ISSN 0042-1707

O‘ZBEKISTON FANLAR AKADEMIYASI

O‘ZBEKISTON KIMYO JURNALI

УЗБЕКСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

UZBEK CHEMICAL JOURNAL

http://www.uzchemj.uz

2/ 2026

O’ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

O’ZBEKISTON KIMYO JURNALI

УЗБЕКСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

UZBEK CHEMICAL JOURNAL

Издается с января 1957 г. по 6 номеров в год

2/ 2026

ТАШКЕНТ – 2026

Главный редактор: д.х.н., проф. Ибрагимов А.Б.

Зам.главного редактора: академик Намазов Ш.С.

Зам.главного редактора: д.х.н., проф. Гуро В.П.

Ответственный секретарь: Доктор философии (PhD) Ганиева С.Х.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Академик РАЕН Капустин В.М. (Россия)
Академик РАН Цивадзе А.Ю. (Россия)
Академик АН РУз Ибрагимов Б.Т.
Академик АН РУз Беглов Б.М.
Академик АН РУз Джалилов А.Т.
Академик АН РУз Рашидова С.Ш.
Академик АН РУз Салихов Ш.С.
Академик АН РУз Юсупбеков Н.Р.
Член-корр. РАН Буряк А.К. (Россия)
Член-корр. РАН Гнеденков С.В. (Россия)
Член-корр. РАН Иванов В.К. (Россия)
Член-корр. РАН Максимов А.Л. (Россия)
Профессор Лицзе Го (Китай)
Профессор Кристина Тодерич (Япония)
Профессор Уллерих Энглерт (Германия)
Профессор Усманов С.У. (Казахстан)
Профессор Блохин А.А. (Россия)
Профессор Трошкина И.Д. (Россия)
Доктор хим.наук Фишер Д.Е. (Казахстан)

Доктор хим. наук, профессор Акбаров Х.И.
Доктор хим. наук, профессор Закиров Б.С.
Доктор хим. наук, профессор Кадырова З.Р.
Доктор хим. наук, профессор Тураев Х.Х.
Доктор техн. наук, профессор Искандарова М.
Доктор техн. наук, профессор Сагдуллаев Ш.Ш.
Доктор техн. наук, профессор Санакулов К.С.
Доктор техн. наук, профессор Эркаев А.У.
Доктор хим. наук, профессор Эшметов И.Д.
Доктор техн. наук, профессор Юсупов Ф.М.
Доктор техн. наук, профессор Тогашаров А.С.
Доктор техн. наук, профессор Усанбаев Н.Х.
Доктор хим. наук Кадырова З.Ч.
Доктор хим. наук Ашуров Ж.М.
Доктор биол. наук Мячина О.В.
Доктор техн. наук Кучаров Б.Х.
Доктор хим. наук Расулова С.Н.
Доктор философии (PhD) Мирзамахмудов Ж.Т.
Канд.биол.наук Ташпулатов Ж.Ж.

Адрес редакции: 100170, Ташкент, ул.М.Улугбека, 77-а Институт общей и неорганической химии АН РУз Телефон: +99871 262-56-60, факс: +99871 262-79-90, http://www.uzchemj.uz

Редактор: канд.техн.наук Ким Р.Н.

Техн.редактор: Пулатов Б.А.

Журнал зарегистрирован Агентством по печати и информации Республики Узбекистан 22.12.2006 г. Регистрационный номер 0047

ишлашда аммиакли ва содали анъанавий усуллардан фойдаланилади, уларнинг камчилиги – паст тезлик ва юқори экологик зарар ҳисобланади.

Мақсад: куюндини қайта ишлашнинг фосфат кислотали муқобил технологиясини яратиш ва синовдан ўтказиш.

Методология. Фосфор кислотасида эритиб олиш жараёни натижалари молибден гидрометаллургиясида қўлланилган усуллар билан назорат қилинди.

Илмий янгилиги. Ўзбекистонда биринчи марта молибден оралиқ маҳсулоти куюндисини қайта ишлаш учун фосфор кислотаси технологияси ишлаб чиқилди ва муваффақиятли синовдан ўтказилди.

Олинган натижалар. Жараённинг оптимал технологик режими аниқланди: ҳарорат, кислоталарнинг концентрация диапазони, С:Қ (суюқ фаза : қаттиқ фаза) нисбати, вақт.

Калит сўзлар: куюнди, молибден саноат маҳсулоти, молибденни ажратиб олиш даражаси, қайта ишлаш технологияси, оксидлаб эритмага ўтказиш технологияси.

Хусусиятлари:

–куюндисидан молибденни оксидлаб эритмага ўтказишнинг оптимал режимлари аниқланди;

– жараённинг технологик схемаси яратилди ва синовдан ўтказилди.

G. A. Sultanov, S. N. Rasulova, U. N. Ruziev, F. R. Abdullaev, M. R. Ibragimova, Z. A. Nabieva, V. P. Guro

PHOSPHORIC ACID LEACHING TECHNOLOGY FOR MOLYBDENUM INDUSTRIAL PRODUCT CINDER

Abstract. *Background.* Traditional molybdenum oxide cinder processing methods include ammonia and sodium carbonate. Their disadvantages include low processing speed and high environmental impact.

