ISSN 0042-1707

O'ZBEKISTON FANLAR AKADEMIYASI

O'ZBEKISTON KIMYO JURNALI

УЗБЕКСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

UZBEK CHEMICAL JOURNAL

http://www.uzchemj.uz

1/ 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

1/ 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

Xususiyatlari:
– SCelning termo- va tuzga chidamlilik mexanizmining atomistik asoslanishi;
– polimer bog'lanish energiyasining yuqori samaradorligi;
– barqaror adsorbsion qatlam shakllanish jarayoni.

S. E. Nurmanov, U. Kh. Asranova

MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION OF THE INTERACTION OF SULFOETHYLATED CELLULOSE OLIGOSACCHARIDES WITH MONTMORILLONITE SURFACE: SUBSTANTIATION OF THE INHIBITION MECHANISM

Abstract. *Background.* The mechanisms of the inhibitory effect of sulfoethylated cellulose oligosaccharides on montmorillonite require atomic modeling.

Purpose: To conduct MD modeling to study the adsorption and binding energy of sulfoethylated cellulose oligosaccharides on montmorillonite.

Methodology: Molecular dynamics modeling in the GROMACS and LAMMPS packages using the CHARMM36 and CLAYFF force fields.

Originality: Quantitative characteristics of the adsorption of sulfoethylated cellulose derivatives on montmorillonite were determined.

Findings: Strong chemisorption fixation of the sulfoethylated oligosaccharide on the montmorillonite surface was revealed. Adsorption is accompanied by the formation of a bidentate bridging complex via the polymer sulfo groups and exchangeable Na^+ cations.

Keywords: montmorillonite, cellulose, adsorption, free energy, inhibition, drilling fluid.

Highlights:
- substantiation of the mechanism of SCel thermal and salt resistance;
- polymer binding energy efficiency;
- the process of formation of a stable adsorption layer.

УДК 543.872; 532.64 (088.8)

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

СОПОСТАВЛЕНИЕ ФОСФОРНОКИСЛОТНОЙ И СОДОВОЙ СХЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ОГАРКА ПРОМПРОДУКТА МОЛИБДЕНОВОГО

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

Дата поступления 24.02. 2026

Реферат. *Предпосылки проблемы.* В АО «Узбекский комбинат технологических металлов» используется содовая схема выщелачивания огарка промпродукта молибденового, не лишенная недостатков.

Цель: сравнительное исследование фосфорнокислотной и содовой схем переработки огарка промпродукта молибденового

Методология. Для оценки компонентов, фаз огарка и кеков выщелачивания использованы SEM-EDS (Carl Zeiss EVO-MA, JEOL JCM-6000 Neoscope II). Epsilon 4 XRFи ICP-OES Agilent 7500.

Научная новизна. Выявлены преимущества фосфорнокислотной схемы перед содовой при выщелачивании огарка ППМ и кекоа. Обоснованно предложен каскад выщелачивания из ступеней фосфорнокислотной схемы,.

Полученные данные. Приведены результаты оценки степени извлечения Мо при выщелачивании огарка ППМ и кеков по двум конкурирующим схемам.

Ключевые слова: молибденит, огарок, промышленный продукт молибденовый, степень извлечения Мо, схема выщелачивания

Особенности:
- выщелачивание огарка промпродукта молибденового по содовой схеме;

- выщелачивание огарка и кеков по фосфорнокислотной схеме;
- преимущество фосфорнокислотной схемы перед содовой;
- извлечение молибдена при выщелачивании.

Введение. В АО «Узбекский комбинат технологических металлов» (УзКТМ) обожженный промпродукт молибденовый (ППМ) перерабатывается по содовой технологической схеме. К ее недостаткам относят низкую скорость процесса, высокий расход материалов, проблемы с извлекаемостью Mo из-за присутствия неокисленного молибденита в огарке.

Известны альтернативные способы переработки молибденового сырья. Так, кислотные методы обеспечивают высокие скорости процесса. В работе [1] показано, что при концентрации 4–6 М HNO_3 и 90 °C извлечение Mo достигало 98%. Молибденит растворяли [2] в смесях H_2SO_4–HNO_3. При соотношении Ж:Т 1:1 и 90 °C достигали извлечение Mo 95%, присутствие HNO_3 снижало пассивацию молибденита и повышала селективность к Fe. Автоклавное выщелачивание молибденита [3] изучено в H_2SO_4–$NaClO_3$ системах. При 200 °C и 2 МПа извлечение Mo достигало 98% за 2 ч. В [4] удалось понизить температуру до 160 °C, 2,0 МПа, не снижая извлечение Mo. Опробована [5] замена H_2SO_4 на HCl при 180 °C, 2 МПа, обеспечив извлечение >95% за 1,5 ч. При концентрации 5 М HCl и 0,5 М $NaClO_3$ [6] извлечение Mo достигало 92%. Выявлено [7], что окислитель $NaClO_3$ повышал скорость процесса, извлекали Mo (95%), Ni (88%). Показано [8], что система HNO_3–H_2SO_4 обеспечивает до 97% извлечения Mo при 90°C за 2 ч. Электрохимический подход [9] также обеспечил ускоренное извлечение Mo 96% за 100 мин (3 М HNO_3, +0,9 В). Похожий результат, но при +0,8 В достигнут в работе [10], с извлечением Mo 93% за 2 ч. В работе [11] извлечение Mo >95% достигалось за 2 ч, при 90°C и 4–5 М HNO_3. В статье [12] извлечение Mo составило ~78% за 2 ч, при 6 М HCl и 90 °C. В [13] регулируется Eh при выщелачивании Mo-сырья для снижения соизвлечения примесей. Добавка [14] H_3PO_4 в HNO_3 повышает стабильность растворов.

