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

УДК 541.621.793.3; 541.124/128

Ф. Н. ФУЗАЙЛОВА, С.Н. РАСУЛОВА, В. П. ГУРО, А.Т. ДАДАХОДЖАЕВ, М. А. ИБРАГИМОВА

ОЧИСТКА РАСТВОРА МЕДНОГО КУПОРОСА ОТ ИОНОВ НИКЕЛЯ МЕТОДОМ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Институт общей и неорганической химии АН РУз, e-mail foozayl_17.06@mail.ru
Дата поступления02.07.26

Реферат. ***Предпосылки проблемы.*** Товарный медный купорос, получаемый из растворов электрорафинирования меди, часто содержит примесь никеля выше допустимых норм. Это снижает качество продукции и требует разработки эффективного способа очистки растворов медного купороса от ионов никеля.

Цель: Разработка технологии очистки растворов медного купороса от ионов никеля методом перекристаллизации для получения медного купороса, соответствующего нормативным требованиям

Методология. Элементный состав сырья и продуктов контролировали методом XRF. Редокс-потенциал - потенциометром ЭВ-74, концентрация Cu(II) в растворах – спектрофотометрическим методом.

Научная новизна. Разработан способ очистки растворов медного купороса от ионов никеля методом двукратной перекристаллизации без применения ионообменных материалов. Определены оптимальные условия процесса, обеспечивающие получение медного купороса, соответствующего современным требованиям качества, и переработку никельсодержащих маточных растворов.

Полученные данные. Установлено, что двукратная перекристаллизация обеспечивает эффективное удаление никеля из растворов медного купороса и позволяет получать продукт, соответствующий требованиям нормативной документации. Разработана технологическая схема очистки и переработки маточных растворов.

Ключевые слова: медный купорос, никель, перекристаллизация, очистка растворов, сульфат меди, сульфат никеля, маточный раствор.

Особенности:

- очистка растворов медного купороса от ионов никеля методом перекристаллизации;
- концентрирование никеля в маточных растворах;
- получение медного купороса, соответствующего нормативным требованиям;
- отсутствие необходимости применения ионообменных материалов;

Введение. Медный купорос ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) является одним из важнейших продуктов цветной металлургии и химической промышленности. Благодаря высоким фунгицидным, антисептическим и каталитическим свойствам он широко применяется в сельском хозяйстве для защиты растений от грибковых заболеваний, при производстве кормовых добавок, в электрохимической промышленности, гальванотехнике, а также в качестве реагента в химическом анализе [1–3].

В промышленности медный купорос получают различными способами, однако наиболее распространенным является его производство из растворов электрорафинирования меди. На предприятиях медной промышленности, в том числе в АО «Алмалыкский ГМК», товарный медный купорос получают путем кристаллизации отработанных электролитов цеха электролиза меди. В процессе электрорафинирования медь осаждается на катоде, тогда как часть примесных компонентов, включая никель, железо и цинк, постепенно накапливается в технологических растворах [1,4].

Среди примесных компонентов особое место занимает никель. Его накопление в электролите приводит к загрязнению кристаллов медного купороса и ухудшению качества готовой продукции. Согласно требованиям ГОСТ 19347-2014, содержание никеля в товарном медном купоросе строго регламентируется. Однако в производственных условиях содержание никеля нередко превышает допустимые значения, что ограничивает использование продукта в сельском хозяйстве, животноводстве и других отраслях, предъявляющих повышенные требования к чистоте химических реагентов [2,7].

Для удаления никеля из медьсодержащих растворов предложены различные методы, включая ионообменную сорбцию, жидкостную экстракцию, электрохимические методы, селективное осаждение и флотоэкстракцию [5,6,12–16]. Несмотря на высокую эффективность, многие из этих методов характе-

ризуются значительными капитальными затратами, необходимостью использования дорогостоящих реагентов, сложностью аппаратурного оформления и дополнительными операциями по регенерации реагентов.

Одним из наиболее перспективных направлений является применение перекристаллизации медного купороса. Данный метод основан на различии коэффициентов распределения меди и никеля между твердой и жидкой фазами в процессе кристаллизации. Известно, что при образовании кристаллов $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ основная часть никеля остается в маточном растворе, вследствие чего содержание примеси в кристаллическом продукте существенно снижается [1,11,17]. Эффективность процесса определяется температурой кристаллизации, концентрацией раствора, кислотностью среды и количеством стадий перекристаллизации [13,17].

