

## IMPROVEMENT OF METHODS FOR DECOMPOSING MOLYBDENUM IN INDUSTRIAL PRODUCTS

*D.R. Rashit\*, A.G. Ismailova, T.M. Kossova, D.Zh.Tolbay*

*Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan*

*\*E-mail: [rashit.dilyara@gmail.com](mailto:rashit.dilyara@gmail.com)*

**Abstract.** *Introduction.* The study of methods for extracting molybdenum into solutions from industrial ores and concentrates is an important task in the mining and metallurgical industry. Molybdenum (Mo) is used in the production of steel, alloys, electrode materials, and catalysts. *The purpose* of this work is to increase the efficiency of decomposition of molybdenum-containing materials, reduce production and processing costs, and minimize environmental impact. The tasks include the development of new chemical and metallurgical processes for processing various ores and concentrates, involving their decomposition and the extraction of molybdenum into a solution. *Methodology.* The study used microwave autoclave decomposition methods and chemical decomposition (acidic and fusion). The composition of the solution was determined using the atomic absorption method. The novelty of the research lies in the use of isolated microwave autoclave decomposition, which combines high efficiency and environmental safety. *Results and discussion.* The study compared the results obtained by the method of acidic decomposition and fusion in an open system with those from microwave autoclave decomposition in a closed system. Each method has its own advantages and disadvantages. The results of acidic and autoclave decompositions were similar to each other, while the results of fusion showed increased metal contents. The values of decomposition methods for standard copper and molybdenum concentrates showed results of 0.1-2.4%, respectively. The values of acidic (0.8%; 0.98%) and autoclave (0.9%; 1.04%) decompositions for samples from Chirchik and Stepnogorsk concentrates yielded similar results. *Conclusion.* The results of the decomposition methods of the materials do not differ significantly from each other from a production or industrial point of view. The analysis results can be applied in practice or used as reference values for scientific research.

**Keywords:** Molybdenum, industrial ores, concentrates, microwave autoclave decomposition, acid decomposition, smelting, atomic absorption spectroscopy, chemical decomposition, biological decomposition, X-ray fluorescence spectrophotometer.

---

*Rashit Dilyara Rashitovna*

*Master, doctoral student;*

*E-mail: [rashit.dilyara@gmail.com](mailto:rashit.dilyara@gmail.com)*

---

*Ismailova Akmaral Gazizovna*

*Candidate of Chemical Sciences;*

*E-mail: [Akmaral.Ismailova@kaznu.edu.kz](mailto:Akmaral.Ismailova@kaznu.edu.kz)*

---

*Kossova Tomiris Mukanovna*

*bachelor's student;*

*E-mail: [tomiriskossova@gmail.com](mailto:tomiriskossova@gmail.com)*

---

*Tolbay Dinmukhamed Zhambululy*

*Master; E-mail: [dtolbay@mail.ru](mailto:dtolbay@mail.ru)*

---

**Citation:** Rashit D.R., Ismailova A.G., Kossova T.M., Tolbay D.Zh. Improvement of methods for decomposing molybdenum in industrial products. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 3(87), 167-176. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-3.2710-1185.42>

**ӨНЕРКӘСІП ӨНІМДЕРІ ҚҰРАМЫНДАҒЫ МОЛИБДЕНДІ ЫДЫРАТУ  
ӘДІСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ***Д.Р. Рашиит\*, А.Г. Исмаилова, Т.М. Косова, Д.Ж. Толбай**Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан**\*E-mail: rashit.dilyara@gmail.com*