Работа подчёркивает потенциал комбинированных кислотных систем.

Цель работы: сравнительное исследование фосфорнокислотной и содовой схем переработки огарка промпродукта молибденового. *Решались задачи:* оценки эффективности выщелачивания Mo - степени извлечения (α) по образцам огарка и кеков выщелачивания ППМ промышленных партий.

Методы и материалы. Объект – огарок промпродукта молибденового. Исходный ППМ - флотоконцентрат (−0,074 мм, 75 %), состава 40–42% Mo, 0,06–0,08 % Re, 1,5–2 % Cu и до 25% S, с SiO_2, Fe, Ca, Mg. При обжиге образуется огарок ОППМ, с MoO_3 и частично $CaMoO_4$. Выбрана партия 44/44, сухой массой 2607 кг, с Mo 40,07%, MoS_2 0,64 %. Для оценки компонентов, фаз огарка и кеков выщелачивания использованы SEM-EDS (Carl Zeiss EVO-MA, JEOL JCM-6000 Neoscope II). Epsilon 4 XRFи ICP-OES Agilent 7500. Рассчитывали показатели извлечения α и селективности S□$_{o/x}$.

Результаты и обсуждение. В табл. 1 представлены сравнительные данные эффективности разового выщелачивания Mo из ОППМ, по указанным схемам. Результаты мало отличаются друг от друга. В этой связи, для уточнения эффективности 2-х схем и приближения условий эксперимента к реальным промышленным, проведены сравнительные испытания каскадов выщелачивания ОППМ, принятых в гидрометаллургии молибдена. В табл. 2 представлен результат 6-ти стадий – каскада выщелачивания ОППМ по содовой схеме. Суммарная α, как видно из нее, достигает 96,49%. В табл. 3 представлен результат 4-х стадий - каскада выщелачивания ОППМ по фосфорнокислотной схеме. Суммарная α достигает 98,0%. Как следует из табл. 2 и 3, каскад выщелачивания по фосфорнокислотной схеме, из 4-х стадий, обеспечивает степень извлечения Mo выше, чем в 6-ти ступенях содовой схемы, на величину 98,00%-96,49%=1,51%. Следовательно, 4-х кратный каскад ф/к схемы по эффективности сопоставим с 6-ти кратным содовым каскадом, подтверждая технологическую реализуемость нового подхода.

Таблица 1. - Время выщелачивания и эффективность, $C_{кислот}$ моль/л, $C_{соды}$ - %

М (g) навески ОППМ	№	H_3PO_4	H_2SO_4	HNO_3	Сода	Время, час	Мо в кеке, г	М кека после растворения, г	Степень извл Мо α, %
Фосфорнокислотная серия, в системе H_3PO_4–HNO_3–H_2SO_4									
30,0	20	1.5	1.0	0.3	-	0.25	3.094	7.7	74.26
	21	1.5	1.0	0.3	-	0.75	4.443	11.1	63.03
	22	1.5	1.0	0.3	-	1.5	2.900	6.6	75.88
	23	1.5	1.0	0.3	-	3.0	0.303	4.0	97.48
	24	1.5	1.0	0.3	-	4.5	1.847	4.6	84.63
Содовая серия, Na_2CO_3 раствор, 20%									
30,0	25	-	-	-	20	0.25	1.950	10.7	63.78
	26	-	-	-	20	0.75	1.874	13.3	84.41
	27	-	-	-	20	1.5	2.759	13.1	77.04
	28	-	-	-	20	3.0	3.861	15.4	67.88
	29	-	-	-	20	4.5	2.945	13.7	75.50

Таблица 2. – Партия (581-50): кек содового выщелачивания огарка ППМ

№ п/п	Проба, №	Проба, наименование	Результат		
			Мо в кеке, %	α(Мо),%	Мо в ра-ре, г/л
0	399	ОППМ	40.14	-	0.00
1	399	Мо кек 1 стадия	23.24	42.10%	21.08
2	400	Мо кек 2 стадия	14.00	65.12%	11.37
3	401	Мо кек 3 стадия	13.96	65.22%	12.21
4	402	Мо кек 4 стадия	7.64	80.97%	12.98
5	403	Мо кек 5 стадия	7.67	80.89%	8.88
6	404	Мо кек 6 стадия	7.51	81.29%	7.31
7	405	Мо кек после промывки	1.41	96.49%	-

Таблица 3. - Партия 44/44, кек после выщелачивания огарка ППМ в фосфорнокислотной серии (в системе H_3PO_4–HNO_3–H_2SO_4)