Согласно литературным данным, применение одной стадии перекристаллизации обеспечивает частичное удаление никеля, однако для получения продукции высокого качества часто требуется проведение двух и более стадий очистки [11,14,18]. При этом важным преимуществом метода является возможность дальнейшей переработки маточных растворов с извлечением никеля в виде товарных соединений, что способствует комплексному использованию сырья и снижению потерь ценных компонентов [5,18–20].

Несмотря на значительное количество исследований в области очистки медьсодержащих растворов, вопросы выбора оптимальных условий перекристаллизации применительно к растворам купоросного производства АО «Алмалыкский ГМК» остаются актуальными. Особый интерес представляет изучение системы $CuSO_4$–$NiSO_4$–H_2O, определение закономерностей распределения никеля между кристаллической и жидкой фазами, а также разработка технологической схемы, обеспечивающей получение медного купороса, соответствующего требованиям нормативной документации.

В связи с этим целью настоящей работы являлась разработка технологии очистки раствора медного купороса от ионов никеля методом двукратной перекристаллизации без применения ионообменных материалов для получения продукта, соответствующего требованиям ГОСТ 19347-2014.

Цель: Разработка технологии очистки растворов медного купороса от ионов никеля методом перекристаллизации для получения медного купороса, соответствующего нормативным требованиям.

Методы и материалы. Объектом исследования служили растворы медного купороса, получаемые в купоросном цехе медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК». Для изучения поведения никеля в процессе кристаллизации использованы методы физико-химического анализа (XRF), исследования растворимости в системе $CuSO_4$–$NiSO_4$–H_2O, а также методы химического анализа растворов и кристаллических продуктов. Проведено моделирование процессов перекристаллизации и оценка коэффициентов распределения примеси между твердой и жидкой фазами

Результаты и обсуждение. С целью оценки эффективности очистки растворов медного купороса от никеля методом перекристаллизации был исследован химический состав продуктов, полученных на различных стадиях процесса. Известно, что в системе $CuSO_4$–$NiSO_4$–H_2O сульфат меди обладает более высокой способностью к кристаллизации по сравнению с сульфатом никеля. Вследствие этого при охлаждении раствора медь преимущественно переходит в твердую фазу в виде кристаллогидрата $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, тогда как никель остается в маточном растворе.

Результаты элементного анализа исследуемых образцов представлены на рисунках 1–4. Анализ показал, что в процессе перекристаллизации происходит последовательное концентрирование меди в кристаллической фазе и перераспределение никеля в маточный раствор.

На рис. 1 представлен спектр элементного состава (XRF) исходного медного купороса. Основными компонентами образца являются медь (28,7 мас.%) и сера (13,9 мас.%). Кроме того, в образце присутствуют примеси алюминия (0,230 мас.%), кремния (0,0647 мас.%), кальция (0,0062 мас.%) и циркония (0,186 мас.%). Содержание никеля составляет 0,0035 мас.%.

Полученные данные характеризуют исходный состав исследуемого продукта.

Низкое содержание никеля в очищенном медном купоросе объясняется различием физико-химических свойств сульфатов меди и никеля. В процессе роста кристаллов $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ионы меди преимущественно встраиваются в кристаллическую решетку, тогда как ионы никеля остаются в растворе. В результате концентрация никеля в маточном растворе возрастает, что создает благоприятные условия для его последующего извлечения.

Полученные результаты подтверждаются составом никелевого купороса, содержащего 26,6 мас.% никеля. Это свидетельствует о высокой селективности процесса разделения меди и никеля и подтверждает возможность комплексной переработки никельсодержащих маточных растворов

