ISSN 0042-1707

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

1957-yil yanvardan buyon yiliga 6 marta nashr etiladi

3/2026

TOSHKENT – 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

**3/ 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

optimal sharoitlari aniqlanib, zamonaviy sifat talablariga javob beradigan mis kuporosini olish hamda nikel saqlovchi ona eritmalarni qayta ishlash imkoniyati yaratildi.

*Olingan natijalar.* Ikki martalik qayta kristallanish mis kuporosi eritmalaridan nikelni samarali ajratib olishni ta'minlashi va amaldagi me'yoriy hujjatlar talablariga javob beradigan mahsulot olish imkonini berishi aniqlandi. Mis kuporosi eritmalarini tozalash va ona eritmalarni qayta ishlashning texnologik sxemasi ishlab chiqildi.

**Kalit so'zlar:** mis kuporosi, nikel, qayta kristallanish, eritmalarni tozalash, mis sulfati, nikel sulfati, ona eritma.

**Xususiyatlari:**

– mis kuporosi eritmalarini qayta kristallanish usuli yordamida nikel ionlaridan tozalash;
– nikelning ona eritmalarda konsentratsiyalanishini ta'minlash;
– me'yoriy talablarga javob beradigan mis kuporosini olish;
– ion-almashinish materiallaridan foydalanishga ehtiyojning yo'qligi.

F.N. Fuzaylova, S.N. Rasulova, V. P. Guro, A.T. Dadakhodjaev,
M. A. Ibragimova

PURIFICATION OF COPPER SULFATE SOLUTIONS FROM NICKEL IONS BY THE RECRYSTALLIZATION METHOD

**Abstract.** Background. Commercial copper sulfate produced from electrolytic copper refining solutions often contains nickel impurities exceeding the permissible limits. This reduces product quality and necessitates the development of an efficient technology for removing nickel ions from copper sulfate solutions.

*Purpose*. To develop a technology for purifying copper sulfate solutions from nickel ions by the recrystallization method in order to obtain high-purity copper sulfate that meets current industrial quality standards.

*Methodology*. The elemental composition of the raw materials and obtained products was determined by X-ray fluorescence (XRF) analysis. The redox potential was measured using an EV-74 potentiometer, while the concentration of Cu(II) ions in the solutions was determined by spectrophotometry.

*Originality*. A two-stage recrystallization process for removing nickel ions from copper sulfate solutions without the use of ion-exchange materials was developed. The optimum operating conditions were established to produce copper sulfate meeting modern quality requirements and to enable further processing of nickel-containing mother liquors.

*Findings*. Double recrystallization was found to effectively remove nickel from copper sulfate solutions and to produce copper sulfate that complies with the requirements of applicable standards. A technological process for the purification of copper sulfate solutions and the processing of nickel-containing mother liquors was developed.

**Keywords:** copper sulfate, nickel, recrystallization, solution purification, copper sulfate pentahydrate, nickel sulfate, mother liquor.

**Highlights:**

– purification of copper sulfate solutions from nickel ions by a recrystallization process;
– concentration of nickel in the mother liquor for subsequent recovery;
– production of copper sulfate that complies with established quality standards;
– elimination of the need for ion-exchange materials during the purification process.

УДК 543.872; 532.64 (088.8)

**А. И. КАРИМОВ[1], С.Н. РАСУЛОВА[1], З. А. НАБИЕВА[1], У. Н. РУЗИЕВ[2], Ф. Р. АБДУЛЛАЕВ[2], З. Б. РАХИМДЖОНОВ[3], В. П. ГУРО[1]**

# РАЗДЕЛЕНИЕ ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА В ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРАХ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ pH И ВВЕДЕНИЯ ЛИГАНДОВ

*[1]Институт общей и неорганической химии Академии наук РУз*
*[2]АО «Узбекский комбинат технологических металлов»*
*[3]АО «Алмалыкский ГМК»*

Дата поступления 21.06.26

**Реферат.** *Предпосылки проблемы*. W и Mo характеризуются близкими химическими свойствами,

затрудняющими их селективное разделение. Но контролируемое подкисление их смешанного щелочного раствора приводит к фазовому разделению Mo и W

*Цель:* исследование разделения W и Mo из щелочных растворов путем регулирования pH и введения комплексообразующих добавок.

*Методология.* Для контроля этапов фазового разделения использованы физико-химические средства: SEM-EDS Carl Zeiss EVO-MA, Epsilon 4 XRFи ICP-OES Agilent 7500.