**Түйіндемe.** *Кіріспе.* Өнеркәсіптік кендер мен концентраттардағы молибденді ерітіндіге ауыстыру әдістерін зерттеу тау-кен және металлургия өнеркәсібінде маңызды міндет болып табылады. Молибден (Mo) болат, қорытпалар, электрод материалдары және катализаторлар өндірісінде қолданылады. *Жұмыс мақсаты:* Құрамында молибден бар объектілердің ыдырату тиімділігін арттыру, оны өндіру және өңдеу шығындарын азайту және қоршаған ортаға әсерін азайту. Міндеттерге әртүрлі кендер мен концентраттарды ыдырату арқылы өңдеп молибденді ерітіндіге ауыстырып алу үшін жаңа химиялық және металлургиялық процестерді әзірлеу кіреді. *Әдістер.* Зерттеуде микротолқынды автоклавты ыдырату, химиялық ыдырату (қышқылдық және балқыту) әдістері қолданылды. Ерітінді құрамы атомды-абсорбциялық әдіспен анықталды. Зерттеу жаңалығы жоғары тиімділік пен экологиялық қауіпсіздікті біріктіретін жабық жүйелі микротолқынды автоклавты ыдыратуды қолдану болып табылады. *Нәтижелер және талқылау.* Зерттеу нәтижесінде ашық жүйедегі қышқылдық және балқыту әдісі, жабық жүйеде микротолқынды-автоклавты ыдырату арқылы алынған мәндері салыстырылды. Әр әдістің кемшілігі мен артықшылығы бар. Қышқылдық ыдырату мен автоклавты ыдырату әдістерінің нәтижелері бір-біріне жақын, ал балқытып ыдыратудың нәтижелері шамадан тыс мәнді көрсетті. Стандартты мыс, молибден концентраттары үшін ыдырату әдістерінің мәндері 0.1-2.4% нәтижелер көрсетті. Чирчик және Степногорск концентраттарының үлгілері үшін қышқылдық (0.8%; 0.98%) және автоклавты (0.9%; 1.04%) ыдырату мәндері жақын нәтиже берді. *Тұжырым.* Объектілерді ыдырату әдістерінің нәтижелері өндірістік немесе өнеркәсіптік тұрғыдан алатын болсақ бір-бірінен айырмашылығы аз. Талдау нәтижелерін практикаға енгізуге болады немесе кейбір ғылыми зерттеулер үшін анықтамалық мән ретінде қолдануға болады.

**Кілт сөздер:** Молибден, өнеркәсіптік кендер, концентраттар, микротолқынды автоклавты ыдырату, қышқылдық ыдырату, балқыту, атомды-абсорбциялық спектроскопия, химиялық ыдырату, биологиялық ыдырату, рентгенфлуоресцентті спектроскопметр.

<i>Рашиит Диляра Рашиитовна</i>	<i>магистр, докторант</i>
<i>Исмаилова Акмарал Газизовна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Косова Томирус Муқановна</i>	<i>бакалавриат студенті</i>
<i>Толбай Дінмұхамед Жамбылұлы</i>	<i>магистр</i>

**1. Кіріспе**

Өнеркәсіптік кендер мен концентраттар құрамындағы молибденді ыдыратудың тиімді әдістерін зерттеу және анықтау бірнеше себептерге байланысты қазіргі тау-кен және металлургия өнеркәсібіндегі өзекті мәселе:

- Мо болат пен қорытпаларды, электрод материалдарын және катализаторларды өндіруде, өнеркәсіпте қолданылатын маңызды стратегиялық металл болып табылады. Молибденқұрамдас қосылыстардың ыдырау тиімділігін арттыру оны өндіру мен өңдеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді;

- ыдырау әдістерін жетілдіру: құрамында Мо бар кендерді өңдеу процестерімен байланысты қалдықтарды азайту арқылы қоршаған ортаға әсерді азайтуға көмектеседі;

- заманауи технологиялар жаңа химиялық және металлургиялық процестерді әзірлеуді қамтитын әртүрлі кендер мен концентраттардан молибденді алудың тиімдірек және экологиялық қауіпсіз әдістерін талап етеді;

- кендерді өндіру тереңдігінің артуымен және олардың физика-химиялық сипаттамаларының өзгеруімен өндіру процестерінің тұрақтылығы мен тиімділігін қамтамасыз ету үшін ыдырау әдістерін үнемі жетілдіру қажет.

Осылайша, өнеркәсіптік кендер мен концентраттардағы молибденнің ыдырауының оңтайлы әдістерін зерттеу және анықтау экономикалық және экологиялық тұрғыдан ғана емес, сонымен қатар технологияны жетілдіру және тау-кен өнеркәсібінің тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін де қажет.

Соңғы он жылда Мо аналитикалық химиясы айтарлықтай өзгерді. Мысалы, талдау объектілерінің барынша әртүрлілігі байқалды, физикалық әдістердің маңыздылығы артты, сонымен қатар тест-әдістер үлкен мәнге ие болды. Әртүрлі табиғат объектілеріндегі молибденді анықтау кезіндегі үлгі дайындауда сорбциялық және экстракциялық концентрлеу және бөлу операциялары маңызды болып қалады.

