

**ТЫМБАЕВА ӘЙГЕРІМ ӘЛБЕКҚЫЗЫНЫҢ**  
6D070900 – «Металлургия» мамандығы бойынша  
философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған  
**«ҚОРҒАСЫН ЖӘНЕ МЫС ӨНЕРКӘСІПТЕРІНІҢ МЫШЬЯК**  
**ҚҰРАМДАС МАТЕРИАЛДАРЫН ӨНДЕП МЫШЬЯКТЫ ТӨМЕН**  
**ҚАУІПТІ ҚАЛДЫҚ РЕТІНДЕ ШЫҒАРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН**  
**ӘЗІРЛЕУ»**  
тақырыбындағы диссертациялық жұмысының  
**АҢДАТПАСЫ**

**Диссертациялық жұмыстың мақсаты** күшәннің (мышьяктың) селективті шығарылуын қамтамасыз ететін күкірт-сілтілі реагентті қолдана отырып, қорғасын өндірісінің мыс шликерын өңдеу технологиясын әзірлеу болып табылады.

**Зерттеу міндеттері:**

- қорғасын өндірісінің мыс шликерын күкірт-сілтілі ерітінділеу процесінің термодинамикалық заңдылықтарын зерттеу;
- мыс шликерын ерітінділеу, күшәнді (мышьякты) тұндыру параметрлерін таңдау және негіздеу;
- күкірт-сілтілі реагентті регенерациялау мүмкіндігін зерттеу;
- қорғасын өндірісінің мыс шликерын гидрометаллургиялық өңдеудің технологиялық сызбасын әзірлеу.

**Зерттеу әдістері:**

Диссертациялық жұмысты орындау кезінде қолданылатын зерттеулер мен талдаулардың негізгі әдістеріне мыналар жатады:

- гидрометаллургиялық өңдеудің шикізаты мен өнімдерін талдаудың заманауи физика-химиялық әдістерінің кешені: атомдық-абсорбциялық талдау (PinAAcle спектрометрі, PerkinElmer фирмасы), оптикалық эмиссиялық талдау (Agilent 710 ES индуктивті-байланысқан плазмасы бар спектрометр), термогравиметриялық талдау (Mettler Toledo фирмасының анализаторы), рентгенофазалық талдау (PANalytical компаниясы өндірген x ' Pert PRO рентгендік дифрактометрі), микроталдау (растрлық электрондық микроскоп JSM-6390lv "JEOL Ltd."), ИК-спектроскопиялық талдау (Simex фирмасының ИК спектрометрі ft-801).

- экспериментті жоспарлаудың ықтималды-детерминистік әдісі;
- мыс шликерын күкірт-сілтілі ерітінділеу және күшәнді (мышьякты) тұндыру кезінде орын алатын гидрометаллургиялық процестердің термодинамикасын зерттеу HSC Chemistry 5.1 нұсқасының бағдарламасын пайдалана отырып жүргізілді;
- статистикалық деректерді талдау және оларды визуализациялау Statistica 7.0 бағдарламасының көмегімен жүзеге асырылды.

**Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа да тұжырымдар):**

- мыс шликерын күкірт-сілтілі ерітінділеуі кезінде болатын гидрометаллургиялық процестердің термодинамикасын физикалық-химиялық зерттеу нәтижелері;

- ерітінділеу, күшәнді (мышьякты) тұндыру және күкірт-сілтілі реагентті регенерациялау үдерістерін зертханалық зерттеу нәтижелері;

- қорғасын, мырыш, мыс, алтын және күміс сияқты бес бағалы металдарға қатысты күшәнді (мышьякты) шығарудың селективтілігін қамтамасыз ететін күкірт-сілтілі реагентті пайдалана отырып, қорғасын өндірісінің мыс шликерын гидрометаллургиялық өңдеу технологиясы.

**Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы:**

- Алғаш рет мыс шликерынан мышьякты күкірт-сілтілі ерітінділеу процесінің заңдылықтары тәжірибелі түрде анықталды. Бұл ретте:

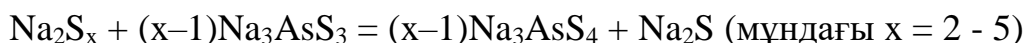
1) мыс арсенидін күкірт-сілтілі ерітіндіде ерітудің үш сатылы механизмі ұсынылады. Бірінші кезеңде полисульфидті ерітіндіде мыс арсенидінің еруі реакциясы бойынша тұнба – мыс (I) сульфиді және еритін қосылыс -  $\text{NaAsS}_2$  түзіледі:



Екінші кезеңде  $\text{NaAsS}_2$  қосылысымен натрий сульфидінің өзара әрекеттесуінің нәтижесінде  $\text{Na}_3\text{AsS}_3$  түзіледі:



Үшінші кезеңде натрий полисульфидімен  $\text{Na}_3\text{AsS}_3$  тотығуы  $\text{Na}_3\text{AsS}_4$  түзілуімен жүреді:



2) мышьякты мыс шликерынан күкірт-сілтілі ерітінділеу жағдайында активтендірудің айқын энергиясы - 37,5 кДж/моль шамасының алынған мәні процестің өтпелі және кинетикалық режимдерде өту мүмкіндігін көрсетеді, яғни реакциялар жылдамдығы көбінесе ерітіндінің құрамына байланысты болады.

3) күкірт-сілтілі ерітіндідегі натрий гидроксидінің үлесі 100 г/дм<sup>3</sup>-ден 50 г/дм<sup>3</sup>-ге дейін төмендеген кезде процестің шектеуші сатысы натрий метатиоарсенидінің ( $\text{NaAsS}_2$ ) натрий тиоарсенидін ( $\text{Na}_3\text{AsS}_3$ ) ала отырып, натрий сульфидімен өзара әрекеттесуі болып табылады. Күкірт-сілтілі ерітіндідегі күкірт үлесі 100 г/дм<sup>3</sup>-ден 25 г/дм<sup>3</sup>-ге дейін төмендеген кезде процесс натрий тиоарсенидінің ( $\text{Na}_3\text{AsS}_3$ ) натрий тиоарсенатына ( $\text{Na}_3\text{AsS}_4$ ) дейін тотығуымен шектеледі.

- Алғаш рет 25-85<sup>0</sup>С температура аралығында ортаның рН мәні бірдей – 1,5-2 болғанда күшәнді (мышьякты) тұндырудың ең жоғары дәрежесіне (>98% As) қол жеткізілетіні анықталды.

- Алғаш рет тәжірибелік деректер негізінде әкті-күкіртті реагентті пайдалана отырып, күшәнді (мышьякты) тұндыру кезінде алынатын ерітіндіден күкірт-сілтілі реагентті қайта алу және сол арқылы процестің тұйық циклын құру мүмкіндігі дәлелденді.

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

Диссертациялық жұмысты орындау барысында жүргізілген зерттеулер қорғасын өндірісінің мыс шликерларының заттық және фазалық құрамы туралы егжей-тегжейлі зерделеуге және жаңа мәліметтер алуға мүмкіндік берді; мыс шликерларын күкірт-сілтілі ерітінділеп және күшәнді (мышьякты) тастанды сульфидті кекке тұндырып өңдеу мүмкіндігін теориялық негіздеуге және эксперименттік растауға мүмкіндік берді. Ұсынылған технологиялық сұлбаның мыс шликерларын өңдеудің қазіргі заманғы әдістерінен түбегейлі айырмашылығы – күшәнді (мышьякты) қорғасыннан, мыстан, мырыштан, алтыннан және күмістен бөліп алу және күкірт-сілтілі реагентті қалпына келтіру мүмкіндігі.

Күшәнді (мышьякты) тұндыру кезінде алынған натрий сульфаты ерітіндісінен күкірт сілтілі реагентті қалпына келтірудің ұсынылған әдісі металлургия кәсіпорындарының жабық су айналымы жүйесінде натрий сульфаты ерітіндісінің жиналуын болдырмайды және қымбат реагент – каустикалық сода шығынын азайтады.

