінде қышқылды шаймалаудан кейін ерітінділерден өте нашар химиялық концентраттар алынады, өйткені ілеспе қоспалар уранмен бірге тұнбаға түседі. Қоспа элементтерінің гидроксидтерінің тұндырлуы келесі pH мәндерінде жүреді:

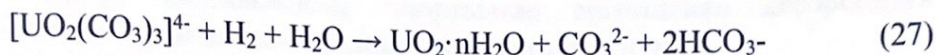
$\text{Fe}(\text{OH})_3 - 2,5-3,5;$	$\text{Cr}(\text{OH})_3 - 5,3;$	$\text{Mn}(\text{OH})_2 - 8,6-10,0;$
$\text{Th}(\text{OH})_4 - 3,2-3,5;$	$\text{Fe}(\text{OH})_2 - 8,0-9,0$	$\text{Ca}(\text{OH})_2 - 10,0;$
$\text{Al}(\text{OH})_3 - 4,0-6,0;$	$\text{Ni}(\text{OH})_2 - 8,0-9,0$	$\text{Mg}(\text{OH})_2 - 10,0$
$\text{Cu}(\text{OH})_2 - 5,2-5,8;$	$\text{Co}(\text{OH})_2 - 8,0-9,0$	

Уранды әкпен фракциялық тұндыру әдісімен ілеспе қоспалардан бөлу француз зауыты Генбонда қолданылады. Ерітінді құрамында 0,1-0,8% уран бар кендерді пиролюзит қоспасы бар күкірт қышқылымен шаймалау арқылы алынады. Қоспалардың негізгі бөлігі $\text{pH}=2,7$ кезінде оларды әкпен тұндыру арқылы бөлінеді. Осылай алынған тұнба құрамы кальций сульфатынан, гидроксидтен және темір фосфатынан тұрады. Осы pH мәнімен уран фосфаттарының тұндырылуын болдырмау үшін ерітіндіде барлық қол жетімді фосфат иондарының күрделі қосылысына байланыстыру үшін жеткілікті темір иондарының болуы қажет. Тұнбаны әкпен бөлгеннен кейін $\text{pH}=6,5-7$ құрамында шамамен 10% уран бар химиялық концентрат тұндырылады. Содан кейін концентрат $70-80^\circ\text{C}$ сода ерітіндісімен өңделеді, уран ерітіндіге ауысады, ал қоспалар тұнбада қалады. Сүзілген сода ерітіндісінен уран сілтімен тұндырылады (NaOH). Соңғы концентратта 65-67% уран бар. Тұндыру үшін әк шығыны шаймалау кезінде күкірт қышқылының ағынына байланысты және 1 кг қышқылға шамамен 0,8 кг құрайды.

Сонымен бірге, әктеу әдісі темірді ураннан бөліп алу үшін және десорбциялық ерітінділерден бай химиялық концентраттарды тұндыру кезінде сульфат иондарының артық мөлшерін кетіру үшін, сондай-ақ қышқыл пульпаларды сорбциялық өндеуге дайындау үшін қолданылады.

2.11.3 Алты валентті уранды сутегімен тотықсыздандыру арқылы уранды тұндыру

Алты валентті уран сутегімен тотықсызданған кезде карбонатты ерітінділерде ерімейтін гидратталған уран диоксиді тұндырылады. Сутегімен тотықсыздану келесі реакция бойынша қысыммен жүзеге асырылады



Бұл ретте ерітінді өзгермейді және уран тұнбасын тұндырғаннан кейін оны шаймалауға қайтаруға болады.

Катализатор ретінде қызмет ететін сфералық пішінді уран диоксиді түйіршіктерінің суспензия қабатындағы сутегінің тотықсыздануы Югославия зауытында өнеркәсіптік қарқында қолданылады. 1 литр ерітіндідегі катализатор бөлшектерінің беті 150 см^2 құрайды. Уран диоксидінің тұнбасы ілінген катализатор түйіршіктерінің бетінде жүреді, сол себептен тотықсыздандыру аппараттарының жоғарғы жағынан ағып жатқан ерітінді қосымша сүзгісіз кенді шаймалауға бағытталуы мүмкін. Аппараттардың төменгі бөлігінен түсірілетін және химиялық концентрат болып табылатын уран диоксидінің ірі түйіршіктерінде 72-75% уран болады.

2.11.4 Тауарлық регенераттардан «сары кекті» тұндыру

Аниониттерден уранды десорбциялау әдісіне байланысты ЖҰШ кәсіпорындарында оны шоғырландырудың және тауарлық десорбаттардан оқшаулаудың әртүрлі әдістері қолданылады. Тұзды десорбция жағдайында уран, әдетте, аммиактың сулы ерітінділерімен аммоний полиуранаттары түрінде немесе каустикалық натрий ерітінділерін қолданған жағдайда натрий полиуранаттары түрінде тұндырылады. Полиуранаттардың тұнбасы сүзгі пресстерінде сығылады және кекті әрі қарай тазарту үшін гидрометаллургиялық зауытқа қалай тасымалданады. Уранды қоспалардан тазарту мақсатында оны тұндыруды алдымен $\text{pH}=3,6-3,8$ темірмен және кейбір басқа қоспалармен тұндыру арқылы, ал аналықты түссіздендіргеннен кейін $\text{pH}=6,5-8,0$ кезінде полиуранаттарды тұндыру арқылы бөлшектеп жүргізуге болады. Алынған химиялық концентраттардағы уранның мөлшері олардың тазалығына байланысты 40-тан 64% - ға дейін өзгеруі мүмкін. Полиуранатты тұндыруды аналықтар десорбциялық ерітінділерді дайындау үшін қолданады.

Кейбір жағдайларда полиуранаттар кекі күшті күкірт қышқылында ериді және уранмен концентрацияланған ерітінді ГМЗ-қа өңдеуге жіберіледі.

Кейде уран қышқылданған хлоридті десорбаттардан пероксид түрінде шығарылады.

Уранды гидролитикалық әдіспен бөлудің барлық қарапайымдылығы мен тиімділігімен ол елеулі кемшілікке ие – айналымды, қалдық өнімді

ерітінділермен бірге жерасты горизонттарына тасталуы керек, нитрат немесе хлорид ерітінділерінің теңгерімсіз көлемінің жинақталуы.

Бұл жетіспеушілік уранның күкірт қышқылын десорбциялау әдісінен айырылған, өйткені тауарлық десорбаттардан алынған уран сорбциялық немесе экстракциялық жолмен шоғырлануы мүмкін және бай сода десорбаттары немесе уран концентрациясы 80...100 г/л болатын реэкстрактілер түрінде бөлінуі мүмкін, ал күкірт қышқылының тазартылған ерітінділері десорбцияға қайтарылуы немесе кенді шаймалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Уранды сульфат пен нитрат десорбаттарынан концентрациялау және бөліп шығару үшін иондық мембраналармен электродиализ процесін қолдануға болады. Реагенттердің – күкірт және азот қышқылдарының, нитрат тұздарының рекуперація дәрежесі электродиализ процесінде 70...80%-ке жетуі мүмкін екендігі анықталды, уран бай концентраттар (гидратталған уран диоксиді) түрінде бөлінеді.

