



DOI: 10.31643/2020/6445.23

УДК 669.2/.8

МРНТИ: 53.37.35

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

Study of the process of rhenium extraction from lead slime

Berdikulova F. A., * Ikhlasova A. T.

Department of technology of metals and minerals of chemistry and chemical technology faculty, Al-Farabi Kazakh National University, National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan

* Corresponding author email: asemzhan.ikhlasova@mail.ru

Received: 06 June 2020 / Peer reviewed: 22 June 2020 / Accepted: 07 July 2020

Abstract. This article studies the oxidative firing process of lead sludge of copper production for the purpose of extracting rhenium. As an oxidizer, calcium hypochlorite is used, which is simultaneously an oxidizer of low-valent rhenium compounds and a binding reagent of rhenium oxides to calcium perrenate. Optimal conditions for the firing process are found: the firing temperature is 500-600 °C, the firing duration is 30-60 minutes, and the oxidizer consumption is 20-40 % of the sludge mass. As a result of thermal studies and experimental work, it was established that the rhenium oxidation process begins at 180-260 °C after the decomposition of calcium hypochlorite and completely ends at 500-600 °C with the formation of calcium perrenate. During water leaching of the stub under the following conditions: T: W=1: 3, temperature of 70 °C, duration of 60 minutes, a solution containing 546 mg/l of rhenium was obtained. The degree of rhenium recovery in the solution was 93-94 %.

Keywords: lead sludge, oxidative roasting, calcium perrenate, water leaching, degree of extraction.

Information about authors:

Berdikulova Feruza Asanovna – PhD, Department of technology of metals and minerals of chemistry and chemical technology faculty, Al-Farabi Kazakh National University at the RSE “The National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan”, Almaty, the Republic of Kazakhstan. ORCID ID: 0000-0002-3505-4346; E-mail: pheruza_b@mail.ru

Ikhlasova Asemzhan Talgatovna - master student, Department of technology of metals and minerals of chemistry and chemical technology faculty at Al-Farabi Kazakh National University at the RSE “The National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan”, Almaty, Kazakhstan. E-mail: asemzhan.ikhlasova@mail.ru

Қорғасынды қойырпақтан ренийді бөліп алу үрдісін зерттеу

Бердіқұлова Ф. А., Ихласова А. Т.

«Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» РМК жанынан құрылған әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Химия және химиялық технология факультетінің Металдар және минералдар технологиясы кафедрасы, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада қорғасынды мыс өндірісінің қорғасынды қойыртпағынан ренийді бөліп алу мақсатында тотықтырып күйдіру үрдісінің зерттеулері көрсетілген. Тотықтырғыш ретінде кальций гипохлориті таңдалынды, кальций гипохлориті әрі төмен валентті рений қосылыстарын тотықтырады, әрі рений оксидтерімен әрекеттесіп кальций перренатын түзуге қатысады. Күйдіру үрдісінің оңтайлы жағдайлары анықталды: күйдіру температурасы 500-600 °C, күйдіру ұзақтығы 30-60 минут, тотықтырғыш шығыны қойыртпақ массасынан санағанда 20-40%. Термиялық және эксперименттік зерттеулер нәтижесінде рений

қосылыстарының тотығуы кальций гипохлоритінің ыдырауынан кейін 180-260 °С-де басталатыны, 500-600 °С-де толығымен кальций перренатты қосылысына өтетіні анықталды. Күйдіріндіні К:С=1:3 ара қатынасы, 70 °С-де, 60 минут уақыт аралығында сумен шаймалағанда құрамында 546 мг/л рений бар ерітінді алынды. Ренийдің ерітіндіге бөліну дәрежесі 93-94 %-ды құрайды.

Түйін сөздер: қорғасынды қойыртпақ, тотықтырып күйдіру, кальций перренаты, сумен шаймалау, бөліп алу дәрежесі.

