

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 4 (2025)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/JPFT4234>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,216

Импакт-фактор КазБЦ – 0,406

Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Сулейменов Ансаган Дюсембаевич – PhD (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Кажимаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Жунусов Аблай Каиртасович – к.т.н., асс. профессор (доцент) (Павлодар, Казахстан);
Зарубежные члены редакционной коллегии:
Baigang Sun – PhD, профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).
Чайкин Владимир Андреевич – д.т.н., доцент (Сафоново, Россия);

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

**Г. С. Бекимбаева¹, *Р. В. Сапинов², Ж. Шошай³,
Н. А. Куленова⁴, С. Ю. Маркова⁵**

^{1,2,3,4}Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.;

^{2,3}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7751-5393>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9334-5806>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1861-0539>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7063-4899>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0004-7062-4999>

*e-mail: sapinov.r@teachers.tou.edu.kz

ЕРТІС МЫС БАЛҚЫТУ ӨНДІРІСІНІҢ ҚОЖДАРЫНЫҢ МАТЕРИАЛДЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Мысты пирометаллургиялық өңдеу кезінде техногендік қалдықтар, атап айтқанда үйінді қождардың көп мөлшері түзіледі. Мыс қожсындағы мырыш пен темір сияқты құнды компоненттердің көп мөлшерде болуына байланысты қождарды қайта өңдеу өзекті мәселе болып табылады. Дәстүрлі түрде пирометаллургиялық қайта өңдеу – мысалы күйдіру қолданылады, нәтижесінде құрамында мыс, мырыш және т.б. металдары бар қож түзіледі, ол жиналады. Мыс қождарын термиялық өңдеу нәтижесінде күрделі минералогия ие түзілімдердің пайда болуына байланысты, гидрометаллургиялық өңдеуді қолдану ең оңтайлы нұсқа болып табылады. Техногендік шикізат - үйінді қождардың заттық құрамы мен сипаттамасын анықтау кезеңі өте маңызды, себебі ол гидрометаллургиялық өңдеудің оңтайлы режимін таңдауға тәуелді, мысты тиімдірек алу реагентті таңдауға, үрдістің ұзақтығы және ерітінділеу температурасын анықтауға байланысты болады. Жоғарыда аталған факторлар үрдіске әсерін тигізеді, себебі құрамында мыс бар қождардың ашылуы қождың физикалық көрсеткіштерімен айқындалады және ол қайта өңдеудің әрі қарай сатысын анықтайды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде Ертіс мыс балқыту зауытның қожының құрамында жалпы мыс мөлшері 0,52 %, мырыш құрамы – 2,9 %, ал темір мөлшері 33,90% құрайтыны анықталды. Қож сынамаларының орташа химиялық құрамы (% көл.): $FeO \approx 43\%$; $SiO_2 \approx 34\%$; $Al_2O_3 \approx 6\%$; $CaO \approx 6\%$; $MgO \approx 1,5\%$.

Кілтті сөздер: мыс балқыту қожы, материалдық құрамы, мыс, мырыш, темір, қайта өңдеу.

