

«6D072000 – Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы»  
мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D.) дәрежесіне ізденіс

## **ЕСИМКАНОВА УМИТ МУСАБЕКОВНА**

### **Уранды жер асты шаймалауда ілеспе сирек жер металдарын алудың технологиясын жасау**

тақырыбындағы диссертациялық жұмысына

### **АНДАТПА**

#### **Зерттеу тақырыбының өзектілігі**

Қазақстандағы уран кен орындары көптеген сирек және сирек жер металдарын (СЖМ), соның ішінде жоғарғы технологиялық материалдар, аэроғарыш және электронды өнеркәсіпте қолданылатын рений, скандий, ванадий, селен, иттрий және лантаноидтарды алу көздерінің бірі бола табылады. Уран кен орны полиэлемент санатына жатады, рудада орта есеппен болуы мүмкін мөлшер (г/т): 0,25 Re, 3,3 Sc, 106 СЖМ. Жерасты ұңғымаларын шаймалау (ЖҰШ) циркуляциялық ерітіндісінің үлкен көлеміне байланысты скандий, рений және сирек жер металдарын алу өнеркәсіптік қызығушылық тудырады.

2021 жылғы 25 қазанда 2021-2025 жылдарға арналған СЖМ өндірісін ұйымдастыру және ресурстық базаны кеңейту бойынша ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстардың Жол картасы қабылданды. Жол картасында СЖМ технологиясын өндіру жұмыстарының тұтас бір саласы қарастырылып, «Қазатомөнеркәсіп» ҰАҚ» АҚ еншілес тәуелді компаниясы болып табылатын ЖШС «Жоғары технологиялар институты» осы саланың жауапты орындаушысы болып табылады.

Осыған байланысты Қазақстанда кендердің ЖҰШ өнімді ерітінділерінен уранды сорбциялаудан кейінгі сұйылтылған радиоактивті күкірт қышқылды ерітінділерінен сирек жер металдарын алу және концентрациялаудың селективті әдістерін жасау өзекті.

**Диссертациялық жұмыстың мақсаты** экономикалық тұрғыдан ең перспективті ілеспе пайдалы компонентті (ІПК) таңдау. «Қазатомөнеркәсіп» ҰАҚ» АҚ кен орындарында уранды жерасты сілтісіздендіру кезінде уранды сорбциялаудың аналық ерітінділерінен таңдалған ІПК байланысты өндірудің жоғары тиімді және экономикалық қолайлы технологиясын әзірлеу.

Диссертациялық жұмыстың міндеттері:

1. «Қазатомөнеркәсіп» ҰАҚ» АҚ 8 шахтасының технологиялық шешімдеріндегі ілеспе компоненттердің ағымдағы құрамын СМ және СЖМ тиімді өндіру тұрғысынан ең тартымды кен орнын таңдау арқылы анықтау. Уран сорбциясының аналық ерітінділерінен ең экономикалық перспективті ІПК анықтау;

2. Уран сорбциялық аналық ерітіндіден ІПК алу үшін ең тиімді сорбенттерді таңдауды жүзеге асыру;

3. Түрлі катионалмастырғыштардың көмегімен ІПК сорбциясының статикасын, кинетикасын және динамикасын зерттеу;

4. Таңдалған сорбенттен ІПК тиімді десорбциялау әдісін жасау;
5. Десорбаттан ІПК концентрациясының екінші сатысын әзірлеу;
6. Өнеркәсіптік масштабта соңғы өнімді алу үшін уран сорбциясының аналық ерітінділерінен ІПК алу технологиясын жасау. Жасалған технологиядағы ІПК қозғалысының материалдық балансын есептеу.

7. ІПК алудың әзірленген технологиясының техникалық-экономикалық негіздемесін жасау.

**Диссертациялық жұмыстың объектісі** уран және сирек жер металдарын уранның сорбциялық аналық ерітіндісінен сілтілендіру, сорбциялау, десорбциялау.

**Зерттеу нысаны** - Сирек жер металдары, катионалмастырғыш сорбенттер, скандий.

#### **Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы**

1. Алғаш рет Қазақстандағы уран кендерінің ЖҰШ технологиялық ерітінділерінен фосфоры бар Purolite MTS 9580 шайырымен скандий және басқа да сирек жер металдарын сорбциялау үрдістері зерттелді.