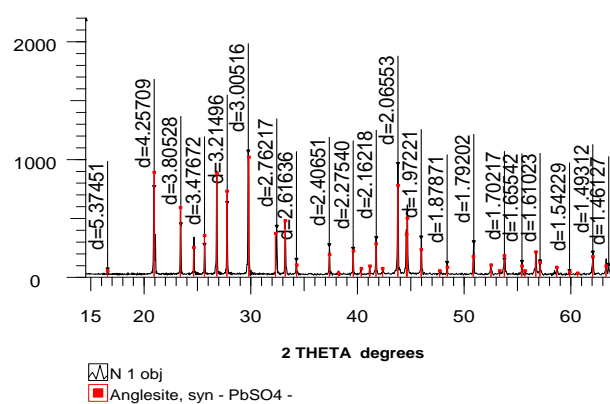
Кіріспе

Мыс өндірісінің техногенді өнімдері құрамында рений мөлшерінің көрсеткіші бойынша осы сирек металдың қосымша шикізаты ретінде қарастырылады. Қазақстанда рений өндірісінің өзі техногенді өнім – шайынды күкірт қышқылын өңдеу негізінде іске асырылады. Мыс өндірісінің басқа да техногенді өнімдері қорғасынды қойыртпақ, қорғасын шаңдары, байыту қалдықтары ренийлі шикізат ретінде өндіріске тартылмаған. Олардың ішінде өндірістік маңызы жоғары өнім - қорғасынды қойыртпақ, ондағы ренийдің мөлшері тоннасына 600-1500 грамм. Қойыртпақтың негізгі құрамдас бөлігі қорғасын сульфаты, рений төменгі тотықты және сульфидті қосылыстары түрінде кездеседі. Қорғасынды қойыртпақты өңдеу мақсатында пирометаллургиялық, гидрометаллургиялық немесе бірлескен пиро- және гидрометаллургиялық әдістер жасалынған. Пирометаллургиялық әдістер шикізатты тотықтырып күйдіріп, рений тотығын Re_2O_7 ұшырындыда концентрлеп алуға бағытталған [1-3]. Гидрометаллургиялық әдістер қойыртпақты тотықтырғыш ерітіндісінде, мысалы сутегі асқын тотығының немесе калий перманганатының әлсіз ерітінділерінде шаймалау арқылы ренийді ерітіндіге бөліп алу мақсатында орындалған [4, 5]. Бірлескен пиро- және гидрометаллургиялық әдістер қорғасынды қойыртпақты сульфидтік күйдіру және күйдіріндіден қорғасын қосылыстарын ерітіп алып, сирек металдарды ерімеген бөлікке концентрлеу немесе қойыртпақты тотықсыздандырып балқыту арқылы металдық қорғасын және ренийқұрамды шлактар алу бағытында зерттелген [6-8].

Осы мақалада қорғасынды қойыртпақты тотықтырып күйдіру арқылы ренийді кальций перренатына ауыстырып бөліп алудың зерттеу нәтижелері қарастырылады [9]. Тотықтырғыш ретінде кальций гипохлориті қолданылады. Кальций гипохлориті тек қана тотықтырғыш емес, сонымен бірге оның ыдырауы кезінде түзілген кальций оксиді рений тотығымен әрекеттесуі нәтижесінде шихтада тұрақты кальций перренатын түзуші қызметін атқарады.

Зерттеу нысаны мен әдістері

Қорғасынды қойыртпақтың химиялық құрамы, %: 62,5 Pb; 14,24 S; 4,5Si; 2,0Fe, 2,5Cu; 0,7Se; 0,5 Al; 0,9Ca; 0,9Na; 0,3Mn; 0,1K; 0,15Zn; 0,14As; 0,1Bi; 0,1Mg; 0,045P; 0,008Ni; <0,01Hg; 0,175 Re. Оның негізін құраушы қосылыс қорғасын сульфаты $PbSO_4$ (1-сурет).



1 сурет - Қорғасынды қойыртпақтың дифрактограммасы

Тотықтырғыш ретінде техникалық кальций гипохлориті $Ca(ClO)_2$ қолданылды, негізгі заттың мөлшері 25 %.