Purpose. To develop and test an alternative phosphoric acid processing technology for cinder.

Methodology. The results of the phosphoric acid leaching process were controlled by methods adopted in molybdenum hydrometallurgy.

Originality. A phosphoric acid technology for processing PPM cinder was developed and successfully tested for the first time in Uzbekistan.

Findings. Optimal process conditions were identified: temperature, acid concentration range, liquid:solid ratio, and time.

Keywords: cinder, industrial molybdenum product, Mo extraction rate, processing technology, leaching scheme.

Highlights:

- Optimal leaching conditions for Mo from PPM cinder were identified;
- A process flow diagram was developed and tested.

УДК 543.872; 532.64 (088.8)

[1]Г. А. СУЛТАНОВ, [1]С. Н. РАСУЛОВА, [2]У. Н. РУЗИЕВ, [2]Ф. Р. АБДУЛЛАЕВ, [1]М. Р. ИБРАГИМОВА, [1]З. А. НАБИЕВА, [1]В. П. ГУРО

ПОВЕРХНОСТЬ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ОГАРКА ПРОМПРОДУКТА МОЛИБДЕНОВОГО ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ В РАСТВОРАХ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

[1]Институт общей и неорганической химии Академии наук РУз, [2]АО «Узбекский комбинат технологических металлов»

Дата поступления 28.02. 2026

Реферат. *Предпосылки проблемы*. Исследование фазовых состояний и морфологии поверхности огарка промышленного продукта молибденового и кеков выщелачивания – важное направление гидрометаллургии Мо.

Цель: исследование поверхности, фазового состава огарка промышленного продукта молибденового при переработке в растворах фосфорной кислоты.

Методология. Состав проб исследован ICP-OES и XRF, минералогия - XRD, морфология -

SEM/EDS (Agilent 7500, SEM Carl Zeiss EVO-MA; JEOL JCM-6000 Neoscope II; Epsilon 4 ED XRF; XRD Empyrean PANalytical).

Научная новизна. На основе анализа физико-химических свойств образцов огарка ППМ обоснован выбор фосфорной кислоты - реагента процесса выщелачивания.

Полученные данные. Методами ICP-OES, XRF изучен состав образцов, XRD – минералогия, SEM/EDS – морфология.

Ключевые слова: огарок, молибден, метод ICP-OES, XRF, SEM/EDS, выщелачивание, фосфорная кислота.

Особенности:

- образцы кеков фосфорнокислотного выщелачивания огарка ППМ;
- методами ICP-OES, XRF изучен состав образцов;
- методами XRD изучена минералогия, SEM/EDS – морфология.

Введение. Исследование фазовых превращений и морфологической эволюции огарка промышленного продукта молибденового (ППМ), фиксируемых методами XRD и SEM [3], относят к ключевому направлению металлургии Mo. Интерес к его переработке в кислотах актуализировался из-за недостатков содовой схемы. ОППМ представляет из себя систему из MoO_3, MoO_2, $CaMoO_4$, силикатных и алюмосиликатных фаз [1], при растворении характеризуемую появлением реакционного слоя, ограничивающего диффузию реагентов [3]. Поведение фазы $CaMoO_4$ описывается моделью «сжимающегося ядра»: лимитирующая стадия в ней - химическая реакция на поверхности [4]. Депассивация ее в кислотной среде интенсифицирует разложение $CaMoO_4$ [5]. В карбонатно-щелочной системе $CaMoO_4$ сохраняет долю кальцийсодержащей матрицы [6], при переходе pH в кислотную область [7] происходит ее трансформация [6] и перераспределение кальция во вторичных фазах [8]. Повышение температуры и давления приводит к интенсификации разрушения Ca-Mo(VI) структуры [9]. Фактором, определяющим степень извлечения Mo, является устойчивость фазы $CaMoO_4$. Термодинамический анализ системы Ca–Mo–H_2O позволил установить эту область [10]. Введение в кислотную систему комплексообразующих фосфат-ионов интенсифицирует растворение $CaMoO_4$ с переводом Mo(VI) в раствор [11]. Координация Mo(VI) с H_3PO_4 препятствует и вторичной кристаллизации оксидных фаз [12]. Минералогический состав продуктов выщелачивания связан с качеством исходного материала и эффективностью гидрометаллургической схемы [13].

*Цель:*исследование поверхности, фазового состава огарка ППМ при переработке в растворах фосфорной кислоты.

Для достижения этой цели решены *задачи:* - провести исследование поверхности и фазового состава образцов огарка ППМ и кеков фосфорнокислотного выщелачивания методами XRD, XRF, SEM.