*Научная новизна.* Показано, что эффективность разделения W и Mo, определяется pH средой и комплексообразованием Mo(VI).

*Полученные данные.* Выявлен оптимальный интервал pH 5–6, в котором коэффициент разделения W и Mo максимален. Добавление оксалата и цитрата способствует повышению устойчивости Mo и уменьшает его соосаждение с W. Проведен рентгенофазовый и СЭМ анализ осадков.

**Ключевые слова:** вольфрам, молибден, гидрометаллургия, селективное осаждение, комплексообразующие добавки, оксид вольфрама.

**Особенности:**

- выявлены режимы разделения W и Mo из смешанных растворов;
- предложен механизм процесса их разделения.

**Введение.** Вольфрам и молибден относятся к стратегически важным металлам [1]. При гидрометаллургической переработке W-сырья, образуются растворы, содержащие одновременно W и Mo, что обусловливает необходимость их разделения, чему не способствует близость их химических свойств [2-3].При pH>7 оба элемента образуют вольфрамат- и молибдат-ионы, обладающих сходным зарядом, координационным окружением и поведением в растворе [4-5]. Вследствие этого, традиционные методы разделения требуют многостадийной переработки, включая экстракцию, ионный обмен, сорбцию, селективное осаждение и кислотное разложение [6–12]. Эффективность большинства методов определяется изменением форм нахождения этих металлов в растворе, в ходе процесса.

Ранее показано, что при подкислении смешанных W, Mo растворов соединения W легче, чем Mo, подвергаются протонированию, поликонденсации и образованию труднорастворимых гидратированных оксидов$WO_3 \cdot nH_2O$ [3–5]. Повышение селективности достигается путем введения комплексообразующих добавок, способных стабилизировать молибден в растворе и уменьшать его потери при осаждении вольфрама [3,5,13].

*Цель работы:* исследование процесса разделения W и Mo из щелочных растворов путем регулирования pH и введения комплексообразующих добавок. Внимание уделено селективному осаждению W и фазовым превращениям образующихся продуктов.

2. Материалы и методы исследований. Эксперименты проводили с использованием щелочных растворов вольфрамата и молибдата натрия, приготовленных из реактивов квалификации «ч.д.а.» $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ и $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$. Модельные растворы имитировали условия процессовпереработки вольфрамового сырья, загрязненного Mo.Технологические растворы готовили из шеелитового концентрата двух разных промышленных партий.

Значение pH регулировали в диапазоне 2–9 путем добавления серной кислоты или гидроксида натрия. Эксперименты по селективному осаждению проводили при перемешивании растворов и температуре 80 ±2 °C. В качестве комплексообразующих добавок использовали оксалат и цитрат натрия, оценивая их влияние на соосаждение Mo с осадком гидроксидов вольфрама. Содержание W и Mo в жидких и твердых продуктах разделения определяли химико-аналитически. Эффективность разделения оценивали по степени извлечения вольфрама в осадок и остаточной концентрации молибдена в растворе.Фазовый состав осадков исследовали методом рентгенофазового анализа (XRD), а особенности их морфологии изучали с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM). Подходы к исследованию структуры и морфологии продуктов на основе оксидов вольфрама соответствовали общепринятым методам, используемым для подобных материалов [13].

**Результаты и обсуждение**. *Характеристика вольфрамсодержащих материалов.* Минералогические особенности исследованных сырьевых вольфрамсодержащих материалов – шеелитовых концентратов,изучены методом рентгенофазового анализа. Дифрактограммы выявили, что основной вольфрамсодержащей фазой в обоих образцах концентрата является шеелит. Основные дифракционные максимумы соответствуют кристаллическому $CaWO_4$, менее интенсивные пики - минералам пустой породы.

Полученные данные свидетельствуют: шеелитовые концентраты достаточно эффективно перерабатываются в щелочной среде, с переводом Wв раствор [1,4]. Преобладание шеелита в сырье создает условия для дальнейшей очистки растворов от молибдена.Результаты рентгенофазового анализа под-

тверждают пригодность образцов для изучения процессов разделения вольфрама и молибдена в гидрометаллургических системах.

