

## АННОТАЦИЯ

**тақырыбы бойынша диссертациялық жұмыс:  
«МЫС СУЛЬФИДТІ КОНЦЕНТРАТТАРЫНЫҢ АВТОГЕНДІК  
БАЛҚЫТУЫНАН ҚОЖДЫ КЕДЕЙЛЕНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН  
ӘЗІРЛЕУ»,**

философия докторы (PhD) дәрежесіне ұсынылған  
8D07204 – «Металлургиялық инженерия» мамандығы

**ДЮСЕБЕКОВА МАРАЛ АДЕЛЬБЕКОВНА**

### **Жұмыс мақсаты**

**Диссертациялық жұмыстың мақсаты** – қымбат күрделі шығындарсыз, қолда бар жабдықтарды пайдалану мүмкіндігімен Балқаш мыс қорыту зауыты (БМЗ) шикізатты кешенді өңдеуді оңтайландыру шараларын әзірлеу болып табылады.

### **Зерттеу мақсаттары**

- мыс қожын жоюдың қолданыстағы әдістері бойынша патенттік ақпаратты іздеу және әдебиеттерге талдау жүргізу;
- мыс өндірісінің шихтасының, флюстерінің және шлактарының физикалық-химиялық сипаттамаларына зерттеу жүргізу, мыстың қождармен жоғалуының ықтимал себептерін анықтау;
- шлак компоненттерінің көміртегімен әрекеттесуіне термодинамикалық талдау жүргізу;
- шлактан мыс жоғалуына әртүрлі көрсеткіштердің әсерін бағалау үшін тәжірибелерді математикалық жоспарлауды орындау;
- терең төмендететін жағдайларда қождың азаюы бойынша зертханалық тәжірибелер жүргізу;
- қосымша жылу көзінің әрекетін зерттеу үшін өндірістік тәжірибелер жүргізу;
- қожды тиімді жою үшін екі аймақтық Ванюков пешінің конструкциясын жетілдіру;
- екі аймақты Ванюков пешінде қождың сарқылу көрсеткіштерінің алдын ала техникалық-экономикалық есептеулерін жүргізу.

Жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмыстарының негізінде ұсынылған әдістер мен осы диссертациялық жұмыста шешілетін міндеттер жалпы мақсатқа жетуге бағытталған.

### **Зерттеу объектілері:**

**Зерттеу объектісі** – Зерттеу объектісі «Kazakhmys Smelting» ЖШС (БМЗ) корпорациясының концентраттар, флюстер және мыс сульфидті концентраттарын автогенді балқытудан алынған қождар болып табылады.

### **Объектілерді жаңғырту әдістері:**

– Рентгендік фазалық талдау және сканерлеуші электронды микроскопия (SEM) көмегімен БМЗ-да қолданылатын флюсті кендерде кремнеземді әртүрлі алюмосиликаттармен ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ;  $(\text{K},\text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ ;  $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ;  $\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_2$ ) байланыстыратын  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -тің жоғары мөлшері бар екені анықталды, және бұл кендердің флюсациялық қабілетін айтарлықтай төмендетеді.

- БМЗ балқыту кезінде қосымша жылу көзінің (көмір) әрекеті туралы жаңа деректер алынды.

-  $\text{P}_{\text{O}_2} < 10^{-10}$  атм кезінде терең төмендетілген жағдайда қожды кедейдендіру туралы жаңа деректер алынды.

### **Объектілерді зерттеу әдістері**

Диссертациялық жұмыста қолданылатын негізгі зерттеу әдістері мен талдауларына мыналар жатады:

- патенттік ақпарат көздерін сыни талдау;

- қазіргі заманғы талдау әдістерінің жиынтығы, мысалы:

1. талдаудың химиялық әдістері (индуктивті байланысқан плазмасы бар оптикалық эмиссиялық спектрометрде Optima 8300 DV, АҚШ, PerkinElmer; титриметриялық әдіс);

2. жартылай сандық рентгендік фазалық дифрактометр (D8 Advance дифрактометр (Bruker AXS GmbH));

3. STA 449 F3 Jupiter құрылғысында шлактарды термиялық талдау, алынған нәтижелерді өңдеу NETZSCH Proteus бағдарламалық құралын пайдалану арқылы жүзеге асырылды.;

4. JEOL JXA 8230 электронды зонд микроанализаторы;

5. «Олимп» поляризациялаушы OLYMPUS BX-51 тікелей өндірістік микроскопында петрографиялық талдау (Жапония);

6. термодинамикалық есептеулер HSC – 5 бағдарламалық пакетінің (Outocumpu Oи) көмегімен орындалды.