Кіріспе

Мысты өндіру мақсатында мыс құрамды шикізатті қайта өңдеу кезінде көп мөлшерде техногендік қалдықтар, соның ішінде мыс қождары түзілетіні белгілі [1]. Құрамында ауыр металдар бар мыс балқыту қождарының үйінділері қоршаған ортаға қауіп төндіруі мүмкін [2]. Қазақстан Республикасының аумағындағы үйінді қождар құрамында мыс мөлшері жоғары, мысалы Ертіс мыс балқыту өндірісінде 11,5 млн.тонна қож бар [3]. Қождардың технологиялық үрдістердің ерекшелігіне байланысты белгілі бір себептермен құнды компоненттердің едәуір мөлшері жоғалады, яғни құрамындағы мыс 0,4 %, ал мырыш 4 % дейін, темір 33 % [4] құрайды, және т.б. құнды компоненттер мыс балқыту қожын бағалы техногендік шикізат ретінде көрсетеді, себебі минералдық шикізаттағы мыс мөлшерінен көп болады [5]. Техногендік шикізат қазірдің өзінде жер бетіне шығарылғанын және сол арқылы энергия мен ресурстарды қайта өңдеуді қажет етпейтінін ескеру қажет [6]. Мыс балқыту қождарды қайта өңдеу экономикалық тұрғыдан тиімді және экологиялық тәуекелдерге байынысты мәселелерді шешеді [7], келесі зерттеуде мыс және т.б. пайдалы компоненттерді, және темірдің алуын көздейтін пирометаллургиялық қайта өңдеуі ұсынылады, үрдістің оңтайлы көрсеткіштері кезінде: қышқыл концентрациясы 2,5М, температурасы 90 °С, ерітінділеу уақыты 120 минут, мыс алынуы ≈ 95 % және темір алынуы ≈ 90 % байқалды және реагент ретінде күкірт қышқылы [8] қолданылды. Келесі зерттеу сонымен қатар пайдалы өнімдер, құрылыс материалдары, мысалы, жол төсемін салу үшін минералды құм [9] және байыту қалдықтарынан жасушалық тон [10] үшін шикізат ретінде алынатын гидрометаллургиялық өңдеуді қолданды. Сонымен қатар пирометаллургиялық әдістерді Сондай-ақ, пирометаллургиялық тәсілдерді қолданатын әдістер бар, мұнда мыс қожынан 1500 °С температурада әкті флюс ретінде және тотықсыздандырғыш - көміртекті қосу арқылы темір оксидінің тотықсыздандыру үрдісін жылдамдатады [11], сонымен қатар әртүрлі көміртегі бар тотықсыздандырғыштарды қолданады: кокс, антрацит және көмір, олар CO₂ газды ортада мыс қожының тотықсыздануына әсерін тигізеді [12]. Ең тиімдісі аралас әдістерді үйінді қождарда мыс жоғалуын азайтуға мүмкіндік беретін физико-химиялық әдістерді [13], қолдану болып табылады. Себебі мыс қожының құрамында темір қосылыстары оксид түрінде болады, ал үрдістің сәттілігі мыс қосылыстарының сульфидтенуіне байланысты, сәйкесінше қождағы магнетиттің вюститке дейін тотықсыздануы келесі механизм бойынша жүзеге асады:



Теориялық тұрғыдан магнетитті темір темірмен қалпына келтіруге болады:



Сонымен қатар барлық зерттеушілер ортақ тұжырымға келді, мыс балқыту қождарының қайта өңдеу сұлбасы көптеген көрсеткіштерге, яғни бастапқы шикізат құрамына, белгілі бір өндірістегі технологиялық сатыларға байлынысты. [14]. Бұл зерттеудің мақсаты кейіннен қайта өңдеудің технологикалық сұлбасын әзірлей отырып, Глубокое ауылының Ертіс мыс балқыту зауытының қождарының материалдық құрамын зерттеу болып табылады.

Материалдар мен әдістері

Барлық тәжірибелер «Д.Серікбаев атындағы «Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КЕАҚ жүргізілді. Зерттеу объектісі – Шығыс Қазақстан облысының Глубокое кентінің мыс балқыту өндірісінің қождары (100 кг). Бірінші кезеңде шикізат жақты ұсатқыш көмегімен 5 мм фракцияға дейін ұнтақталды. Әрі қарай 1,5 кг шикізат төрттен бір бөлікке бөлу әдісімен таңдалды және шарлы диірменіне жүктеліп 30 мин ішінде 150x215 мм өшемдегі шарлы диірменде Қ:Ш=1:9 қатынаста (Қ – қатты, Ш – шар енгізілуі) ұнтақтау жүргізілді. Алынған өнімнен салмағы 1 кг сынама алынды. Әрі қарай, сынамалар кептіру шкафында 48 сағат ішінде 80 °С температурада кептіріліп, 1 кг шикізат алынды. Содан кейін шикізат ірілігі бойынша класстарға бөлінді. Әр фракция әр класстың шығуын анықтау үшін таразымен өлшенді. Берілген мақсатқа жету үшін түскен сынаманың химиялық, фазалық құрамы және жылулық қасиеттері анықталды. Шикізаттың химиялық құрамын зерттеу үшін ICP-MS 7500 cx фирмы «Agilent technologies» (АҚШ) масс-спектрометрі қолданы. Зерттелетін материалдың заттық құрамын анықтау үшін Panalitical өндірісінің X>Pert PRO рентгендік дифрактометры қолданылды, ол материалдың сапалық құрамын анықтаудың жалпы қабылданған әдісі. Термогравиметриялық талдау METTLER TOLEDO синхронды термиялық талдау құралында жүргізілді. Тәжірибелер 10 °С /мин жылдамдықпен ауа ағынында 1000 °С дейін қыздырудың максималды температурасында жүргізілді. Сынама салмағы 100,36 мг. Қыздыру үрдісінде ДСК қисығындағы жылу эффектілері және ТГТ қисығындағы үлгі массасының өзгеруі параллель тіркелді. Сынамалар мен үлгілер бетінің топографиясы мен микроқұрылымын зерттеу үшін, нүктелік аймақтағы сапалы және сандық элементтік микроталдауы үшін, берілген сызық бойымен элементтердің таралу профилдерін құру, таңдалған учаскіде элементтердің таралу карталарын құру үшін «OXFORD Instruments Analytical Limited» (Ұлыбритания) компаниясының INCA Energy Penta FET X3 энергодисперсиондық микроталдау жүйесі бар «JEOL Ltd.» (Жапония) компаниясымен өндірілген JSM-6390LV растрлық электронды микроскоп қолданылды. Материалдар бетінің морфологиясын зерттеу үшін микроскоп ВХ-51 (Olympus, Жапония) қолданылды. Барлық өлшеулер 2 рет жүргізілді. 1 %-дан астам алшақтық болған кезде өлшемдер қайталанды.