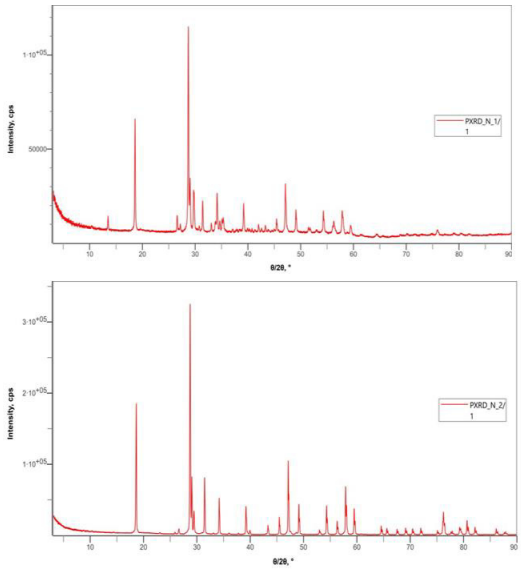



*Рис. 1. Рентгенограммы образцов шеелитового концентрата*

Влияние pH на разделение вольфрама и молибдена. Влияние кислотности среды на поведение W и Mo исследовали путем контролируемого подкисления щелочных вольфраматно-молибдатных растворов. Показана зависимость распределения W и Mo между жидкой и твердой фазами от величины pH (рис. 2).

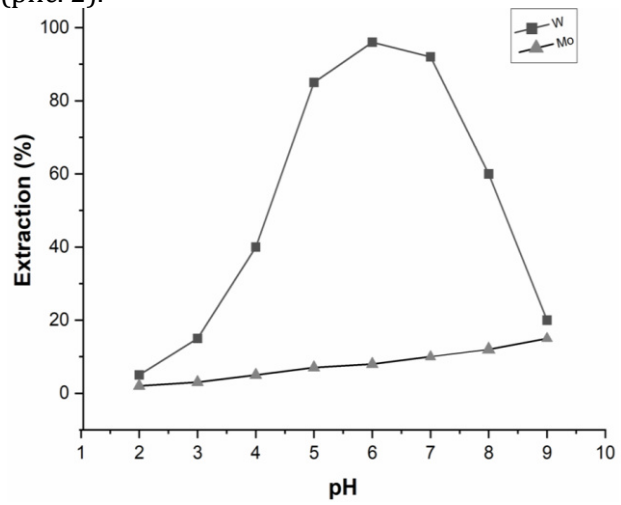



*Рис. 2. Влияние pH на седиментацию W, в присутствии Mo, в их смешанном растворе.*

В щелочной и близкой к нейтральной области значений pH W и Mo преимущественно существуют в форме устойчивых кислородсодержащих анионов. По мере снижения pH соединения W в большей степени, чем Mo, склонны к протонированию и последующим реакциям поликонденсации [1,4]. Дальнейшее подкисление приводит к образованию труднорастворимых гидратированных оксидов вольфрама и их осаждению.

Наиболее эффективное разделение W и Mo наблюдалось в интервале pH 5–6. В этих условиях степень извлечения W в твердую фазу превышала 95 %, тогда как основная часть Mo сохранялась в растворе. Полученные данные свидетельствуют: W последовательно переходит из растворимых вольфраматных форм в малорастворимые оксидно-гидратные соединения, тогда как Mo присутствует преимущественно в жидкой фазе. При дальнейшем снижении pH наблюдалось частичное соосаждение молибдена, что приводило к уменьшению селективности процесса. Следовательно, несмотря на увеличение степени осаждения W, чрезмерное подкисление растворов недопустимо.Полученные результаты показывают,

что регулирование pH является основным фактором, определяющим эффективность разделения вольфрама и молибдена, и может использоваться в качестве простого и эффективного инструмента для извлечения вольфрама из смешанных технологических растворов [6-9,11,12].

3.3. Влияние комплексообразующих добавок на разделение W и Mo

Эффективность разделения W и Mo может быть повышена за счет введения комплексообразующих добавок. В их качестве использованы оксалат и цитрат-ионы, вводимые в смешанные W и Mo-содержащие растворы с целью оценки их влияния на распределение этих металлов между жидкой и твердой фазами в процессе подкисления.

Предложен механизм их разделения (рис. 3). Как следует из рисунка, по мере снижения pH вольфрамат-ионы подвергаются протонированию, вступая в реакции поликонденсации, приводящие к полимеризации W-соединений. Дальнейшие превращения сопровождаются формированием гидратированных оксидов вольфрама. Соединения Mo, при этом, сохраняют устойчивость в растворе в широком диапазоне pH. Введение оксалата и цитрата усиливает различие в поведении W и Mo. Эти лиганды способствуют стабилизации растворенных форм Mo, уменьшая его склонность к осаждению с W-соединениями. В результате снижаются потери Mo в твердую фазу и повышается селективность процесса.