### **Қорғауға ұсынылған негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа қорытындылар)**

–мыс өндірісінің шихтасының, флюстерінің және қождарының физикалық-химиялық сипаттамалары бойынша зерттеулердің нәтижелері;

–қож компоненттерінің көмір көміртегімен әрекеттесуіне термодинамикалық талдау нәтижелері;

–қождардағы мыс құрамына әртүрлі факторлардың әсері анықталды;

–қождың азаюы бойынша зертханалық зерттеулердің нәтижелері;

–өндірістік сынақтардың нәтижелері;

–екі аймақты Ванюков пешінің жетілдірілген жобасы ұсынылды;

–техникалық-экономикалық есептеулердің нәтижелері.

Жұмыс Алматы қ., «ИМиО» АҚ «Ауыр және түсті металдар пирометаллургиясы» зертханасында жүргізілді.

## **Зерттеулер мен жұмыстардың қажеттілігін негіздеу**

Қазіргі уақытта жер бетінде құрамында мыс бар және техногендік әрекет нәтижесінде пайда болған 24,6 миллион тоннадан астам қалдық жинақталған. Бұл пирометаллургия әдісімен түсті металдарды өндіру балқыту процесінде алынатын металдың үлесімен салыстырғанда қождардың айтарлықтай түзілуімен сипатталатынымен түсіндіріледі. Кейде балқыту кезінде түзілетін шлак мөлшері бағалы өнеркәсіп өнімдерінің шығымынан он еседен астамға асып кетеді. Жыл сайын 20 миллион тоннадан астам мыс балқытатын қож түзілетіні, Қазақстандағы қож қоры 130 миллион тоннаға жеткені хабарланады. Өндірілген штейннің әрбір тоннасына шамамен 2,2 тонна қож түзіледі. Тау-кен өндіру, өңдеу және металлургия кәсіпорындарының қатты қалдықтарында шамамен 2 млн. мыс, бұл қазірдің өзінде барланған және есептелген 650 млн тонна мыстың әлемдік қорымен салыстыруға болады, олардағы мырыштың орташа мөлшері 2%, мыс 0,5%, темір 35%, қорғасын 0,8%.

Металлургиялық қождарды өңдеу және металдандырылған фазаны және металдарда таусылған силикат бөлігін алу мәселесін шешу үшін қож балқымаларын терең қалпына келтіретін процесті құру қажет. Алайда бүгінгі күнге дейін бұл мәселе толық шешілген жоқ. Түсті металлургия қожын өңдеудің жаңа технологияларын жасау үшін заманауи ғылыми жабдықтарды пайдалана отырып, физикалық-химиялық зерттеулер кешенін жүргізу қажет.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты қожбен мыстың жоғалуының негізгі себептерін зерттеуге, сондай-ақ бағалы компоненттерді неғұрлым толық алуға мүмкіндік беретін тиімді әдістерді жасауға бағытталған ғылыми зерттеулер жүргізу қажет.

## **Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы**

Бірінші бөлімде мыс өндірісінің қазіргі жағдайына, құрамында сульфидті мыс бар шикізатты балқытудың автогендік процестеріне қысқаша талдау жасау және бар шикізатты терең талдау негізінде мыстың қожбен жоғалуының негізгі себептері белгіленеді; қожды тоздыру әдістері, ғылыми зерттеулердің бағытын негіздеу және таңдау жүргізіледі.

Екінші бөлімде шихтаның, қож үлгілерінің химиялық құрамының сипаттамасы, қосымша жылу көздерінің калориялық құндылығы, мыс және асыл металдардың таралуы, сонымен қатар сұйық фазалардың түзілуіне және қожбен мыстың жоғалуына әсер ететін себептер мен факторлар зерттеледі.

Үшінші бөлімде флюсті кеннің физика-химиялық сипаттамалары зерттелді, кремнеземді әртүрлі ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ;  $(\text{K},\text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ ,  $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ;  $\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_2$ ;) алюмосиликаттарға байланыстыратын  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -тің жоғары мөлшері анықталды және бұл кендердің флюсациялық қабілетін айтарлықтай төмендетеді.