Методы и материалы. Характерный химический состав огарка ППМ, мас. %: 32–35 Mo; 0.015–0.02 Re; 2.5–3.0 Cu; 1.5–2.0 Fe; 3.5–4.2 CaO; 10–12 SiO_2; 0.05 P_2O_5; S (остаточная в MoS_2) - до 1.5. Использованы образцы из промышленной партии огарка ППМ №44/44 (2024 года). Масса нетто 2610, характеризующаяся параметрами: влага- 0.11, масса -2607 кг, содержание Mo -40.07% (в пересчете на металл 1045 кг). Au, g/t 25.2; Au, g 35.7; Ag, g/t 49.2; Ag, g 128; другие компоненты, %: Cu-2.82; MoS_2 -0.64; Re- 0.011. Минералогический состав: молибденит 1/3 массы, силикатные и сульфидные фазы - остальное. Состав проб исследован методами ICP-OES и XRF, минералогия - XRD, морфология - SEM/EDS (Agilent 7500, SEM Carl Zeiss EVO-MA; JEOL JCM-6000 Neoscope II; Epsilon 4 ED XRF; XRD Empyrean PANalytical). Образцы ОППМ партии 44/44 подвергались фосфорнокислотному выщелачиванию в растворе H_3PO_4; H_2SO_4; HNO_3, концентрацией в диапазоне 0.1-1.5 моль/л, время τ 0.25-3.0 ч, Ж:Т (2.5-15):1; t°C 24-98°C. Номера образцов кеков, состав растворов и режимы выщелачивания приведены на рис 1.

Результаты и обсуждение. Рентгенодифракционный анализ огарка ППМ выявил присутствие фаз: MoO_3, $CaMoO_4$, оксидов и силикатов Fe, Ca. Наличие в огарке $CaMoO_4$ свидетельствует о пассивировании им поверхности огарка. Интенсивность рефлексов $CaMoO_4$ варьирует в зависимости от условий процесса, что важно для выбора оптимального режима. Сканирующая электронная микроскопия в сочетании с энергодисперсионным анализом (SEM–EDS) показывает, что частицы MoO_3 имеют пластинчатую и игольчатую морфологию и ассоциированы с силикатной матрицей. Это обстоятельство подчёркивает необходимость комплексообразующих сред, способных обеспечить перенос Mo(VI) в раствор. Совокупность данных химического, фазового и микроструктурного анализов позволяет рассматривать огарок ППМ как многокомпонентный объект, для которого классические

схемы выщелачивания требуют адаптации. Фосфорнокислотная система в этом контексте представляет собой и альтернативу традиционным реагентам, и иной подход, основанный на связывании пассивирующих компонентов. Ее основная особенность - способность к комплексообразованию с Mo(VI), связыванию Ca в труднорастворимые фосфаты, неактивному воздействию на силикатную матрицу (с минимальным переводом гидроксидов Si в раствор).

Фосфорная кислота взаимодействует с H_2MoO_4, образуя растворимую фосфомолибденовую гетерополикислоту $H_3PMo_{12}O_{40}$:

$$12H_2MoO_4 + H_3PO_4 \rightarrow H_3PMo_{12}O_{40} + 12H_2O \quad (1)$$

Комплекс устойчив при pH <1, термодинамически он выгоден при высокой концентрации H_3PO_4 и температуре >70 °C ($\Delta G° \approx -170$ кДж/моль).

Серная кислота (H_2SO_4) выполняет две функции:

1) разрушает кальциевые и железистые фазы:

$$CaMoO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 \downarrow + H_2MoO_4 \quad (2)$$

2) создает сильнокислую среду (pH <1), необходимую для стабильности фосфомолибденового комплекса.

Азотная кислота (HNO_3) выполняет роль окислителя, ускоряя переход Mo(IV) и остаточного MoS_2 в Mo(VI):

$$3MoS_2 + 28HNO_3 \rightarrow 3H_2MoO_4 + 6H_2SO_4 + 28NO_2 \uparrow + 8H_2O \quad (3)$$

Добавка HNO_3 предотвращает пассивацию поверхности $CaMoO_4$ тонкими плёнками $Fe_2(MoO_4)_3$ и сульфатов, что способствует равномерному растворению. Таким образом, сочетание кислот (H_3PO_4:H_2SO_4:HNO_3≈1.5:1:0.3 моль/л) обеспечивает синергетический эффект при выщелачивании огарка.

Исследование РФА, XRD и SEM–EDS кеков выщелачивания

Изучение кеков фосфорнокислотного выщелачивания ОППМ - этап для установления физико-химических причин тех или иных тенденций, определяющих эффективность процесса. В отличие от анализа растворов, исследование твердых фаз позволяет непосредственно оценить фазовый и элементный состав кеков, выявить пассивирующие образования и установить характер распределения компонентов между фазами.

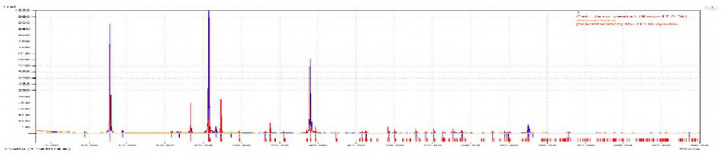
Исследовались образцы кеков с использованием комплекса инструментальных методов: РФА, XRD, SEM–EDS. Применение совокупности обогащает результат: РФА -элементным составом, XRD — фазовой принадлежностью, SEM–EDS - локальным распределением.