Нәтижелер және талқылау

Сынама түйіршіктерінің жақты ұсатқышта және шарлы диірменде ұнтақтаудан кейінгі өлшемдерінің бөлінуі 1 кестеде көрсетілген.

1-кесте – Сынаманың жақты ұсатқышта және шарлы диірменде ұнтақтаудан кейінгі гранулометриялық құрамы

Ірілік классы, мм	Шығуы, %
+2,0	4,1
-2,0+1,0	42,3
-1,0+0,63	15,9
-0,63+0,315	14,7
-0,315+0,16	8,0
-0,16+0,071	6,6
-0,071+0,045	2,3
-0,045	6,1
Барлығы:	100,0

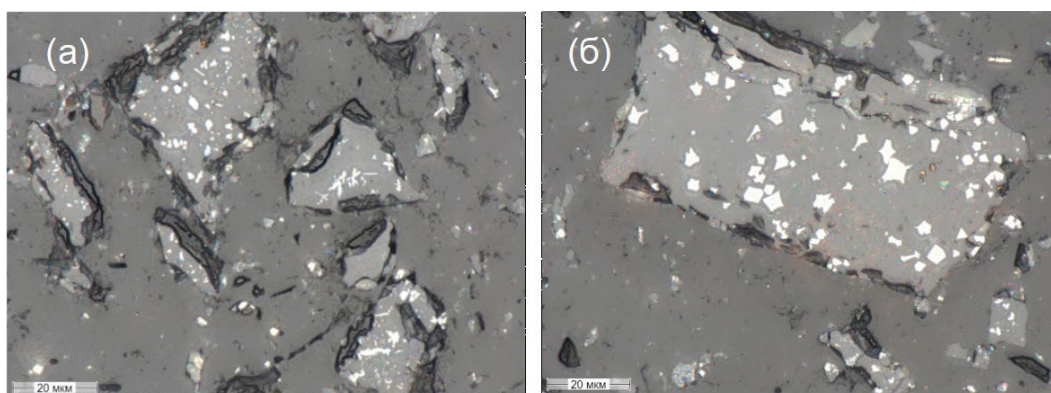
Мыс балқыту зауытының қожының сынамасындағы негізгі химиялық элементтердің құрамы 2 кестеде көрсетілген. Жоғарыда келтірілген химиялық құрамнан көріп отырғандай, сынамадағы мыс құрамы – 0,52 %. Сынамадағы мырыш құрамы – 2,9 %. Темір құрамы 39,9 %.