Карбонат-бикарбонат десорбаттарынан уранның бөлінуі көмірқышқыл тұздарының 90...100°C немесе 120...130°C температурада термиялық ыдырауымен, қалдық газдарды ұстап қалумен және уран монокарбонаты, уранат және аммоний диуранатының қоспасы ретінде уранның тұндыруымен жүзеге асырылуы мүмкін. Алынған тұнбаны ГМЗ-та кальцинациялау кезінде диоксид пен уран үшоксидінің қоспасы түзіледі.

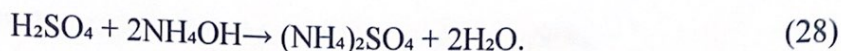
Көміртекті аммоний десорбаттарынан уранды бөлудің тағы бір мүмкін әдісі-оны аммоний уранил үш карбонат кристалдары ретінде құрғақ аммоний бикарбонаты қоспасымен тұндыру. Алынған кристалдар әдеттегі химиялық концентраттарға қарағанда едәуір тазалықпен сипатталады және ГМЗ-қа тасымалданғаннан кейін, тіпті қосымша тазартусыз да, қыздыру режиміне байланысты үшоксид, диоксид немесе уран оксид-тотықтарын алу үшін термиялық ыдырауға ұшырауы мүмкін.

3 Басты технологиялық процесс бөлімі

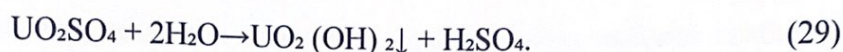
3.1 Қышқылды ерітінділерден уранды тұндыру

3.1.1 Уранды аммиак ерітінділерімен тұндыру

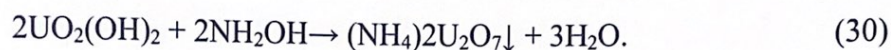
Қышқыл ерітінділерді аммиакпен өңдеу кезінде оның айтарлықтай бөлігі қалдық қышқылдықты бейтараптандыруға жұмсалады:



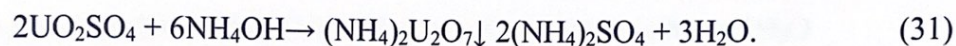
pH=3,8 жеткенде уранил сульфатының гидролизі басталады:



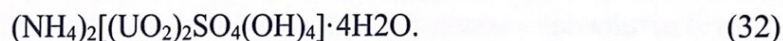
Әрі қарай уранил гидроксиді аммиакпен әрекеттесіп аммоний полиуранаттарын түзеді:



Аммоний диуранатының тұндыруының жиынтық теңдеуі:



Тұнбаның құрамы өзгермелі, ол қышқылдардың түріне, уран концентрациясына байланысты. Сұйылтылған күкірт қышқылы ерітінділерінен уран тұндырылған кезде тұнба құрамы диуранатқа жақын ($\text{M}_2\text{O} \cdot 2\text{UO}_3$), азот қышқылы ерітінділерінен аммоний тетрауранаты $[(\text{NH}_4)_2\text{U}_4\text{O}_{13}]$ тұндырылады. Тұндыру кезінде концентрацияланған күкіртқышқыл ерітінділерінен күрделі құрамды шөгінділер алынады, мысалы:



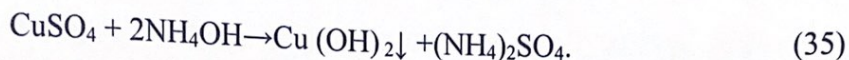
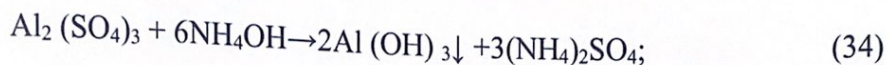
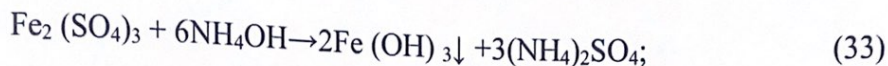
Уранның сандық тұндырылуы pH=6 кезінде байқалады.

1.4-кесте – Металл гидроксидтерінің pH тұндыру мәндері

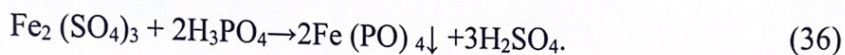
Гидрооксид	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Th}(\text{OH})_4$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Cr}(\text{OH})_3$
pH тұндыру	2,5-3,5	3,2-3,5	4-6	5,2-5,8	5,3
Гидрооксид	$\text{UO}_2(\text{OH})_2$ $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$ $\text{Ni}(\text{OH})_2$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

Сондықтан аммиак $pH=6-7$ дейін қосылады. Бұл ретте уранмен бір мезгілде гидроксидтердің ерігіштігі туындыларының мәндеріне және олармен байланысты тұндыру pH мәндеріне сәйкес қоспалардың едәуір бөлігі тұндырылады (кесте 1.4).

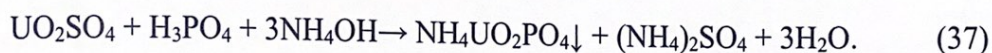
$pH=6-7$ кезінде қоспалардың көп бөлігі тұнбаға түседі:



Кальций, магний, марганец, екі валентті темір, никель, кобальт тұнбайды, сирек жер элементтерінің гидроксидтері ішінара тұнбаға түседі (тұндыру $pH = 7-8$). Фосфор мен ванадий уранмен бірге тұнбаға түседі. Fe^{3+} қатысуымен темір фосфаты тұндырылады (тұндыру $pH = 1,5-1,9$):



Fe^{3+} болмаған кезде аммоний мен уранил қос фосфаты тұндырылады:



Ванадиймен аммоний және уранил қос ванадаты түзіледі:



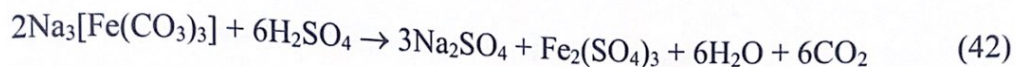
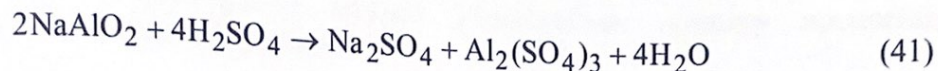
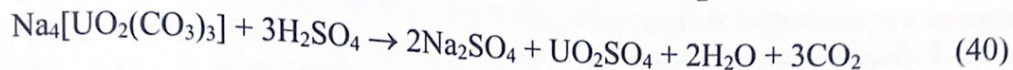
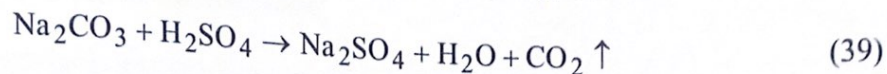
Қос фосфаттар мен ванадаттар $pH=1,9-2,5$ кезінде тұнбаға түседі. Қоспалардың көп бөлігі уранмен бірге тұнбаға түсетіндіктен, байыту дәрежесі аз (1,5-2 есе), концентрат кедей болып шығады (құрғақ тұнбаға есептегенде уранның 5-8%). Сілтілік тұндырудың басты артықшылығы - еріткіштің (судың) үлкен көлемінен босату. Тұнба ерітіндіден сүзу арқылы бөлінеді. Гидроксидті шөгінділер тұтқыр, сүзілуі қиын келеді. Күрделі түзгіштер (F^- , CO_3^{2-} , $C_2O_4^{2-}$, органикалық) болмаған кезде өнімділікте уранның қалдық мөлшері 1-2 мг/л (кейде 5 мг/л дейін) құрайды.

