

## **ШОШАЙ ЖАНСЕРИК**

**8D07201(6D070900) – «Металлургия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін іздену диссертациясына**

### **АҢДАТПА**

#### **«E – WASTE» ЖӘНЕ ТЕХНОГЕНДІК ШИКІЗАТТЫ БІРЛЕСТІРЕ ӨҢДЕУДІҢ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ СХЕМАСЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ӘЗІРЛЕУ**

**Тақырыптың өзектілігі.** «Мыс, алтын, күміс, платина және палладий сияқты түсті металдар бірегей қасиеттеріне – жоғары электр өткізгіштігіне, коррозияға төзімділігіне және каталитикалық процестерге қатысу қабілетіне байланысты заманауи өнеркәсіпте шешуші рөл атқарады. Технологияның дамуымен оларды электронды өнеркәсіпте қолдану, әсіресе микросхемалар, контактілер, қосқыштар және басқа компоненттер өндірісінде айтарлықтай өсті. Алайда, дәстүрлі минералды шикізаттың көлемі мен сапасының төмендеуі асыл металдарды өндірудің балама көздерін іздеу қажеттілігіне әкеледі.

Бұл мәселенің перспективалық шешімдерінің бірі-құрамында түсті металдардың едәуір мөлшері бар техногендік шикізат пен электронды қалдықтарды (e-waste) қайта өңдеу. Қазақстанды қоса алғанда, бүкіл әлемде электрондық қалдықтар көлемінің өсуі оларды залалсыздандыру және қайта өңдеу мәселесін ерекше өзекті етеді. «Жасыл экономика» тұжырымдамасына сәйкес, 2050 жылға қарай Қазақстанда өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу деңгейін 60% - ға дейін жеткізу жоспарлануда, бұл осы салада озық технологияларды енгізуді талап етеді. Сонымен қатар, «Бизнестің жол картасы – 2025» қалдықтарды жинау мен қайта өңдеуді ел экономикасының басым секторларының бірі ретінде анықтайды.

Техногендік және электрондық қалдықтарды кәсіпорындардың өндірістік циклдарына тарту табиғи ресурстарды ұтымды пайдалануға ықпал етіп қана қоймайды, сонымен қатар қоршаған ортаға экологиялық жүктемені азайтады. Түсті металдарды алудың гидрометаллургиялық технологиялары табиғатқа аз әсер ете отырып, оларды алудың жоғары дәрежесін қамтамасыз ете отырып, қайталама ресурстарды қайта өңдеудің перспективалық бағыты болып табылады. Осылайша, техногендік шикізат пен e-waste қайта өңдеудің гидрометаллургиялық схемасын зерттеу және әзірлеу Қазақстан мен әлемдік өнеркәсіп үшін маңызды экономикалық және экологиялық маңызы бар өзекті ғылыми-техникалық мәселе болып табылады.

**Диссертацияның мақсаты** заманауи әдістерді және процестерді аппаратуралық-технологиялық ресімдеуді пайдалана отырып, гидрометаллургиялық өңдеуді интенсификациялау жолымен мыс, алтын және күмісті алуды арттыру үшін e – waste – те және техногендік шикізатта түсті металдардың болу түрін зерттеу болып табылады

### **Диссертацияның міндеттер:**

- Балқаш мыс балқыту зауытының қождарының, Майқайың №1 фабрикасының флотациялық байыту қалдықтарының құрамын анықтау
  - «E – waste» құрамын анықтау (смартфондардың БП);
  - Балқаш мыс балқыту зауытының қождарын және Майқайың №1 фабрикасының флотациялық байыту қалдықтарын бірлестіре өңдеу мүмкіндігін айқындау;
    - «E – waste» гидрометаллургиялық қайта өңдеу мүмкіндігін анықтау ;
    - мыс, алтын, күміс мысалында түсті металдарды ерітінділеу процесінің кинетикалық параметрлеріне микротолқынның және ультрадыбыстың әсерін зерттеу;
    - техногендік шикізаттан мыс, алтын, күміс және «e – waste» мысалында түсті металдарды алудың оңтайлы параметрлерін анықтау үшін ықтималдық-детерминирленген әдіспен эксперименттерді жоспарлауда қолданылуын бағалау;
    - «E – waste» және техногендік шикізатты гидрометаллургиялық тәсілмен бірлестіре өңдеу мүмкіндігін бағалау;
    - техногендік шикізатты қайта өңдеудің және «e-waste» әзірленген гидрометаллургиялық схемасын ірілендірілген тәжірибелік сынақтан өткізу