2-кесте – Мыс қожының зерттелген сынамасының химиялық талдау нәтижелері

Элемент	Өлшем бірлігі	Мәні	Элемент	Өлшем бірлігі	Мәні
Li	г/т	10,26	In	г/т	0,78
Be	г/т	0,63	Sn	г/т	144,50
Na	%	1,55	Sb	г/т	305,60
Mg	%	2,61	Cs	г/т	0,92
Al	%	2,68	Ba	г/т	7321,00
P	г/т	1252	La	г/т	8,57
K	%	0,41	Ce	г/т	13,00
Ca	%	2,66	Pr	г/т	2,39
Sc	г/т	5,77	Nd	г/т	6,49
Ti	г/т	3444	Sm	г/т	1,12
V	г/т	70,26	Eu	г/т	0,56
Cr	г/т	520	Gd	г/т	1,89
Mn	г/т	2694	Tb	г/т	0,57
Fe	%	33,90	Dy	г/т	1,78
Co	г/т	167,15	Ho	г/т	0,31
Ni	г/т	73,07	Er	г/т	0,51
Cu	%	0,52	Tm	г/т	0,15
Zn	%	2,90	Yb	г/т	0,60
Ga	г/т	23,71	Lu	г/т	0,08
Ge	г/т	12,10	Hf	г/т	1,69
Se	г/т	1,41	Ta	г/т	0,57
Rb	г/т	32,93	W	г/т	0,86
Sr	г/т	313,70	Re	г/т	0,03
Y	г/т	16,02	Ir	г/т	0,01
Zr	г/т	193,74	Pt	г/т	0,01
Nb	г/т	6,23	Au	г/т	0,21
Mo	г/т	104,34	Hg	г/т	0,01
Ru	г/т	<0,001	Tl	г/т	0,42

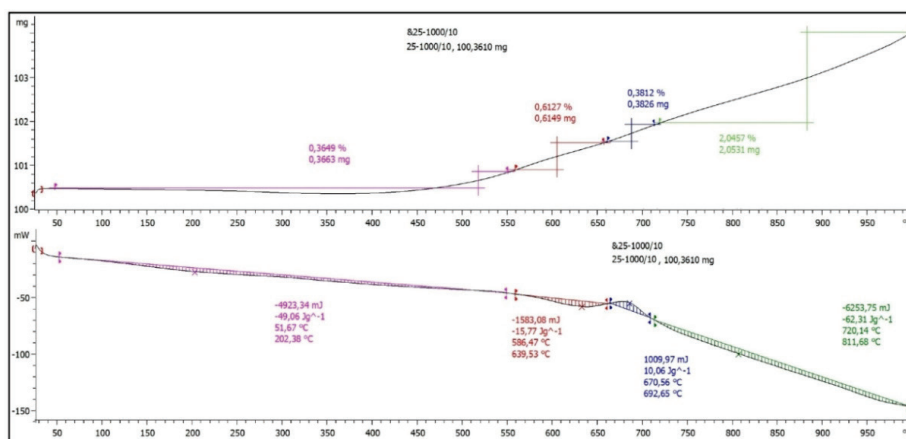
Rh	г/т	0,00	Pb	%	0,42
Pd	г/т	0,07	Bi	г/т	0,87
Ag	г/т	12,97	Th	г/т	2,63
Cd	г/т	3,33	U	г/т	2,56

Минералдық құрамы: құрамында мырыш бар фаялит – 99 % дейін; темір оксидтері, пирротин, пирит –1 % жуық. Мыс балқытатын қождың үстіңгі қабатының микроскопиялық суреттері 1 суретте көрсетілген. Құрамында мырыш бар фаялит сынаманың негізгі бөлігін құрайтын өткір бұрышты, тұрақты емес түйіршіктер түрінде байқалады. Олардың құрылымы біртекті. Түйіршіктердің бір бөлігінде темір мен пирротин оксидтерінің микро қиылысуы байқалады. Зерттелетін шикізаттың заттық құрамын зерттеу мырыш пен мыстың қожда еріген түрінде болатындығын көрсетті. Қож сынамаларының орташа химиялық құрамы (% көл.): FeO≈43 %; SiO₂≈34 %; Al₂O₃≈6 %; CaO≈6 %; MgO≈1,5 %.