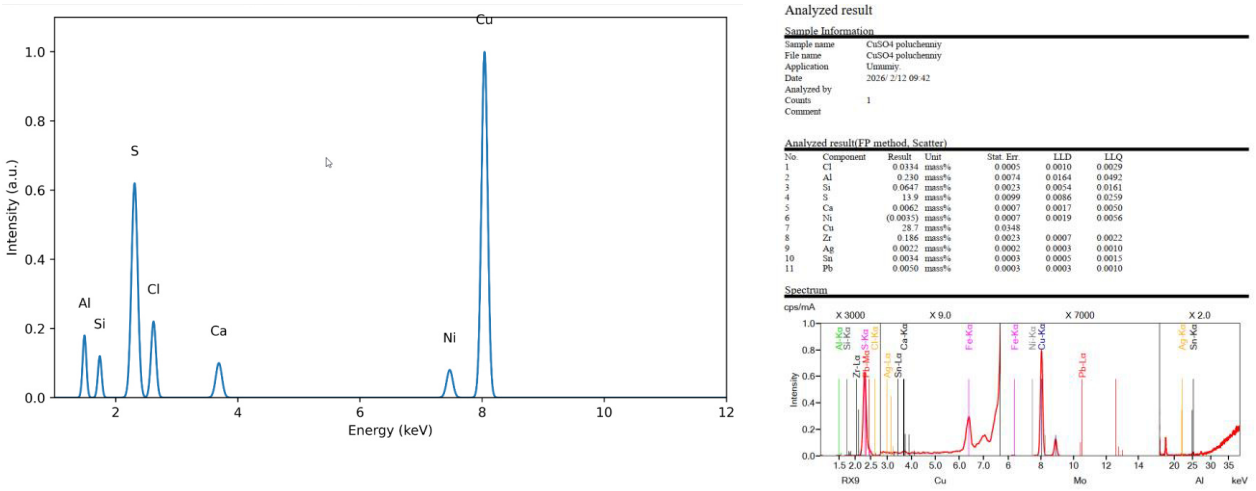


Рисунок 1. Состав выделенного медного купороса ($CuSO_4 \cdot nH_2O$)

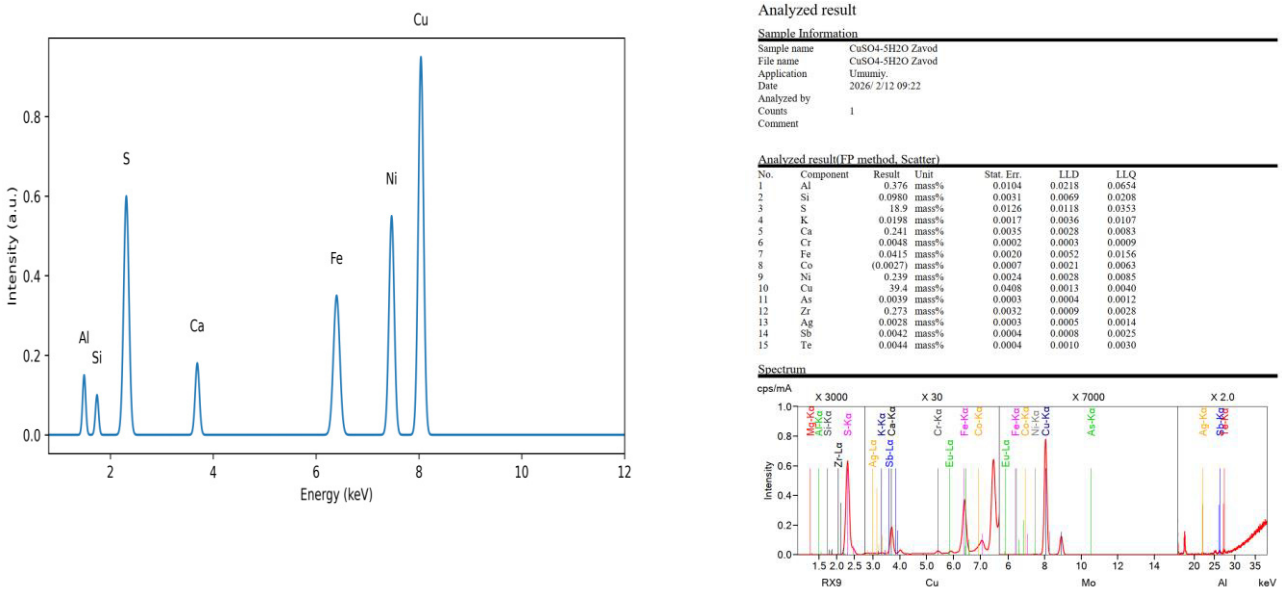


Рисунок 2. Состав промышленного медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