Жоғарыда аталған әдістермен бөліп алып, анықтау үшін ең алдымен молибденді концентрат, руда құрамынан ерітіндіге ауыстыру қажет. Анализденетін материалдардың үлгілерін ерітіндіге ауыстыру әдістері алуан түрлі: автоклавты-содалы балқыту, қышқыл-сілті ерітінділерімен еріту, содамен пісіру, электртермиялық.

Соңғы декададағы ыдырату әдістері екі бағытқа бөлінген: биологиялық және химиялық. Биологиялық әдістің басты артықшылығы экологияға зияндылығы төмен. Әдіс кемшіліктері: молибденді биологиялық ыдырату, микроағзалар мен молибденнің арасындағы әрекеттесу түрі туралы базалық ақпарат жоқтығы және төмен шығым [1,2,5,6]. Химиялық әдістің артықшылықтары - қалдықтар құрамынан ауыр металдарды, концентрат құрамынан молибденді ыдыратуда кеңінен қолданылады, көбірек зерттелген, эффективтілігі жоғары. Кемшілігі - биологиялық әдіспен салыстырғанда қоршаған ортаға зияны көбірек. Сондықтан өңдеу өнімдерінің қалдықтарын утилизациялау, қайта өңдеу тәсілдерін терең ойластыруды қажет етеді. Химиялық ыдырату әдісінің өз артықшылығы мен кемшілігі бар. Құрамында Мо бар табиғи және минералды кендерді ыдыратудың жолдары: қышқылдық ыдырату, балқытып ыдырату, микротолқынды сәулелендіріп ыдырату [3,4,7,8,9,10]. Мо-нің тотыққан түрі бар кендер  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ -да оңай ыдырайды. Сонымен қатар молибденнің сульфидті минералдары азот қышқылы немесе патша сұйығында ыдырайды. Егер кеннің құрамында  $\text{V}_i < 0.1\%$  және  $\text{Fe} < 5\%$  болса қышқылдық ыдыратуды қолданады.  $\text{V}_i$  пен  $\text{Fe}$  мөлшері жоғары болғанда сілтілермен балқытып ыдырату немесе мырыш оксиді мен сусыз натрий карбонаты қоспасымен күйдіру қажет. Қышқылдық ыдырату өнеркәсіпте кеңінен қолданылады, дегенмен ыдырату барысында концентрлі қышқылдар

қолданылатын болғандықтан қауіпті және экономикалық жағынан тиімсіз. Ал балқытып ыдырату тез орындалғанмен, сілтісіздендіру барысында бөгде элементтермен бірге анықталатын элемент қосарланып бөлінуі мүмкін. Микротолқынды автоклавты ыдырату орындалу жағынан уақытты анағұрлым үнемдейді, алайда анықтауды орындау үшін кез-келген зерттеушіге қолжетімді емес. Сондықтан, көрсетілген әдістерді салыстыра отырып тәжірибе жүргізу маңызды.

## 2. Зерттеу әдістері

Талдау объектісі ретінде табиғи және өнеркәсіптік материалдар алынды: Мыс концентратының стандартты үлгісі, молибден концентратының стандартты үлгісі, Қырғыз ЦСМ (Чирчик) құрамында молибдені бар кені және Степногорск таукен химия комбинатының молибденді концентраты.

Қышқылдық ыдырату жолы: алдымен органикалық қосылыстарды жою үшін кен мен концентрат  $400^{\circ}\text{C}$ -та 40 минут қыздырылды. Ұнтақталған кен үлгісінің 0.5-1 г сумен дымқылдатады, 5-10 мл концентрлі  $\text{HNO}_3$  қосып, бір сағатқа қалдырады (бір түнге қалдыруға болады). Сосын үш есе көп көлемді концентрлі  $\text{HCl}$  қосады, қайнағанша қыздырады, 5-10 мин қайнатады, кішкене суытып, 20 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:1) қосып, буланғанша қыздырады. Ерітіндіні суытып, аздаған су қосып, қайтадан азот қышқылы толығымен жойылғанша буландырады. Егер кеннің құрамында молибденит болса, ол ыдырағанда көбінесе бетіне шығып, бірте-бірте көтерілетін қара-қоңыр қабат құрады. Егерде кен жеткіліксіз ұнтақталса, қиын ерітін қара жылтыр нүктелерді байқауға болады. Ыдырауды жылдамдату үшін, молибденнің жұқа қабықшасын 1-2 мл спиртпен шаюға болады. Суығаннан кейін, сульфатты қалдыққа 30-40 мл су қосып, күкірт қышқылды тұздарға айналдыру үшін, қайнағанша қыздырады. Егер үлгінің құрамында мыс болса, 0.2-0.3 г металдық алюминий бөлшектерін салып, ерітінді түссізденгенше қайнатады.

