

Садуақасова Айгүл Талғатқызының  
6D070900 «Металлургия» мамандығы бойынша  
доктор PhD дәрежесін алуға

Техногенді және гидроминералды шикізаттан табиғи түрлендірілген сіңір гішті қолдана отырып уранды бөліп алудың сіңіру технологиясы тақырыбына

## АНДАТПА

**Тақырыптың өзектілігі.** Қазіргі уақытта уранды гидрометаллургиялық және ПСВ әдісімен бөліп алады. Бірақ бұл әдістермен уранқұрамды ерітінділерді алу мақсатында өңдеу көп қаражатты қажет етеді. Бірақ уран өндірісінің химиялық-металлургиялық техногендік қалдықтарын және уранқұрамды гидроминералдық шикізатты қолдана отырып, кендік шикізатты өңдеудің қымбаттылығын төмендетуге мүмкіндік бар. Уран өндірісінің химиялық-металлургиялық сұйық қалдықтарың құрамында бірінші ондық  $\text{мг/дм}^3$  уран кездеседі. Көрсетілген технологиялық қалдықтардан қайта бөліп алу экологиялық қауіпсіздікті және экономикалық тиімділікті арттырады. Құрамында  $1\div 8 \text{ мг/дм}^3$  мөлшерінде уран кездесетін уранқұрамды гидроминералдық шикізат көздері көптеп кездеседі.

Қазақстанда сіңірушілік қасиеттері бар шунгит және цеолит сияқты табиғи материалдардың үлкен кен орындары бар. Олар сіңіргіштердің уранға қатынасындағы металл гидроксидтерімен түрлендіргеннен кейін сыйымды матрицалар негізінде қолданылуы мүмкін.

**Диссертациялық жұмыстың мақсаты** – Техногенді гидроминералдық шикізаттан табиғи түрлендірілген сорбенттерді қолданып уранды сіңіру арқылы бөліп алу технологиясын әзірлеу.

### **Диссертациялық жұмыстың негізгі міндеттері:**

- 1) Ғылыми әдебиеттер мен патенттік зерттеулер негізінде ерітінділерден уранды сіңіруге қажет арзан сорбенттерді алу мақсатында материалдарды таңдау және негіздеу;
- 2) түрлендіру үрдістерін және сорбенттердің түйіршіктенуін зертханалық өңдеу;
- 3) өңделген сорбенттердің сіңіру қабілетін физикалық-химиялық зерттеу;
- 4) факторларды белгілеу, улучшающих сорбционные свойства природных сорбентов по отношению к урану при его сорбции из техногенного и гидроминерального сырья;
- 5) техногендік және гидроминералдық уранқұрамды шикізатты өңдеген

кезде уранға бай сорбенттерді алу;

б) уранның сорбциялық-десорбциялық технологиялық параметрлерін әзірлеу және техногендік және уранқұрамды шикізаттан уранды бөліп алу үрдістері кезіндегі алынған сіңіргіштерді зерттеу.

**Зерттеу нысаны:** техногендік және гидроминералдық шикізаттан уранды бөліп алу үшін техногендік уранқұрамды ерітінділер, уранқұрамды гидроминералдық шикізаттар (жерасты және көл суы), сіңіргіштер (цеолит, шунгит, қалдық фосфогипс және олардың негізіндегі композициялар) қолданылады.

#### **Ғылыми жаңалығы:**

1. Мыс (II), никель, мырыш гидроксидтерін шунгит пен цеолитте химиялық шөктіру олардың сіңіргіштік және механикалық қасиеттерінің техногендік және гидроминералдық шикізаттан оларды бөліп алу кезінде уранға қатынасын арттыратындығы белгіленді. Шунгит, цеолит, фосфогипс және мыс (II), никель және мырыш гидроксидтері композициясының сіңіргіштік және механикалық қасиеттері белгіленген компоненттердің массалық қатынасымен анықталатындығы көрсетілді.