Таблица 1. Анализ РФА образцов 1-8 фосфорнокислого выщелачивания

Образец / Элемент	№ 11	1	2	3	4	5	6	7	8
	%								
Масса, г	30.0	4.1	6.7	4.9	4.3	10.3	5.2	5.7	5.3
Al	0.0656	0.02	0.003	0.04	0.026	0.0336	0.0381	0.0341	0.054
Si	0.5051	2.81	2.26	2.17	2.825	2.464	4.3168	3.34	3.42
S	0.9704	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	0.0697	0.0460	0.0432	0.053	0.041	0.0433	0.0437	0.037	0.041
Fe	8.9439	1.798	2.227	3.412	2.061	6.535	2.152	1.484	3.288
Mo	88.888	93.47	93.59	92.75	93.43	89.75	91.115	92.97	91.05
Ag	0.0228	0.0064	0.008	0.008	0.007	0.0068	0.0074	0.0071	0.008

В условиях фосфорнокислотного выщелачивания часть балластных фаз (силикаты, сульфаты, оксиды) переходит в раствор, но не Mo, чья концентрация в кеке возрастает. При оценке степени извлечения Mo это обстоятельство учтено.

1 M: H_3PO_4 1.5; H_2SO_4 1.0; HNO_3 0.3; τ 3 ч, t°C 90, Ж:Т 15:1; α(Mo) 85.6%



3 M: H_3PO_4 0.5; H_2SO_4 1.0; HNO_3 0.3; τ 3 ч, t °C 90, Ж:Т 15:1; α(Mo) 82.9%

5 M: H_3PO_4 1.5; H_2SO_4 0.5; HNO_3 0.3; τ = 3 ч, t °C =90, Ж:Т=15:1; α(Mo)=65.3%

9 M: H_3PO_4 1.5; H_2SO_4 1.0; HNO_3 0.1; τ = 3 ч, t °C =90, Ж:Т=15:1; α(Mo)=81.4%

13 M: H_3PO_4 1.5; H_2SO_4 1.0; HNO_3 0.3; τ = 3 ч, t °C =90, Ж:Т=10:1; α(Mo)=85.8%

15 M: H_3PO_4 1.5; H_2SO_4 1.0; HNO_3 0.3; τ = 3 ч, t °C =90, Ж:Т= 2.5:1; α(Mo)=42.9%

18 M: H_3PO_4 1.5; H_2SO_4 1.0; HNO_3 0.3; τ = 3 ч, t °C =70, Ж:Т=15:1; α(Mo)=87.05%

21 M: H_3PO_4 1.5; H_2SO_4 1.0; HNO_3 0.3; τ 0.75 ч, t °C 90, Ж:Т 15:1; α(Mo) 63.0%

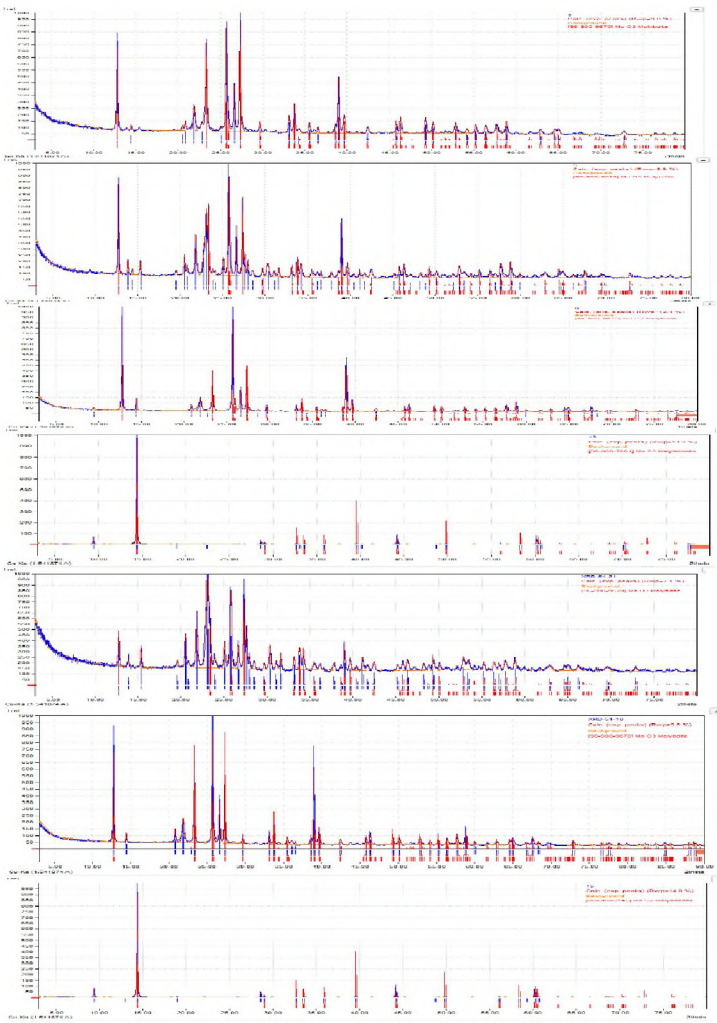
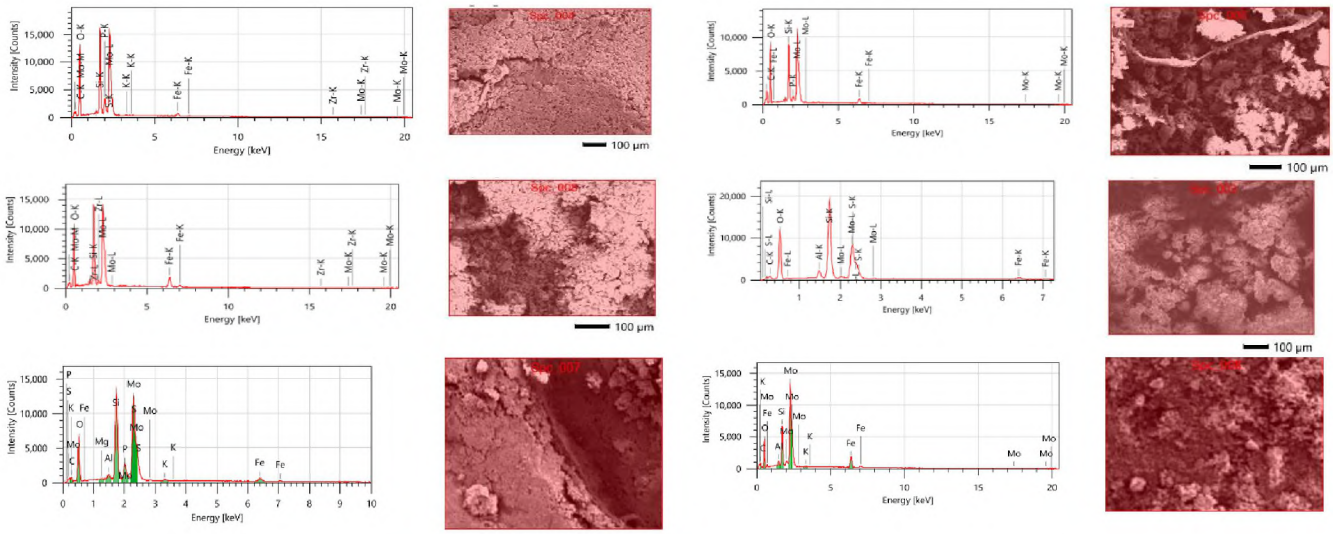
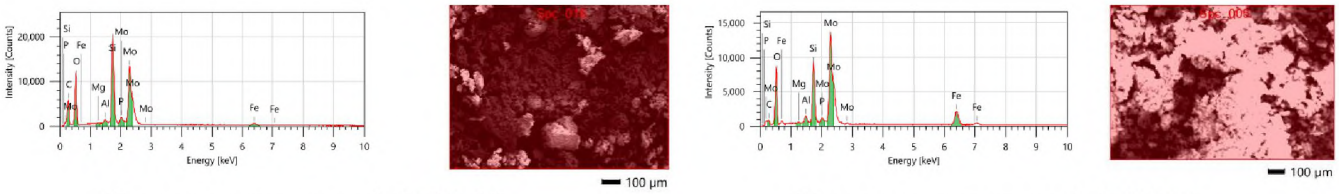


Рис 1. XRD образцов № 1, 3, 5, 9, 13, 15, 21

XRD кеков (рис. 1) выявил закономерность в изменении фазового состава по сравнению с ОППМ. Основными фазами являются триоксид молибдена (MoO_3) и молибдат кальция ($CaMoO_4$). При этом интенсивность рефлексов $CaMoO_4$ заметно варьирует в зависимости от условий.





Номера, сверху вниз: 1, 5, 13, 18 *Номера, сверху вниз: 3, 9, 15, 21*