Төртінші бөлімде 0ож компоненттерінің көмірмен әрекеттесуіне термодинамикалық талдау жасалады. Тәжірибелерді математикалық жоспарлау жүргізілді, регрессия теңдеуі алынды:

$$Y = 0,769 + 0,058X_1 - 0,033X_2 - 0,158X_3 + 0,031X_1X_2X_3,$$

бұл ең маңызды фактор температура екенін көрсетті. Зертханалық тәжірибелер терең қалпына келтіру жағдайында қождың сарқылуы қождағы мыс пен магнетит мөлшерінің төмендеуіне әкелетінін көрсетті. Оңтайлы процесс температурасы 1300°C.

Бесінші бөлімде көмірдің барлығы жылу бөлінуімен жанбайтынын, оның бір бөлігі металл оксидтерімен:  $C + MeO = CO + Me - \Delta H$  әрекеттесіп, оларды қалпына келтіретін эндотермиялық реакцияларға түсетінін көрсететін тәжірибелік сынақтардың нәтижелері берілген.

Алтыншы бөлімде электрмен жылытылатын редукция аймағы бар екі аймақты Ванюков пешінің жобасы ұсынылады. Бұл жетілдірілген дизайнның орындылығын растайтын зертханалық тәжірибелердің нәтижелері ұсынылған. Редукциялық өңдеу мыстың 0,81%-дан 0,043%-ға дейін айтарлықтай сарқылуына ықпал етеді.  $Fe_3O_4$  және  $Fe_2O_3$  де көміртегімен металдық темірге дейін тотықсызданады. Бұл тәжірибеде темірдің тотықсыздану дәрежесі және оның металданған фазаға өтуі 30-50% құрады.

Сондай-ақ оның біркелкі таралуын және қожмен тиімді әрекеттесуін қамтамасыз ету үшін қалпына келтіру агентін беруге арналған арнайы құрылғы ұсынылады. Бұл әдіс асқын тотығу процесін болдырмайды, шаң шығарындыларын азайтады және жарылыстың артық оттегін байланыстырады.

Жетінші бөлімде осы инновацияларды пайдалана отырып, шлактардың сарқылуының техникалық-экономикалық көрсеткіштерінің есептеулері берілген. Осы есептеулердің нәтижелері ұсынылып отырған екі аймақты пештегі қысқарту әдісінің қазіргі өндіру әдістерімен салыстырғанда бағалы металдарды алуды жақсартуға және рентабельдікті арттыруға болатынын көрсетті, бұл 40 млн АҚШ долларын құрайтын болады.

### **Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу**

Тақырыптың жаңалығы БМЗ-да қазіргі шикізат түрін (концентраттар, флюстер, көмір) пайдалана отырып, қолданыстағы жабдықты қайта құруға ең аз шығындармен мыс сульфидті концентраттарды автогенді балқыту кезінде қожды сарқу технологиясын жасауда.

### **Жаңа ғылыми нәтижелер келесідей:**

- Рентгендік фазалық талдауды және сканерлеуші электронды микроскопты (СЭМ) пайдалана отырып, алғаш рет БМЗ-да қолданылатын флюсті кендердің құрамында кремнеземді әртүрлі ( $Al_2SiO_5$ ;  $(K,Na)AlSi_3O_8$ ,  $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$ ;  $KAl_2[Si_3AlO_{10}](OH)_2$ ;) алюмосиликаттарға байланыстыратын  $Al_2O_3$ -тің жоғары мөлшері анықталды және бұл кендердің флюсациялық қабілетін айтарлықтай төмендетеді.

- БМЗ балқыту кезінде қосымша жылу көзінің (көмір) әрекеті туралы жаңа деректер алынды.

-  $P_{O_2} < 10^{-10}$  атм кезінде терең төмендетілген жағдайда қожды алу туралы жаңа деректер алынды.

### **Зерттеудің технологиялық жаңалығы:**

Ванюков пешінің жетілдірілген іргелі жобасы ұсынылды, ол екі негізгі аймақтың болуын қарастырады: балқу аймағы және редукция аймағы. Редукция аймағы, өз кезегінде, фурма арқылы қалпына келтіретін заттарды жеткізу жүйесімен жабдықталған. Ең бастысы - шлактан жоғары мысты алу үшін терең азайту және температураны бақылау үшін төмен  $P_{O_2}$  мәндерін қамтамасыз ету.

### **Ғылыми даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі**

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы «Экология, қоршаған орта және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану» ғылымының дамуының басым бағытына сәйкес келеді; Қазақстан Республикасы Үкіметінің жанындағы Ұлттық ғылыми кеңестің «Минералды және органикалық ресурстарды тереңдете өңдеу» мамандандырылған ғылыми бағытына сәйкес келеді.

Ғылыми салалардың классификаторына сәйкес зерттеу саласы «Техника және технология; Материалдар инженериясы; Металлургия».