Экспериментальные данные W-Mo разделения (рис. 4),в присутствии лигандов, продемонстрировали более эффективное их разделение при сохранении высокой степени извлечения вольфрама. Они свидетельствуют о перспективности совместного применения регулирования pH и комплексообразования Mo(VI) для очистки от Mo вольфрамсодержащих растворов [3,5–12].

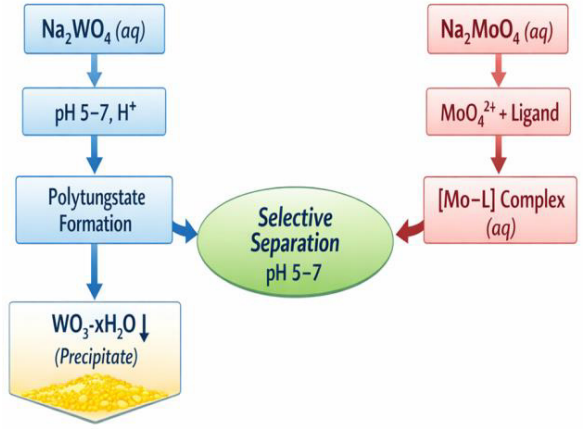



*Рис. 3. Предлагаемый механизм разделения вольфрама и молибдена при контролируемом подкислении растворов.*

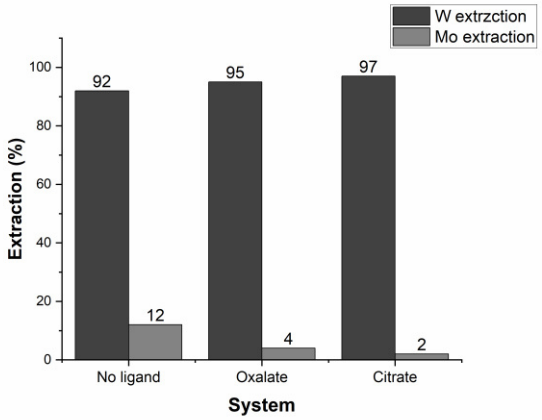



*Рис. 4. Влияние комплексообразующих добавок на извлечение вольфрама и сохранение молибдена в растворе.*

Фазовые превращения осадков вольфрама. Фазовый состав и морфология осадков, образующихся при осаждении вольфрама, исследованы методами XRD анализа и сканирующей электронной микроскопии (Рис. 5-6).

Рентгенограммы, представленные на рис. 5, демонстрируют постепенное упорядочение структуры вольфрам содержащих продуктов в процессе разделения. Для исходных осадков характерны сравнительно широкие дифракционные максимумы, свидетельствующие о низкой степени кристалличности и присутствии слабо упорядоченных гидратированных оксидных фаз. Последующая обработка приводит к сужению дифракционных пиков и увеличению их интенсивности, что указывает на формирование более кристаллических соединений оксида вольфрама $WO_3 \cdot nH_2O$. Наблюдаемые фазовые превращения отражают постепенный переход полимеризованных соединений вольфрама в более устойчивые оксидные структуры. Полученные результаты хорошо согласуются с предложенным механизмом селективного осаждения вольфрама (рис. 3).

Исследования тех же образцов методом SEM (рис. 6) показали существенную эволюцию морфологии осадков. На начальных стадиях материал представлен рыхлыми агрегатами, состоящими из мелких частиц с нечетко выраженными границами. По мере протекания процессов кристаллизации формируется плотная структура с укрупненными кристаллическими образованиями и более четко выраженной морфологией частиц.

Совокупность результатов XRD и SEM подтверждает, что селективное осаждение вольфрама из смешанного молибден-содержащего раствора сопровождается не только химическим разделением его с молибденом, но и существенной структурной перестройкой твердой фазы.

Подобные изменения имеют важное практическое значение, поскольку степень кристалличности и морфология частиц оказывают влияние на процессы фильтрации, промывки и последующей переработки продуктов на основе оксида вольфрама [13].