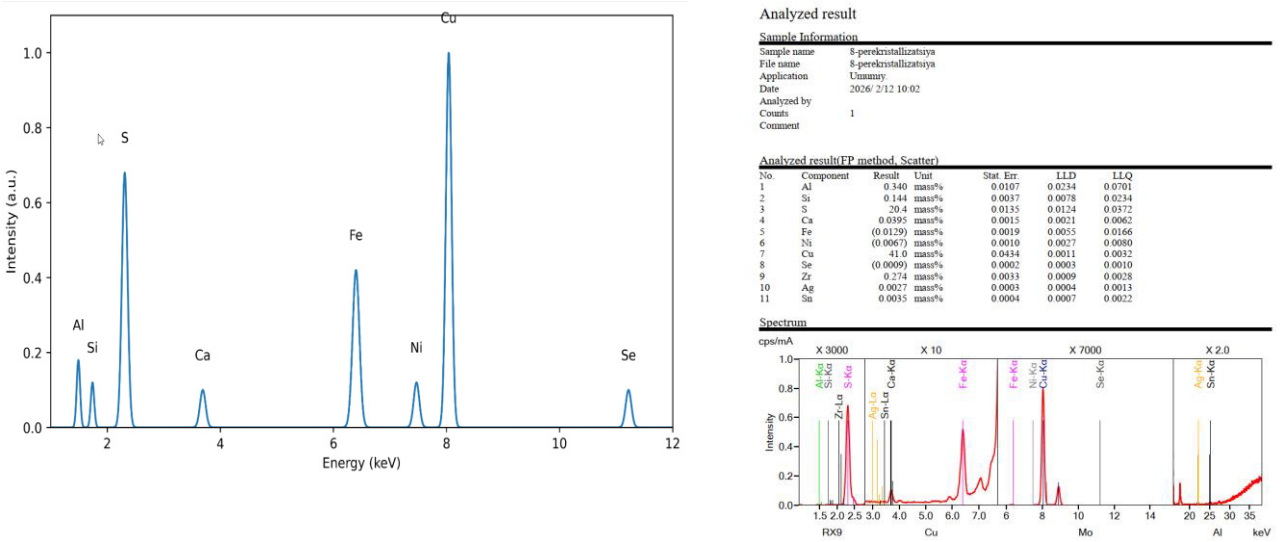


Рисунок 3. Состав медного купороса после 8-кратной перекристаллизации

Из результатов анализа (рис. 2) видно, что содержание меди в промышленном медном купоросе составляет 39,4 мас.%, содержание серы – 18,9 мас.%, а содержание никеля достигает 0,239 мас.%. Так-

же в образце присутствуют примеси железа (0,0415 мас.%), кальция (0,241 мас.%) и алюминия (0,376 мас.%). Наличие никеля обусловливает необходимость дополнительной очистки продукта методом перекристаллизации.