Қорғасынды қойыртпақ кальций гипохлоритінің қажетті мөлшерімен араластырылып шихта дайындалады, шихта алундты тигельге салынып, ұшырынды мен газ фазасын ұстауға арналған қондырғымен жабдықталған тигелді пешке қойылады. Пеш қажетті температураға дейін қыздырылып, берілген уақыт аралығында тотықтырып күйдіру үрдісі жүргізіледі. Эксперимент аяқталған соң, күйдірінді бөлме температурасына дейін суытылады да оның массасы өлшенеді. Күйдіріндіде ренийдің кальций перренатына өту мөлшерін анықтау үшін күйдірінді суда К:С =1:10 ара қатынасында 70 °С-де шаймаланады. Ерітіндіге өткен рений мөлшері бойынша ренийдің кальций перренатына өту дәрежесі анықталды. Ерітінді мен ерімеген бөліктен рений мөлшері фотоколориметриялық әдіспен анықталады [10].

Шихтаның термиялық талдаулары «МОН» - Будапешт (Венгрия) дериватографында орындалды. Пештің қыздыру режімі $dT/dt = 10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$, қыздырылған алюминий оксиді Al_2O_3 эталондық зат қызметін атқарды. Шихта массасы 200 мг, таразының сезімталдығы 100 мг. Талдау құрылғының келесідей өлшемдік шектерінде жүргізілді: $DTA = 250 \text{ } \mu\text{V}$, $DTG = 500 \text{ } \mu\text{V}$, $TG = 500 \text{ } \mu\text{V}$, $T = 500 \text{ } \mu\text{V}$.

Зерттеу нәтижелері мен оларды талдау

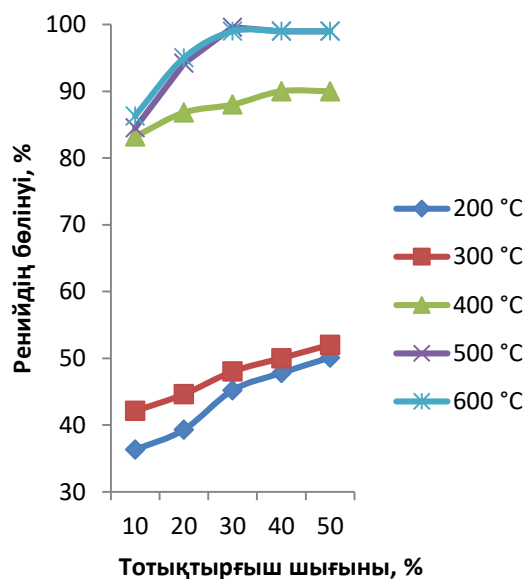
Тотықтырып күйдіру үрдісінің оңтайлы жағдайын табу үшін ренийдің ертінідіге өту, яғни кальций перренатына өту дәрежесіне тотықтырып күйдіру үрдісінің температурасы, ұзақтығы және тотықтырғыш мөлшерінің әсері зерттелді. Тотықтырып күйдіру үрдісі 200 – 600 $^\circ\text{C}$ аралықтарында зерттелді. 200 $^\circ\text{C}$ –ден төмен температурада кальций гипохлоритінің ыдырауы толық жүрмейді, соның салдарынан ренийдің де кальций перренатына өту мүмкіндігі төмен. 600 $^\circ\text{C}$ –тан жоғары температураларда қорғасынды қойыртпақтың жентектелінуі басталады, шаймалау кезінде іріленген бөлшектердің түзілуі ренийдің ертінідіге өту көрсеткіштерін төмендетеді. Кальций гипохлоритінің мөлшері техникалық кальций гипохлоритінің массасымен өлшенді және қорғасынды қойыртпақ массасынан саналғандағы шығыны есептелді. Мысалы 100 г қойыртпаққа 20 г техникалық кальций гипохлоритін қосқанда оның шихтадағы шығыны 20 % деп алынды.

Ренийдің кальций перренатына өту көрсеткішіне тотықтырғыш шығыны мен күйдіру температурасының әсері 2-суретте көрсетілген. Кальций гипохлорит мөлшерінің және температураның жоғарылауы ренийдің тотығуына және кальций перренатына өтуіне ықпал етеді. Ренийді бөліп алу бойынша ең жоғарғы 94-99 %-дық көрсеткіштер тотықтырғыштың 20-40 % -дық шығынында күйдіру үрдісін 500 -600 $^\circ\text{C}$ -де жүргізілгенде алынады.