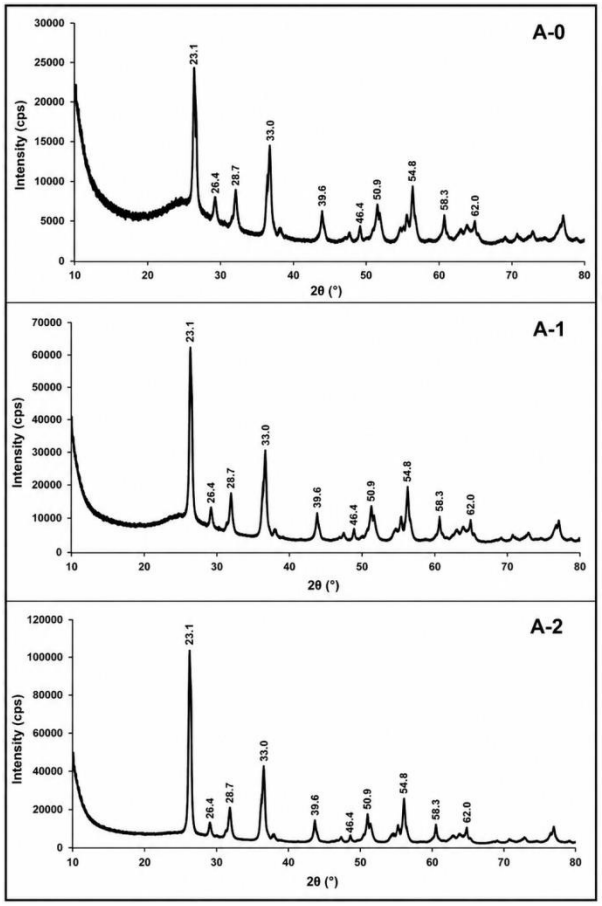



*Рис. 5. Рентгенограммы продуктов на основе оксида вольфрама, полученных в процессе очистки растворов.*

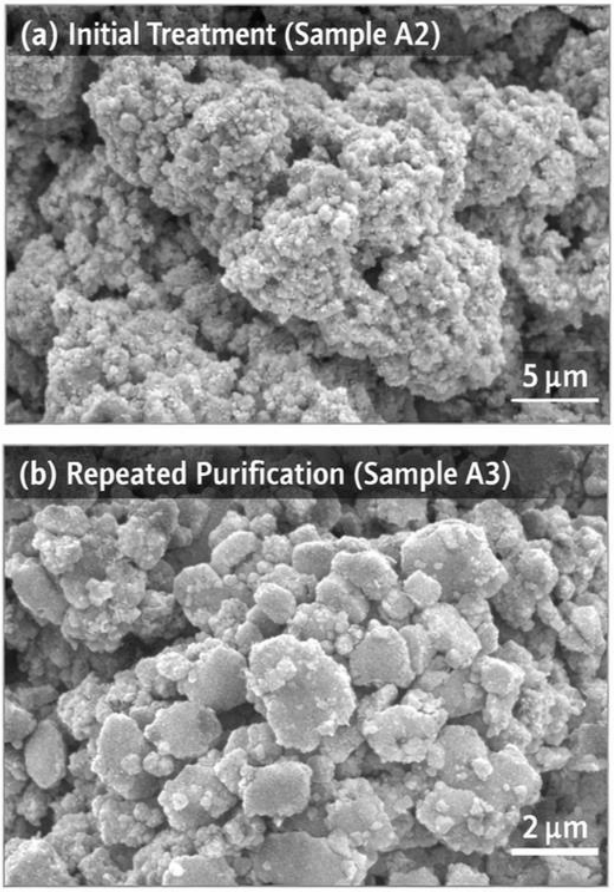



*Рис. 6. SEM-изображения, демонстрирующие эволюцию морфологии вольфрамсодержащих осадков.*

**Заключение**

1. Показано, что эффективное разделение вольфрама и молибдена из щелочных вольфраматно-молибдатных растворов может быть достигнуто путем регулирования pH. Максимальная селективность процесса наблюдается в интервале pH 5–6, где степень осаждения вольфрама превышает 95 %, а основная часть молибдена сохраняется в растворе.

2. Установлено, что введение оксалат- и цитрат-ионных форм способствует повышению селективности W-Mo разделения за счет стабилизации растворенных форм молибдена и уменьшения его соосаждения с соединениями вольфрама.

3. Результаты рентгенофазового исследования образцов твердой фазы свидетельствуют о постепенном повышении степени кристалличности продуктаосаждения на основе оксида вольфрама. Данные сканирующей электронной микроскопии подтверждают переход от слабоупорядоченных агрегатов к более плотным кристаллическим структурам.

4. Совместное применение регулирования pH и введения в систему комплексообразующих добавок представляет собой перспективный гидрометаллургический подход к очистке вольфрамсодержащих растворов от молибдена и может быть использовано при переработке вольфрамового сырья и технологических промежуточных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. М.: Металлургия, 2003. 399 с.