Балқытып ыдырату жолы. Кеннің 0.5-1 г өлшендісін  $\text{NaOH}$ -тың 6-8 еселенген мөлшерімен тигельде балқытады. Көп мөлшердегі темір және сульфидтер қатысында сілтіге 0.5 г натрий тотығын қосуға болады. Натрийдің бір тотығымен балқытуға да болады, бірақ мұнда көбінесе тигельдер бұзылады. Егер органикалық заттар мөлшері жоғары болса, онда сілтілермен, әсіресе натрий асқын тотығымен балқыту қарқынды өтеді. Көпіршіктену аяқталғаннан кейін қоспаны қызыл күйдіру температурасында 5 минут қыздырады. Суығаннан кейін балқыманы сумен сілтісіздендіреді. Егер балқыту натрий асқын тотығымен жүргізілмесе, онда  $\text{Mo VI}$  валентті күйге дейін толық тотықтыру үшін шайманы қалдықпен бірге 2-3 мл 3 % сутек пероксидімен қайнатады, себебі молибденнің төменгі валентті қосылыстары сілтілерде нашар ериді.

Микротолқынды пештерде автоклавты ыдырату арқылы ерітіндіге ауыстыру. 50 мг үлгі өлшендісін ыдырату ыдысына салып, 2 г  $\text{H}_3\text{BO}_3$ -пен

араластырып, 5 мл концентрлі HF және HCl қосады. Ыдысты герметикалық жауып, микротолқынды жүйеге орналастырады. Бастапқы ыдысқа температура мен қысым көрсеткіштерін қосады. Ыдыратуды 200°C температурада 20 минут бойы жүргізеді. 10 минут сайын температуран қойып отырады. Ыдырату аяқталған соң, автоклавты ашып ішіндегісін 50 мл-лік пластикалық пробиркаға өткізеді де, автоклавтың өзін 30°C температурада суытады. Ерітіндіні белгісіне дейін дистилденген сумен жеткізіп, араластырады.

### 3. Зерттеу нәтижелері мен талқылануы

Анализденетін объектілерді ыдыратудың оптималды әдістерін таңдау үшін алдын – ала олардың құрамы анықталынды. Ең алдымен кен мен молибденді концентраттардың жартылай сандық спектралды анализі жүргізілді. Құрылымдық талдау әл-Фараби атындағы физика-химиялық зерттеу лабораториясында рентгенфлуоресцентті «Фокус – М2» спектрофотометрінде орындалды. Талдау нәтижелерінде үлгілердің аты келесідей таңбаланды: 1 - Мыс концентратының стандартты үлгісі; 2 - Молибденді концентратының стандартты үлгісі; 3 - Молибден концентраты (Чирчик); 4 - Молибден концентраты (Степногорск). Анықтау нәтижелері кесте 1 - де берілген.

**Кесте 1** - Молибденді және мысты кендер мен концентраттардың спектралды талдау нәтижелері

Үлгі	Элемент	1		2		3	
		C, %	I	C, %	I	C, %	I
1	Fe	6.39	308.52	6.71	309.37	6.74	315.90
	Cu	68.97	1883.84	73.06	1871.16	73.80	1899.19
	Pb	4.88	22.80	5.28	22.93	4.38	19.08
	Zn	1.79	75.57	1.52	65.52	1.15	56.66
	Mn	0.02	0.60	0.02	0.52	0.050	1.60
2	Fe	6.38	45.39	10.91	110.40	9.89	88.75
	Zn	0.20	1.43	1.24	10.22	0.30	2.45
	Cu	2.30	17.48	3.20	31.38	2.16	19.50
	Mn	0.08	0.37	0.08	0.73	0.09	0.63
3	Fe	13.33	170.27	13.22	167.87	14.07	183.01
	Zn	0.10	1.10	0.05	0.54	0.09	1.01
	Cu	0.58	7.56	0.53	6.79	0.80	10.21
	Mn	0.10	1.24	0.07	0.96	0.09	1.06
	Pb	13.68	60.01	16.87	71.09	16.31	69.84
4	Fe	33.01	853.85	28.03	812.36	31.82	791.34
	Zn	0.03	2.00	0.02	1.95	0.01	1.55
	Cu	37.68	545.62	31.27	539.76	36.99	521.31
	Mn	0.06	1.24	0.05	1.15	0.02	0.43
	Pb	0.51	1.08	0.00	0.00	0.45	0.93

Құрылымдық талдау арқылы зерттелетін объектінің жартылай сандық құрамы анықталады, әрі қарай талдауды жүргізу үшін концентраттар мен кендерді классикалық және физика-химиялық әдістермен анықтаймыз.