2. Жаңа бейорганикалық сіңіргіштердің синтезінің заңдылықтары, олардың физикалық-химиялық және сіңіргіштік қасиеттері зерттелді. Диссертацияда өңделген сіңіргіштер үшін  $pK_{и}$  тобының сіңіргіштерді 8,4 бастап 10,36 дейін 0,1 н КОН ерітінділерімен потенциометриялық титраттау кезіндегі ионогендік ионизация дәрежесінің мөлшері анықталды. Потенциометриялық титраттау нәтижелері бойынша алынған түрлендіргіш сіңіргіштер уран иондарын және оның комплекстерін  $UO_2^{2+}$  түрінде сіңіретін катионит болып табылады.

3. Диссертацияда уранды сіңіргеннен кейін техногендік және гидроминералдық ерітінділер сіңіргіштерде түрінде 10-сулы магнийуранилфосфат  $[Mg(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot H_2O]$ , уранил карбонаты  $[UO_2CO_3]$ , 7-сулы уран тетрафториды  $[UF_4 \cdot 7H_2O]$ , және де күрделі уранил фосфаттары, 4-сулы уранил фосфаты  $[(UO_2)_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O]$  және басқалар түрінде кездесетіндігі көрсетілді.

#### **Тәжірибелік маңыздылығы:**

1. Ерітінділерден уранды бөліп алу үшін түрлендірілген сіңіргіштерді қолдану мақсатында шунгит, цеолит және фосфогипс тәрізді шикізаттық материалдар ұсынылды.

Шунгит, цеолит, фосфогипс және мыс (II), никель, мырыш гидроксидтерін қолдана отырып, қолдануға болатын сіңіргіштер қатары әзірленді және ұсынылды. Әзірленген сіңіргіштер техногендік және гидроминералдық шикізаттан уранды бөліп алу үшін ұсынылады.

Техногендік және гидроминералдық шикізаттан уранды бөліп алу диссертацияда әзірленген әдістерді қолдану ұсынылды.

2. Әзірленген сіңіргіштер үшін ДОЕ және ПДОЕ сәйкесінше 1 г сіңіргішке

1,07÷6,75 және 12,40÷95,19 мг уран көрсеткіштері белгіленді. Өзірленген сіңіргіштерде моделді уранды ерітінділерден оларды уранды сіңіру үшін қолданудан кейін уранның есептік мөлшері 1,23÷8,69 % масс.

Диссертациялық зерттеулер барысында алынған бейорганикалық сорбенттер, уран бойынша сіңіргіш сиымдылықпен сипатталып, рудаларын жерасты және гидрометаллургиялық сілтісіздендіру сатысындағы уранды ерітінділерден сорциялау кезінде қолданылатын органикалық шайырлармен сәйкестілігін көрсетеді. Сорбенттердің алынған сипаттары аталған ерітінділерден уранды сіңіріп алу технологиясына негізі ұсынылымдар жасауға жол береді.

Үлгідегі ерітінділерден сорбциялау арқылы алынған уранды сорбенттермен десорбциялау мүмкіндігі көрсетілген (элюент ретінде натрий карбонатының 1М ерітіндісі қолданылған). Уранды сорбенттен элюатқа 80,4 % дейін десорбциялау дәрежесіне жеткізілді.

3. АҚ «УМЗ» уран өндірісінің қалдық ерітінділерінен уранды сіңіру арқылы бөліп алу технологиялық параметрлері анықталды. Берілген зерттеу қорытындылары уранмен қаныққан құрамында уранның мөлшері 3,97 % болатын өте бай кен болып саналатын түрлендірілген шунгит. Бұл нәтиже сіңіргіштер түйіршіктеріне уранның сіңірілумен сипатталады. Аталған нәтиже шунгит пен мыс және никель гидроксидтерінің қоспасынан өндірілген сорбенттің елегінен сіңіру арқылы жүзеге асырылады. Қоспа құрамындағы алынғанзаттың массалық үлесі 16:1.