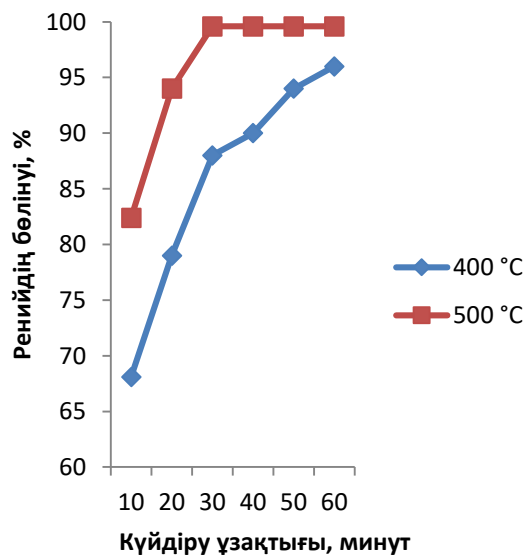
Жалпы ренийдің кальций перренатына, яғни суда ерігіш қосылыстарына өтуі 200 $^\circ\text{C}$ –де басталады, бұл жағдайларда тіпті рений мөлшерінің тең жартысы сулы ертінідіге бөлінеді, бірақ тотықтырғыш мөлшерінің артуы күйдіріндіні шаймалауда су мөлшерін көп қажет етеді. Ертінідіде рений мөлшері төмендейді. Рениймен концентрленген ертінді алу мақсатында тотықтырғыш мөлшері төмен, ал күйдіру температурасы жоғары режімдерді таңдау дұрыс технологиялық шешім болып табылады. Күйдіру ұзақтығы да температураның

жоғарылауына байланысты ренийдің бөлінуіне тікелей әсер етеді (3-сурет).

Күйдіру температурасы 400 $^\circ\text{C}$ -де тотықтыру үрдісін 60 минут бойы жүргізгенде ренийдің бөлінуі 96 %. Ренийдің кальций перренатына өтуі бойынша ең жоғарғы (99,6%) көрсеткіші 500 $^\circ\text{C}$ -де 30 минутта байқалған. Сонымен күйдіру ұзақтығының оңтайлы жағдайы 30 минут. Қорыта айтқанда қойыртпақ құрамындағы ренийді үшін шикізатты кальций гипохлоритінің қатысында қыздыру арқылы кальций перренаты күйінде бөліп алуға болатындығы зерттелді.

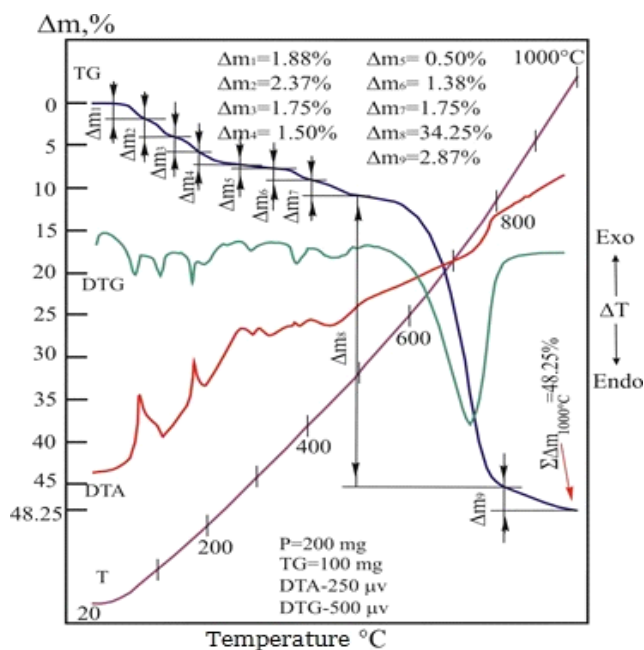


2 сурет - Тотықтырғыш шығыны мен температураның ренийдің бөлінуіне әсері, күйдіру ұзақтығы 60 минут