2. Ким Г. Ч., Гуро В.П., Ганиев Ш. У. Электрохимическая переработка отходов Mo,W в щелочном растворе // Узб. хим. ж., Ташкент, 1997. - №2. - С.72-76.
3. Ганиев Ш. У., Исмаилов Н. П., Гуро В. П.. Анодное растворение металлических отходов молибдена и вольфрама в нейтральных растворах // Химия и химическая технология. - Ташкент, 2004. - №1-2. - С. 59-61.
4. Блохин А.А. Химия и технология молибдена, вольфрама и рения. Текст лекций. – С.-Пб.: Изд. ВХТИ – 1999. – 94 с.
5. Guro V.P. Molybdenum Dissolution in Mixtures of $H_2O_2$ and Concentrated $HNO_3$ and $H_2SO_4$ in the Presence of Tungsten, ISSN 0020-1685, *Inorganic Materials,* 2008, Vol. 44, No. 3, pp. 239–243. DOI:10.1134/S0020168508030059.
6. Ning P., Cao H., Yi Z. Selective extraction and deep removal of tungsten from sodium molybdate solution by primary amine N1923. *Separation and Purification Technology*, 2009, 70(1), 27–33. DOI: 10.1016/j.seppur.2009.08.006.
7. Guan W., Zhang G., Gao C. Solvent extraction separation of molybdenum and tungsten from ammonium solution by $H_2O_2$-complexation. *Hydrometallurgy*, 2012, 127–128, 84–90. DOI: 10.1016/j.hydromet.2012.07.008.
8. Nguyen T.H., Lee M.S. Separation of molybdenum(VI) and tungsten(VI) from sulfate solutions by solvent extraction with LIX 63 and PC88A. *Hydrometallurgy*, 2015, 155, 51–55. DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.04.014.
9. Li X., Shen L., Zhou Q., Peng Z., Liu G., Qi T. Scheelite conversion in sulfuric acid together with tungsten extraction by ammonium carbonate solution. *Hydrometallurgy*, 2017, 171, 106–115. DOI: 10.1016/j.hydromet.2017.05.005.
10. Shen L., Li X., Zhou Q., Peng Z., Liu G., Qi T., Taskinen P. Sustainable and efficient leaching of tungsten in ammoniacal ammonium carbonate solution from the sulfuric acid converted product of scheelite. *Journal of Cleaner Production,* 2018, 197, 690–698. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.06.256.
11. Li Z., Zhang G., Guan W., Zeng L., Xiao L., Li Q., Cao Z., Lu X. Separation of tungsten from molybdate using solvent extraction with primary amine N1923. Hydrometallurgy, 2018, 175, 203–207. DOI: 10.1016/j.hydromet.2017.10.018.
12. Li Z., Zhang G., Zeng L., Guan W., Xiao L., Li Q., Cao Z., Lu X. Continuous solvent extraction operations for the separation of W and Mo in high concentrations from ammonium solutions with acidified N1923. *Hydrometallurgy,* 2019, 184, 39–44. DOI: 10.1016/j.hydromet.2018.12.015.
13. Wu C.-M., Naseem S., Chou M.-H., Wang J.-H., Jian Y.-Q. Recent advances in tungsten oxide-based materials and their applications. *Frontiers in Materials*, 2019, 6, 49. DOI: 10.3389/fmats.2019.00049

A. I. Karimov, S. N. Rasulova, Z. A. Nabieva, U. N. Ruziev, F. R. Abdullaev,
Z. B. Rahimjonov, V. P. Guro

## SEPARATION OF TUNGSTEN AND MOLYBDENUM IN ALKALINE SOLUTIONS BY ADJUSTING pH AND INTRODUCING LIGANDS

**Abstract.** *Background.* W and Mo are characterized by similar chemical properties, which complicate their selective separation. However, controlled acidification of their mixed alkaline solution leads to phase separation of Mo and W.

*Purpose:* To study the separation of W and Mo from alkaline solutions by adjusting pH and introducing complexing additives.

*Methodology*. To monitor the phase separation stages, the following physicochemical tools were used: SEM-EDS Carl Zeiss EVO-MA, Epsilon 4 XRF, and ICP-OES Agilent 7500.

*Originality.* It was shown that the separation efficiency of W and Mo is determined by the pH of the medium and the complexation of Mo(VI).