3.2 Карбонатты ерітінділерден уранды тұндыру

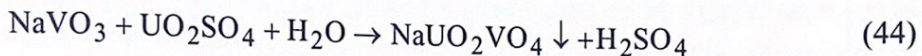
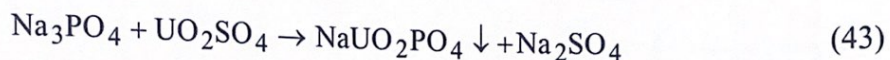
3.2.1 Аммиакты тұндыру

Аммиак әлсіз негіз ретінде уранның карбонатты кешенін бұза алмайды. Сондықтан алдымен ерітіндіден карбонат ионын алып тастау керек. Бұған

ерітіндіні pH=3-5 дейін қышқылдандыру арқылы қол жеткізіледі. Қышқылдың карбонат ерітіндісіне әсер еткенде келесі процестер жүреді:

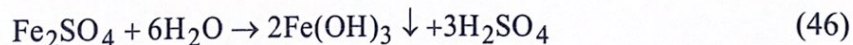
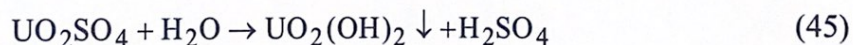


Алюминий және темір сульфаттары ішінара гидролизденеді. Егер ерітіндіде фосфор мен ванадий болса, онда уранның бір бөлігі тұндырылуы мүмкін:



Шығарылған көмірқышқыл газы мен еріген көмірқышқыл газын толығымен кетіру үшін ерітінді қайнағанға дейін қызадырылады және ерітінді арқылы екі сағат бойы ауа үрленеді. Осыдан кейін ерітіндіге pH=6,5–7 дейін аммиак қосылады. Қышқыл ерітінділерден аммиак тұндыру кезіндегідей реакциялар жүреді. Тұнба сүзіледі. Оның құрамында 40-60% уран бар (құрғақ массаға).

Уранның аммиаксыз тұндыруын да жүзеге асыруға болады. Бұл жағдайда карбонат ерітіндісін қышқылмен бейтараптандыру тек pH=5-6 дейін жүзеге асырылады. Қышқыл концентрациясы аз болғандықтан, карбонат кешенінің ыдырау процесі баяу жүреді. Кешен бұзылып және көмірқышқыл газы жойылғаннан кейін ерітіндіні ұзақ уақыт қайнатқанда гидролиз жүреді:



Көріп отырғаныңыздай, бұл әдіс артық соданы жою үшін қышқылдың көп шығынын қажет етеді және көмірқышқыл газын жоюға көп уақытты талап етеді.

4 Металлургиялық шешімдер

4.1 Материалдық баланс есебі

Өнімді ерітінділердің 1.5-кестеде келтірілген құрамы бойынша ең алдымен уранның тауарлы десорбатын алудың материалдық балансын есептейміз. Соның негізінде уран концентратын аммиак ерітіндісімен тұндыру процесінің материалдық балансын есептейміз.

1.5-кесте – Өнімді ерітінділердің мөлшерлік құрамы

Компоненттердің аталуы														
Элемент-тер	U	Fe _ж	Ca	Mg	Al	Si	Sc	Re	Na	Cl	H ₂ SO ₄	H ₂	O ₂	S
Құрамы %	0,2	4,5	0,55	0,6	1,3	0,4	0,05	0,07	0,4	0,22	71,35	1,478	60,36	29,89

Фазалық құрамы: H₂SO₄ ерітінді, [UO₂(SO₄)₃], Fe₂(SO₄)₃, FeSO₄, FeCl₂, FeCl₃; Al₂(SO₄)₃, AlCl₃; H₂SiO₃, SiCl₄, MgCl₂, MgSO₄, Na₂SO₄, NaCl; HReO₄; Sc₂(SO₄)₃, CaSO₄, CaCl₂

H₂SO₄ ерітінді;

[UO₂(SO₄)₃] – 100%

Fe₂(SO₄)₃ – 12%, FeSO₄ – 86,9%, FeCl₂ – 0,8%, FeCl₃ – 0,3%

Al₂(SO₄)₃ – 98,5%, AlCl₃ – 1,5%;

H₂SiO₃ – 97,9%, SiCl₄ – 2,1%;

MgCl₂ – 1,4%, MgSO₄ – 98,6%;

Na₂SO₄ – 99,2%, NaCl – 0,8%

HReO₄ – 100%, Sc₂(SO₄)₃ – 100%;

CaSO₄ – 98,9%, CaCl₂ – 1,1%;

Есептеу нәтижелері А қосымшасында келтірілген.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жоба «Байкен-У» кен орнындағы тауарлы десорбаттан уранды аммиакпен тұндыру көрсетілген.

Дипломдық жобада келесі мәселелер қарастыралды: кен орны туралы мәлімет, уранды тұндыру процестері және жүретін көптеген реакциялар, тауарлы десорбат, қоршаған ортаға деген зияны және алдын алу жолдары.

Жобада «Байкен-У» кен орнында уранды десорбатты ерітіндіден тұндырудың әртүрлі әдістері мен аммиакты ерітіндімен тұндыру жолдары көрсетілді. Жобада өндіріс кешенінің техника сипаттамасы және технологиялық аппараттары көрсетілген.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТ ТІЗІМІ

- 1 А.А. Маслов, Г.В. Каляцкая, Г.Н. Амелина. Уран технологиясы. – М.:Томск политехникалық университеті, 2007 ж. 63-65б.
- 2 Е.С. Буганов, О.В. Василевский, А.П. Патрин. Табиғи уранның химиялық концентраттарын алудың физика-химиялық негіздері және технологиясы. Алматы. 2006 ж. 185-188б.
- 3 В.А. Мамилов. Уранды жерасты шаймалау арқылы алу. – М.: Атомиздат, 1980 ж.
- 4 В.Б. Шевченко, Б.Н. Судариков. Уран технологиясы. – М.: Госатомиздат, 1961 ж.
- 5 Н.П. Галкин, Б.Н. Судариков, У.Д. Верятин, Ю.Д. Шишков, А.А. Майров. Уран технологиясы. – М.: Атомиздат, 1964 ж.
- 6 А.М. Розен. Атомдық энергия, 2, 1957 ж.
- 7 Я.М. Стерлин. Уран металлургиясы. – М.: Атомиздат, 1962 ж.
- 8 Ч. Харлингтов, А. Рюэле. Уран өндірудің технологиясы. Ағыл. ауд. А.С. Займовского, Г.А. Зверева. – М.: Атомиздат, 1961.
- 9 <https://baiken-u.kazatomprom.kz/ru>
- 10 <https://rosatom-centralasia.com/journalist/smi-about-industry/kak-dobyvayut-uran-v-kazakhstane/>
- 11 https://enigma-sci.ru/domains_data/files/ROOT_DIRECTORY/ISSLEDOVANIE%20PRIME%20NENIYa%20AMMAIACHNOY%20VODY%20V%20KACHESTVE%20REAGENTA%20DLYa%20OSAZhDENIE.pdf

Қосымша А

Материалдық баланс есебі

Өнімді ерітінділердің құрамы бойынша уранның тауарлы десорбатын алудың материалдық балансын есептейміз.