1-сурет – Темір оксидтерінің және пирротин микро қиылысқан түйіршіктері бар сұр түсті бұрышты, тұрақты емес түйіршіктер түріндегі құрамында мырыш бар фаялит (а), пирротин және темір оксидтерінің микро қиылысқан түйіршіктері фаялит түйіршіктері (б) (ақ түсті қосындылар)

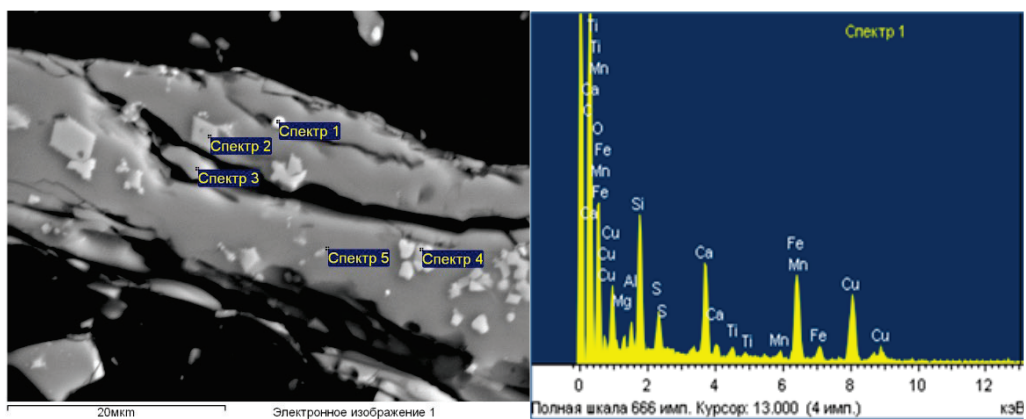
Термогравиметриялық зерттеудің нәтижелері сурет 2 көрсетілген.



2-сурет – Мыс балқыту қожының үлгілерін жылу әсерлері

Ұсынылған зерттеу нәтижелерінде келесі жылу әсерлерін байқауға болады. 50–550 °C температуралар интервалында шағын эндотермиялық әсер бар 202 °C шыңы температурасында – молекулалық судың жоюлуы (масса жоғалуы - 0,61 %) байқалады. 586–670 °C температуралар интервалында 639 °C шыңы температурасында тағы да бір эндотермиялық эффект бар, ол тау жыныстарын құрайтын минералдардан конституциялық суды жоюға тән (массаның азаюы - 0,6 %). Әрі қарай 670 тен 720 °C қа дейінгі аралықта кішкентай экзотермиялық әсер, 692 °C шыңы темперасында (массаның жоғалуы 0,75%) байқалады. 720–1000 °C температуралар интервалында 811 °C температурасында жаңа фазалардың түзілуімен экзотермиялық шыңы (массаның жоғалуы 2,04 %) байқалады.

Үлгі бетінің морфологиялық зерттеуі (Сурет 3а) нүктелік микроталдауы құрамында мыс, мырыш, және бар екенін көрсетті (Сурет 3б).



(а)

(б)

3-сурет – Үлгі бетінің морфологиясы (а) спектр 1 нүктелік микроталдауымен (б)

За суретінде белгіленген бес спектрінің нүктелік микроталдауы кесте 3 көрсетілген.

3-кесте – Спектр элементтерінің нүктелік микроталдауы

Спектр	O	Al	Si	S	Fe	Cu	Zn	Басқалары	Барлығы
1	35,91	1,98	8,65	2,42	16,84	23,9		10,3	100
2	38,57	2,50	8,23	0,49	32,83		4,32	13,06	100
3	44,34	2,28	11,29		20,93		3,62	17,54	100
4	38,33	2,00	9,05		34,41		2,90	13,31	100
5	42,51	2,03	11,71		19,83		4,09	19,83	100
Макс.	44,34	2,50	11,71	2,42	34,41	23,9	4,32		
Мин.	35,91	1,98	8,23	0,49	16,84	23,9	2,90		