Динамикалық жағдайда сорбциялау модифицирленген ірі жармалы шунгитті қолдану арқылы «УМЗ» АҚ уран өндірісінің төгінді ерітіндісінен үлгілендіріп, оны сорбциялаудың технологиялық режимі қсынылып отыр. Осы зерттелер нәтижесінде 6,35 % дейін уран рудасының 1 скрыпына сай (өте байытылған руда) уранға бай сорбентті алу мүмкіндігін туғызады. Қол жеткізген нәтижеге үлкендігі +0,5–1,0 мм шунгитті күкірт қышқылымен химиялы түрде белсенділендіріп, модифицирленген мырыш гидроксидімен сорбциялау арқылы жүзеге асып отыр (шунгиттің массалық үлесі : модифицирленген сорбенттегі мырыш гидроксидінің 7:1 тең).

Диссертацияда қарастырылған сорбенттерді пайдалана отырып, «УМЗ»АҚ төгінді ерітіндісінен динамикалық жағдайда сорбциялау кепілді түрде, 1,86÷5,29 % дейін байытылған уран бойынша сорбенттер алынуы анықталды (егер сорбенттің шығындалу мөлшерінің үлесі 0,011 ÷0,027 мұндағы «УМЗ» АҚ төгінді ерітіндінің 1 кг – 1 г уран). «УМЗ» АҚ төгінді ерітінділерінен динамикалық жағдайдағы диссертациядағы қарастырылған сорбенттерді қолдану аталған төгінді ерітінділерін кепілді түрде ураннан тазалау, оның осыған дейінгі құрамы 3 мг/дм<sup>3</sup> егер сорбенттің сорбциялық шығындалу мөлшерінің үлесі

0,024÷0,600 1 кг төгінді ерітіндісінің 1 г урнаға шаққандағы тең мөлшеріне дейін тазартатыны анықталып отыр.

Сонымен қатар, «ҮМЗ» АҚ төгінді ерітіндісінен ураннан шунгитті, цеолитті және фосфогипсті қолданып статикалық жағдайда сорбциялау, оның байытылған мөлшерінің массасы 0,55÷2,34 %-на дейін, «ҮМЗ» АҚ уран құрамды ерітінділерді соренттің шығындалу мөлшерінің үлесін 1 г уранда 0,026÷0,125 және одан да кем болуына кепілдік береді.

Статикалық жағдайда «ҮМЗ» АҚ төгінді ерітіндісінен ураннан шунгит, цеолит және фосфогипсті қолдана отырып тазалау, оның 3 мг/дм<sup>3</sup> дейін егер «ҮМЗ» АҚ төгінді ерітіндісінде 1 г уранның шығындалу мөлшерінің үлесі 0,083÷0,026 дейін кепілді тазартылуын қамтамасыз етеді.

«ҮМЗ» АҚ төгінді ерітіндісінен уранды бөліп алуға шығындалатын сорбенттер үлесінің табылған көрсеткіштері аталған ерітіндіден уранды бөліп алу үшін аппараттық өндеуді негізді түрде тандап алуға болады.

«ҮМЗ» АҚ төгінді ерітіндісінен уранды бөліп алуға жасалып шығарылған сорбенттерді қолдана отырып, элюаттағы уран деңгейін ~99 % дейін жеткізетін десорбция режимі ұсынылған.

«ҮМЗ» АҚ уранның химия-металлургиялық өндірісіндегі осы өндірістегі төгінді ерітінділерден уранның қалған мөлшерін сорбциялық алу жолымен экологиялық қауіпсіздік пен экономикалық тиімділігін артыру мүмкіндігі айқындалды.

Осы еңбек нәтижесінде «ҮМЗ» АҚ уран өндірісінің төгінді ерітіндісінен қалған уранды бөліп алу үшін, аппаратты сорбция–десорбциялау үрдістерінің схемаларын каскадты қстындар немесе тұндырғылар қолдану ұсынылады.

4. Жерасты суларын ураннан көрсетілген сіңіргіштерді қолдана отырып, терең тазартуға мүмкіндігі көрсетілді. Сонымен қатар, 1,3 % ураны бар сіңіргіштер алу мүмкіндігі көрсетілді.