А.1 Уранның тауарлы десорбаттың рационалдық құрамын есептеу

Уранның тауарлы десорбаттың рационалдық құрамы:

$$U = 0,2\%,$$

$$a) [UO_2(SO_4)_3] = m, c, \quad 238 + 32 + 96,3 + 192 = 558,2$$

$$0,2 - 238$$

$$x - 558,2 \quad x_{[UO_2(SO_4)_3]} = 0,47 \text{ кг}$$

$$b) 0,47 - 558,2$$

$$x_{O_2} - 32 \quad x_{O_2} = 0,027$$

$$c) 0,47 - 558,2$$

$$X_s - 96,2 \quad X_s = 0,08$$

$$d) 0,47 - 558,2$$

$$X_{O_2} - 192 \quad X_{O_2} = 0,16$$

$$1. Fe_{ж} = 4,5\%$$

$$M, C, = Fe_2(SO_4)_3 = 111,7$$

$$a) 4,5 - 100\%$$

$$x - 12\% \quad x = 0,54$$

$$b) 0,54 - 111,7$$

$$X_s - 96 \quad X_s = 0,464$$

$$c) 0,54 - 111,7$$

$$X_{O_4} - 192 \quad X_{O_4} = 0,928$$

$$2. FeSO_4 = 86,90\%$$

$$a) 4,5 - 100\%$$

$$x - 86,9\% \quad x = 3,9105$$

$$b) 55,85 - 3,9105$$

$$32 - x_s \quad x_s = 2,24$$

$$c) 55,85 - 3,9501$$

$$64 - x_{O_4} \quad x_{O_4} = 4,48 \text{ кг}$$

$$3. FeCl_2 = 0,8\%$$

$$a) 4,5 - 100\%$$

$$70,90 - x_{Cl} \quad x_{Cl} = 0,0457$$

$$c) 55,85 - 0,036$$

$$70,90 - x_{Cl} \quad x_{Cl} = 0,0457$$

$$b) 55,85 - 0,036$$

$$x_{Fe} - 0,8\% \quad x_{Fe} = 0,036$$

$$4. FeCl_3 = 0,3\%$$

a) 4,5 – 100%

$$x_{Fe} = 0,3\% \quad x_{Fe} = 0,0135$$

b) 55,85 – 0,0135%

$$106,35 - x_{Cl} \quad x_{Cl} = 0,0257$$

6, Al = 1,3%

$$M, C, Al_2(SO_4)_3 = 53,962 \quad Al_2(SO_4)_3 = 98,5\%$$

a) 1,3 – 100%

$$x_{Al_2} = 98,5\% \quad x_{Al_2} = 1,2805$$

c) 1,2805 – 53,962

$$x_{O_{12}} = 192 \quad x_{O_{12}} = 4,556$$

b) 1,2805 – 53,962

$$x_S = 96 \quad x_S = 2,278$$

7, M, C $AlCl_3$ = 26,981

a) 1,3 – 100%

$$x_{Al} = 1,5\% \quad x_{Al} = 0,0195$$

b) 0,0195 – 26,981

$$x_{Cl_3} = 106,35 \quad x_{Cl_3} = 0,0768$$

8, H_2SiO_3 = 97,9% Si = 0,4%

$$M, C \quad H_2SiO_3 = 28,085$$

a) 0,4 – 100%

$$x_{Si} = 97,9\% \quad x_{Si} = 0,3916$$

c) 0,3916 – 28,085

$$x_{O_3} = 48 \quad x_{O_3} = 0,66928$$

b) 0,3916 – 28,085

$$x_{H_2} = 2 \quad x_{H_2} = 0,0278$$

9, $SiCl_4$ = 2,1%

$$M, C \quad SiCl_4 = 28,0855 \quad Si = 0,4\%$$

a) 0,4 – 100%

$$x_{Si} = 2,1\% \quad x_{Si} = 0,0084$$

b) 0,0084 – 28,0855

$$x_{Si} = 141,812 \quad x_{Si} = 0,0424$$

10, $MgSO_4$ = 98,60%

$$M, C \quad Mg = 24,305$$

a) 0,60 – 100%

$$x_{Mg} = 98,60 \quad x_{Mg} = 0,5916$$

c) 0,5916 – 24,305

$$x_{O_4} = 1,5578 \quad x_{O_4} = 1,5578$$

b) 0,5916 – 24,305

$$x_S = 32,066 \quad x_S = 0,7805$$

11, $MgCl_2$ = 1,4%

a) 0,60 – 100%

$$x_{Mg} = 1,4\% \quad x_{Mg} = 0,0084$$

b) 0,0084 – 24,305

$$x_{Cl_2} = 70,96 \quad x_{Cl_2} = 0,0245$$

12, Na_2SO_4 = 99,2% Na = 0,4%

$$M, C \quad Na = 2 \cdot 22,9897 = 45,9794$$

a) 0,4 – 100%

$$x_{Na_2} = 99,2\% \quad x_{Na_2} = 0,3968$$

b) 0,3968 – 45,9794

$$x_S = 32 \quad x_S = 0,2761$$

$$c) 0,3968 - 45,9794$$

$$x_{O_4} - 64 \quad x_{O_4} - 0,552$$

$$13, NaCl = 0,8\% \quad Na = 0,4\%$$

$$a) 0,4 - 100\%$$

$$x_{Na} - 0,8\% \quad x_{Na} - 0,0032$$

$$b) 0,0032 - 22,9897$$

$$x_{Cl} - 35,453 \quad x_{Cl} - 0,049$$

$$14, HReO_4 = 100\% \quad Re = 0,07\%$$

$$M, C \quad Re = 186,206$$

$$a) 0,07 - 100\%$$

$$x_{Re} - 100\% \quad x_{Re} - 0,07$$

$$b) 0,07 - 186,206$$

$$x_H - 1 \quad x_H - 0,0003759$$

$$c) 0,07 - 186,206$$

$$x_{O_4} - 64 \quad x_{O_4} - 0,02405$$

$$15, Sc_2(SO_4)_3 = 100\% \quad Sc = 0,05\%$$

$$M, C \quad Sc = 2 \cdot 44,955 = 89,91$$

$$a) 0,05 - 100\%$$

$$x_{Sc_2} - 100\% \quad x_{Sc_2} - 0,05$$

$$b) 0,05 - 89,91$$

$$x_S - 96 \quad x_S - 0,05338$$

$$c) 0,05 - 89,91$$

$$x_{O_{12}} - 192 \quad x_{O_{12}} - 0,01067$$

$$16, CaSO_4 = 98,9\% \quad Ca = 0,55\%$$

$$M, C \quad Ca = 40,076$$

$$a) 0,55 - 100\%$$

$$x_{Ca} - 98,9\% \quad x_{Ca} = 0,54395$$

$$b) 0,54395 - 40,076$$

$$x_S - 32 \quad x_S = 0,434$$

$$c) 0,54395 - 40,076$$

$$x_{O_4} - 64 \quad x_{O_4} = 0,6886$$

$$17, CaCl_2 = 1,1\% \quad Ca = 0,55$$

$$a) 0,55 - 100\%$$

$$x_{Ca} - 1,1\% \quad x_{Ca} = 0,00605$$

$$b) 0,00605 - 40,076$$

$$x_{Cl_2} - 70,96 \quad x_{Cl_2} = 0,00107$$

Есептеу нәтижелері А.1 - кестеде келтірілген.