Рис 2. SEM-EDS образцов № 1, 3, 5, 9, 13, 15, 21

В кеках образцов, соответствующих режимам высокой расчётной степени извлечения Mo (рис. 1 и табл. 2), интенсивность линий $CaMoO_4$ снижена или отсутствует, что указывает на разрушение этих фаз в процессе обработки. Напротив, для образцов с пониженной эффективностью процесса, сохраняются рефлексы $CaMoO_4$, свидетельствующие об их пассивирующей роли. Доминирование MoO_3 в остатке не следует рассматривать как отрицательный фактор. С учётом высокой растворимости MoO_3 в комплексообразующих кислотах и возможности его перевода в раствор, присутствие MoO_3 фазы в кеке указывает на потенциал выщелачивания (что учтено в каскадной серии).

Микроструктурные особенности кеков по данным SEM–EDS

SEM позволила изучить морфологию кеков и распределение элементов. Структура кеков характеризуется неоднородностью. (рис. 2, табл. 2).

Таблица 2. Энергодисперсионный анализ участков SEM (образцы 1-11)

Эл-т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
O	46.63	44.31	44.56	47.65	42.77	48.34	47.91	46.55	49.30	48.36	38.21
Mg	0.08	-	-	0.13	0.10	0.09	0.12	0.10	-	0.132	0.33
Al	0.36	0.64	0.54	0.85	0.66	0.45	-	0.56	1.62	0.53	0.51
Si	10.99	10.60	7.91	15.00	11.32	17.27	15.60	12.46	18.00	16.52	1.17
P	1.82	0.76	0.36	-	-	-	-	-	-	-	-
S	2.41	-	-	-	-	0.78	-	-	0.66	0.55	2.44
Fe	2.08	2.43	3.37	2.17	6.91	1.83	2.20	2.94	1.70	3.37	4.18
Mo	29.14	39.99	29.52	29.28	33.62	26.05	27.35	29.90	22.56	24.71	22.07

Согласование данных РФА, XRD и SEM–EDS. В совокупности, методы показывают, что выщелачивание приводит к растворению балластных компонентов ОППМ, переходу части Mo(VI) в раствор. Противоречие между «высоким Mo в кеке» и «высоким извлечением» обусловлено различной природой показателей. Использование комплекса методов повышает достоверность выводов и позволяет выявить закономерности процесса. Результаты исследования кеков показывают, что эффективность процесса определяется фазовым состоянием Mo-, Ca-, Si- компонентами.