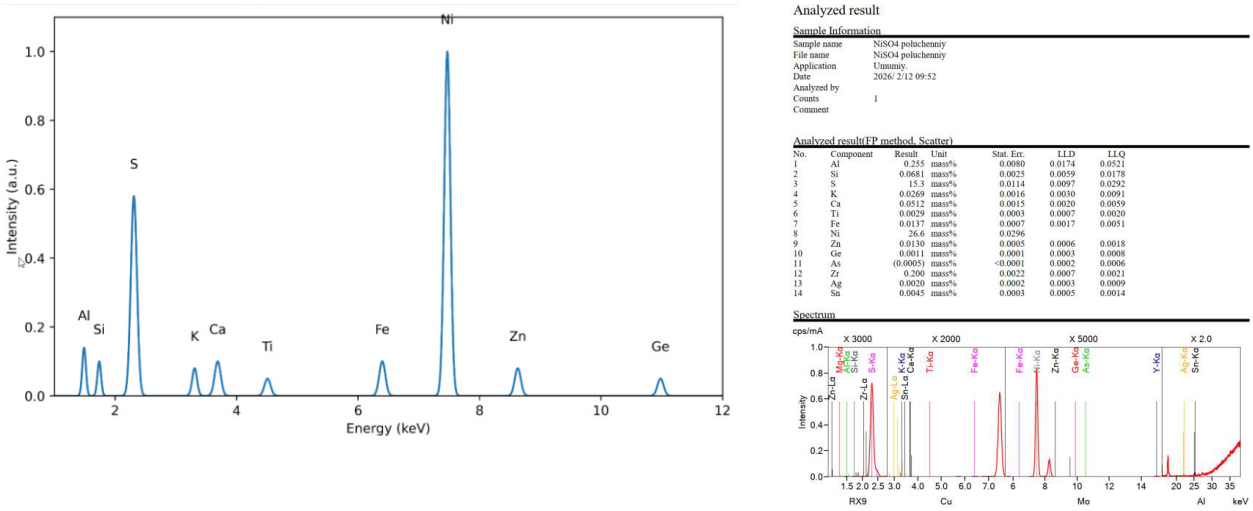


Рисунок 4. Элементный состав полученного никелевого купороса

Проведены XRD исследования (рис. 5-8)

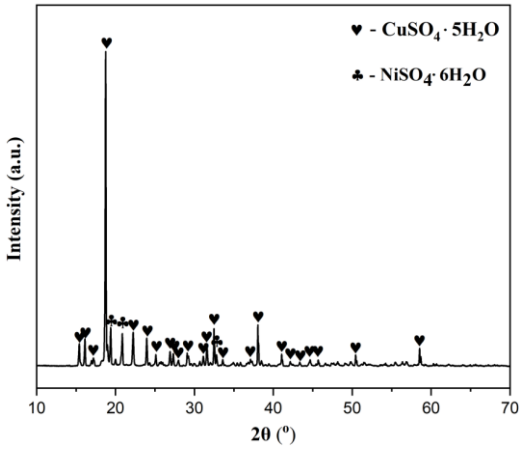


Рисунок 5. Медный (пятиводный) и никелевый купорос (шестиводный). Отношение масс солей 9:1.

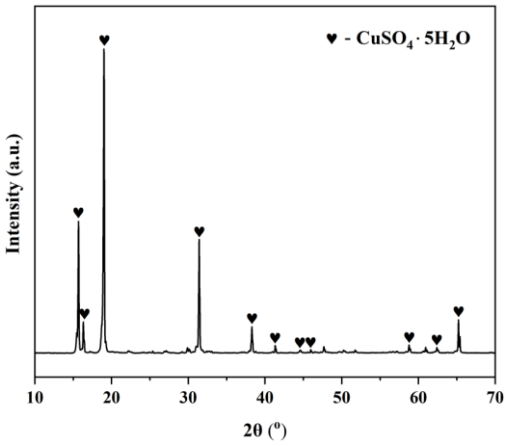


Рисунок 6. Медный купорос заводской неочищенный

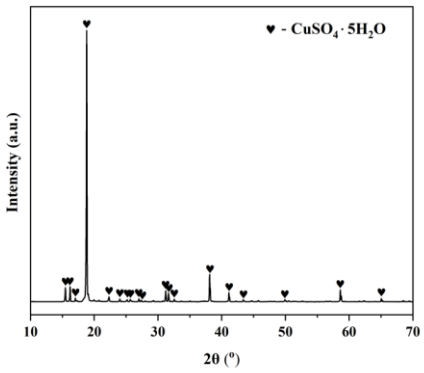


Рисунок 7. Медный купорос заводской после 8-кратной перекристаллизации (очищенный)

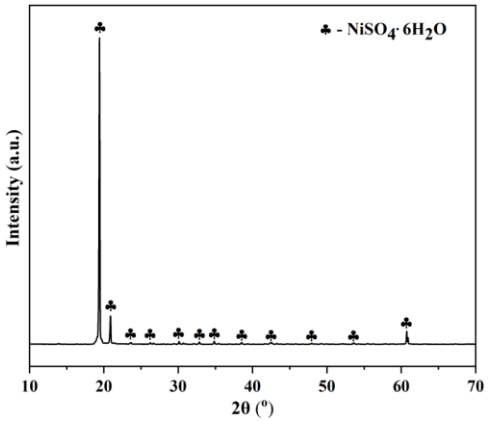


Рисунок 8. Никелевый купорос промышленный

После проведения 8-кратной перекристаллизации (рис. 3) содержание меди увеличилось до 41,0 мас.%, а содержание серы достигло 20,4 мас.%. При этом содержание никеля снизилось до 0,0067 мас.%,

а содержание железа составило всего 0,0129 мас.%. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности процесса очистки и повышении степени чистоты медного купороса.