**Кесте 2** - Молибденді және мысты кендер мен концентраттардың қышқылдық ыдыратудан кейінгі атомды-абсорбциялық талдау нәтижелері

Үлгі	Mo, мкг/мл	Fe, мкг/мл	Zn, мкг/мл	Cu, мкг/мл	Mn, мкг/мл	Ni, мкг/мл	Pb, мкг/мл
Сұйытылмаған үлгіні талдау нәтижелері							
1	0.9562	46.4938	36.4393	283.4100	0.6068	0.3466	2.9656
2	468.0410	37.4857	2.5282	5.7676	1.1235	0.2914	1.9827
3	176.7860	16.9153	0.5366	1.0770	0.2194	0.3435	1.8083
4	333.2170	85.4760	8.0203	261.8370	2.0296	0.7687	1.9250
10 есе сұйытылған үлгіні талдау нәтижелері							
1	2.2897	-	-	-	-	-	-
2	259.2340	13.8236	0.6678	-	-	-	-
3	43.4563	-	0.2396	1.1111	0.3262	0.2997	1.6545
4	115.6080	47.4860	1.7586	60.8076	-	-	-

Кесте 2 нәтижесі бойынша сұйылту басқа элементтердің әсер ету мөлшерін азайтып, анықталу нәтижесіне кедергі келтіретінін бақылауға мүмкіндік берді. Мыс концентратының стандартты үлгісі құрамындағы Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Pb мөлшерін азайту Mo анықталуын жақсартты. Басқа үш үлгімен салыстырғанда молибденнің 10 есе сұйылтудан кейінгі 1 – үлгі құрамындағы мөлшері айтарлықтай жоғары нәтиже көрсетті.

**Кесте 3** - Молибденді және мысты кендер мен концентраттардың балқытып ыдыратудан кейінгі атомды-абсорбциялық талдау нәтижелері

Үлгі	Mo, мкг/мл	Fe, мкг/мл	Zn, мкг/мл	Cu, мкг/мл	Mn, мкг/мл	Ni, мкг/мл	Pb, мкг/мл
Сұйытылмаған үлгіні талдау нәтижелері							
1	99.8012	0.1910	0.1904	0.0059	0.0938	-	0.1334
2	73.2411	0.0946	0.0338	0.0040	0.0447	0.0008	-
3	116.2190	-	-	-	0.0084	-	-
4	0.1628	0.2368	0.8918	0.4450	0.6426	-	0.0235
5 есе сұйытылған үлгіні талдау нәтижелері							
1	100.5560	0.5535	0.0694	0.0932	0.3526	0.1574	0.3850
2	14.7795	0.1074	0.0343	0.0029	0.0902	-	-
3	31.2585	-	0.0090	-	0.2088	0.0022	-
4	3.3653	0.0700	0.5257	0.2142	1.2012	0.0155	-

Кесте 3 көрініп тұрғандай зерттеу нәтижелерінің мәндері жоғары, ол балқыту процесінде бөгде реакциялардың орындалуына байланысты.

Микротолқынды пеште автоклавты ыдыратудан кейінгі кендер мен концентраттардың нәтижелері кесте 6 берілген.

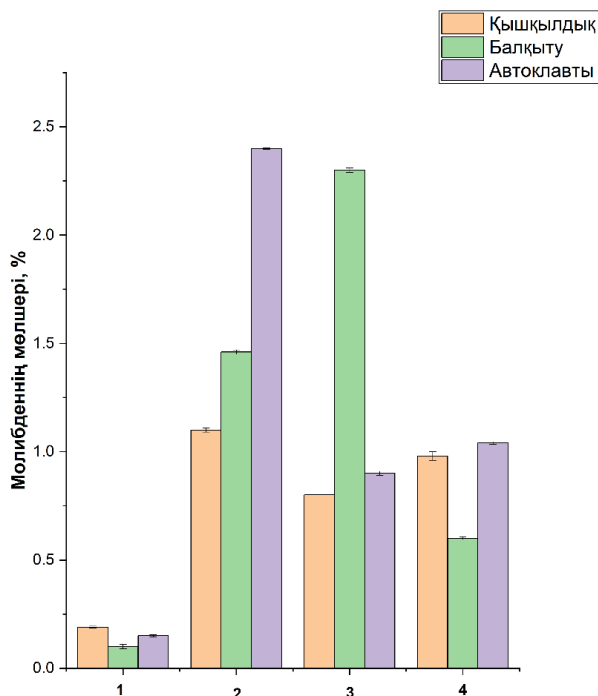
**Кесте 4** - Микротолқынды пеште автоклавты ыдыратудан кейінгі кендер мен концентраттардың атомды-абсорбциялық талдау нәтижелері