### **Зерттеу объектісі**

- 1) № 1 Майқайың байыту фабрикасының байыту қалдықтары. Орналасқан жері Павлодар облысы. ҚР.
- 2) Балқаш мыс балқыту зауытының үйінді (жатып қалған) қождары. Қарағанды облысы. ҚР.
- 3) E-waste шикізаты. Компьютерлер мен смартфондардың БП.

### **Ғылыми жаңалығы.**

Алынған кинетикалық мәліметтер негізінде алғаш рет:

- Балқаш мыс балқыту зауытының қождарынан мысты аса жоғары жиілікті сәулеленудің әсерімен күкірт қышқылымен шаймалау процесінің өту механизмі анықталды. Аса жоғары жиілікті микротолқынның 25-тен 85 °С дейінгі температурада мыс алу жылдамдығын арттыруға әсері негізделді, себебі бұл активтену энергиясының аса жоғары жиілікті микротолқын қолданылмаған жағдайда 19,108-ден аса жоғары жиілікті микротолқынды қолданған жағдайда 15,517 кДж/моль дейін төмендеуіне әкеледі, бұл өз кезегінде шаймалау процесінің жылдамдығының диффузиялық шектелу шегінің төмендегенін көрсетеді.

- Шикізатты жоғары жиілікті сәулеленуден алдын ала өңдеумен (МАНФ1) флотациялық байыту қалдықтарынан тиокарбамидтің сулы ерітіндісімен алтынды шаймалау реакциясының өту механизмі анықталды. Аса жоғары жиілікті микротолқын қолданылмаған жағдайда 92 % құраса, ал аса жоғары жиілікті микротолқын қолданылған жағдайда алтынды алу тиімділігінің 94 % дейін жоғарылауы пириттің ашылуымен негізделеді. Бұл кіріккен түріндегі алтын бөлшектерін тікелей қыздыру нәтижесінде жүзеге асады, өйткені аса жоғары жиілікті микротолқын әсерінен металл қоспаларының қызуы бос жыныс қабатының азаюына және диффузиялық

шектелудің төмендеуіне әкеліп, процестің активтену энергиясын төмендетеді.

- Ультрадыбыстық сәулеленудің әсері e-waste құрамындағы алтын мен күмісті тиокарбамид ерітіндісінде шаймалау процесін жеделдететіні дәлелденді. 25-тен 60 °C дейінгі температурада ультрадыбыстық сәулеленудің әсерінен алтын алу процесінің активтену энергиясы ультрадыбыс қолданылмаған жағдайда 31,087-ден ультрадыбыс қолданған жағдайда 14,941 кДж/моль дейін, ал күміс алу процесінің активтену энергиясы 26,618-ден 13,098 кДж/моль дейін төмендейтіні анықталды. Бұл шаймалау процесінің диффузиялық шектелу шегінің төмендегенін көрсетеді.

- Аралас техногендік қалдықтар мен E-waste құрамындағы алтынды тиокарбамид ерітіндісімен ультрадыбыстық әсер ету арқылы шаймалау процесін сипаттайтын бес факторлы математикалық модель алынды.

### **Практикалық маңыздылығы.**

Техногендік шикізат пен e-waste-ті гидрометаллургиялық әдіспен бірлесіп өңдеу бойынша технологиялық схема әзірленді. Бұл схема «Incom» ЖШС базасында тәжірибелік-зертханалық сынақтардан сәтті өтті, сонымен қатар «Майкаинзолото» АҚ-дан сараптамалық қорытынды алынды.

Әзірленген және патенттелген әдіс техногендік шикізат пен e-waste-ті бірлестіре өңдеуге мүмкіндік береді. Техногендік шикізат пен e-waste-ті гидрометаллургиялық әдіспен өңдеу технологиясы тәжірибелік-зертханалық сынақтардан сәтті өтіп, тиімділігі дәлелденді. «Қиын өңделетін кендерден, қайтарма және техногендік шикізаттан алтын алу әдісі» пайдалы модельге патент алынды. Пайдалы модельге патент №8276, 21.07.2023 ж.