3 сурет - Күйдіру ұзақтығының ренийдің бөлінуіне әсері, тотықтырғыш шығыны 30 %

Шихтаның құрамы 100 қойыртпақ: 30 кальций гипохлориті. Осы шихтаның термиялық қасиеттерінің зерттеулері 4-суретте көрсетілген. Күйдіру үрдісінің бастапқы кезеңінде 20-80 °C аралығында масса жоғалымы 1,88% және бұл шихтадағы ылғалдың булануына сәйкес, одан жоғары температураларда 80-180 °C-де кальций гипохлоритінің ыдырауынан түзілген хлор мен оттегінің бөлінуі және ылғалдың бөлінуі қатар жүреді. 180-260 °C аралығында оттегінің бөлінуі жалғасады, тотықтырып күйдіру кезінде ренийдің 200 °C-де 50 %-ға жуығы (2-суретте) кальций перренатына өтуі оттегі мен хлордың бөлінуі нәтижесінде болады.



4 сурет - Қорғасын қойыртпағы мен кальций гипохлоритінен тұратын шихтаның термогравиметриялық көрсеткіштері

Шихта массасының ең көп мөлшерде 34,25 % -ға төмендеуі 425-820 °C-ге сәйкес. Ренийдің де кальций перренатына жоғары мөлшерде өтуі осы температура аралықтарында, эксперимент нәтижелері бойынша 500-600 °C-ге сәйкес. Шихтадағы карбонатты қосылыстар мен сульфатты қосылыстардың ыдырауынан газ фазасына көміртегі оксиді CO_2 және күкірт оксиді SO_2 бөлінеді. Бұл жағдайларда рений тек қана кальций перренаты қосылысына емес сонымен қатар түсті металдар перренаты түрінде де шихтада тұрақталуы мүмкін.

Келесі зерттеулер тотықтырып күйдіру өнімін суда шаймалау арқылы ренийді ерітіндіге өткізу мақсатына бағытталды. Ренийді ерітіндіге бөліп алу көрсеткішіне шаймалау температурасы мен Қ:С ара қатынасының әсері қарастырылды. Зерттеу нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

1 кесте - Күйдірілдіні сумен шаймалау нәтижесінде ренийдің ерітіндіге бөліну дәрежесі, %

Температура, °C	Қ:С		
	1:3	1:5	1:7
50	71,2	76,2	91,0
70	93,0	95,2	97,0

Ренийдің ерітіндіге бөлінуі Қ:С ара қатынасы мен шаймалау температурасының жоғарылауына тікелей байланысты. Өндірістік жағдайда жүзеге асыру мүмкіндігі мен ренийдің ерітіндідегі концентрленген мөлшерін алуды ескере отырып шаймалаудың оңтайлы жағдайы ретінде Қ:С =1:3 ара қатынасы, 70 °C шаймалау температурасы таңдалынды, шаймалау уақыты 60 минут. Ренийдің ерітіндідегі мөлшері 546 мг/л, бөліну дәрежесі 93 %. Ерітіндінің химиялық құрамы мен оған қоспа элементтердің бөліну дәрежесі 2-кестеде көрсетілген.

2 кесте - Шаймалау кезінде қоспа элементтердің ренийлі ерітіндіге өтуі

Көрсеткіштер	Cu	Pb	Ca	K	Na	Cl
Мөлшері, мг/л	395	838,9	9670	329	1873	20590
Ерітіндіге бөліну дәрежесі, %	4,7	0,4	44,8	98,12	62,04	67,2

Ерітіндіге негізінен сілтілік металдар өтеді де, түсті металдардың басым бөлігі ерімеген қалдықта қалады. Ерітінді ортасы рН=6-7. Шикізатты сумен шаймалау рений құрамды ерітінділерде қышқылдық шаймалауға қарағанда қоспа элементтердің аз мөлшерімен ерекшеленеді. Одан басқа сумен шаймалау әдісін өндіріске енгізу қышқылға төзімді қымбат қондырғыларды қажет етпейді.