Анализ никелевого купороса показал (рис. 4) содержание никеля 26,6 мас.% при содержании серы 15,3 мас.%. Концентрация железа составляет 0,0137 мас.%, а содержание других примесей находится на низком уровне. Это подтверждает концентрирование никеля в маточных растворах и возможность его последующего извлечения в виде отдельного товарного продукта.

Для наглядного сравнения результатов химического анализа данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав продуктов, полученных в процессе перекристаллизации

Компонент	Исходный $CuSO_4$, мас.%	Промышленный $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, мас.%	После перекристаллизации, мас.%	$NiSO_4$, мас.%
Cu	28,7	39,4	41,0	–
Ni	0,0035	0,239	0,0067	26,6
S	13,9	18,9	20,4	15,3
Fe	–	0,0415	0,0129	0,0137
Al	0,230	0,376	0,340	0,255
Ca	0,0062	0,241	0,0395	0,0512

Анализ полученных данных показывает, что в ходе перекристаллизации происходит эффективное перераспределение металлов между твердой и жидкой фазами. Содержание меди увеличивается с 28,7 до 41,0 мас.%, что свидетельствует о повышении степени чистоты медного купороса. Одновременно происходит снижение содержания примесных компонентов, в том числе железа и никеля.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили высокую эффективность метода перекристаллизации для очистки растворов медного купороса от никеля. Использование многократной перекристаллизации обеспечивает получение медного купороса повышенной чистоты и одновременно позволяет извлекать никель в виде отдельного товарного продукта. Практическое значение разработанной технологии заключается в возможности ее применения на предприятиях цветной металлургии для повышения качества товарного медного купороса и более полного использования ценных компонентов сырья.

Заключение. Проведены исследования по очистке растворов медного купороса от ионов никеля методом двукратной перекристаллизации. Установлено, что применение перекристаллизации обеспечивает эффективное разделение меди и никеля за счет различия их распределения между кристаллической и жидкой фазами системы $CuSO_4$–$NiSO_4$–H_2O. В результате процесса получен медный купорос с содержанием меди 39,4 мас. % и низким содержанием никеля – 0,239 мас. %, что свидетельствует об эффективной очистке продукта от никелевых примесей. Показано, что основная часть никеля концентрируется в маточных растворах, последующая переработка которых позволяет получать никелевый купорос с содержанием никеля 26,6 мас. %.

Полученные результаты подтверждают возможность использования двукратной перекристаллизации для повышения качества товарного медного купороса без применения ионообменных материалов. Предложенная технология обеспечивает комплексную переработку никельсодержащих растворов и может быть рекомендована для промышленного внедрения на предприятиях цветной металлургии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуро В.П., Ибрагимова М.А., Сафаров Е.Т. Опытно-промышленное испытание технологии очистки раствора медного купороса от никеля без применения ионитов. – Ташкент: ИОНХ АН РУз, 2016. – 62 с.ГОСТ 19347-2014. Медный купорос. Технические условия. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200114178 (дата обращения: 22.06.2026).
2. ГОСТ 4465-2022. Никель сернокислый. Технические условия. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200194305 (дата обращения: 22.06.2026).
3. Kuznetsova N.V. Kinetics of the precipitation cation of nickel (II) // Technology Audit and Production Reserves. – 2012. – Vol. 6(8). – P. 16–18. URL: https://www.researchgate.net/publication/312249508_Kinetics_of_the_precipitation_cation_of_nickel_II (дата обращения: 22.06.2026).
4. Yurchenko G.O. Kinetics of the precipitation cation of nickel (II) // Technology Audit and Production Reserves. – 2012. – Vol. 6(8). – P. 16–18. URL: https://journals.uran.ua/tarp/article/view/4755 (дата об-