Үлгі	Үлгідегі молибден мөлшері, мкг/мл
1	1.2595
2	192.5950
3	70.1219
4	83.1328

Құрамында Мо бар кендер мен концентраттардың үш түрлі ыдырату арқылы атомды - абсорбциялық талдау нәтижелері кесте 5 келтірілген.

**Кесте 5** - Құрамында молибден бар кендер мен концентраттардың үш түрлі ыдырату арқылы атомды- абсорбциялық талдау нәтижелері.

Үлгі	Қышқылдық ыдыратудан кейінгі молибден мөлшері, %	Балқытып ыдыратудан кейінгі молибден мөлшері, %	Микротолқынды автоклавты ыдыратудан кейінгі молибден мөлшері, %
1	0.19	0.1	0.15
2	1.1	1.46	2.40
3	0.8	2.3	0.90
4	0.98	0.6	1.04



**Сурет 1** - Құрамында молибден бар кендер мен концентраттарды үш түрлі ыдыратудың спектралды талдау нәтижелері

Стандартты мыс концентраты үлгісі және молибденнің стандартты үлгісі үшін ыдырату әдістері шамалас мәндер берді. Чирчик және Степногорск үлгілері үшін қышқылдық және автоклавты ыдырату мәндері жуық болды.

#### 4. Қорытынды

- Ыдырау әдістерінің тиімділігі:

1. Микротолқынды-автоклавты ыдырату молибденді алуға қатысты концентраттардың барлық түрлері үшін ең жоғары тиімділікті көрсетті. Әдістің артықшылығы - реагенттердің үнемді пайдаланылуында, процестің жабық жүйеде орындалуында. Кемшілігі - ыдырату процесі үшін жоғары қысым мен жоғары температура қолданылады.

2. Қышқылдық ыдырату ашық жүйеде орындалады. Қолданылатын реагенттердің мөлшері көп, дегенмен өнеркәсіптік жағдайда қолдану ыңғайлы.

3. Балқытып ыдырату да жақсы нәтиже көрсетті. Бірақ процесте еріткіштің бірнеше есе артық мөлшері алынады, жоғарғы температурада бөгде реакциялар орындалады.

- Әртүрлі концентраттардағы молибден мөлшерінің өзгергіштігі:

4. Концентраттардың әртүрлі үлгілеріндегі Мо мөлшерінің стандартты ауытқулары микротолқынды-автоклавты ыдырату кезінде ең аз болды, бұл әдіс нәтижелерінің тұрақтылығын көрсетеді.

- Концентрат түріне байланысты ыдырату әдісін таңдау:

5. Стандартты мыс концентраты үшін қышқылдық, балқытып ыдырату, автоклавты ыдырату бойынша 0.19%; 0.1%; 0.15% молибден концентраттары сәйкесінше 1.10%; 1.46%; 2.40% мәндері алынды.

6. Чирчик және Степногорск концентраттарының үлгілері үшін қышқылдық (0.8%; 0.98%) және автоклавты (0.9%; 1.04%) ыдырату мәндері жақын, ал балқытып ыдырату үшін 2.3%, 0.6% нәтижелерін берді.

Сонымен, алынған деректер зерттелетін концентрат түріне байланысты ыдырату әдістерінің нәтижелеріндегі айырмашылықтарды көрсетті және әрі қарай талдау мен өнеркәсіптік қолдану үшін оңтайлы әдісті таңдау маңыздылығын дәлелдейді.

**Қаржыландыру:** Жұмыс Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университетінде 2023 жылғы 03 тамыздағы № 277/23-25 келісім-шарт шеңберінде № AP19679864 "Технологиялық ерітінділерден молибден мен вольфрамды ионалмастырғыш шайырлармен фракциялық сорбциялық бөлу технологиясы" жобасы бойынша орындалды.