А.1 - кесте – Өнімді ерітінділерінің рационалдық құрамы

Химиялық құрамы	Элементтер													Барлығы
	U	Fe _ж	Ca	Mg	Al	Si	Sc	Re	Na	Cl	H ₂	O ₂	S	
UO ₂ (SO ₄) ₃	0,2											0,037	0,08	0,317
Fe ₂ (SO ₄)		0,54										0,928	0,46	1,932
FeSO ₄		3,91										4,48	2,24	10,63
FeCl ₂		0,04								0,046				0,0817
FeCl ₃		0,02								0,026				0,0392
Al ₂ (SO ₄) ₃					1,28							4,556	2,28	8,1145
AlCl ₃					0,02					0,077				0,0963
H ₂ SiO ₃						0,39					0,028	0,669		1,0884
SiCl ₄						0,01				0,042				0,05081
MgCl ₂				0,59						0,025				2,9299
MgSO ₄				0,01								1,56	0,78	0,0329
Na ₂ SO ₄									0,397			0,552	0,2761	1,2248
NaCl									0,003	0,005				0,008134
H ₂ SO ₄											1,45	46,59	23,29	71,35
HReO ₄								0,07			0,00038	0,024		0,0944
Sc ₂ (SO ₄) ₃							0,05					0,11	0,053	0,21
CaSO ₄			0,54									0,86	0,434	1,837
CaCl ₂			0,01											0,0071
Барлығы	0,2	4,5	0,55	0,6	1,3	0,4	0,05	0,07	0,4	0,22	1,478	60,36	29,89	100

А.2 Адсорбция үрдісінің материалдық балансын есептеу

А.2.1 Таралу және ажырату коэффициентін есептеу

Ажырату және таралу коэффициентін табу үшін ең алдымен ерітінділердің еру қабілетімен және сорбентке өту қабілеттерін есептеуіміз керек.

1. $U = 0,2$ $D_0 = 0,2$ гр
 $Y_{мл} = 1000$ мл
 $X_{мл} = \text{сорбент} - 1$ гр

$$C_1 = \frac{D_1}{Y} = \frac{0,08}{1000} = 0,0008$$

$$C_2 = \frac{0,2 - 0,08}{1} = 0,12$$

$0,2 - 100\%$
 $X - 60\%$ $X = 0,12$ гр
 $D_1 = 0,2 - 0,12 = 0,08$

$$K_u = \frac{0,12}{0,0008} = 150$$

2. $Fe = 4,5$
 $Y_{мл} = 1000$ мл
 $D_0 = 4,5$
 $X - \text{сорбент} - 1$ гр

$$D_1 = 4,5 - 0,0675 = 4,4325$$

$4,5 - 100\%$
 $X - 1,5$ $X = 0,0675$
 $4,4325$
 $C_1 = \frac{4,4325}{1000} = 0,0044$

$$C_2 = \frac{4,5 - 4,4325}{1} = 0,01$$

$$K_{Fe} = \frac{0,0675}{0,0044} = 15,34$$

$$\beta = \text{Ажырату} = \frac{K_u}{K_{Fe}} = \frac{150}{15,34} = 9,78$$

Шығымы сорбентке $\beta = (\beta - 1)/\beta = (9,78 - 1)/9,78 = 0,89 = 89\%$

Жалпы $100 - 89 = 11\%$

1.5 $- 100\%$ $X - 11\%$ қаныққан ионитте 0,495

3. $Ca = 0,55$

$Y_{мл} = 1000мл$

$D_0 = 0,55 \text{ гр}$

$D_1 = 0,55 - 0,011 = 0,539$

$$\begin{array}{l} 0,55 - 100\% \\ x - 1,5 \quad x = 0,011 \text{ гр} \end{array}$$

$$C_1 = \frac{0,539}{1000} = 0,000539$$

$$C_2 = \frac{0,55 + 0,539}{1} = 0,011$$

$$K_{Ca} = \frac{0,011}{0,000539} = 20,40$$

$$\beta = \text{Ажырату} = \frac{K_U}{K_{Ca}} = \frac{150}{20,40} = 7,353$$

Шығымы сорбентке $\Pi = (\beta - 1)/\beta = (7,353 - 1)/7,353 = 0,86 = 86\%$

Жалпы $100 - 86 = 14\%$

$0,55 - 100\%$

каныққан ионитте $x = 0,077$ ерітіндіде $0,473$

4. $Mg = 0,6$

$Y_{мл} = 1000мл$

$D_0 = 0,6 \text{ гр}$

$X - \text{сорбент} - 1 \text{ гр}$

$0,6 - 100\%$

$x - 2,5$

$x = 0,015$

$D_1 = 0,6 - 0,015 = 0,585$

$$C_1 = \frac{0,585}{1000} = 0,000585$$

$$C_2 = \frac{0,6 - 0,585}{1} = 0,015$$

$$\beta = \text{Ажырату} = \frac{K_U}{K_{Mg}} = \frac{150}{25,64} = 5,85$$

Шығымы сорбентке $\Pi = (\beta - 1)/\beta = (5,84 - 1)/5,85 = 0,82 = 82\%$

Жалпы $100 - 82 = 18\%$

$0,6 - 100\%$

каныққан ионитте $x = 0,108$ ерітіндіде $0,492$

5. $Al = 1,3$

$Y_{мл} = 1000мл$

$D_0 = 0,55 \text{ гр}$

$X - \text{сорбент} - 1 \text{ гр}$

$1,3 - 100\%$

$x - 1,5$

$x = 0,0195$

$$D_1 = 1,3 - 0,0195 = 1,2805$$

$$C_2 = \frac{1,3 - 1,2805}{1} = 0,0195$$

$$K_{Al} = \frac{0,0195}{0,0012805} = 15,22$$

$$\beta = \text{Ажырату} = \frac{K_U}{K_{Al}} = \frac{150}{15,22} = 9,85$$

$$\text{Шығымы сорбентке Ш} = (\beta - 1)/\beta = (9,85 - 1)/9,85 = 0,89 = 89\%$$