Қорытынды

Эксперименттік жұмыстар нәтижесінде қорғасынды қойыртпақтан ренийді кальций перренатына өткізудің оңтайлы жағдайлары жасалынды. Тотықтырғыш ретінде рений қосылыстарын тотықтыру және оны кальций перренатына ауыстыру қызметін атқаратын кальций гипохлориті таңдалынды, оның қойыртпақ массасынан санағандағы шығыны 20-40 %. Тотықтырып күйдіру температурасы 500-

600°C, ұзақтығы 30-60 минут. Ренийді толығымен кальций перренатты қосылысына өткізу нәтижесінде күйдіру өнімін сумен

шаймалаудан кейін рений мөлшері 500-550 мг/л ерітінді алуға қол жеткізілді. Ренийді бөліп алу дәрежесі 93-94 %-ын құрайды.

Осы мақалаға сілтеме: Бердикулова Ф. А., Ихласова А.Т. Қорғасынды қойырпақтан ренийді бөліп алу үрдісін зерттеу // *Комплексное использование минерального сырья = Complex Use of Mineral Resources = Минералдық шикізаттарды кешенді пайдалану*. 2020. – №3 (314). – С. 22-27. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.23>

Cite this article as: Berdikulova F. A., Ikhlasova A. T. Issledovaniye processa izvlecheniya renia [Study of the process of rhenium extraction from lead slime] // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu*. 2020. – №3 (314). – pp. 22-27, (In Kazakh). <https://doi.org/10.31643/2020/6445.23>

Исследование процесса извлечения рения из свинцового шлама

Бердикулова Ф. А., Ихласова А. Т.

Кафедра «Технология металлов и минераллов» факультета Химии и химической технологии КазНУ им. аль-Фараби при РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья РК», Алматы, Республика Казахстан

Аннотация. Исследован процесс окислительного обжига свинцового шлама медного производства с целью извлечения рения. В качестве окислителя использован гипохлорит кальция, который одновременно является окислителем низковалентных соединений рения и связывающим реагентом оксидов рения в перренат кальция. Найдены оптимальные условия проведения процесса обжига: температура обжига - 500-600°C, продолжительность обжига 30-60 минут, расход окислителя 20-40 % от массы шлама. В результате термических исследований и экспериментальных работ установлено что процесс окисления рения начинается при 180 - 260 °С после разложения гипохлорита кальция и полностью заканчивается при 500 - 600 °С с образованием перрената кальция. При водном выщелачивании огарка в следующих условиях: Т:Ж=1:3, температура - 70 °С, продолжительность - 60 минут, получен раствор содержащей 546 мг/л рения. Степень извлечения рения в раствор составила 93-94%.

Ключевые слова: свинцовый шлам, окислительный обжиг, перренат кальция, водное выщелачивание, степень извлечения.

Әдебиеттер

- [1] A. G. Vodop'yanov and G. N. Kozhevnikov. Recovery of Rhenium and Osmium from Sulfurous Gases with Solid Carbon // *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2012, Vol. 85, No. 10, pp. 1567–1569
- [2] Беляев С.В., Ниязбеков К.К., и др. Разработка перспективной технологии обжига гранулированного ренийсодержащего материала // *Промышленность Казахстана*. – 2000. -№1. –С.78-79
- [3] Патент РФ. № 2051193. Андреев Ю.В., Грейвер Т.Н., Петров Г.В. Способ отгонки рения и осмия в газовую фазу из свинцовистых ренийсодержащих пылей и серноокислотных шламов медного производства. Оpubл. 27.12.1995.
- [4] Zharmenov A.A., Sydykov A.O., Berdikulova Ph. A., Idrisova K.S. Hydro-metallurgical method of rhenium recovering from lead slime of copper production //6th Conference on Environment and Mineral processing - Czech Republic, 2002. – P. 245-248
- [5] Кокушева, А. А., Г. А. Дайрабаева, А. Ш. Усабекова Извлечение рения из серноокислотных шламов Джекказганского медеплавильного завода // *Цветные металлы*. 1992. - №5. - С. 14-15
- [6] Serikbayeva A.K., Berdikulova F.A. Review of technologies of processing of technogenic products of copper production // *Metallurgijia*. 2015, Volume 54, Issue, 4. Pages 715-717
- [7] Сыдыков А.О., Бердикулова Ф.А. Особенности концентрирования осмия в свинцовом сплаве при восстановительной плавке свинцовых шламов // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu*. - 2007. - № 3. - С. 50-55. www.kims-imio.kz