Зерттеу нәтижелерінің сенімділігі «VERITAS» артықшылық орталығы аккредиттелген зертханаларының төменде көрсетілген сертификатталған жабдықтарын пайдаланумен расталады. Анализ жүргізу үшін қолданылған жабдықтар:

– ICP-MS 7500 сх индуктивті байланысқан плазмасы бар масс-спектрометрі – элементтердің құрамын спектралдық әдіспен анықтау үшін пайдаланылды;

– Panalytical фирмасының X'Pert PRO рентгендік дифрактометрі – фазалық құрамды зерттеу үшін қолданылды;

– JEOL Ltd. (Жапония) компаниясы өндірген JSM-6390LV сканерлеуші электронды микроскопы және OXFORD Instruments Analytical Limited (Ұлыбритания) компаниясының INCA Energy Penta FET X3 энергия-дисперсиялық микроанализ жүйесі – сынамалар мен үлгілердің бетінің топографиясы мен микроқұрылымын (оның ішінде диэлектриктерді – төмен вакуум режимінде) зерттеу, сапалы және сандық элементтік микроанализ жүргізу үшін пайдаланылды.

– HSC9 бағдарламалық пакеті – процестердің термодинамикалық моделін құру үшін қолданылды;

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

1. Аса жоғары жиілікті сәулеленудің ( $P = 1$  кВт, жиілігі 2,45 ГГц) техногендік шикізатты бірлестіре өңдеуге әсері: Балқаш мыс балқыту

зауытының қождары мен «Майкаинзолото» АҚ флотациялық байыту қалдықтарын күкірт қышқылының сулы ерітіндісімен шаймалау кезеңінде, тотықтыра күйдіру сатысында Аса жоғары жиілікті сәулеленудің қолданылуы мысты алудың тиімділігін 82-ден 89 % дейін арттырады және процестің активтену энергиясын ( $E_{\text{акт}}$ ) 19,108-ден (Аса жоғары жиілікті сәулеленудің қолданылмаған жағдайда) 15,517 кДж/моль дейін (Аса жоғары жиілікті сәулеленудің қолданған жағдайда) төмендетеді.

2. Ультрадыбыстық сәулеленудің әсері электрондық қалдықтарды (E-waste) өңдеу кезінде әсері тиокарбамид ерітіндісінде ультрадыбыспен ( $P = 50$  Вт, жиілік 35 кГц) шаймалау процесінің әсері алтынды алуды 79,4-тен 88,6 % дейін ал күмісті алуды 41-ден 56,3 % дейін арттырады және процестің активтену энергиясын ( $E_{\text{акт}}$ ) алтын үшін 31,087-ден (Ультрадыбыстық сәулеленудің әсері қолданылмаған жағдайда) 14,941 кДж/моль дейін төмендетеді, күміс үшін 26,618-ден (Ультрадыбыстық сәулеленудің әсері қолданылмаған жағдайда) 13,098 кДж/моль дейін төмендетеді.

3. Жоғары ықтималдықпен және сәйкестік дәрежесімен нәтижелерді экстраполяциялау мүмкіндігімен эксперименттік жоспарлаудың ықтималдық-детерминирленген әдісімен алынған математикалық модель:

- алтынды аралас техногендік қалдықтардан Балқаш мыс балқыту зауытының қождары мен «Майкаинзолото» АҚ байыту қалдықтары) тиокарбамид ерітіндісімен алу процесі үшін: корреляция коэффициенті:  $R = 0,99$ ; корреляция коэффициентінің маңыздылығы:  $t_R = >86,5$

- алтынды E-waste-тен алу процесі үшін: корреляция коэффициенті:  $R = 0,86$  корреляция коэффициентінің маңыздылығы:  $t_R = 11,5 > 2$

4. Ұсынылған технологиялық шешімдердің экономикалық тиімділігін дәлелдеу.