Жалпы, зерттеулердің ғылыми жаңалығы 03.07.2020 ж. жарияланған ҚР № 34440 "Түсті металлургияның құрамында мышьяк бар өнеркәсіптік өнімдерін гидрометаллургиялық өңдеу тәсілі" патентімен расталады.

#### **Ғылымның даму бағытына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі.**

Бүгінгі таңда металлургия өнеркәсібі қоспалардың, атап айтқанда күшәннің (мышьяқтың), төмен құрамы бар түсті металл кендерінің шикізат базасының сарқылу мәселесімен жиі бетпе-бет келеді. Кәсіпорындарға күрделі құрамдағы материалдар көбірек түседі, олардың негізгі зиянды қоспаларының бірі күшән (мышьяк) болып табылады. Күшәнді (мышьякты) қорғасын мен мыс өндірісінің шикізаты мен өнеркәсіптік өнімдерінен шығарудың көптеген әдістері белгілі. Алайда түсті металдарды алу сұлбаларын жақсарту бойынша белсенді жұмыс қоспа компоненттерінің қозғалысының өзгеруіне және күшәнді (мышьякты) бөліп шығарудың жаңа сұлбаларын жасау қажеттілігіне алып келеді.

Бұл жұмыста "Казцинк" ЖШС ӨМК мысалында полиметалл шикізатын өңдеу технологиясына талдау жүргізілді. Кәсіпорында 2012 жылға дейін болған сұлба бойынша арсенит-арсенат кектерінің құрамында қорғасын зауытынан күшәнді (мышьякты) шығару 43,65% құрады. Алайда, 2011-2012 жылдары қорғасын өндірудің технологиялық сұлбасын жаңғырту және

"Казцинк" ЖШС ӨМК-да мыс зауытын іске қосу күшәннің (мышьяқтың) қозғалысының өзгеруіне және арсенат кекінің құрамында технологиялық сұлбадан шығарылатын күшән (мышьяк) мөлшерінің 7,25% - ға дейін қысқаруына алып келді. Осының аясында күшәннің (мышьяқтың) қорғасын өндірісінің мыс шликерына өтуі артты. Егер бұрын "агломерация – шахталық балқыту - рафинация" классикалық сұлбасы бойынша қорғасын зауытына түскен күшәннің (мышьяқтың) 27,65% мыс шликерына көше, жаңа сұлба бойынша - 83,72%.

Қорғасын шикізатындағы күшән (мышьяк) мөлшері жоғары болған кезде, мыс шликерын өңдеу арқылы қорғасын мен мыс зауыттары арасындағы қоспаның айналым жүктемесі артады, бұл сапасыз тауарлық өнім алу қаупіне, агрессивті мыс арсенидімен өзара әрекеттесу кезінде пирометаллургиялық қондырғылардың тозуына, мышьяқтың ұшпа қосылыстарымен қоршаған ортаның ластануына алып келеді. Бүгінгі таңда "Казцинк" ЖШС ӨМК - да мыс шликеры электр балқыту сатысына жіберіледі, онда қорғасын және мыс құрамды фазаларға бөлінеді. Күшән (мышьяк) балқыту өнімдері арасында бөлінеді.

Құрамында күшән (мышьяк) бар материалдарды өңдеу проблемасын зерттеуге арналған әдістемелердің елеулі базасының болуына қарамастан, қорғасын өндірісінің мыс шликерларынан, қорғасынға, мысқа, мырышқа, алтынға және күміске қатысты күшәнді селективті шығару проблемасына (міндетіне) арналған тәсілдер бүгінгі күні ұсынылмаған.

Бұл жұмыста күшәнді (мышьяқты) бөліп алудың селективтілігін қамтамасыз ететін күкірт-сілтілі реагентті қолдану арқылы қорғасын өндірісінің мыс шликерын ашу әдісін жетілдіру ұсынылады.