№ п/п	Проба, наименование	Результат, %	
		Мо в кеке	α(Мо)
8	ОППМ	40.07	-
9	Мо кек 1 стадия	5.22	87,0%
10	Мо кек 2 стадия	2.78	93,1%.
11	Мо кек 3 стадия	1.48	96,3%.
12	Мо кек 4 стадия	0.79	98,0%
13	Мо кек после промывки	-	98,0%
Итого			98.0%

В каскадной схеме следующие стадии после выщелачивания огарка, на примере его навески 30 г, при выщелачивании кеков (L2–L4), имеют дело с существенно меньшими массами твёрдой фазы, чем исходный огарок (4–7 г вместо 30 г), поэтому при сохранении отношения Ж:Т (10–15:1) расход кислотной смеси на 2-4 стадии значительно ниже: увеличение числа стадий не приводит к пропорциональному росту объёмов растворов (табл. 4).

Таблица 4. - Расход раствора выщелачивания в стадиях (Т=90 °С, Ж:Т = 12:1)

Стадия	Твёрдое на входе стадии, г	Ж:Т	Объём раствора, мл
L1 (огарок)	30.0	12:1	360
L2 (кек L1)	5.5	12:1	66
L3 (кек L2)	5.0	12:1	60
L4 (кек L3)	4.7	12:1	56,4
Итого	—	—	VΣ ≈ 542,4

Рассчитаем итоговый суммарный объём раствора 4 стадий: $V_\Sigma \approx V_1 + V_2 + V_3 + V_4$, на примере выщелачивания навески огарка 30 г.

Дано: навеска огарка m_1 = 30,0 г, Ж:Т = 12:1 ⇒ объём / масса раствора пропорциональны массе твёрдого. после L1 кек m_2 = 5,5 г (ср.); Т = 90 °С;

L1: $V_1 \propto 12 \cdot 30 = 360$ мл (условно, если плотность ~1 г/мл)

обработка кека 5,5 г при том же Ж:Т: $V_2 \propto 12 \cdot 5{,}5 = 66$ мл

L2 (кек после L1 = 5,5 г): $V_2 = 12 \cdot 5{,}5 = 66$ мл

L3 (кек после L2 = 5,0 г): $V_3 = 12 \cdot 5{,}0 = 60$ мл

L4 (кек после L3 = 4,7 г): $V_4 = 12 \cdot 4{,}7 = 56{,}4$ мл

Итого, $V_\Sigma = 360 + 66 + 60 + 56{,}4 = 542{,}4$ мл.

Сравним с одностадийным выщелачиванием: $\frac{V_\Sigma}{V_1} = \frac{542{,}4}{360} = 1{,}51$.

Итак, 4 стадии ф/к выщелачивания требуют в 1,5 раза больше объема раствора 1-й ступени, т.к. масса кека уменьшается, а отношение Ж:Т нет. В содовой схеме расход в каскаде выше в 4-5 раз, чем в 1-й стадии (табл. 5).

Материальный баланс по Mo на навеску 30 г. Дано: Mo = 40% в огарке ⇒ Mo в исходной навеске: $m_{Mo,0} = 30 \cdot 0{,}40 = 12{,}0$ г. Если L1 даёт 87% Mo (табл. 3), то после L1: $12{,}0 \cdot 0{,}87 = 10{,}44$ г. Mo в кеке после L1: $12{,}0 - 10{,}44 = 1{,}56$ г. Если L2–L4 обеспечивают расчётное извлечение 98,0%: то остаток после L4: $12{,}0 \cdot (1 - 0{,}98) = 0{,}04$ г, суммарно, в растворы: $12{,}0 - 0{,}04 = 11{,}96$ г. Это хороший показатель, в сравнении с содовой схемой.

Таблица 5. - Количественное сопоставление схем ф/к и содовой

Показатель	Содовая схема	Фосфорнокислотная схема
Извлечение Mo, %	92–96 (до 98 по регламенту)	98 (экспериментально подтверждено)
ограничивающий фактор	остаточный MoS_2, пассивирование молибдатов кальция	труднорастворимые оксидные формы
Число стадий	до 6 (расход раствора - в 4-5 раз больше исходного)	до 4 (расход раствора - в 1,5 раз больше исходного)
Технологичность	Расход щёлочных реагентов; циркуляция твердой фазы; образование щелочных стоков; необходимость их нейтрализации	Окисление MoS_2 на первой стадии; меньшее число каскадных стадий; возможность замкнутого цикла; подготов-ленность к селективной экстракции Mo(VI).
Тип среды	щелочная	окислительно-кислотная
Скорость разрушения MoS_2	ограничена	высокая (за счёт окислителя HNO_3)
Растворимость твердых фаз	средняя	высокая
Комплексообразование	молибдат-ион	фосфатно-координированные комплексы
Экология	образование щелочных солевых растворов Na_2SO_4, Na_2CO_3, под нейтрализацию.	возврат фосфорной кислоты после экстракции, регенерация серной кислоты, малые объёма стоков при замкнутом цикле
Число стадий в каскаде	В промышленной практике применяют до 6 стадий содового выщелачивания	MoS_2 окисляется в растворе HNO_3 быстро, уже на первой стадии. Следовательно, число стадий в каскаде м.б. снижено до 4 без потери извлечения.