**Мүдделер қақтығысы:** Авторлар осы мақалада келтірілген деректерде авторлар арасында мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.



## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАЗЛОЖЕНИЯ МОЛИБДЕНА В ПРОМЫШЛЕННЫХ РУДАХ И КОНЦЕНТРАТАХ

Д.Р. Рашиит\*, А.Г. Исмаилова, Т.М. Косова, Д.Ж. Толбай

Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

\*E-mail: rashit.dilyara@gmail.com

**Резюме.** *Введение.* Изучение методов перевода молибдена в растворы из промышленных руд и концентратов является важной задачей в горнодобывающей и металлургической промышленности. Молибден (Mo) используется в производстве стали, сплавов, электродных материалов и катализаторов. *Цель работы:* повышение эффективности разложения молибденосодержащих объектов, сокращение затрат на их производство и переработку, а также снижение воздействия на окружающую среду. В задачи входит разработка новых химических и металлургических процессов для переработки различных руд и концентратов, включающих их разложение и перевод молибдена в раствор. *Методология.* В исследовании использовались методы микроволнового автоклавного разложения, химическое разложение (кислотного и сплавления). Состав раствора определяли атомно-абсорбционным методом. Новизна исследования заключается в использовании изолированного микроволнового автоклавного разложения, сочетающего высокую эффективность и экологическую безопасность. *Результаты и обсуждение.* В результате исследования сравнивались результаты, полученные методом кислотного разложения и сплавления в открытой системе, разложением микроволнового автоклава в закрытой системе. У каждого метода есть свои недостатки и преимущества. Результаты кислотного и автоклавного разложений близки друг к другу, в то время как результаты сплавления показали повышенные содержания металла. Значения методов разложения для стандартных медных и молибденовых концентратов показали результаты 0.1-2.4% соответственно. Значения кислотного (0.8%; 0.98%) и автоклавного (0.9%; 1.04%) разложений для образцов Чирчикского и Степногорского концентратов дали близкие результаты. *Заключение.* Результаты методов разложения объектов мало чем отличаются друг от друга с производственной или промышленной точки зрения. Результаты анализа можно применить на практике или использовать в качестве справочных значений для научных исследований.

**Ключевые слова:** молибден, промышленные руды, концентраты, микроволновое-автоклавное разложение, кислотное разложение, разложение сплавлением, атомно-абсорбционная спектроскопия, химическое разложение, биологическое разложение, рентгенофлуоресцентный спектрофотометр.

<i>Рашиит Диляра Рашиитовна</i>	<i>магистр, докторант</i>
<i>Исмаилова Акмарал Газизовна</i>	<i>кандидат химических наук</i>
<i>Косова Томирис Муқановна</i>	<i>бакалавр</i>
<i>Толбай Дінмұхамед Жамбылұлы</i>	<i>магистр</i>

### Әдебиеттер тізімі

- Rivera-Santillán R.E., Patricio-Ramírez F., López-López F.A., Molybdenite Bioleaching by Thermophilic Bacteria in a RELVA-ARBP Bioreactor, *Adv. Mater. Res.* **2013**, 825, 418–422. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.825.418>
- Sani S.A., Haris A.M., A microbial technology approach using bioleaching for low grade metals extraction - a review, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2022**, 1103, 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1103/1/012019>
- Barakan S., Aghazadeh V., Bidari E., Soleymani M., Faridazad M., Comprehensive Electrochemical-Chemical Study of Copper Reduction from Molybdenum Concentrate Using Mixed HCl, FeCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub>, and CaCl<sub>2</sub> Leaching Medium, *Mining, Metall. Explor.* **2023**, 40, 141–159. <https://doi.org/10.1007/s42461-022-00708-8>
- Vyas S., Ting Y.P., Sequential biological process for molybdenum extraction from hydrodesulphurization spent catalyst, *Chemosphere.* **2016**, 160, 7–12.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.06.060>

5. Beolchini F., Fonti V., Rocchetti L., Saraceni G., Pietrangeli B., Dell'Anno A., Chemical and biological strategies for the mobilisation of metals/semi-metals in contaminated dredged sediments: experimental analysis and environmental impact assessment, *Chem. Ecol.* **2013**, 29, 415–426. <https://doi.org/10.1080/02757540.2013.776547>