**Жұмысты апробациядан өткізу: Диссертацияның негізгі ғылыми нәтижелері төменде келтірілген:**

**1. Scopus дерекқорына кіретін журналдарда бес мақала жарияланды**

- Shoshay Zh, Sapinov R.V., Sadenova M.A., Varbanov P.S., 2021, Hydrometallurgical Methods for Extracting Non-ferrous Metals from Electronic Gadgets Chemical Engineering Transactions 88, 139-144. DOI: 10.3303/CET2188023 - Scopus (Q3 (3 квартиль), процентилі 35)

- Shoshay Zh, Sapinov R.V., Sadenova M.A., Varbanov P.S., 2021, Intensification of the Process of Extracting Non-Ferrous Metals from Kazakhstani Technogenic Raw Materials Chemical Engineering Transactions 88, 1069-1074. DOI:10.3303/CET2188178 - Scopus (Q3 (3 квартиль), процентилі 35)

- Shoshay Z., Sapinov R.V., Sadenova M.A., Beisekenov N.A., Varbanov P.S., Suyundikov M., 2022, Application of Probabilistic-Deterministic Method For Experiment Planning Of Hydrometallurgical Processing Of Various Wastes For Gold Extraction, Chemical Engineering Transactions, 94, 1135-1140 DOI:10.3303/CET2294189. DOI: 10.3303/CET2294189 - Scopus (Q3 (3 квартиль), процентилі 28)

- Shoshay Zh., Sadenova M.A., Suyundikov M.M., Sapinov R.V., Varbanov P.S., Absolyamova D.R. Investigation of ultrasonic influence on the kinetics of extracting gold from electronic waste. *Metalurgia* 62 (2023) 2, 207-210. <https://hrcak.srce.hr/290058> - Scopus (Q3 (3 квартиль), процентилі 35)

- Shoshay Z., Sapinov R.V., Sadenova M.A., Varbanov P.S., Bayeva A.B., 2023, Kinetic Features of Technogenic Raw Material Leaching in Aqueous Sulphuric Acid Solution with Microwave Intensification, *Chemical Engineering Transactions*, 103, 547-552. DOI: 10.3303/CET23103092 - Scopus (Q3 (3 квартиль), процентилі 27)

**2. Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналда бір жарияланым,**

1. Шошай Ж., Сапинов Р. В., Саденова М. А., Баева А. Б., Корабаев Б. С. Изучение влияния микроволновой активации на гидрометаллургический процесс извлечения золота из техногенных отходов. *Научный журнал «Наука и техника Казахстана»*. – 2023. - № 3. – С. 184–196.

**3. «Қиын өңделетін кендерден, қайтарма және техногендік шикізаттан алтын алу тәсілі» ҚР пайдалы моделіне бір патент алынды.**

4. Негізгі нәтижелер 5 халықаралық конференцияда баяндалды:

1. 24-я конференция по интеграции процессов, моделированию и оптимизации для энергосбережения и сокращения загрязнения – PRES'21, Брно, Чешская Республика Октябрь 2021 г. онлайн

2. 25<sup>th</sup> Conference on Process Integration, Modelling, and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction Sustainable Process Integration Laboratory (SPIL), Brno University of Technology, Technická 2896/2, 616 00 Brno, Czech Republic. Сентябрь 2022 г. онлайн

3. Шошай Ж., Сапинов Р.В., Саденова М.А., Варбанов П.С. Техногендік және электронды қалдықтардан алтынды алу мүмкіндіктері мен мәселелері. // Материалы международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы металлургической отрасли: теория и практика». 2023. Стр. 217-220

4. Shoshay Zh., Sadenova M., Varbanov P. Recovery of silver from electronic scrap (methods, features and prospects) //III International Scientific Conference on “Sustainable and Efficient Use of Energy, Water and Natural Resources” (19-24 April 2021 Saint-Petersburg): Saint-Petersburg 2021 pp.273

5. The 24th conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction - PRES'21 has been organised by the Sustainable Process Integration Laboratory - SPIL, NETME Centre, Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic. The venue took place 31 October – 3 November 2021. с. 139–144. Online

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.**

Диссертация кіріспеден, 4 тараудан, қорытындыдан және 6 қосымшадан тұрады. Жұмыс 142 бет баспа мәтіннен тұрады, 49 кесте мен 68 суреттерді қамтиды. Пайдаланылған дереккөздердің тізімі 125 атауды құрайды.