Преимуществом ф/к схемы является её способность обеспечить полный перевод Mo в раствор

и связывать кальций в труднорастворимый фосфат. В содовой схеме, напротив, кальций способствует пассивированию молибдатов, препятствуя выщелачиванию Mo. Еще одним преимуществом ф/к схемы, с экологической точки зрения, является отсутствие значительных объёмов щелочных стоков, характерных для содовой схемы, а также возможность частичного возврата оборотных растворов в голову процесса (табл. 5).

Итак, в сравнительном исследовании поведения образцов ОППМ, продемонстрировано преимущество фосфорнокислотной схемы выщелачивания перед содовой, по следующим показателям: - степени извлечения Mo - в 4-х ступенях каскада фосфорнокислотной схемы: он выше каскада из 6-ти ступеней содовой схемы на 1,51%; - объема выщелачивающего раствора 4-х ступеней каскада фосфорнокислотной схемы – требуется лишь в 1,5 раза больше объема одноразового выщелачивания: он в 3 раза меньше расхода каскада из 6-ти ступеней содовой схемы, требующей 4,5 раза больше объема раствора одноразового выщелачивания; - эффективности фосфорнокислотной схемы, обеспечивающей полный перевод Mo в раствор и связывание соединений кальция в труднорастворимые фосфаты, в сравнении с содовой схемой, в которой соединения кальция, напротив, препятствуют выщелачиванию Mo; - экологической безопасности фосфорнокислотной схемы, предусматривающей отсутствие больших объёмов стоков отработанных растворов, и возможность частичного возврата оборотных растворов в голову процесса – организации цикла.

Заключение. Предложен каскад выщелачивания ОППМ из 4-х стадий фосфорнокислотной схемы, обеспечивающий высокую эффективность процесса: полный перевод Mo в раствор и связывание соединений кальция в труднорастворимые фосфаты. В сравнении с каскадом из 6-ти ступеней содовой схемы, где соединения кальция, напротив, препятствуют выщелачиванию Mo, степень извлечения молибдена повышена на 1,51%.

На основе расчета материального баланса фаз фосфорнокислотной схемы выявлено, что объем выщелачивающего раствора, расходуемого на каскад из 4-х стадий фосфорнокислотной схемы, лишь в 1,5 раза больше объема раствора одноразового выщелачивания, В результате, расход раствора выщелачивания новой технологии, в сравнении с каскадом из 6-ти стадий содовой схемы, требующей в 4,5 раза больше объема раствора одноразового выщелачивания, уменьшен в три раза, что снижает расход реагентов.

На основе анализа экологической безопасности фосфорнокислотной и содовой схем, выявлено для первой из них - отсутствие значительных объёмов стоков отработанных растворов и возможность возврата оборотных растворов в голову процесса – организацию цикла. В результате, созданы условия снижения экологической нагрузки процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Liu J.; Zhang W.; Li H. Oxidative dissolution of Mo from roasted molybdenite in nitric acid solutions. Hydrometallurgy, 2015, 156:177–183. DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.06.014
2. Cho, E.H.; Kim, S.J. Behavior of Mo in mixed acid leaching systems. Hydrometallurgy, 2010, 103(1–4): 23–30. DOI: 10.1016/j.hydromet.2010.01.003
3. Choi, Y.; Kim, C. Pressure leaching of molybdenite concentrate. Hydrometallurgy, 2005, 78(3–4): 204–213. DOI: 10.1016/j.hydromet.2005.04.004
4. Zhang W.; Li H.; Liu J. Dissolution kinetics of Mo in nitric acid under pressure leaching. Hydrometallurgy, 2014, 146:33–40. DOI: 10.1016/j.hydromet.2014.03.012
5. Zhang W.; Li H.; Jiang T. Pressure leaching of Mo from calcined MoS_2 in HCl media. Hydrometallurgy, 2014, 146:56–62. DOI: 10.1016/j.hydromet.2014.03.015
6. Xu H.; Wu D.; Liu W. Oxidative leaching of Mo in hydrochloric acid–sodium chlorate systems. Hydrometallurgy, 2015, 155:68–74. DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.04.018
7. Xu H.; Wu D.; Liu W. Oxidative leaching of Ni–Mo ores in nitric acid–sodium chlorate systems. Hydrometallurgy, 2015, 155:61–67. DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.04.017
8. Pan Y.; Li C.; Jiang T. Dissolution behavior of Mo in mixed nitric–sulfuric acid solutions. Hydrometallurgy, 2016, 164:111–117. DOI: 10.1016/j.hydromet.2016.01.038
9. Yoon H.S.; Kim C.J.; Jeon H.S. Electrochemical study of molybdenite in nitric acid medium. Hydrometallurgy, 2020, 198:105504. DOI: 10.1016/j.hydromet.2020.105504
10. Yoon H.S.; Chung K.W.; Kim C.J. Electrochemical dissolution of molybdenite in hydrochloric acid medium. Hydrometallurgy, 2019, 187:159–165. DOI: 10.1016/j.hydromet.2019.03.011
11. Zhang W.; Jiang T.; Liu J. Kinetics of Mo dissolution from roasted MoS_2 in nitric acid medium. Hydrometallurgy, 2015, 156:184–191. DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.06.019

