

**Касымова Динара Бекжановнаның 8D07202 –«Металлургия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған «Құрамында мысы бар компонентердің алтыны бар кендерді циандық ертінділеу көрсеткіштеріне кері әсерін төмендету бойынша зерттеулер» диссертациялық жұмысының**

**АҢДАТПАСЫ**

**Тақырыптың өзектілігі.** Қазіргі тау-кен өнеркәсібі кендердің минералогиялық күрделілігінің өсуімен және кен денелерінің орташа құнының төмендеуімен жұмыс істеуге мәжбүр, бұл бұрын рентабельді болмаған кен орындарын экономикалық тұрғыдан маңызды етеді. Мұндай жағдайларда алтын мен мыс минералдарының бір кен массивінде жиі қатар кездесуі дәстүрлі цианидті алтынды бөліп алу технологиясына елеулі технологиялық және экономикалық кедергілер тудырады. Әр түрлі минералогиялық формалардағы мыс (оксидтер, сульфидтер және т.б.) тұрақты күрделі қосылыстар түзу арқылы қол жетімді бос цианидті белсенді түрде жұмсай алады, бұл реагентті тұтынудың едәуір артуына, алтын өндірудің төмендеуіне және операциялық шығындардың өсуіне әкеледі. Тікелей экономикалық шығындардан басқа, еритін мыстың болуы бірқатар ілеспе технологиялық проблемаларды тудырады: белсендірілген көмірде адсорбция үшін алтынмен бәсекелестік, алтынның электролиттік тұндыру тиімділігінің төмендеуі, құрамында мыс бар минералдардың беттерінде алтынның цементтелуі және қалдықтарды тазарту көлемі мен күрделілігінің артуы. Бұл әсерлер салыстырмалы түрде төмен еритін мыс цианиді концентрацияда да көрінеді, бұл кенді алдын ала дайындаудың немесе кондиционерлеудің бейімделген әдістерін ерте және дәл минералогиялық болжау және енгізу қажет етеді. Ғылыми ізденістің өзектілігі тек экономикалық орындылықпен ғана емес, сонымен қатар экологиялық және реттеуші талаптармен де байланысты: цианидті тұтынудың жоғарылауы және мыс цианидінің кешенді қосылыстарының түзілуі технологиялық ертінділерді залалсыздандыруды қиындатады және детоксикация мен рекультивацияға қосымша шығындарды қажет ететін экологиялық тәуекелдерді арттырады. Сондықтан мыс пен цианидтің өзара әрекеттесуін азайту, циандауға дейін мысты тиімді алу немесе цианидті тұйық циклде қайтару және қалпына келтіру үшін технологиялық сұлбаларды әзірлеу кәсіпорындардың тұрақтылығы мен бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін басымдық болып қала береді.

**Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы:**

– Қайталама мыс сульфидтері (борнит, халькозин, ковеллин) бар микро түйіршікті (10-44 мкм) халькопирит агрегаттарының текстуралық-құрылымдық және морфологиялық ерекшеліктерінің алтынның пассивтену («экрандау») әсерін қалыптастырудағы және лабильді мыстың бәсекелес кешен түзілуі есебінен оның еру процесін кинетикалық шектеудегі айқындаушы рөлі дәлелденді.

- Айналымдағы технологиялық ертінділерден мыс иондарын қосымша

сульфидизаторларды енгізбестен шығару механизмін негіздейтін, мыс пен күкірттің иондық формаларының сілтілі-цианидті ортада таралуының физика-химиялық заңдылықтары анықталды, бұл айналымдағы суда жағымсыз тұз қоспаларының жиналуын азайтудың синергетикалық әсерін қамтамасыз етеді.

- Құрамында изоморфты және лабильді мыс бар минералдардың қатысуымен асыл металды селективті шаймалаудың термодинамикалық шекараларын белгілейтін деструктивті емес лигандтардың қатысуымен алтын мен мыстың түйіндес фазаларының электрохимиялық потенциалдары арасындағы іргелі өзара байланысы анықталды.

- Аралық метастабильді фазалардың түзілуіне байланысты тұрақты мыс-цианид кешендерін жою үшін күшті тотықтырғыштарды (хлорлы әк, натрий гипохлориті) қолданудың термодинамикалық шектеулері кинетикалық негізделген.

- Ықтималдық-детерминистік тәсіл және адаптивті күшейту алгоритмдері (AdaBoost) негізінде алтын гидрометаллургиясындағы сызықтық емес гетерогенді процестерді интеллектуалды модельдеу әдістемесі әзірленді, бұл сульфидизацияның өтпелі режимдері мен мыстың қалдық концентрациясының параметрлерін жоғары дәлдікпен (2-2.5 есе) жуықтауға және болжауға мүмкіндік береді.

**Диссертациялық жұмыстың мақсаты** – ілеспе тауарлық мыс өнімін ала отырып, алтын алуды арттыруға бағытталған алтын мыс кендерін сорбциялық шаймалаудың тиімді жаңғыртылған технологиясын әзірлеу.

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

1. Алтынның экрандалуы және бәсекелес кешен түзілуі есебінен еру кинетикасын негіздейтін, микро түйіршікті сипатымен (10-44 мкм) және халькопириттің қайталама лабильді мыс сульфидтерімен (борнит, халькозин, ковеллин) агрегациялануының жоғары дәрежесімен айқындалатын алтын мыс кендерінің циандау көрсеткіштерінің төмендеу заңдылығы.