$$\text{Жалпы } 100 - 89 = 11\%$$

$$1,3 - 100\%$$

қаныққан ионитте $x = 1,143$ ерітіндіде $0,157$

$$6. \quad Si = 0,4$$

$$Y_{мл} = 1000 \text{ мл}$$

$$D_0 = 0,4 \text{ гр}$$

$$X - \text{сорбент} - 1 \text{ гр}$$

$$D_1 = 0,4 - 0,008 = 0,392$$

$$0,4 - 100\%$$

$$x - 2 \quad x = 0,008$$

$$C_1 = \frac{0,392}{1000} = 0,00392$$

$$C_2 = \frac{0,4 - 0,392}{1} = 0,008$$

$$K_{Si} = \frac{0,008}{0,00392} = 20,40$$

$$\beta = \text{Ажырату} = \frac{K_U}{K_{Si}} = \frac{150}{20,40} = 7,35$$

$$\text{Шығымы сорбентке Ш} = (\beta - 1)/\beta = (7,35 - 1)/7,35 = 0,86 = 86\%$$

$$\text{Жалпы } 100 - 86 = 14\%$$

$$0,4 - 100\%$$

$$x - 14\% \text{ қаныққан ионитте } x = 0,056 \text{ ерітіндіде } 0,344$$

$$7. \quad Sc = 0,05$$

$$Y_{мл} = 1000 \text{ мл}$$

$$D_0 = 0,05 \text{ гр}$$

$$X - \text{сорбент} - 1 \text{ гр}$$

$$D_1 = 0,05 - 0,001 = 0,049$$

$$0,05 - 100\%$$

$$x - 2 \quad x = 0,001$$

$$C_2 = \frac{0,05 - 0,049}{1} = 0,001$$

$$K_{Si} = \frac{0,001}{0,000049} = 20,40$$

$$\beta = \text{Ажырату} = \frac{K_U}{K_{Sc}} = \frac{150}{20,40} = 7,35$$

Шығымы сорбентке $\Pi = (\beta - 1)/\beta = (7,35 - 1)/7,35 = 0,86 = 86\%$

Жалпы $100 - 86 = 14\%$

$0,05 - 100\%$

каныққан ионитте $x = 0,007$ ерітіндіде $0,043$

8. $Re = 0,07$

$Y_{мл} = 1000\text{мл}$

$D_0 = 0,07 \text{ гр}$

X – сорбент – 1гр

$D_1 = 0,07 - 0,00175 = 0,06825$

$0,07 - 100\%$

$x - 2,5 \quad x = 0,00175$

$$C_1 = \frac{0,06825}{1000} = 0,0000683$$

$$C_2 = \frac{0,4 - 0,49}{1} = 0,00175$$

$$K_{Re} = \frac{0,00175}{0,0000683} = 25,62$$

$$\beta = \text{Ажырату} = \frac{K_U}{K_{Re}} = \frac{150}{25,62} = 8,35$$

Шығымы сорбентке $\Pi = (\beta - 1)/\beta = (8,35 - 1)/8,35 = 0,82 = 82\%$

Жалпы $100 - 82 = 18\%$

$0,07 - 100\%$

каныққан ионитте $x = 0,0126$ ерітіндіде $0,574$

1. $Na = 0,4$

$Y_{мл} = 1000\text{мл}$

$D_0 = 0,4 \text{ гр}$

X – сорбент – 1гр

$D_1 = 0,4 - 0,004 = 0,396$

$0,4 - 100\%$

$x - 1 \quad x = 0,004$

$$C_1 = \frac{0,396}{1000} = 0,000396$$

$$C_2 = \frac{0,4 - 0,396}{1} = 0,004$$

$$K_{Na} = \frac{0,004}{0,000396} = 10,1$$

$$\beta = \text{Ажырату} = \frac{K_U}{K_{Na}} = \frac{150}{10,1} = 14,85$$

Шығымы сорбентке $\Pi = (\beta - 1)/\beta = (14,85 - 1)/14,85 = 0,93=93\%$

Жалпы $100 - 93 = 7\%$

$0,4 - 100\%$

каныққан ионитте $x = 0,028$ ерітіндіде $0,372$

А.2 – кестеде таралу және ажырату коэффициенттері компоненттердің компоненттердің шығындары көрсетілген.

А.2 – кесте – Ажырату және таралу коэффициентінің кестесі

Элемент	Мөлшері	Таралу коэфф K_t	Ажырату коэфф β ,	Сорбент шығымы[%]	Мөлшері	
					каныққан ионит	ерітінді
U	0,2	150		98,5	0,197	0,003
Fe	4,5	15,34	9,78	11	0,495	4,005
Ca	0,55	20,40	7,35	14	0,077	0,473
Mg	0,6	25,64	5,85	18	0,108	0,492
Al	1,3	15,22	9,85	11	1,143	0,157
Si	0,4	20,40	7,354	14	0,056	0,344
Sc	0,05	20,40	7,354	14	0,007	0,043
Re	0,07	25,62	5,85	18	0,0126	0,0574
Na	0,4	10,1	14,85	7	0,028	0,372

Технологиялық үрдістердің толық материалдық балансы А.3 – кестеде көрсетілген.

А.3 – кесте – Технологиялық үрдістердің толық материалдық балансы

Үрдістердің атауы	Өңделу өнімдері	U		Fe _ж		Ca		Mg		Al		Si		Sc		Re		Na		Cl		H ₂		O ₂		S		Баpи
		%	TH	%	TH	%	TH	%	TH	%	%	TH	%	%	TH	%	%	TH	%	%	TH	%	%	TH	%	TH	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Сорбуия	Ерітінді	1,0	0,003	89	4,005	86	0,473	82	0,492	89	0,157	86	0,344	86	0,043	82	0,0574	93	0,372	97,3	0,21	98,1	1,45	98,2	59,27	95,6	28,57	95,44
	Қаныққан нонит	98,5	0,196	10,8	0,493	13,6	0,076	17,8	0,105	10,7	1,138	13,5	0,052	13,5	0,006	17,8	0,0570	6,7	0,025	2,55	0,0056	1,8	0,027	1,6	0,96	4,1	1,23	4,37

А.3 – кестенің жалғасы

Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Денитрация		Ден	
------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	-----	--

Сорбция үрдісі Amberlit IRA – 910 Cl маркалы шайыры аниониттерге қатты негізделген. СНК – 3 типті колонналар жүргіледі. Сорбция үрдісі келесі реакциялар арқылы өтеді $2(R_4N)SO_4 + [UO_2(SO_4)_3] = (R_4N)_2[UO_2(SO_4)_3] + 2SO_4$ Сорбцияда өнімді ерітіндіні өткізген кезде өнімді ерітіндінің 1% амберлит беріледі. А.4 – кестеде сорбция үрдісінің сеппелі балансы көрсетілген

А.4– кесте – Сорбция үрдісінің материалдық балансы

Келуі			Шығымы		
Компонент-тердің аталуы	Мөлшері		Компонент-тердің аталуы	Мөлшері	
	тн	%		тн	%
Өнімді ерітінді	100	99%	Қаныққан ионит	4,37+85% =5,22	5,16%
Амберлит IRA -910	1	1%	Ерітінді	95,44	94,5%
			Бұзылған ионит	0,34	0,34%
Барлығы	101 тн	100%	Барлығы	101 тн	100%

Сорбция үрдісі А.3 – кестеде көрсетілгендей толық материалдық баланс көрсеткіштерінен алынған

Нитратты десорбция (NH_4NO_3) үрдісі СДК – 1500 типті сорбциялы және десорбциялы аппараттарда жүргізіледі. Десорбция үрдісі келесі реакциялар арқылы өтеді: $(R_4N)_2[UO_2(SO_4)_3] + 4NO_3 = [UO_2(SO_4)_3] + 4(R_4N)_2NO_3$ Десорбция үрдісінің материалдық балансы А.5 – кестеде көрсетілген.