12. Pan Y.; Li C.; Jiang T. Dissolution behavior of Mo from Ni–Mo ores in hydrochloric acid media. Hydrometallurgy, 2016, 164:118–124. DOI: 10.1016/j.hydromet.2016.01.041
13. Wei C.; Deng Z.; Wang S. Behavior of vanadium in hydrochloric acid oxidative leaching of Ni–Mo ores. Hydrometallurgy, 2016, 165:132–138. DOI: 10.1016/j.hydromet.2016.01.043
14. Liu J.; Zhang W.; Li H. Oxidative dissolution of Mo from roasted concentrate in nitric–phosphoric acid systems. Hydrometallurgy, 2016, 165:125–131. DOI: 10.1016/j.hydromet.2016.01.042

Г. А. Султанов, С.Н. Расулова, У. Н. Рузиев, Ф. Р. Абдуллаев, М. Р. Ибрагимова
З. А. Набиева, В. П. Гуро

МОЛИБДЕН САНОАТ МАҲСУЛОТИ КУЮНДИСИНИ ҚАЙТА ИШЛАШНИНГ ФОСФАТ КИСЛАТАЛИ ВА СОДАЛИ СХЕМАСИНИ ТАҚҚОСЛАШ

Реферат. *Муаммонинг келиб чиқиши.* «Ўзбекистон технологик металлар комбинати» АЖда молибден саноат маҳсулоти куюндисини эритмага ўтказишнинг содали схемаси ишлатилади, бу усул камчиликлардан ҳоли эмас.

Мақсад: молибден саноат маҳсулоти куюндисини қайта ишлашнинг фосфат кислатали ва содали схемаларини таққослаш мумкин бўлган тадқиқотларини ўтказиш.

Методология. Компонентларни куюнди ва эритма кеки фазасини баҳолаш учун SEM-EDS (Carl Zeiss EVO-MA, JEOL JCM-6000 Neoscope II). Epsilon 4 XRFи ICP-OES Agilent 7500 ускуналарида бажарилган.

Илмий янгилиги. Молибден саноат маҳсулоти ва кекларни эритмага ўтказишда фосфат кислотали схемани содали схемага нисбатан афзалликлари аниқланди. Фосфат кислота иштирокидаги босқичма-босқич схемасининг эритмага ўтказиш кетма кетлиги каскади асослаб таклиф этилди.

Олинган натижалар. Молибден саноат маҳсулоти куюндиси ва кеклардан эритмага ўтказиш йўли билан молибденни ажратиб олиш даражасини иккала рақобатдош схемадаги натижалари келтирилган.

Калит сўзлар: молибден, куюнди, молибден саноат маҳсулоти, молибден ажратиб олиш даражаси, эритмага ўтказиш схемаси.

Хусусиятлари:

– содали схема ўйича молибден саноат маҳсулоти куюндисини оксидлаб эритмага ўтказиш;
–куюнди ва кекларни фосфат кислотали схема бўйича оксидлаб эритмага;
– фосфат кислотали схемани содали схемага нисбатан афзалликлари:
– оксидлаб эритмага ўтказишда молибденни ажратиб олиш.

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

COMPARISON OF PHOSPHORIC ACID AND SODA SCHEMES FOR PROCESSING OF MOLYBDENUM INDUSTRIAL PRODUCT BURN

Abstract. *Background.* JSC Uzbek Technological Metals Plant uses a soda-based leaching system for molybdenum cinder, which has its drawbacks.

Purpose: A comparative study of phosphoric acid and soda-based leaching systems for cinder processing.

Methodology. SEM-EDS (Carl Zeiss EVO-MA, JEOL JCM-6000 Neoscope II), Epsilon 4 XRF, and Agilent 7500 ICP-OES were used to evaluate the components, phases, and leach cakes of the calcine.

Originality. The advantages of a phosphoric acid system over a soda-based system for leaching middlings calcine and Kekoa are revealed. A leaching cascade consisting of stages of the phosphoric acid system is proposed.

Findings. The results of evaluating the Mo recovery rate during leaching of PPM calcine and cakes using two competing leaching schemes are presented.

Keywords: molybdenite, calcine, industrial molybdenum product, Mo recovery rate, leaching scheme

Highlights:

- leaching of molybdenum cinder using a soda leaching scheme;
- leaching of cinder and cakes using a phosphoric acid leaching scheme;

- advantage of a phosphoric acid leaching scheme over a soda scheme;
- molybdenum recovery during leaching.