Заключение. Выполнено исследование, направленное на научное обоснование и разработку фосфорнокислотной технологии переработки промышленного продукта молибденового после его окислительного обжига. Установлено, что огарок представляет собой многокомпонентную и фазово-неоднородную систему. На основе анализа его физико-химических свойств обоснован выбор фосфорной кислоты в качестве основного реагента выщелачивания. Показано, что система состава: H_3PO_4-H_2SO_4-HNO_3 = 1.5-1.0-0.3 моль/л, обладает рядом преимуществ перед традиционной содовой. Анализ XRD огарка и кеков выщелачивания выявил, снижение доли пассивирующих фаз $CaMoO_4$ и доминирование MoO_3 в остатке кеков. Микроструктурные исследования SEM–EDS выявили агломераты, обогащённые кальцием. Именно они являются диффузионными барьерами на пути процесса выщелачивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vizsolyi A., Peters E. Nitric acid leaching of molybdenite concentrates. //Hydrometallurgy. - 1980. -6, 103–115. DOI: 10.1016/0304-386X(80)90011-0
2. Singh S., Chetty M.K., Juneja J.M., et al. Studies on the processing of a low grade molybdenite

concentrate by lime roasting. //Minerals Engineering. -1988. -1(4), 337–342. DOI: 10.1016/0892-6875(88)90023-4
3. Khoshnevisan A., Yoozbashizadeh H., Mozammel M., Sadrnezhaad S.K. Kinetics of pressure oxidative leaching of molybdenite concentrate by nitric acid. //Hydrometallurgy. -2012. -111–112, 52–57. DOI: 10.1016/j.hydromet.2011.10.002
4. Zhang W., Wang C., Ma B. Kinetic analysis of $CaMoO_4$ dissolution in acidic media. //Transactions of Nonferrous Metals Society of China. -2019. DOI: 10.1016/S1003-6326(19)64996-4
5. Zhang Z., et al. Enhancement of $CaMoO_4$ calcine decomposition by cyclic acid treatment and improvement of leaching efficiency. (Acid cycle leaching study), 2022.
6. Xia W., Zhao Z., Li H. Thermodynamic analysis on sodium carbonate decomposition of calcium molybdenum. //Transactions of Nonferrous Metals Society of China. -2007. -17(3), 622–625. DOI: 10.1016/S1003-6326(07)60145-9
7. Juneja J.M., Singh S., Bose D.K. Investigations on the extraction of molybdenum and rhenium values from low grade molybdenite concentrate. //Hydrometallurgy. -1996. -41, 201–209. DOI: 10.1016/0304-386X(95)00056-M
8. Zeng Z.-L., Wang C.-Y., et al. Enhancement of $CaMoO_4$ calcine decomposition and recovery of calcium resource by HCl cycle leaching. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2022. DOI: 10.1016/S1003-6326(22)65876-X
9. Ismailova A., et al. Comparative evaluation of molybdenum calcine decomposition under acidic and autoclave conditions. Journal of Hydrometallurgical Research, 2025.
10. Zhang W.-J., Che J.-Y., Zhu J.-N. et al. Understanding the leaching behavior of calcium molybdate through the construction of lg c–pH diagrams. //Journal of Central South University. -2023.-30, 465–476. DOI: 10.1007/s11771-023-5240-9.
11. Zhang W., Wang C., Ma B. Leaching kinetics of calcium molybdate with hydrochloric acid in presence of phosphoric acid. //Transactions of Nonferrous Metals Society of China. -2019. - 29(4), 859–867. DOI: 10.1016/S1003-6326(19)64996-4
12. Liu R., Zhao Z., Li Y. Acid leaching–extraction–circulation process based on Mo(VI) coordination with H_3PO_4. //Separation and Purification Technology. -2023. -322, 124269. DOI: 10.1016/j.seppur.2023.124269
13. Lasheen T.A., El-Ahmady M.E., Hassib H.B. et al. Molybdenum metallurgy review: Hydrometallurgical routes to recovery of molybdenum. //Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. -2015. -36(3), 145–173. DOI: 10.1080/08827508.2013.868347

G. A. Sultanov, S. N. Rasulova, U. N. Ruziev, F. R. Abdullaev, M. R. Ibragimova,
Z. A. Nabieva, V. P. Guro

SURFACE AND PHASE COMPOSITION OF MOLYBDENUM MIDDLE PRODUCT CINDER DURING PROCESSING IN PHOSPHORIC ACID SOLUTIONS

Abstract. *Background.* Studying the phase states and surface morphology of molybdenum middling product (MMP) cinder and leach cakes is a key area of Mo hydrometallurgy theory and practice.