2. Алғаш рет Purolite MTS 9580 катионалмастырғышымен сорбция процесінің кинетикалық және динамикалық сипаттамалары зерттелді, бөлу және таралу коэффициенттері, кинетикалық және диффузия коэффициенттері анықталды.

3. Алғаш рет скандий оксидін алудың технологиялық сұлбасы, олардың меншікті шығыны, реагенттердің жылдық шығыны, барлық колонналардың сипаттамалары көрсетілді.

#### **Зерттеудің ғылыми және практикалық маңыздылығы**

1. «б» уран кен орнында қолданылатын негізгі технологиясында елеулі өзгерістерсіз уранды ЖҰШ ерітінділерінен скандийді алу мүмкіндігі көрсетілді. Скандий алудың әзірленген технологиясын басқа уран өндіруші кәсіпорындарда тәжірибелік түрде енгізуге болады.

2. Purolite MTS 9580 ион алмастырғыш шайырымен уран сорбциялық аналық ерітінділерден скандийді алу әдісіне патент алынды.

3. Технологиялық сұлба бойынша техникалық-экономикалық көрсеткіштердің алдын ала есебі жүргізілді, ол уран ЖҰШ өнеркәсіптік ерітінділерінен скандийді алудың қалыпты табыстылығын көрсетті. Орташа жылдық таза пайда жылына 557 000 долларды құрайды деп болжануда.

#### **Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар**

- уран сорбциясының бастапқы ерітіндісін  $15 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$  концентрациясына дейін қышқылдандыру Purolite MTS9580 катионалмастырғышының скандийге алмасу қабілетін  $200 \text{ мг/дм}^3$  дейін арттырады;

- фракциялық десорбцияны қолдану скандий мен негізгі қоспаларды скандийге бай десорбат алу үшін бөлуге мүмкіндік береді;

- қанығуы  $0,4 \text{ кг/м}^3$  дейін Ambersep 920U анионалмастырғышында скандийді қайталап сорбциялау және одан кейін скандийді нитрат ерітінділерімен десорбциялау ары қарай скандийді тікелей тұндыру үшін бай ( $220 \text{ мг/дм}^3$ ) және таза коммерциялық десорбат алуға мүмкіндік береді;

• «б» шахтадағы уранды жерасты ұңғымасынан сілтісіздендірудің кері ерітінділерінен скандийді сорбциялық-десорбциялық экстракциялау схемасы 0,101 кг/сағ скандий оксидінің өнімділігін қамтамасыз етеді.

#### **Негізгі нәтижелердің сипаттамасы**

- Purolite MTS9580 шайырымен скандий сорбциясының статикасын, кинетикасын және динамикасын зерттеу нәтижелері;
- уранның бастапқы аналық ерітінділерін  $\text{H}_2\text{SO}_4$  15 г/дм<sup>3</sup> дейін қышқылдандыру, скандий алмасу қабілетін 200 мг/дм<sup>3</sup> дейін ұлғайтады, бұл көрсеткіш TP260 эталондық шайырынан 3 еседен астам жоғары;
- 150 г/дм<sup>3</sup>  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  концентрациясы бар десорбциялау ерітіндісін қолдану, Purolite MTS9580 шайырынан 85% скандийді десорбциялауға және одан кейін оны технологиялық циклде қайта өңдеуге мүмкіндік берді;
- Ambersep 920U анионалмастырғышында скандийді қайта сорбциялау қанығуы 0,4 кг/м<sup>3</sup> дейін және скандийді нитрат ерітінділерімен десорбциялау скандийді тікелей тұндыру арқылы неғұрлым скандийге бай және таза коммерциялық десорбат алуға мүмкіндік берді;
- Уранның кері ерітінділерінен скандий оксидін сорбциялық-десорбциялық алудың технологиялық схемасы;
- 6-шахтадан уранның сорбциялық аналық ерітінділерінен скандийді алудың әзірленген технологиялық схемасының техникалық-экономикалық есебі.

#### **Зерттеудің негізгі қорытындылары:**

1) 8 кеніштің ішінде сирек кездесетін металдар мен скандийдің барлық көрсеткіштері бойынша ең тартымдысы «б» кен орны болып табылады.