ращения: 22.06.2026).
5. Choi K.H., Kim J.S. Crystallization of nickel sulfate and its purification process // RSC Advances. – 2023. URL: https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2023/ra/d3ra04280d (дата обращения: 22.06.2026)
6. Wang Y., Liu B., Wang X.W. Separation and recovery of Ni from copper electrolyte by crystallization of nickel ammonium sulfate double salt // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. – 2022. URL: https://tnmsc.csu.edu.cn/EN/10.1016/S1003-6326(22)66057-6 (дата обращения: 22.06.2026).
7. Davenport W.G., King M., Schlesinger M., Biswas A. Extractive Metallurgy of Copper. 6th ed. Amsterdam: Elsevier, 2022. – 692 p. ISBN 978-0-323-90720-3.
8. Habashi F. Hydrometallurgy of Copper. Québec: Métallurgie Extractive Québec, 2019. – 412 p. ISBN 978-0-9921200-4-3.
9. Crundwell F.K., Moats M.S., Ramachandran V., Robinson T.G. Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum Group Metals. Amsterdam: Elsevier, 2019. – 610 p. ISBN 978-0-08-096809-4.
10. Fu X., Wang Y., Li J. Separation of copper and nickel from sulfate solutions by crystallization and solvent extraction methods // Hydrometallurgy. – 2021. – Vol. 201. – Article 105584. – DOI: 10.1016/j.hydromet.2020.105584.
11. Zhang Y., Chen L., Liu X. Recovery of nickel and copper from industrial sulfate solutions: A review // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Vol. 365. – Article 132785. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.132785.
12. Liu W., Zhao H., Wang S. Crystallization behavior of copper sulfate from industrial electrolytes // Minerals Engineering. – 2020. – Vol. 156. – Article 106498. – DOI: 10.1016/j.mineng.2020.106498.
13. Chen Y., Li X., Sun W. Purification of copper sulfate solutions containing nickel impurities // Hydrometallurgy. – 2021. – Vol. 204. – Article 105689. – DOI: 10.1016/j.hydromet.2021.105689.
14. Wang J., Zhang Q., Liu Y. Nickel removal from sulfate solutions by selective crystallization // Separation and Purification Technology. – 2020. – Vol. 251. – Article 117341. – DOI: 10.1016/j.seppur.2020.117341.
15. Zhao L., Li H., Chen G. Thermodynamic study of the $CuSO_4$–$NiSO_4$–H_2O system // Journal of Chemical Thermodynamics. – 2019. – Vol. 137. – Article 105875. – DOI: 10.1016/j.jct.2019.105875.
16. Luo X., Huang Z., Yang C. Recovery of valuable metals from copper refinery electrolytes // Minerals. – 2021. URL: https://www.mdpi.com/2075-163X/11/8/856 (датаобращения: 22.06.2026).
17. Nickel Hydroxide Precipitation from Aqueous Sulfate Media. URL: https://www.researchgate.net/publication/226323150_Nickel_Hydroxide_Precipitation_from_Aqueous_Sulfate_Media (дата обращения: 22.06.2026).
18. Bershak A. Purification of Nickel Sulfate Solutions from Metal Impurities. Master's Thesis. URL: https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159648/Master%20Thesis%20Bershak.pdf (датаобращения: 22.06.2026).
19. Anderson C.G. Hydrometallurgical processing of copper refinery streams // JOM. – 2021. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-021-04854-9 (дата обращения: 22.06.2026).

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

MIS KUPOROSI ERITMASINI NIKEL IONLARIDAN QAYTA KRISTALLANISH USULI YORDAMIDA TOZALASH

Referat. *Muammoning kelib chiqishi*. Misni elektrolitik rafinatsiya qilish jarayonida hosil bo'ladigan eritmalardan olinadigan tijorat mis kuporosi ko'pincha ruxsat etilgan me'yorlardan yuqori miqdorda nikel aralashmalarini saqlaydi. Bu esa mahsulot sifatini pasaytiradi va mis kuporosi eritmalarini nikel ionlaridan samarali tozalash texnologiyasini ishlab chiqishni talab etadi.

Maqsad. Mis kuporosi eritmalarini qayta kristallanish usuli yordamida nikel ionlaridan tozalash texnologiyasini ishlab chiqish hamda amaldagi me'yoriy talablarga javob beradigan yuqori sifatli mis kuporosini olish.

Metodologiya. Xomashyo va olingan mahsulotlarning element tarkibi XRF usuli yordamida aniqlandi. Redoks-potensial EV-74 potensometri yordamida, eritmalardagi Cu(II) ionlari konsentratsiyasi esa spektrofotometrik usul bilan o'lchandi.

Ilmiy yangilik. Ion-almashinish materiallaridan foydalanmasdan, mis kuporosi eritmalarini ikki bosqichli qayta kristallanish usuli yordamida nikel ionlaridan tozalash texnologiyasi ishlab chiqildi. Jarayonning

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,

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