*Purpose.*To study the surface and phase composition of molybdenum middling product cinder during processing in phosphoric acid solutions.

Methodology. Sample composition was analyzed using ICP-OES and XRF, mineralogy using XRD, and morphology using SEM/EDS (Agilent 7500, Carl Zeiss EVO-MA SEM; JEOL JCM-6000 Neoscope II; Epsilon 4 ED XRF; Empyrean PANalytical XRD).

*Originality.*Based on the analysis of the physicochemical properties of MMP cinder samples, the choice of phosphoric acid as a leaching reagent was justified.

*Findings.*Sample composition was analyzed using ICP-OES and XRF, mineralogy using XRD, and morphology using SEM/EDS.

Keywords: cinder, molybdenum, ICP-OES, XRF, SEM/EDS, leaching, phosphoric acid.

Highlights

- cake samples from phosphoric acid leaching of MMP cinder;
- ICP-OES and XRF were used to study the sample composition;
- XRD was used to study the mineralogy, SEM/EDS - the morphology.

G. A. Sultanov[1], S. N. Rasulova[1], U. N. Ruziev[2], F. R. Abdullaev[2],M. R. Ibragimova[1], Z. A. Nabieva[1], V. P. Guro[1]

FOSFOR KISLOTASI ERITMALARIDA QAYTA ISHLASH SHAROITIDA MOLIBDENLI ORALIQ MAHSULOT KUYINDISINING SIRT XUSUSIYATLARI VA FAZAVIY TARKIBI

Referat. *Muammoning kelib chiqishi.* Molibdenli oraliq mahsulot (MOM) kuyindisining fazaviy tarkibi va sirt morfologiyasini kompleks o‘rganish molibden gidrometallurgiyasi nazariyasi va amaliyotining eng muhim yo‘nalishidir.

Tadqiqot maqsadi. Fosfor kislotasi eritmalarida qayta ishlash jarayonida molibdenli oraliq mahsulot kuyindisining sirt va fazaviy tarkibini o'rganish.

Metodologiya. Namunalarning tarkibi ICP-OES va XRF, mineralogik tarkib XRD, morfologiyasi SEM/EDS usuli bilan tadqiq etilgan (Agilent 7500; SEM Carl Zeiss EVO-MA; JEOL JCM-6000 Neoscope II; Epsilon 4 ED XRF; XRD Empyrean PANalytical).

Ilmiy yangiligi. MOM kuyindisi namunalarining fizik-kimyoviy xususiyatlarini tahlil qilish asosida, fosfor kislotasining yuvish jarayonida samarali reagent sifatidagi roli ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Olingan natijalar. Namunalarning tarkibi ICP-OES va XRF usullari, XRD – mineralogiya, SEM/EDS – morfologiya yordamida o'rganildi.

Kalit so‘zlar: kuyindi, molibden, ICP-OES, XRF, SEM/EDS, yuvish, fosfor kislotasi.

Xususiyatlari:

- MOM kuyindisini fosfor kislotasida eritib olinadigan keklarning namunalari;
- namuna tarkibi ICP-OES va XRF usullarida o’rganildi;
- mineralogiya XRD, morfologiya SEM/EDS usullarida tadqiq qilindi.

УДК 544.526.5:546.74

А. Е. АЙТМУРАТОВА, Г. Б. СИДРАСУЛИЕВА, Н. Т. КАТТАЕВ, Х. И. АКБАРОВ, А. Т. ДАДАХОДЖАЕВ

НАНОДИСПЕРСНЫЙ NiO ИЗ ОТРАБОТАННОГО КАТАЛИЗАТОРА ТО-2, КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ФОТОКАТАЛИЗАТОР ДЕСТРУКЦИИ МС ПОД УФ-ОБЛУЧЕНИЕМ

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, г. Ташкент, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, E-mail: *aytmuratovaaltinay@gmail.com*

Дата поступления 24.03. 2026

Реферат. *Предпосылки проблемы*. Переработка никельсодержащих катализаторов и удаление стойких органических красителей из водных сред актуальны.

Цель. Получение нанодисперсного NiO из отработанного катализатора ТО-2 и исследование его фотокаталитической активности в УФ-области.

Методология. Фотокаталитическую активность нанодисперсного NiO определяли в реакции деструкции МС под УФ-облучением.

Научная новизна. Установлена роль дефектной структуры в радикальном механизме фотокаталитической активности нанодисперсного NiO из отработанного катализатора ТО-2.

Полученные результаты. Установлено, что степень деструкции МС достигает ~96–97% за 90 мин, при этом вклад адсорбции составляет ~29%, а процесс протекает по гетерогенному радикальному механизму.

Ключевые слова: отработанный катализатор, оксид никеля (NiO), УФ-облучение, фотодеструкция, очистка сточных вод

Особенности:

- нанодисперсный NiO из отработанного катализатора ТО-2;
- фотокаталитическая эффективность при УФ-облучении
- достижение ~97% деструкции метиленового синего
- гетерогенный радикальный механизм процесса.