Геологиялық материалдарды зерттеу, уран рудасының құрамын және ЖҰШ өнімді ерітінділерін зерттеу, сондай-ақ әлемдік металл нарығын талдау деректеріне сүйене отырып, ілеспе ретінде негізгі өндірістен скандийді алу перспективті екені көрсетілді.

- дүниежүзілік нарықтағы тауарлық өнімнің құны, \$/кг: скандий оксиді – 2000-4200; аммоний перренаты - 900-1200;  $\Sigma$  СЖМ - 20-25;

2) Purolite MTS9580 ион алмастырғыш шайырының басқа сорбенттерге қарағанда скандийге қатысты жоғары селективтілігі бар екені анықталды. Purolite MTS9580 сорбентінің статикалық алмасу қабілеті максимум – 0,049 мг/см<sup>3</sup>, сәйкесінше MTS 9580 үшін скандийдің бөліну коэффициенті ( $\beta_{\text{сдэ}}$ ) және таралу коэффициенті ( $D_{\text{э}}$ ) басқа шайырларға қарағанда жоғары. Уранның бастапқы аналық ерітіндісін  $\text{H}_2\text{SO}_4$ –15 г/дм<sup>3</sup> мөлшеріне дейін алдын ала қышқылдандыру шарты TP260-пен салыстырғанда Purolite MTS9580 алмасу сиымдылығын 3 есе (200 мг/дм<sup>3</sup>) арттыруға мүмкіндік берді. Purolite MTS9580 скандийден басқа сирек жер металдары мен зиянды қоспалар үшін алмасу сиымдылығы TP260 қарағанда айтарлықтай төмен;

3) Уранның бастапқы аналық ерітіндісінен Purolite MTS9580 ион алмастырғышымен скандий сорбция кинетикасын зерттеу негізінде сорбция процесінің механизмі күрделі екені анықталды. Purolite MTS9580 ион алмастырғышымен скандий сорбция процесі гель диффузиясымен шектеледі.

Purolite MTS9580 катионалмастырғышындағы скандий сорбция процесінің химиялық кезеңі псевдоекінші ретті модельмен сипатталған ( $R^2 = 0,999$ );

4) Purolite MTS9580 шайырына уранның күкірт қышқылды ерітінділерінен скандий сорбциялау механизмі ұсынылған. ИҚ спектроскопиясы скандий иондары мен MTS9580 функционалдық тобы арасында координациялық байланыстың түзілуін растады;

5) Десорбциялау ерітіндісінің таңдалған құрамы ( $H_2SO_4 - 110 \text{ г/дм}^3$ ,  $Na_2CO_3 - 150 \text{ г/дм}^3$ ) тиімді болып шықты.

- орташа құрамды карбонат десорбатындағы скандий мөлшері  $\sim 40 \text{ мг/дм}^3$ , TP 260 катионалмастырғышының десорбатынан алынған  $10 \text{ мг/дм}^3$ -ке қарағанда жоғары;

- Карбонатты десорбаттағы зиянды қоспалар мен сирек жер металдарының мөлшері төмен.

6) Скандийдің екіншілік концентрациясы үшін Ambersep 920U анион алмастырғыш шайыры қолданылды. Толық динамикалық алмасу мүмкіндігі 110 нақты көлем өткеннен кейін қол жеткізілді. ерітінді көлемі. Шайырдағы скандий мөлшері  $420 \text{ мг/дм}^3$  құрады. Скандий концентрациясының дәрежесі - 5,5. Екінші сорбция концентрациясынан кейінгі тауарлық десорбаттың құрамы: Sc -  $220 \text{ мг/дм}^3$ , Al -  $0,03 \text{ мг/дм}^3$ , Fe -  $0,07 \text{ мг/дм}^3$ , Ca -  $0,03 \text{ мг/дм}^3$ , Th -  $2,7 \text{ мг/дм}^3$ ,  $NO_3 - 80 \text{ г/дм}^3$ ;

7) Алғаш рет толық материалдық балансы, меншікті шығын нормалары, реагенттердің жылдық шығыны, барлық колонналардың сипаттамалары,  $Sc_2O_3$  алудың толық схемасы алынды. «б» руднигінің уран сорбциялық аналық ерітінділерінен скандийді алудың әзірленген технологиялық сызбасының техникалық-экономикалық есебі енгізілген өзгерістерді ескере отырып, жылына орташа таза пайда 557 000 АҚШ доллары мөлшерінде күтілуде.