2. Технологиялық ерітінділерден мыс тұндыру процесін басқарудың болжамды математикалық моделі және алгоритмі, қайта өңделетін шикізаттың тұрақсыз заттық құрамы жағдайында сульфидизацияның өтпелі режимдерін жуықтау қателігінің екі есе төмендеуін қамтамасыз ететін ықтималдық-детерминистік тәсіл мен ансамбльдік машиналық оқытудың (AdaBoost) интеграциясына негізделген.

3. Айналымдағы сумен жабдықтау жүйесіне тұз жүктемесін бір мезгілде төмендете отырып, мысты сорбциялық циандау ерітінділерінен шығаруды қамтамасыз ететін, еруі қиын (CuCN) түріндегі мыс тұндырудың физика-химиялық негізделген технологиясы.

4. «Юбилейное» кен орнының алтын мыс кендерін гидрометаллургиялық өңдеудің кешенді тұйық технологиялық сұлбасы, мыс тұндырудың дәлдігімен және натрий тұздарымен қалдық цианидтердің терең жойылуымен сипатталады, экологиялық нормативтерді сақтай отырып, тауарлық өнімдерге алтын мен мысты түпкілікті алуды қамтамасыз етеді.

**Жұмыстың практикалық маңыздылығы** – тәжірибелік-өнеркәсіптік сынамадан өткен қосымша коммерциялық мыс өнімін ала отырып,

гидрометаллургиялық әдіспен «Юбилейное» кен орнының алтын мыс кенін өңдеу технологиясы әзірленді.

**Жұмысты сынақтан өткізу:** «Айналымдағы цианид ерітіндісінен мыс тұндыру тәсілі» ҚР пайдалы моделіне патент алынды.

Диссертациялық жұмыстың негізгі ғылыми нәтижелері Қазақстан Республикасында және шетелде жарияланған алты басылымда ұсынылған:

1. Касымова Д.Б., Әділқанова М.Ә., Кокаева Г.А., Мамяченков С.В., Кушакова Л.Б. Қазақстан кен орнының құрамында алтыны бар кеннің минералогиялық құрамын зерттеу // Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы - 2019 - №3 - Б. 28 – 35.

2. Касымова Д.Б., Әділқанова М.Ә., Мамяченков С.В., Сизикова Н.В. Құрамында мыс мөлшері жоғары алтын бар шикізатты өңдеу кезінде алтын мен мысты селективті бөлу әдістері//Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы - 2020 - №4 - С. 36 – 40.

– оның ішінде ҚР БҒМ КОКСОН ұсынған басылымдарда үш мақала жарияланды

3. Kassymova D.B., Sapinov R.V., Kulenova N.A., Adilkanova M.A. Study of the material composition of gold-copper ores from Kazakhstani deposits// Science and Technology of Kazakhstan - 2025 - №1 - P. 248 – 258.

4. Kassymova D.B., Sapinov R.V., Adilkanova M.A. Selection of optimal cyanide leaching modes for gold from ore deposits in the republic of Kazakhstan// Science and Technology of Kazakhstan - 2025 - №3 - P. 257 –266.

5. Касымова Д.Б., Сапинов Р.В., Адылканова М.А., Реутова Г.А. Құрамында мыс мөлшері жоғары цианидтік ерітінділеуден алынған ерітіндідегі алтын мен мысты сорбциялау және десорбциялау үрдістерін зерттеу//Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ хабаршысы. – 2025. – №4. – С.36 – 40.

6. Р.В. Сапинов, Д.Б. Касымова, М.А. Adilkanova. Өңделуі қиын кендерді циандау технологиясында мыс тұндырудың оңтайлы параметрлерін болжау: экспериментті жоспарлаудан модельдеуге дейін Adaboost//Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ хабаршысы. – 2026. – №3. – С.- - -.

– Scopus дерекқорына (Q2 (2 квартиль), процентиль60) және WoS (Q2) дерекқорына кіретін журналдағы мақала;

1.Kassymova, D.; \*Sapinov, R.; Kushakova, L.; Kulenova, N.; Shoshay, Z.; Adylkanova, M. Optimization of Copper Recovery from Cyanide Leaching Solutions Used in Gold–Copper Ore Processing Using Probabilistic–Deterministic Experimental Design. Processes 2025, 13, 61.

«Айналымдағы цианид ерітіндісінен мыс тұндыру тәсілі» ҚР пайдалы моделіне патент алынды.

Негізгі нәтижелер екі халықаралық конференцияда баяндалды:

1. Құрамында мыс мөлшері жоғары Қазақстан кен орнындағы құрамында алтыны бар кендерді өнеркәсіптік өңдеу практикасын зерделеу// «Қазақстанның экспортқа бағдарланған индустрияландырудың негізі ретінде жаратылыстану ғылымдары саласындағы инновациялар» ғылыми-практикалық конференция материалдары. Алматы 2019. – Б. 367-370.

2. Мыс құрамы мен формаларына байланысты алтын-мыс кендерін өңдеу әдісінің ерекшеліктерін зерттеу // «Плаксин оқулары – 2019» халықаралық конференциясының материалдары. 21 ғасырдағы минералды шикізатты тиімді өңдеудің мәселелері мен болашағы. Иркутск 2019-Б. 72-74.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.**

Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан және 5 қосымшадан тұрады. Жұмыс баспа мәтінінің 136 бетінде көрсетілген, 40 кесте, 37 сурет бар. Пайдаланылған дереккөздердің тізіміне 125 атау кіреді.