Зерттеу жұмысы ғылымды дамытудың "Табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану, оның ішінде су ресурстары, геология, қайта өңдеу, жаңа материалдар және технологиялар, қауіпсіз бұйымдар мен конструкциялар" басым бағытына сәйкес келеді. Гидрометаллургиялық тәсілмен мыс шликерын қайта өңдеудің әзірленген технологиялық сұлбасы өндірістің экологиялық қауіпсіздігін жақсартуға мүмкіндік береді және құрамында қоспа компоненттері жоғары кен мен концентраттарды қайта өңдеуге тарту үшін жағдай жасайды.

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

1. Tymbayeva A.A., Mamyachenkov S.V., Bannikova S.A., Anisimova O.S. Studying the impact of alkaline sulfide leaching parameters upon the efficiency of arsenic recovery from copper skimmings of lead production // Non-ferrous metals. – 2020. – № 2. – P. 19-24: ғылыми-теориялық негіздеу, зерттеулер жүргізуге, алынған нәтижелерді талдауға және қорытуға тікелей қатысу, мақала мәтінін жазу;

2. Тымбаева А.А., Куленова Н.А., Мамяченков С.В. Управление отходами процесса осаждения мышьяка в виде сульфидного кека из серощелочных мышьяксодержащих растворов // Вестник Национальной

инженерной академии Республики Казахстан. – 2020. – №2. – С. 193-199: ғылыми-теориялық негіздеу, зерттеу жүргізуге, алынған нәтижелерді талдауға және қорытындылауға тікелей қатысу, мақала мәтінін жазу;

3. Тымбаева А.А., Куленова Н.А., Мамяченков С.В. Вопрос накопления сульфата натрия при гидрометаллургической переработке мышьяковых промпродуктов // Вестник ВКТУ. – 2020. – №2. – С. 55-57: ғылыми-теориялық негіздеу, зерттеу жүргізуге, алынған нәтижелерді талдауға және қорытуға тікелей қатысу, мақала мәтінін жазу;

4. Набиева А.А., Куленова Н.А., Мамяченков С.В. Термодинамическое моделирование процесса грубого обезмеживания с использованием программного продукта FactSage // Вестник ВКГТУ. – 2019. – № 2. – С. 41-44: FactSage бағдарламасындағы процесті модельдеу, алынған нәтижелерді талдау мен жалпылауға тікелей қатысу, мақала мәтінін жазу;

5. Пат. 34440 РК. Способ гидрометаллургической переработки мышьяксодержащих промпродуктов цветной металлургии / Набиева А.А., Азекенов Т.А., Банникова С.А., Колтунова Л.Е., патентобладатель ТОО «Казцинк»; опубл. 03.07.2020, Бюл. №26. – 5 с: ғылыми-теориялық негіздеу, зерттеулер жүргізуге, алынған нәтижелерді талдауға және қорытуға, патент мәтінін жазуға тікелей қатысу;

6. Nabeeva A.A., Kulenova N.A., Mamyachenkov S.V. Studying Kinetics of Arsenic Recovery from Copper Dross by Alkaline Sulfide Leaching // Materials Science Forum, Trans Tech Publications, Switzerland. – 2019. V. 946. – P. 547-551: ғылыми-теориялық негіздеу, зерттеулер жүргізуге, алынған нәтижелерді талдауға және қорытуға тікелей қатысу, мақала мәтінін жазу;

7. Набиева А.А., Куленова Н.А. Анализ состояния проблемы переработки мышьяксодержащего сырья цветной промышленности // Материалы V международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых инновационному развитию Казахстана» посвященный году молодежи в Казахстане. – Усть-Каменогорск, 2019. – С. 75-79: ғылыми-теориялық негіздеу, деректерді іздеуге, талдауға және жүйелеуге тікелей қатысу, мақала мәтінін жазу;

8. Набиева А.А., Куленова Н.А. Отечественная база цветной промышленности: проблемы комплексной переработки полиметаллического сырья с высоким содержанием примесей // Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Казахстанской национальной академии естественных наук и 25-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан. РГП «НЦ КПМС РК». – Алматы, 2019. – С. 393 – 396: ғылыми-теориялық негіздеу, деректерді іздеуге, талдауға және жүйелеуге тікелей қатысу, мақала мәтінін жазу.