УДК 54.021

[1]D. J. JUMAYEVA, [2]Z. T. NOMONOVA, [3]Z. N. OKHUNJONOV

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF WASTE-BASED COMPOSITE ADSORBENTS

[1]Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
[2]Namangan State Technical University, [3]Fergana State Technical University

Admission date 24.02.2026

Abstract. *Background.* The development of highly efficient adsorbents based on industrial waste tar product and natural bentonite, as well as the investigation of their chemical composition and structural characteristics, represents a relevant scientific and practical challenge.

Purpose. To synthesize composite adsorbents based on tar product and acid-activated bentonite and to perform a comparative analysis of their elemental and oxide composition.

Methodology. The elemental and oxide composition of the samples was investigated using a high-performance energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometer (Japan) — Rigaku NEX CG EDXRF Analyzer with Polarization (complete set), code 9022190000.

Originality. The study established the influence of varying the tar product-to-bentonite ratio on the chemical composition, oxide phase distribution, and structural stability of the obtained composite adsorbents.

Findings. A decrease in volatile components was observed during pyrolysis, whereas steam activation led to changes in the relative proportion of oxide phases. It was determined that altering the ratio of the initial components significantly affects the structural stability and adsorption capacity of the adsorbents.

Keywords: tar product, bentonite, hydrochloric acid, adsorbent, pyrolysis, elemental composition, oxide content, chemical activation.

Highlights:

- the composition is determined by the ratio of the components;
- activation changes the distribution of oxide phases;
- the adsorption capacity depends on the composition of the raw materials.

Introduction. In recent years, alongside the rapid development of industrial sectors, the increasing volume of waste generated during production processes has become one of the major global environmental challenges. In particular, tar-type wastes formed as by-products of petrochemical and chemical industrial processes are characterized by complex chemical composition, high carbon content, and low biodegradability [1–4]. The storage and disposal of such waste require significant economic expenditures and have adverse environmental impacts. Therefore, the recycling of tar waste and its conversion into value-added products represents an urgent scientific and practical task.

In recent years, the growing demand for purification of gaseous and liquid media has significantly increased interest in adsorbent materials. Adsorbents capable of effectively removing heavy metal ions, dyes, organic pollutants, and hazardous gases play a crucial role in air purification and industrial wastewater treatment processes. However, the production of widely used activated carbons and other highly efficient adsorbents is often associated with expensive raw materials and complex technologies, which limits their economic feasibility [5–8].

Under these conditions, the development of adsorbents based on inexpensive, abundant, and locally available raw materials becomes particularly important. The use of local industrial waste and natural minerals not only reduces production costs but also contributes to the implementation of low-waste or waste-free technologies. In particular, combining carbon-rich tar waste with layered natural minerals such as bentonite offers a promising approach for producing composite adsorbents [9–12]. Such materials are expected to exhibit high surface activity, mechanical stability, and broad application potential.

Although the number of studies devoted to the development of adsorbent materials has increased in recent years, the creation of highly efficient adsorbents based on industrial waste remains insufficiently investigated. A review of the available literature indicates that studies focusing on the use of tar-type industrial waste as adsorbents are limited in number and are primarily devoted to the synthesis of individual carbon

Содержание

Физическая химия

Ф. Н. Фузайлова, М. А. Ибрагимова. С. Н. Расулова, В. П. Гуро, А.Т. Дадаходжаев, Х. Ф. Адинаев, М. Р. Ибрагимова, З. А. Набиева. Технология утилизации маточных растворов купоросного цеха АО «Алмалыкский ГМК» 3
С.Н. Камолов, Б.Т. Ибрагимов, А.К. Файзиева, А.Б. Ибрагимов. Кристаллическая структура, инфракрасная спектроскопия и анализ поверхности хиршфельда нового металлокомплекса на основе 2-амино-5-метил-1,3-тиазола 9
М. Н. Пулатова, С. И. Хушвактов, Д. Ж. Бекчанов, М. Г. Мухамедиев. Синтез полиамфолита, содержащего амино- и карбоксильные группы 14
А. Б. Ибрагимов, Ш. Ю. Дусимбетова, Г. Б. Бегжанова, И. А. Умбаров, Д. Х. Саидов, С. Х. Ганиева. Синтез и исследование основного металлоорганического каркаса Cu (II) на основе 4-ацетамидобензоата 21
С. Э. Нурмонов, У. Х. Асранова Молекулярно-динамическое моделирование взаимодействия сульфоэтилированных олигосахаридов целлюлозы с поверхностью монтмориллонита: обоснование механизма ингибирования 30
Г. А. Султанов, С.Н. Расулова, У. Н. Рузиев, Ф. Р. Абдуллаев, М. Р. Ибрагимова З. А. Набиева, В. П. Гуро. Сопоставление фосфорнокислотной и содовой схем переработки огарка промпродукта молибденового 35
Д. Ж. Жумаева, З. Т. Номонова, З. Н. Охунжонов. Сравнительный анализ химического состава композиционных адсорбентов на основе промышленных отходов 41