- [8] Сыдықов Ә.О., Серікбаева А.Қ. Мыс өндірісіндегі қорғасынды қойыртыптан алынған осмий-, ренийқұрамды концентраттың сипаты // *Промышленность Казахстана*. - 2007. - № 2 (41). - С. 89-91
- [9] Патент РК №33641. Жарменов А.А., Сыдықов А.О., Мазулевский Е.А., Ишкенов А.Р. Способ извлечения осмия и рения из свинцовых промпродуктов медного производства. Оpubл. 24.05.2019г, бюл.№21
- [10] Борисова Л.В., Ермаков А.Н.. Аналитическая химия рения. Изд-во «Наука», М.: 1974г, 319стр

References

- [1] A. G. Vodop'yanov and G. N. Kozhevnikov. Recovery of Rhenium and Osmium from Sulfurous Gases with Solid Carbon // *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2012, Vol. 85, No. 10, pp. 1567–1569 (In Eng.).
- [2] Belyaev S.V., Niyazbekov K.K., i dr. Razrabotka perspektivnoi tekhnologii obzhiga granulirovannogo reniisoderzhashego materiala [Development of a promising technology for firing granulated rhenium-containing material]. // *Promyshlennost Kazakhstana*. – 2000. -№1. –P.78-79 (In Rus.).
- [3] Patent RF. № 2051193. Andreev Yu.V., Graver T.N., Petrov G.V. Sposob otgonki reniya I osmiya v gazovuyu fazu iz cvintsovistykh reniisoderzhashikh pylei i sernokislotnykh shlamov mednogo proizvodstva. [Method for distilling rhenium and osmium into a gas mixture containing rhenium compounds containing dusts and sulfuric acid slurries of copper production]. *Publ.* 27.12.1995. (In Rus.).
- [4] Zharmenov A.A., Sydykov A.O., Berdikulova Ph. A., Idrisova K.S. Hydro-metallurgical method of rhenium recovering from lead slime of copper production // *6th Conference on Environment and Mineral processing - Czech Republic*, 2002. – P. 245-248 (In Eng.).
- [5] Kokusheva A. A., G. A. Dairbaeva, A. Sh. Usabekova Izvlecheniye reniya iz sernokilotnykh shlamov Dzhezkazganskogo medeplavilnogo zavoda [Extraction of rhenium from sulfuric acid slurries of the Dzheskazgan copper smelter]. // *Tsvetnye Metally*. 1992. - №5. - С. 14-15 (In Rus.).
- [6] Serikbayeva A.K., Berdikulova F.A. Review of technologies of processing of technogenic products of copper production // *Metallurgiya*. 2015, Volume 54, Issue, 4. Pages 715-717 (In Rus.).
- [7] Sydykov A.O., Berdikulova F.A. Osobennosti kontsentrirvaniya osmiya v svintsovom splave pri vostanovlennoi plavke svintsovykh shlamov [Especially the concentration of osmium in the alloy lead to reduction melting of lead sludge]. // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu*. - 2007. - № 3. - p. 50-55 (In Rus.). www.kims-imio.kz
- [8] Sydykov A.О., Serikbayeva A.Q. Mys o'ndirisindegi qorg'asyndy qoiyrtpaqtan alyng'an osmii-, reniiquramdy kontsentrattyn' sipyty. [Description of osmium-, rhenium containing concentrate obtained from lead sludge in copper production]. // *Promyshlennost Kazakhstana*. - 2007. - № 2 (41). - С. 89-91 (In Kaz.).
- [9] Патент РК №33641. Zharmenov A.A., Sydykov A.O., Mazulevskiy E.A., Ishkenov A.R. Sposob izlecheniya osmiya i reniya iz promproduktov mednogo proizvodstva. [Method for extracting osmium and rhenium from lead industrial products of copper production]. *Publ.* 24.05.2019, byul.№21. (In Rus.).
- [10] Borisova L.V., Ermakov A.N. Analiticheskaya khimiya reniya. [Analytic chemistry of rhenium]. *Izd-vo «Nauka»*, М.: 1974, -P. 319 (In Rus.).