Введение. Загрязнение водных ресурсов устойчивыми органическими соединениями, в част-

Содержание

Физическая химия

Г. А. Султанов, С. Н. Расулова, У. Н. Рузиев, Ф. Р. Абдуллаев, М. Р. Ибрагимова, З. А. Набиева, В. П. Гуро. Технология фосфорнокислотного выщелачивания огарка промпродукта молибденового 3
Г. А. Султанов, С. Н. Расулова, У. Н. Рузиев, Ф. Р. Абдуллаев, М. Р. Ибрагимова, З. А. Набиева, В. П. Гуро. Поверхность и фазовый состав огарка промпродукта молибденового при переработке в растворах фосфорной кислоты 8
А. Е. Айтмуратова, Г. Б. Сидрасулиева, Н. Т. Каттаев, Х. И. Акбаров, А. Т. Дадаходжаев. Фянанодисперсный nio из отработанного катализатора то-2 как эффективный фотокатализатор деструкции мс под уф-облучением 14
Д. А. Набиев, Х. Х. Тураев, Х. Э. Эшмуродов, Ф. Б. Курбонов, С. Х. Ганиева. Синтез кобальтфталоцианинового пигмента на основе терефталевой кислоты и его физико-химические свойства 20
А. К. Файзиева, Г. Б. Бегжанова, И. Б. Ибрагимов, С. Н. Камолов. Кристаллическая структура моногидрата 4-аминометилбензойной кислоты 25
А. Х. Рузметов, М. Б. Джиемуратов, А. С. Нормаматов, А. Б. Ибрагимов. Синтез и строение комплекса бис(триэтаноламин-K³O,N,O′)никеля(II) бис(2-гидроксибензоата) 32
К. Б. Холтураев, Х. Х. Тураев, А. Б. Ибрагимов, Х. Ф. Адинаев, Д. Х. Саидов, Б. Ч. Турсунов, У. У. Рузиев. Синтез, структурная характеристика и термические свойства двумерного координационного полимера цинка(II)–никотината 42
К. Б. Холтураев, Х. Х. Тураев, А. Б. Ибрагимов, Х. Ф. Адинаев, У.У. Рузиев.Синтез и характеризация координационного полимера Zn(II)-изоникотината: структурные особенности и физико-химические свойства 49

Неорганическая химия

Д. Н. Махкамова, З. Тураев, И. И. Усманов, Б. Х. Кучаров. Изучение растворимости в системе сульфат цинка – нитрат аммония – вода 57
Н. А. Байраева, А. И. Эгамбердиев, М. Ш. Хасанова, Ф. Г. Хомидов, З. Р. Кадырова, Б. З. Адизов. Использование техногенных отходов для получения высокомуллитовых керамических материалов 65
Х. Л. Усманов. Физико-химические свойства портландцемента, полученного использованием железистых пород 71
И. Г. Мамиров, Б. Х. Кучаров, Б. С. Закиров. Изучение растворимости в системе дикарбамидо хлорат магния –роданид моноэтаноламмония - вода 77
М. Р. Ибрагимова, Б. А. Пулатов, О. В. Мячина, Л. Э. Мамасалиева, Р. Н. Ким. Влияние супрамолекулярных соединений металлов на активность почвенных ферментов под хлопчатником 82

Органическая химия

Бехруз Тошбадалов, Музаффар Саттаров. Эфирные масла видов achillea: современные методы экстракции и перспективы биологического применения 89
Г. Э. Эшдавлатова, Г. Э. Сафарова, Л. С. Камолов. Сравнительная оценка пеногасительных реагентов в промышленных условиях и преимущества новой композиции 96
М. Э. Зиядуллаев, С. Э. Нурманов, Ф. З. Хушбаков, А. Б. Парманов. Синтез ароматических ацетиленовых спиртов с использованием каталитической системы $Cu(OTf)_2$/box и молекулярно-dokкинговый анализ 100
Ж. З. Йулдашев, Ш. Т.гуломов, И. М. Гуломова, Ш. Ш. Менглиев, Г. М. Абсалямова, Н. А. Игамкулова. Структурно-молекулярная эволюция нефтяного парафина при переходе от технического Т-1 к продукту уровня П-1 109
Ж. З. Йулдашев, Ш. Т. Гуломов, И. М. Гуломова, Ш. Ш. Менглиев, М. А. Мирзаахмедова, Н. А. Игамкулова. Технологическое обоснование получения высокоочищенного парафина до уровня качества п-1 из технического нефтяного парафина т-1 116
М. М. Абдубаннонов, З. А. Баходиров, М. А. Мирзаахмедова, Н. А. Игамкулова, Ш. Ш. Менглиев, Ш. Т. Гуломов. Современные методы стабилизации углеводородных фракций газоконденсатного сырья 123

Аналитическая химия

Е. М. Жураева. Исследование образования комплекса ионов ванадия (IV) с ксиленовым оранжевым с использованием сорбционно-спектроскопического метода 132
А. С. Газиева, З. А. Сманова, М. Фатхуллаева, Г. У. Пулатова, М. Р. Алибекова. Физико-химическая характеристика координационного поведения глутаровой и 4- пиридинмонокарбоновой кислот в комплексах Zn(II) и Vo(II) 138

Юбилей

Памяти академика Абдували Абдусаматовича Абдувахабова 146