Неорганическая химия

А. Б. Мамбетов, С. Н. Камолов, Б. Т. Ибрагимов, А. Б. Ибрагимов. Синтез, кристаллическая структура и анализ поверхности хиршфельда нового металлокомплекса на основе сульфаниламида 51
М. В. Юнусова, Ш. С. Бабасодиков, Б. Х. Кучаров, А. У. Эркаев, Б. С. Закиров. Растворимость в системе $ZnSO_4$-Na_2SO_4-H_2O 58
Г. Я. Исаев, У. Х. Алимов, О. В. Мячина, Р. Н. Ким, Л. Э. Мамасалиева, Б. А. Пулатов. Влияние органоминеральных компостов на основе сапропелей на характеристики роста, развития и урожайности хлопчатника 63

Органическая химия

Г. С. Худиярова, Н. А. Алимова, А. Б. Парманов, С. Х, Ганиева, С. Э. Нурманов. Синтез виниловых эфиров производных фуранкарбоновой кислоты и оценка их биологической активности 73
Т. К. Жалилов, Б. З. Адизов. Комплексная реконструкция системы очистки нефтесодержащих сточных вод гпз с применением физико-химической флотации 78
Н. П. Шарафутдинова, С. Х. Ганиева, М. О. Болтаева. Химико-экономическое обоснование применения модифицированного стеклостального композита для транспортировки нефти 85

Аналитическая химия

Л. О. Хажиев, И. И. Садиков, А. М. Абдукаюмов, З. О. Усаров. Аналитический контроль качества радиофармацевтического препарата ^{99m}Tc-PSMA-11 90
К. С. Бокиев, М. К. Назарова, М. Н. Сайфиев, Д. А. Зияев. Определение ионов мышьяка(III) и ртути(II) методом инверсионной вольтамперометрии с использованием электрода, модифицированного наночастицами хитозан/тиомочевина на основе оксида графена 96
Ж. Т. Абдусаломов, М. К. Суюндиков, Ш. И. Азизов, М. А. Шарипов, Академик А. С. Тураев. Синтез наночастиц гидроксиапатита, анализ распределения размеров частиц методом дрс и их влияние на механическую прочность полимерных микроигл 104

Мундарижа

Физик кимё

F. N. Fuzaylova, M. A. Ibragimova, S. N. Rasulova, V. P. Guro, A. T. Dadakhodzhaev, Kh. F. Adinaev, M. R. Ibragimova, Z. A. Nabieva. AJ Olmaliq kon-metallurgiya kombinati kuporos sexining matochniy eritmalarini utilizatsiya qilish texnologiyasi 3
S. N. Kamolov, B. T. Ibragimov, A. K. Fayziyeva, A. B. Ibragimov. 2-amino-5-metil-1,3-tiazol asosidagi yangi metall kompleksining kristall tuzilishi, infraqizil spektroskopik va hirshfeld sirt tahlili 9
M. N. Po‘latova, S .Y. Xushvaqtov, D. J. Bekchanov, M. G. Muxamediev. Tarkibida amino va karboksil guruh tutgan poliamfolit sintezi 14
A. B. Ibragimov, Sh.Y. Dusimbetova, G. B. Begjanova, I. A. Umbarov, D. X. Saidov, S. X. G‘anieva. 4-atsetamidobenzoat asosidagi mis(II) asosiy metall-organik karkasining sintezi va tadqiqi 21
S. E. Nurmanov, U. X. Asranova. Sellyulozaning sulfoetillangan oligosaxaridlari va montmorillonit o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirning molekulyar-dinamik modellashtirilishi: ingibirlash mexanizmini asoslash 30
Г. А. Султанов, С.Н. Расулова, У. Н. Рузиев, Ф. Р. Абдуллаев, М. Р. Ибрагимова, З. А. Набиева, В. П. Гуро. Молибден саноат махсулоти куюндисини қайта ишлашнинг фосфат кислатали ва содали схемасини таққослаш 35
D. J. Jumayeva, Z. T. Nomonova, Z. N. Oxunjonov. chiqindilarga asoslangan kompozitsion adsorbentlar kimyoviy tarkibining qiyosiy tahlili 41

Ноорганик кимё

A.B. Mambetov, S. N. Kamolov, B. T. Ibragimov, A. B. Ibragimov. sulfanilamid asosidagi yangi metall kompleksning sintezi, kristall tuzilishi va hirshfeld yuzasi tahlili 51
M. V. Yunusova, Sh. S. Babasodiqov, B. X. Kucharov, A. U. Erkaev, B. S. Zakirov. $ZnSO_4$-Na_2SO_4-H_2O tizimida eruvchanlik 58
G. Ya. Isaev, U. X. Alimov, O. V. Myachina, R. N. Kim, L. E. Mamasalieva, B. A. Pulatov. Sapropellar asosidagi organomineral kompostlarning paxta o‘sishi, rivojlanishi va hosildorlik ko‘rsatkichlarga ta’siri 63

Органик кимё

G. S. Xudiyarova, N. A. Alimova, A. B. Parmanov, S. X. Ganieva, S. E. Nurmanov. Furan karbon kislota hosilalari vinil efirlarining sintezi va biologik faolligini baholash 73
T. K. Jalilov, B. Z. Adizov. Fiziko-kimyoviy flotatsiya qo‘llanilib, gaz qayta ishlash zavodining neft tarkibli oqova suvlarni tozalash tizimining kompleks qayta tashkil etilishi 78
N. P. Sharafutdinova, S. X. Ganiyeva, M. O. Boltayeva. Neftni tashish uchun modifikatsiyalangan shisha-po‘lat kompozitdan foydalanishning kimyoviy-iqtisodiy asoslanishi 85