Шунгит пен цеолитті мыс пен никел гидроксидтерімен түрлендіру жерасты су сынама-лары (статикалық сорбция жағдайында) уран иондарымен салыстырғанда жоғары сорбциялық сыйымдылығы бар иониттер алуға болатынын көрсетеді. Үлкендігі -0,1 мм шунгиттің сорбциялық сыйымдылығының уранға қарағандағы өсуі, оның мыс (II) пен никель гидроксидімен түрлендіру жолымен жасалады; цеолит : мыс гидроксиді (II) : никель гидроксидінің бірдей (14÷16) : 1 : 4 мыс пен шунгиттің массалық қатынасына тең.

Никель мен мырышты мыс гидроксидімен түрлендіріп жасалған шунгит құрамды сорбенттерінің елегі уран мөлшеріне сынақталған жерасты суын ураннан терең тазарту мақсатында жасалып шығарылады. Ұберілген сорбенттерді байланыстыру материалы ретінде шоғырлануы 31,42 мг/дм<sup>3</sup> мырыш сульфаты

қолданылған). Осы ерітіндіден механикалық белсендірілген шунгит пен қыздырылған фосфогипстің массалық қатынасы 1:1:1 сорбциялығын ~99 % қамтамасыз етеді. Сорбцияның динамикалық жағдайдағы сорбент кезеңіне 0,3 % масс., бұл III сұрыпты уран раудсымен сәйкес келеді («орта руда»).

Жұмыс қорытындылары негізінде жерасты суларын уранды бөліп алу үшін аппаратуралық сұлбасы ұсынылды.

5. Уранды сіңіру арқылы бөліп алу тәжірибелер қорытындылары бойынша ураны аз Алакөл суынан -0,1 мм ірілікті шунгитті пайдаланып, уранды сіңіру берілген судан уранның сіңіргішке өтуі ~160000 есеге жетеді. Сіңіргеннен кейін алынған кек 0,12 % масс. уранның есептік мөлшерін береді. Ол уранның мөлшері бойынша IV сортты кенге жатады.

6. Уранқұрамды техногендік және минералдық шикізатын қолдана отырып, уран өндірісінің минералдық шикізат көздерін кеңейтуге мүмкіндігі көрсетілді.

#### **Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер:**

1) техногендік және гидроминералдық шикізаттан уранды бөліп алу үшін сіңіргіштерді алу әдістері;

2) техногендік және гидроминералдық шикізаттан уранды алынған сіңіргіштерді қолдана отырып сіңіру арқылы бөліп алу әдістері.

**Жұмыс** ШҚМТУ «Химия, металлургия және байыту» кафедрасында, ЖШС «Казцинк», АҚ «УМЗ» және ЖШС «ALS KazLab» қатысуымен УрФУ «Сирек металдар және наноматериалдар» және «Физикалық және коллоидтық химия» кафедраларында жасалды.

#### **Жұмыс нәтижелерін қабылдау және жарияланымдар.**

Жұмыс материалдары Қазақстанда, жақын және алыс шетелдерде 23 жарияланымдармен баспаланды. ҚР СБҒКК БжҒМ РК негізделген жарияланымдарда 8 статья (сонымен қатар Scopus деректер көзіне кіретін Ресей ғылым Академиясының журналында 1 статья). Диссертация материалдары Халықаралық ғылыми конференцияларда – 15 баяндама, сонымен қатар 2 баяндама жеке (авторларсыз). Ресей ФИПС патент алуға екі шешім алынды, экспертизада ойлап шығаруға 3 өтінім. «Минералдық және техногендік шикізаттан уранды, бериллийді және литийді бөліп алудың технологиясы» атты тақырыпта «STARTUPTOUR 2016 ж. 1 туры бойынша» «Өндірістік технология және материалдар» (номинация басқармасы Фонд «Сколково», Ресей), сонымен қатар «Минералдық және техногендік шикізаттан сирек металдарды бөліп алудың мәселелерін технологиялық шешу» (номинация басқармасы Автономдық Кластерлік Фонд «Инновациялық Технологиялар Паркі», Қазақстан) номинациясында жобаны өту туралы сертификат алынды. Республикалық жастар конкурсында «NURINTECH» инновациялық жобалар сайысының «Озық жас

ғалым» номинациясында бірінші орын жеңіп алғандығы үшін диплом алынды (сайыс басқармасы «Нұр Отан» партиясы).