### **Диссертацияның ғылыми және мемлекеттік бағдарламалармен байланысы**

Диссертациялық жұмыс СЖМ-ның ресурстық базасын кеңейту және өндірісін ұйымдастыру бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының Жол картасы аясында жүзеге асырылды.

### **Докторанттың әр жарияланымды дайындауға қосқан үлесінің сипаттамасы.**

Докторант «The study of the kinetic characteristics of sorption of scandium of ion exchanger Purolite MTS9580 from return circulating solutions of underground leaching of uranium ores» (2020, Vol. 22, P. 135-140. IF 0.871 Quartile Q3 <https://doi.org/10.18321/ectj961>) мақаласын «Eurasian Chemicotechnological Journal» басылымында жарыққа шығару үшін сорбциялау, десорбциялау жұмыстарын жүргізді, эксперименттік деректерді алды, эксперименттік нәтижелерді өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

Докторант «Способ извлечения скандия из маточных растворов сорбции урана» (№34597) өнертабысқа патент басылымында жарыққа шығару үшін әдебиеттерге шолу жасауда, сорбциялау, жұмыстарын жүргізді, эксперименттік деректерді алу, эксперименттік нәтижелерді өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

Докторант «Изучение процесса выщелачивания скандия из урановой руды методом филтрационном методом» (сб. науч. тр. Том XXXIII, № 1 (211). – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, У78. 2019, 74 стр.) мақаласын «Успехи в химии и химической технологии» басылымында жарыққа шығару үшін сілтісіздендіру жұмыстарын жүргізуде, эксперименттік деректер алуда, эксперименттік нәтижелерді өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

Докторант «Изучение процесса выщелачивания скандия из урановой руды агитационным методом» » (№1, 2020г., стр. 24-27) мақаласын «Химическая промышленность сегодня» басылымында жарыққа шығару үшін сілтісіздендіру жұмыстарын жүргізуде, эксперименттік деректерді алуда, эксперименттік нәтижелерді өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

Докторант «Раздельная десорбция скандия и примесей» (№1, УДК 546.63. 2020г., стр. 169-182.) мақаласын «Химический журнал Казахстана» басылымында жарыққа шығару үшін десорбциялау жұмыстарын жүргізуде, эксперименттік деректерді алуда, эксперименттік нәтижелерді өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

Докторант «Выбор сорбента для концентрирования скандия из растворов многокомпонентного состава» (№1, УДК 546.63. 2020г., стр. 189-197.) мақаласын «Химический журнал Казахстана» басылымында жарыққа шығару үшін сорбциялау, десорбциялау жұмыстарын жүргізуде, эксперименттік деректерді алуда, эксперименттік нәтижелерді өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

Докторант «Повышение емкости слабокислотного катионита по скандию за счет увеличения кислотности исходного раствора» (20-22 сентября Алматы, 2018 г.) мақаласын ««Перспективы и технологии для диверсификации деятельности АО «НАК «Казатомпром» Халықаралық инновациялар мектебінің есептер жинағы басылымында жарыққа шығару үшін сілтісіздендіру және сорбциялау, десорбциялау жұмыстарын жүргізуде, эксперименттік деректер алуда, эксперименттік нәтижелерді өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

Докторант «Изучение содержания редкоземельных металлов в растворах подземного выщелачивания атомной промышленности Казахстана» (17-18 мая 2018 г.). мақаласын «Современные проблемы физики конденсированного состояния нанотехнологии и наноматериалов» V халықаралық ғылыми конференция материалдарының жинағында жарыққа шығару үшін сілтісіздендіру және сорбциялау, десорбциялау жұмыстарын жүргізуде, эксперименттік деректерді алда, эксперименттік нәтижелерді өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

### **Диссертацияның көлемі мен құрылымы**

Диссертация кіріспеден, жеті бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 149 беттен тұрады, 58 суреттен, 39 кестеден және 102 библиографиялық сілтемеден тұрады.