Аналитик кимё

L. O. Xajiyev, I. I. Sadikov, A. M. Abduqayumov, Z. O. Usarov. ^{99m}Tc-PSMA-11 radiofarmatsevtik preparatining analitik sifat nazorati 90
Q. S. Boqiyev, M. Q. Nazarova, M. N. Sayfiyev, D. A. Ziyayev. Grafen oksidi asosidagi xitozan/tiomochevina nanozarrachalari bilan modifikatsiyalangan elektrod yordamida mishyak(iii) va simob(ii) ionlarini inversion voltamperometrik usulda aniqlash 96
J. T. Abdusalomov, M. K. Suyundikov, Sh. I. Azizov, M. A. Sharipov, akademik A. S. Turayev. Gidroksiapatit nanozarralarining sintezi, dls asosida o‘lcham taqsimoti tahlili va polimer mikroignalar mustahkamligiga ta’siri 104

Contents

Phusical chemistry

F. N. Fuzaylova, M. A. Ibragimova, S. N. Rasulova, V. P. Guro, A. T. Dadakhodzhaev, Kh. F. Adinaev, M. R. Ibragimova, Z. A. Nabieva. Technology for the disposal of mother liquids from the copper sulphate shop of JSC Almalyk MMC 3
S. N. Kamolov, B. T. Ibragimov, A. K. Fayziyeva, A. B. Ibragimov. Crystalline structure, infrared spectroscopic and hirshfeld surface analysis of the new metal complex based on 2-amino-5-methyl-1,3-tiazol 9
M. N. Pulatova, S. Y. Khushvaqtov, D. J. Bekchanov, M. G. Mukhamediev. Synthesis of a polyampholyte containing amino and carboxyl groups 14
A. B. Ibragimov, Sh. Y. Dusimbetova, G. B. Begzhanova, I. A. Umbarov, D. Kh. Saidov, S. Kh. Ganieva Synthesis and comprehensive characterization of a Cu(II)-based metal-organic framework (mof) constructed from 4-acetamidobenzoate 21
S. E. Nurmanov, U. Kh. Asranova. Molecular dynamics simulation of the interaction of sulfoethylated cellulose oligosaccharides with montmorillonite surface: substantiation of the inhibition mechanism 30
G. A. Sultanov, S. N. Rasulova, U. N. Ruziev, F. R. Abdullaev, M. R. Ibragimova, Z. A. Nabieva, V. P. Guro. Comparison of phosphoric acid and soda schemes for processing of molybdenum industrial product burn 35
D.J. Jumayeva, Z.T. Nomonova, Z.N. Okhunjonov. Comparative analysis of the chemical composition of waste-based composite adsorbents 41

Inorganic chemistry

A. B. Mambetov, S. N. Kamolov, B. T. Ibragimov, A. B. Ibragimov. Synthesis, crystal structure, and hirshfeld surface analysis of a novel metal complex based on sulfonamide 51
M. V. Yunusova, Sh. S. Babasodikov, B. Kh. Kucharov, A. U. Erkaev, B. S. Zakirov. Solubility in the $ZnSO_4$-Na_2SO_4-H_2O system 58
G. Ya. Isaev, U. X. Alimov, O. V. Myachina, R. N. Kim, L. E. Mamasalieva, B. A. Pulatov. Influence of organomineral composts based on sapropels on growth, development and yield characteristics of cotton plant 63

Organic chemistry

G. S. Khudiyarova, N. A. Alimova, A. B. Parmanov, S. Kh. Ganieva, S. E. Nurmanov. Synthesis and biological activity assessment of vinyl esters of furan carboxylic acid derivatives 73
T. K. Jalilov, B. Z. Adizov. Comprehensive reconstruction of the oil-containing wastewater treatment system of the gas processing plant using physico-chemical flotation 78
N. P. Sharafutdinova, S. Kh. Ganieva, M. O. Boltaeva.Chemical and economic justification for the use of modified glass-steel composite in oil transportation 85

Analytical chemistry

L. O. Khajiev, I. I. Sadikov, A. M. Abdukayumov, Z. O. Usarov. Analytical quality control of the radiopharmaceutical preparation ^{99m}Tc-PSMA-11 90
Q. S. Boqiyev, M. Q. Nazarova, M. N. Sayfiyev, D. A. Ziyayev. Determination of arsenic(III) and mercury(II) ions by stripping voltammetric method using a graphene oxide-based chitosan/thiourea nanoparticle-modified electrode 96
J. T. Abdusalomov, M. K. Suyundikov, Sh. I. Azizov, M. A. Sharipov, academician A.S. Turayev. Synthesis of hydroxyapatite nanoparticles, dls-based particle size distribution analysis, and their effect on the mechanical strength of polymer microneedles 104

Подписано в печать 15.04.26