А.5 – кесте – Десорбция үрдісінің материалдық балансы

Келуі			Шығымы		
Компоненттердің аталуы	Мөлшері		Компоненттердің аталуы	Мөлшері	
	тн	%		тн	%
Қаныққан ионит	5,22	20%	Тауарлы десорбат	19,60	75,1%
HNO_3 ерітінді	20,88	80%	Пайдаланылған ионит	6,496	24,9
Барлығы	26,1	100%	Барлығы	26,1	100%

Десорбция үрдісінің материалдық шығыны А.3 – кестесінен алынған.

Тауарлы десорбаттан аммиакпен уранды тұндыру үрдісінің материалдық балансы А.6-кестеде келтірілген.

А.6 - кесте - Тауарлы десорбциялық ерітіндіден уранды тұндыру үрдісінің материалдық балансы

Кірісі			Шығысы		
Компоненттердің аталуы	Мөлшері		Компоненттердің аталуы	Мөлшері	
	тн	%		тн	%
Тауарлы десорбат	19,60	70,5 %	Тұнба	9,12	32,8%
NH ₄ OH (ерітіндісі)	8,2	29,5%	Ураннан тазартылған қайтымды ерітінді	18,68	67,2%
Барлығы	27,8	100%	Барлығы	27,8	100%

А.7 – кесте - Тауарлы десорбциялық ерітіндіден уранды тұндыруның көрсеткіштері

Реагент	Концентраттағы уранның құрамы (тұнбадағы), %	Қоспалардың құрамы, %					Қайтымды ерітінділердегі уранның концентрациясы, г/л
		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

Денитрация үрдісі: $2(R_4N)NO_3 + SO_4 = 2(R_4N)SO_4 + 2NO_3$ Ал денитрация H₂SO₄ ерітіндісімен ДНК – 2 десорбционды нитратты колонналарды жүргізіледі

Денитрация үрдісінің материалдық балансы А.8 – кестеде келтірілген.

А.8 – кесте – Денитрация үрдісінің материалдық балансы

Келуі			Шығымы		
Компоненттердің аталуы	Мөлшері		Компоненттердің аталуы	Мөлшері	
	тн	%		тн	%
Пайдаланылған амберлит	6,496	19,488	Тазартылған ионит	1,698	6,5
H ₂ SO ₄	3,248		ерітінді	24,286	93,5
с:к = 3:1 H ₂ O	10,24				
Барлығы	25,984	100%	Барлығы	25,984	100%

А.3 Адсорбер қондырғысын есептеу

Амберлиттің мөлшерін, оның қабат биіктілігі, және адсорбердің диаметрін анықтау. Өнімділік ерітіндінің шығыны 105,1 м³сағ.

Бастапқы уранның концентрациясы $C_0 = 0,026$ кг/м³. Ерітіндінің адсорберден өтетін жылдамдығы 0,02м/с . Амберлиттің динамикалық

активтілігі сыйымдылығы 20% (масса) десорбциядан кейінгі қалдық активтілігі 0,3% (масса) Амберлиттің тығыздығы 700 кг/м³
Амберлитті десорбциялау кептіру және суыту уақыты 5-сағат.

$$G = \frac{105,1 \cdot 5 \cdot 0,026}{0,2 - 0,003} = 803$$

Адсорбердің диаметрін табатын болсақ мына формуламен табылады.

$$D = \sqrt{\frac{10,51}{3600 \cdot 0,785 \cdot 0,02}} = 1,36 \text{ метр}$$

Сорбент қабатының биіктігі:

$$H = \frac{803}{700 \cdot 0,785 \cdot (1,3)^2} = 0,86 \text{ метр}$$

ПІКІР

Дипломдық жоба

(жұмыс түрінің атауы)

Сейдахмет Ясмина Қанатбекқызы

(студенттің Т.А.Ж.)

6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту ББ

(мамандық шифры, атауы)

Тақырыбына «Уранды тауарлы десорбаттан ЖШС "Байкен-У" кен орны жағдайында аммиакты тұндыруын зерттеу»

Өзірленген:

а) түсіндірме жазбасы 44 бетте

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Пікірге ұсынылған дипломдық жоба Уранды тауарлы десорбаттан ЖШС "Байкен-У" кен орны жағдайында аммиакты тұндыруын зерттеу. Зерттеу нәтижесінде ерітінділерден уранды бөлініп шығару үшін химиялық тұндыру, ион алмасу процестері мен экстракцияны қолдануға болатынын зерттеген. Тауарлық десорбаттардан уранды тұндыру және "сары кекті" алу жолы қарастырылған. Алдымен уранды шаймалау арқылы алудан кейінгі ағартылған ерітіндіні тұндырып алу жүргізген, соның нәтижесінде басқада қоспалардан айырылған. Сапалы есептеу мен сары кекті алу жүргізген. Зерттеу кезінде қарастырылған тапсырмалар жетік орындалған.

Дипломдық жұмыста грамматикалық қателіктер кездеседі. Бұл ескерту орындалатын жұмыстың маңыздылығына әсер етпейді.

Жұмыс бағасы

Орындалған жобаға өте жақсы (90%) деген баға қойылады. Жоба авторы Сейдахмет Ясминаға 6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту ББ мамандығының бакалавры деген атақты беруге лайықты деп ойлаймын.

Пікір беруші

PhD, Қазақстан-Британ

техникалық университетінің перспективті

материалдар мен технологиялар

зертханасының басшысы

Шарипов Р.Х.

« 3 » маусым 2023 ж.

Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрінің атауы)

Сейдахмет Ясмина Қанатбекқызы

(білім алушының Т.А.Ә.)

6B07203 - Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

(шифрі мен білім беру бағдарламасы)

Тақырыбы: «Уранды тауарлы десорбаттан ЖІПС "Байкен-У" кен орны жағдайында аммиакты тұндыруын зерттеу».

Орындалған дипломдық жұмыстың түсіндірме жазбасы 44 беттен және 19 слайдтан тұрады.

Жұмыс алдын-ала берілген тақырыпқа және кафедра тапсырмасына сәйкес тиынақты орындалған.

Дипломдық жұмыс уранды кен орны жағдайында аммиакты тұндыруын зерттеуге негізделген.

Жұмысты орындауда дипломант кен орнындағы уранды жер асты ұнғымалы шаймалау әдісі арқылы өңделетін процесстермен танысып соның негізінде қажетті технологиялық сұлбаны қабылдады.