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер мыс балқыту қождарының құрамында Fe 33,9 %, Cu 0,52 %, Zn 2,9 % мөлшерінде негізгі құнды элементтердің болуын көрсетті. Зерттелетін шикізаттың заттық құрамын зерттеу мырыш пен мыстың қожда еріген түрінде болатындығын көрсетті. Қож сынамаларының орташа химиялық құрамы (% көл.): FeO≈43 %; SiO₂≈34 %; Al₂O₃≈6 %; CaO≈6 %; MgO≈1,5 %. Кеннің құрамында ≈ 0,52 % мөлшерінде мыс болғандықтан, ал ол әр тоннасына 5 кг-ға дейін мыс мөлшеріне тең, сондықтан мысты дайын тауарлық өнім ретінде алу үшін шикізатты қайта өңдеу экономикалық қызығушылық тудыруы мүмкін. Мыс концентраттарын флотация әдісімен алуды зерттеу керек. Құрамында SiO₂ (34 %) көп мөлшерінің болуы силикагельдің пайда болуына әкеледі, ол күкіртқышқылды гидрometаллургиялық әдістермен өңдеуді қиындатуы мүмкін. Темір мен мырышты алу пирометаллургиялық әдістерді қолдана отырып, темірді металлға дейін тотықсындандырып, ал мырышты ұшпа зат ретінде алуға болады. Сонымен қатар балама өнім ақ күйе, мыс және темір сульфаттары ретінде алу мүмкіндіктерін зерттеу қажет. Жалпы, Ертіс мыс балқыту өндірісінің қождарының материалдық құрамын зерттеу тауарлық өнімдерді алу мақсатында қайта өңдеуге бағытталған зерттеулердің өзектілігін көрсетті. Бұл экологиялық мәселелерді экономикалық тартымды әдістермен шешуге мүмкіндік береді.

REFERENCES

1 **Zhai, Q., Liu, R., Wang, Ch., Wen, X., Li, X., Xie, Zh., Sun, W.** Mineralogical characteristics of copper smelting slag affecting the synchronous flotation enrichment of copper and arsenic // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2022. – № 10. – P. 108871.

2 **Tian, H., Zhengqi, Guo, ZH., Pan, J., Zhu, D., Yang, C., Xue, Y., Li, S., Wang, D.** Comprehensive review on metallurgical recycling and cleaning of copper slag // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2021. – № 168. – P. 22.

3 **Ismailov, S. I., Alekseichuk, D. S.** Mining plan for the development of man-made mineral formations of the Irtysh copper smelter dumps (slag heaps № 1, 2, 3 and 5), Ust-Kamenogorsk, 2023. [Electronic resource]. – <https://ecportal.kz/Public/PubHearings/LoadFile/139590> (қыры күні 28.06.25).

4 **Kotelnikova, A. L., Ryabinin, V. F.** The composition features and perspective of use for the copper slag recycling Advances in recovery waste // *Lithosphaera* – 2018. – № 11. – P. 133–139.

5 **Zuo, Z., Feng, Y., Dong, X., Luo, S., Ren D., Wang W., Wu Y., Yu Q., Lin H., Lin X.** Advances in recovery of valuable metals and waste heat from copper slag // *Fuel Processing Technology*. – 2022. – № 235. – P. 107361.

6 **Barros, K. S., Vielmo, V. S., Moreno, B. G., Riveros, G., Cifuentes, G., Bernardes, A. M.** Chemical Composition Data of the Main Stages of Copper Production from Sulfide Minerals in Chile: A Review to Assist Circular Economy Studies // *Minerals*. – 2022. – № 12. – P. 32.

7 **Akbari, A., Rahimi, E.** Effect of copper slag recovery on hydrometallurgical cut-off grades considering environmental aspects // *Journal of Central South University*, – 2016. – № 23. – P. 798–807.

8 **Akhmedov, M.** Research on the extraction of copper and other metals from copper slags using sulfuric acid leaching // *Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent*. – 2024. – № 14. – P. 7–12.

9 **Phiri, T., Pritam Singh, P., Nikoloski, A. N.** The potential for copper slag waste as a resource for a circular economy: A review // *Minerals engineering*. – 2021. – № 172. – P. 11.

10 **Jinliang, Zh., Mingwei, G., Chunfang Zh., Hua, G., Weijie, Zh., Chao, H., Fuxin, Zh.** CN102994765A - Method of processing waste copper slag (China). – 2014. – [Electronic resource]. – <https://patents.google.com/patent/CN102994765A/en> (қыры күні 28.06.25)

11 **Heo, J. H., Kim, B. S., Park, J. H.** Effect of CaO Addition on Iron Recovery from Copper Smelting Slags by Solid Carbon // *Metallurgical and materials transaction*. – 2013. – № 44. – P. 1352–1363.

12 **Li, X., Wei G., Zhu R., Tian B., Zhang H.** Coupling kinetics of high-temperature carbothermal reduction of copper slag under carbon dioxide atmosphere // *Journal of CO₂ Utilization*. – 2023. – № 77. – P. 2212–9820.

13 Yusupkhodjaev, A. A., Khojiev, Sh. T., Valiev, X. R., Saidova, M. S., Omonkhonov, O. X. Application of Physical and Chemical Methods for Processing Slags of Copper Production // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – № 6. – P. 8.