*Findings.* An optimal pH range of 5–6 was identified, in which the separation coefficient of W and Mo is maximal. The addition of oxalate and citrate increases the stability of Mo and reduces its coprecipitation with W. XRD and SEM analysis of the precipitates were performed.

**Keywords:** tungsten, molybdenum, hydrometallurgy, selective precipitation, complexing additives, tungsten oxide.

**Highlights:**

- modes for separating W and Mo from mixed solutions were identified;
- a mechanism for the process of their separation was proposed.

А. И. Каримов, С.Н. Расулова, З. А. Набиева, У. Н. Рузиев,
Ф. Р. Абдуллаев, З. Б. Рахимжонов, В. П. Гуро

## ИШҚОРИЙ ЭРИТМАЛАРДА ВОЛЬФРАМ ВА МОЛИБДЕННИ pHни НАЗОРАТ ҚИЛИШ ҲАМДА ЛИГАНДЛАР ЙЎЛИ БИЛАН АЖРАТИШ

**Реферат.** *Муаммонинг келиб чиқиши.* W ва Mo кимёвий жиҳатдан бир бирига яқин хоссаларга эга бўлганлиги учун уларни селектив ажратиш қийинчилик туғдиради. Лекин уларнинг аралашмасидан иборат ишқорий эритмани муҳитни назорат қилиш W ва Mo ни фазавий ажратиш имкониятини яратади.

*Ишнинг мақсади:* W ва Mo ни ишқорий эритмалардан pHни назорат қилиш ва комплекс ҳосил қилувчи қўшимчалар қўшиш йўли билан ажратишни ўрганиб чиқиш.

*Методология.* Фазавий ажралишнинг босқичларини назорат қилиш учун физик кимёвий усуллардан фойдаланилди: SEM-EDS Carl Zeiss EVO-MA, Epsilon 4 XRF, and ICP-OES Agilent 7500.

*Илмий янгилиги.* W ва Монинг ажратиш самарадорлиги pH муҳит ва Mo(VI) комплексини ҳосил бўлиши билан аниқланади.

*Олинган натижалар.* W ва Mo ажратиш коэфициенти pH 5-6 оралиғида энг максимал бўлиши аниқланди. Оксолат ва цитрат қўшиш эса Mo ни турғунлигини оширади ва уни W билан чўкишини камайтиради. Чўкмаларнининг рентгенофазавий ва СЭМ таҳлиллари келтирилган.

**Калит сўзлар:** вольфрам, молибден, гидрометаллургия, селектив чўктириш, комплекс ҳосил қилувчи қўшимчалар, вольфрам оксиди.

**Хусусиятлари:**

- аралаш эритмалардан W ва Mo ни ажратишнинг оптимал режимлари аниқланди;
- уларни ажратиш жараёнининг механизми таклиф этилди.

UDK:547.548.737

**G.X. TOIROVA, KH. KH.TURAEV, A.B. IBRAGIMOV, SAIDOV D.KH., GANIEVA S.KH**

## SYNTHESIS, CRYSTAL STRUCTURE AND HIRSHFELD SURFACE ANALYSIS OF CHLORIDO-BIS(1,10-PHENANTHROLINE) COPPER(II)

*Termiz State University, Barkamol Avlod Street, Termiz, Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent*
*E-mail:gulshodatoirova0202@mail.ru*

Admission date 18.05.26

**Abstract.** *Background.* The synthesis and study of copper(II) coordination compounds are of current interest due to their relevance to the development of structurally stable supramolecular materials with controllable physicochemical properties.

*Purpose:* To synthesize the new coordination compound chlorido-bis(1,10-phenanthroline)copper(II) and to investigate its crystal structure, organization, and intermolecular interactions.

*Methodology:* The Cu(II) coordination compound was characterized using XRD, Raman spectroscopy, morphology prediction, void surface analysis, and energy framework calculations; intermolecular interactions were analyzed using Hirshfeld surface analysis.

*Originality*: A new Cu(II)-based coordination compound with unique crystalline and supramolecular structural features has been identified.

*Findings***.** The crystal structure, supramolecular packing, intermolecular interactions, and physicochemical properties of the synthesized coordination compound were investigated.

**Keywords**: Cu(II) coordination compound, crystal structure, Hirshfeld surface analysis.

**Highlights:**

- Cu(II)complex was synthesized in 1,10-phenanthroline, ethanol and water.
- It possesses a discrete mononuclear structure.
- The Cu(II) center exhibits a distorted trigonal-bipyramidal geometry.