Диссертациялық жұмыс 2019-2021 жылдарға арналған ғылыми зерттеулерді бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру жобасы аясында «Бақымадағы шихтаны тиеу аймақтарын біріктіру жағдайында сульфидті мыс шикізатын автогенді балқыту технологиясын әзірлеу, балқымаларды енгізу. тотықтырғыш және жылу генерациясы» тақырыбы бойынша: «Ванюков пешінде фурма арқылы сұйық балқыма ваннасына беру кезінде қосымша отынды қолдану арқылы автогенді балқытудың термиялық режимін зерттеу» (AP08855511).

### **Автордың жеке үлесі**

Автордың жеке үлесі автогенді балқытуда қолданылатын бастапқы материалдарды зерттеуден, диссертациялық жұмыста баяндалған зертханалық тәжірибелерді орындаудан, оның ішінде эксперименттік зерттеу әдістерінен, өндірістік сынақтарға қатысудан, нәтижелерін конференцияларда талдап өңдеуден және патент алудан тұрады.

### **Жұмыстың апробациясы**

*Диссертациялық жұмыстың материалдары негізінде 8 баспа жұмысы жарияланды, оның ішінде 3 мақаласы Scopus/Web of Science деректер базасына енгізілген халықаралық рецензияланған ғылыми журналдарда жарияланған:*

1. M.Dyussebekova, B. Kenzhaliyev, S. Kvyatkovskiy, E. Sit'ko, D.Nurkhadianto. The main reasons for increased copper losses with slags from Vanyukov Furnace. Metalurgija. Vol 60. 2021. P. 309-312, Percentile 37%.

2. Dyussebekova, M.; Kenzhaliyev, B.; Kvyatkovskiy, S.; Kozhakhmetov, S.; Semenova, A.; Sukurov, B. Study of the Effect of Fluxing Ability of Flux Ores on Minimizing of Copper Losses with Slags during Copper Concentrate

Smelting. Metals 2022, 12, 1240. <https://doi.org/10.3390/met12081240>, Procentile 75%, Q2.

3. Ye. A. Ospanov, S. A. Kvyatkovskiy, S. M. Kozhakhmetov, L. V. Sokolovskaya, A. S. Semenova, M. Dyussebekova & A. A. Shakhalov. Slag heterogeneity of autogenous copper concentrates smelting. Canadian Metallurgical Quarterly 2022, DOI: 10.1080/00084433.2022.2119495, Procentile 47%, Q 4.

*Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдардағы мақалалар:*

1. Kenzhaliyev B.K., Kvyatkovskiy S.A., Dyussebekova M.A., Semenova A.S., Nurhadiyanto D. Analysis of Existing Technologies for Depletion of Dump Slags of Autogenous Melting. Complex Use of Mineral Resources 2022, 4, 323. DOI: 10.31643/2022/6445.36

*Халықаралық ғылыми-практикалық конференциялардың материалдары:*

1. M.Dyussebekova «Processing of Various Copper Sulfide Concentrates by Vanyukov Smelting». Proceedings of the International Conference on Engineering, Technology and Vocational Education (ICETVE 2020), Malaysia, 7-th November 2020. P.70-71

2. Dyussebekova M.A., Kvyatkovskiy S.A., Kenzhaliyev B.K. & Didik Nurhadiyanto. «Dependence of the increased content of copper and magnetite in the slags on the composition of the smelting products». Proceedings of the International Innovation Arsvot Malaysia (IAM2021), 10-th of April 2021.P. 387

3. M.A. Dyussebekova, S.A. Kvyatkovskiy, L.V. Sokolovskaya, A.S. Semenova. «Effective methods of depletion of liquid slags of autogenous smelting of copper sulfide concentrates». Proceedings of the international scientific and practical conference “Satpayev Readings - 2022. Trends in modern scientific research” April 12, 2022, pp. 1325-1329, ISBN 978-601-323-291-1.

4. M.A. Dyussebekova «The process of Depletion of Copper Smelting Slag in a Two-zone PV Furnace». Presentation Materials of VI International Practical Conference “Challenges of Science” 15-16 November, 2023, pp. 532-541, ISBN 978-601-323-356-7.

*Патент*

Дюсебекова М.А., Кенжалиев Б.К., Қожахметов С.М., Квятковский С.А., Ситко Е.А., Семенова А.С. Сульфидті материалдарды сұйық ваннада үздіксіз балқыту пеші. № 8335 05.05.2023 ж.

Автордың жалпы жеке қатысуы 100% құрады.