Дипломдық жұмысты жасау барысында дипломант өзінің теориялық білімінің жоғары екенін, қажетті нормативтік құжаттармен жұмыс істей алатынын көрсетті.

Орындалған дипломдық жұмысқа “өте жақсы” (90%) деген баға беріледі және оның авторы Сейдахмет Ясмина Қанатбекқызына «6B07203 - Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасының бакалавры деген академиялық дәрежесін беруге болады деп есептеймін.

Ғылыми жетекші

PhD доктор, аға оқытушысы

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)



қолы

Алтайбаев Б.Т.

Т.А.Ә

« 12 » 06 20 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сейдахмет Ясмина Қанатбекқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Уранды тауарлы десорбаттан ЖШС "Байкен-У" кен орны жағдайында аммиакты тұндыруын зерттеу

Научный руководитель: Бағдат Алтайбаев

Коэффициент Подобия 1: 23.5

Коэффициент Подобия 2: 4.8

Микропробелы: 33

Знаки из других алфавитов: 7

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

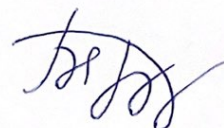
☐ Обоснование:

2023-06-12

Дата

Заведующий кафедрой

Ми Опи
Барменшикова М.Б.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сейдахмет Ясмина Қанатбекқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Уранды тауарлы десорбаттан ЖШС "Байкен-У" кен орны жағдайында аммиакты тұндыруын зерттеу

Научный руководитель: Багдат Алтайбасев

Коэффициент Подобия 1: 23.5

Коэффициент Подобия 2: 4.8

Микропробелы: 33

Знаки из других алфавитов: 7

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2023-06-12

Дата



Елеусиз Тажиев

проверяющий эксперт



Метаданные

Название

Уранды тауарлы десорбаттан ЖШС "Байкен-У" кен орны жагдайында аммиакты тундыруын зерттеу

Автор

Сейдахмет Ясмина Канатбекқызы

Научный руководитель / Эксперт

Багдат Алтайбаев

Подразделение

Г_М_И

Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		7
Интервалы		0
Микропробелы		33
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		146

Объем найденных подоби

Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

4696

Количество слов



KC

34376

Количество фрагментов

Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенными рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("криптоцитаты").

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	Цвет текста
1	https://official.satbayev.university/download/document/10235/%D0%9D%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%20%D0%91%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%20%D0%91%D0%B0%D1%85%D1%8B%D1%82%D0%B1%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B8.pdf	85	1.81 %
2	http://window.edu.ru/catalog/pdf/2txt/819/74819/54894?n_page=20	57	1.21 %
3	https://official.satbayev.university/download/document/10235/%D0%9D%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%20%D0%91%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%20%D0%91%D0%B0%D1%85%D1%8B%D1%82%D0%B1%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B8.pdf	53	1.13 %

4	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу 5/24/2017 Satbayev University (Г_М_И)	48	1.02 %
5	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу 5/24/2017 Satbayev University (Г_М_И)	48	1.02 %
6	«Мыңқұдық» кенорнын геотехнологиялық әдіспен игеру жобасын жасау.doc 4/24/2020 Satbayev University (ИГиНГД)	48	1.02 %
7	https://official.satbayev.university/download/document/10235/%D0%9D%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%20%D0%91%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%20%D0%91%D0%B0%D1%85%D1%8B%D1%82%D0%B1%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B8.pdf	43	0.92 %
8	«Мыңқұдық» кенорнын геотехнологиялық әдіспен игеру жобасын жасау.doc 4/24/2020 Satbayev University (ИГиНГД)	28	0.60 %
9	http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/819/74819/54894?p_page=20	28	0.60 %
10	http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/819/74819/54894?p_page=20	27	0.57 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (15.78 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	«Оңтүстік Ыңғай» кен орнының жағдайында тауарлы десорбатты пероксидті тұндырып алуды зерттеу 5/24/2017 Satbayev University (Г_М_И)	564 (42)	12.01 %
2	«Мыңқұдық» кенорнын геотехнологиялық әдіспен игеру жобасын жасау.doc 4/24/2020 Satbayev University (ИГиНГД)	153 (8)	3.26 %
3	Жылына 1000 тонна құрғақ аммоний диуратын алу өндірісінің цехын жобалау 5/3/2018 Satbayev University (ИХИБТ)	24 (2)	0.51 %

из программы обмена базами данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (15.29 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК (URL)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------------	---

1	https://official.satbayev.university/download/document/10235/%D0%9D%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%20%D0%91%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%20%D0%91%D0%B0%D1%85%D1%8B%D1%82%D0%B1%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B8.pdf	431 (21)	9.18 %
2	http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/819/74819/54894?p_page=20	257 (16)	5.47 %
3	http://www.myshared.ru/slide/764654/	30 (2)	0.64 %

Список принятых фрагментов

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
	http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/819/74819/5...	199 (4.24%)
1	$H_2SO_4 + 2NH_4OH \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$ 7.1 при достижении pH=3.8	19 (0.40%)
2	$UO_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow UO_2(OH)_2 + H_2SO_4$	16 (0.34%)
3	$2UO_2(OH)_2 + 2NH_3$	7 (0.15%)
4	$NH_4)_2UO_4 \cdot 13H_2O$	7 (0.15%)
5	$NH_4)_2[(UO_2)_2SO_4(OH)_4] \cdot 4H_2O$	14 (0.30%)
6	$Fe_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 3(NH_4)_2SO_4$, 7.5 $Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH \rightarrow 2Al(OH)_3$...	57 (1.21%)
7	pH осаждения 1.5-1.9): $Fe_2(SO_4)_3 + 2H_3PO_4 \rightarrow 2Fe(PO_4)_2 + 3H_2SO_4$ 7.8 в отсутстви...	24 (0.51%)
8	$UO_2SO_4 + H_3PO_4 + 3NH_4OH \rightarrow NH_4UO_2PO_4 + 7.9 NH_4)_2SO_4 + 3H_2O$	27 (0.57%)
9	$VO_2)_2SO_4 + 2UO_2SO_4 + 8NH_4OH \rightarrow 2NH_4UO_2VO_4 + 7.10$ $3(NH_4)_2NH_4UO_2VO_4 + 7.10.3(NH_4)_4O_2$...	28 (0.60%)
	https://official.satbayev.university/download/do...	128 (2.73%)
1	2 nh 4 OH $\rightarrow (NH_4)_2UO_2O_7 + 3H_2O$ 15 Аммоний диуранатының шөгүінің жиынтық теңдеуі...	43 (0.92%)
2	$UO_2SO_4 + 6NH_4OH = (NH_4)_2UO_2O_7 + 2(NH_4)_2SO_4 + 3H_2O$ 8 $2UO_2SO_4 + 6NaOH = Na_2U_2O_7 + ...$	85 (1.81%)
	http://www.myshared.ru/slide/764654/	30 (0.64%)
1	$NH_4)_2U_2O_7$	6 (0.13%)
2	$2UO_2(NO_3)_2 + 6NH_4OH \rightarrow (NH_4)_2U_2ONH_4NO_3 + 3H_2O$	24 (0.51%)