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

S. U. Xalilov, A. A. Kuchkarov, N. Yo‘ldgorov, F. M. Yusupov, S. B. Sultonov, G. B. Temirov, A. R. Qurbonov Научный анализ коллоидно-химических свойств композиционного флотореагента и его влияния на процесс флотации 3

D. A. Nabiev, X. X. Turaev, X. E. Eshmurodov, X. N. Eshankulov, A. S. Mukimov, S. X. G‘anieva Синтез пигмента фталоцианина кобальта и получение красителей на его основе микроволновым методом 10

F. N. Fuzaylova, S. N. Rasulova, V. P. Guro, A. T. Dadahodjaev, M. A. Ibragimova Очистка раствора медного купороса от ионов никеля методом перекристаллизации 16

A. I. Karimov, S. N. Rasulova, Z. A. Nabieva, U. N. Ruziev, F. R. Abdullaev, Z. B. Raximjonov, V. P. Guro Разделение вольфрама и молибдена путем регулирования pH и введения лигандов в щелочных растворах 22

G. X. Toirova, X. X. Turaev, A. B. Ibragimov, D. X. Saidov, S. X. G‘anieva Синтез, кристаллическая структура и анализ поверхности Хиршфельда хлоридо-бис(1,10-фенантролин)меди(II) 28

G. X. Toirova, Sh. A. Qosimov, B. Z. Adizov, D. X. Saidov, S. X. G‘anieva, Z. V. Nurullaeva Физико-химическая характеристика и антибактериальная активность соединения $[Cd(NO_3)_2(phen)_2]$ 37

M. Z. Aliyeva, G. A. Nuraliyeva Изучение состава, строения и свойств смешаннолигандных комплексных соединений на основе 2-амино-1,3,4-тиадиазола и малоновой кислоты современными физико-химическими методами анализа 45

D. S. Salixanova, M. A. Mamajonova, D. S. Sagdullaeva, M. A. Ismailova, D. T. Ruzmetova, I. D. Eshmetov, A. S. Salixanov Изменение текстурных свойств бентонитов при термической, кислотной и комбинированной активации 51

N. R. Kadirova, D. B. Utkurova, A. S. Rafikov Определение кинетических параметров щелочного гидролиза стружки хромовой кожи 58

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

F. B. Atabaev, M. Ch. Abdullaev, G. R. Tursunova, N. D. Mahsudova, M. M. Adilmatova, A. Sh. Xadjiyev Получение экологически устойчивого цемента на основе отходов керамического кирпича 65

K. A. Turaev, A. S. Togasharov Исследование растворимости трехкомпонентной системы хлоркарбамидат натрия – парахлорфенолят натрия – вода 69

F. B. Atabaev, G. B. Begjanova, G. R. Tursunova, Z. B. Yakubjanova Физико-химические свойства портландцемента с добавкой известняка 73

Sh. M. Niyazova, Z. R. Kadyrova, F. G. Xomidov, X. L. Usmanov Влияние карбонатсодержащих горных пород на свойства базальтовых расплавов 79

M. B. Kushvaktov, B. N. Karshiev, A. R. Seytnazarov, O. A. Badalova, U. K. Alimov Глубокая очистка экстракционной фосфорной кислоты, полученной из фосфоритов Центральных Кызылкумов 86

N. Z. Erkinov, R. Ch. Yorbobaev, X. Ch. Mirzakulov, G. E. Melikulova Исследование процесса разложения необогащенной фосфоритовой руды месторождения Каракатинский азотной кислотой 93

U. A. Kodirova, Z. R. Kadyrova, X. L. Usmanov, F. G. Xomidov, S. S. Tairov Кристаллохимические свойства твердых растворов $Zn_{2-x}Co_xSiO_4$ 101

N. A. Ulashova, G. D. Saparova, B. X. Kuchkarov, D. Z. Isabaev, B. S. Zakirov Политермическая диаграмма растворимости системы борная кислота – триэтаноламин – вода 107

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

G. E. Eshdavlatova, X. J. Ismoilova Влияние пеногасителей и их сравнительное исследование 113

A. S. Xasanov, R. J. Eshmetov, B. Z. Adizov Морфологические и структурные изменения образцов горючих сланцев в процессе термической обработки 118

M. Z. Nomozova, L. S. Kamolov, D. R. Gulboeva Выделение и установление структуры метилового эфира 3-амино-2-пиразинкарбоновой кислоты из природно выращиваемого гриба Agaricus bisporus 122