14 Potysz, A., Eric, D., Kierczak, J. Perspectives regarding the use of metallurgical slags as secondary metal resources – A review of bioleaching approaches // Journal of Environmental Management, – 2018. – № 218. – P. 138–152.

30.09.25 ж. баспаға түсті.

16.10.25 ж. түзетулерімен түсті.

06.11.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

*Г. С. Бекимбаева¹, *Р. В. Сапинов², Ж. Шошай³, Н. А. Куленова⁴*

^{1,2,3,4}ВКТУ имени Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск;

^{2,3}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Поступило в редакцию 30.09.25.

Поступило с исправлениями 16.10.25.

Принято в печать 06.11.25.

ИЗУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО СОСТАВА ШЛАКОВ ИРТЫШСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

При пирометаллургической переработке меди образуется большое количество техногенных отходов, а именно шлаков, том числе отвальных. Из-за значительного количества ценных компонентов, таких как цинк и железо в медном шлаке, переработка шлаков является актуальной задачей. Традиционно применяется пирометаллургическая переработка – к примеру обжиг, в результате чего образуется шлак содержащий медь, цинк, и др. металлы, который в результате складироваться. Медные шлаки имеют сложную минералогию из-за образований в результате термических обработок, следовательно применение гидрометаллургической переработки наиболее оптимальный вариант. Этап определения вещественного состава и характеристики техногенного сырья – отвальных шлаков имеет важное значение, от этого зависит дальнейший выбор оптимального режима гидрометаллургической переработки, а именно выбор реагента, длительности процесса и температуры выщелачивания для более эффективного извлечения меди. Выше указанные факторы влияют на процесс, поскольку степень вскрываемости медьсодержащих шлаков напрямую зависит от физических характеристик шлака, тем самым определяя дальнейший передел переработки. В результате проведенных исследований установлено, что общее содержание меди в шлаке Иртышского медеплавильного завода составляет 0,52 %, цинка 2,9 %, а железа 33,90 %. Средний химический состав проб шлака (%): FeO≈43 %; SiO₂≈34 %; Al₂O₃≈6 %; CaO≈6 %; MgO≈1,5 %.

Ключевые слова: медеплавильный шлак, материалный состав, медь, цинк, железо, вторичная переработка.

*G. S. Bekimbayeva*¹, **R. V. Sapinov*², *Zh. Shoshay*³, *N. A. Kulenova*⁴

^{1,2,3,4}D. Serikbayev EKTU, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk;

^{2,3}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 30.09.25.

Received in revised form 16.10.25.

Accepted for publication 06.11.25.

STUDY OF THE MATERIAL COMPOSITION OF SLAGS FROM THE IRTYSH COPPER SMELTER

Pyrometallurgical processing of copper produces large amounts of industrial waste, namely slag and tailings. Due to the significant amount of valuable components such as zinc and iron in copper slag, slag processing is a pressing issue. Traditionally, pyrometallurgical reprocessing is used, for example, roasting, which produces slag containing copper, zinc, and other metals. Traditionally, pyrometallurgical processing is used, such as roasting, which produces slag containing copper, zinc, and other metals, which is then stored. Copper slag has a complex mineralogy due to formations resulting from thermal processing, therefore the use of hydrometallurgical processing is the most optimal option. The stage of determining the material composition and characteristics of man-made raw materials – dump slag – is of great importance, as it determines the further selection of the optimal hydrometallurgical processing mode, namely the choice of reagent, process duration, and leaching temperature for more efficient copper extraction. The above factors influence the process, since the degree of copper-containing slag exposure directly depends on the physical characteristics of the slag, thereby determining the further processing. As a result of the conducted studies it was established that the total copper content in the slag of the Irtys Copper Smelter is 0.52 %, zinc 2.9 %, and iron 33.90 %. The average chemical composition of the slag samples (%): FeO≈43 %; SiO₂≈34 %; Al₂O₃≈6 %; CaO≈6 %; MgO≈1.5 %.

Keywords: copper smelting slag, material composition, copper, zinc, iron, recycling.

Теруге 01.12.25 ж. жіберілді. Басуға 30.12.25 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
328 Мб RAM
Шартты баспа табағы 30,96 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4463

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz
nitk.tou.edu.kz