6. Pathak A., Rana M.S., Al-Sheeha H., Navvmani R., Al-Enezi H.M., Al-Sairafi S., Mishra J., Feasibility of bioleaching integrated with a chemical oxidation process for improved leaching of valuable metals from refinery spent hydroprocessing catalyst, *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2022**, 29, 34288–34301. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18680-7>

7. Chung K.W., Yoon H.S., Kim C.J., Jeon H.-S. Selective Leaching of Molybdenum from Bulk Concentrate by Electro-Oxidation. *Metals.* **2021**, 11, 1904. <https://doi.org/10.3390/met11121904>

8. Liu Zx., Yin Zl., Chen Yg. et al. Leaching kinetics of molybdenum from Ni-Mo ore in sulfuric acid solution with sodium peroxodisulfate as oxidant. *J. Cent. South Univ.* **2015**, 22, 874–879. <https://doi.org/10.1007/s11771-015-2596-5>

9. Barakan S., Aghazadeh V., Bidari E. et al. Comprehensive Electrochemical-Chemical Study of Copper Reduction from Molybdenum Concentrate Using Mixed HCl, FeCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub>, and CaCl<sub>2</sub> Leaching Medium. *Mining, Metallurgy & Exploration.* **2023**, 40, 141–159. <https://doi.org/10.1007/s42461-022-00708-8>

10. Xie K., Wang H., & Wang S., Direct leaching of molybdenum and lead from lean wulfenite raw ore. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China.* **2019**, 29(12), 2638–2645. doi:10.1016/s1003-6326(19)65170-8

## References

1. Rivera-Santillán R.E., Patricio-Ramírez F., López-López F.A., Molybdenite Bioleaching by Thermophilic Bacteria in a RELVA-ARBP Bioreactor, *Adv. Mater. Res.* **2013**, 825, 418–422. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.825.418>

2. Sani S.A., Haris A.M., A microbial technology approach using bioleaching for low grade metals extraction - a review, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2022**, 1103, 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1103/1/012019>

3. Barakan S., Aghazadeh V., Bidari E., Soleymani M., Faridazad M., Comprehensive Electrochemical-Chemical Study of Copper Reduction from Molybdenum Concentrate Using Mixed HCl, FeCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub>, and CaCl<sub>2</sub> Leaching Medium, *Mining, Metall. Explor.* **2023**, 40, 141–159. <https://doi.org/10.1007/s42461-022-00708-8>

4. Vyas S., Ting Y.P., Sequential biological process for molybdenum extraction from hydrodesulfurization spent catalyst, *Chemosphere.* **2016**, 160, 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.06.060>

5. Beolchini F., Fonti V., Rocchetti L., Saraceni G., Pietrangeli B., Dell'Anno A., Chemical and biological strategies for the mobilisation of metals/semi-metals in contaminated dredged sediments: experimental analysis and environmental impact assessment, *Chem. Ecol.* **2013**, 29, 415–426. <https://doi.org/10.1080/02757540.2013.776547>

6. Pathak A., Rana M.S., Al-Sheeha H., Navvmani R., Al-Enezi H.M., Al-Sairafi S., Mishra J., Feasibility of bioleaching integrated with a chemical oxidation process for improved leaching of valuable metals from refinery spent hydroprocessing catalyst, *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2022**, 29, 34288–34301. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18680-7>

7. Chung K.W., Yoon H.S., Kim C.J., Jeon H.-S. Selective Leaching of Molybdenum from Bulk Concentrate by Electro-Oxidation. *Metals.* **2021**, 11, 1904. <https://doi.org/10.3390/met11121904>

8. Liu Zx., Yin Zl., Chen Yg. et al. Leaching kinetics of molybdenum from Ni-Mo ore in sulfuric acid solution with sodium peroxodisulfate as oxidant. *J. Cent. South Univ.* **2015**, 22, 874–879. <https://doi.org/10.1007/s11771-015-2596-5>

9. Barakan S., Aghazadeh V., Bidari E. et al. Comprehensive Electrochemical-Chemical Study of Copper Reduction from Molybdenum Concentrate Using Mixed HCl, FeCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub>, and CaCl<sub>2</sub> Leaching Medium. *Mining, Metallurgy & Exploration.* **2023**, 40, 141–159. <https://doi.org/10.1007/s42461-022-00708-8>

10. Xie K., Wang H., & Wang S., Direct leaching of molybdenum and lead from lean wulfenite raw ore. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China.* **2019** 29(12), 2638–2645. doi:10.1016/s1003-6326(19)65170-8