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

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 541.621.793.3; 541.124/128

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»

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

Дата поступления 29.12. 2025

Реферат. *Предпосылки проблемы*. Маточные растворы кристаллизации медного купороса комбината, содержат до 80 г/л меди и 20 г/л никеля, являясь ценным вторичным сырьём.

Цель: предложить технологию извлечения меди и никеля из маточных растворов, соответственно, в форме соли Шевреля и никелевого купороса.

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

Научная новизна. Способ обезмедевания маточных растворов путем осаждения соли Шевреля обеспечил извлечение до 98% меди; а способ извлечения никеля – до 72% никеля.

Полученные данные. Протестирована технология переработки маточных растворов на медь в форме соли Шевреля и никелевый купорос.

Ключевые слова: сульфат меди, никеля, маточный раствор, кристаллизация, медный купорос, осаждение, произведение растворимости.

Особенности:

- переработка маточных растворов кристаллизации медного купороса;
- осаждение меди из маточного раствора в форме соли Шевреля;
- осаждение карбоната никеля с получением никелевого купороса.

Введение. Современная цветная металлургия развивается в направлении повышения экологической безопасности и более полного извлечения ценных компонентов. Особое внимание уделяется утилизации вторичных продуктов, в частности маточных растворов купоросного производства, содержащих до 80 г/л меди и 20 г/л никеля [1, 2]. Такие растворы [3, 4] являются ценным вторичным сырьём. Подходом к извлечению меди из них является восстановительное осаждение соли Шевреля $Cu_2SO_4 \cdot 2H_2O$ [5–7]. Способ обеспечивает извлечение меди до 98%, с минимизацией энергетических затрат [8]. После удаления меди в растворе остаются соединения никеля. Его извлекают путём осаждения гидроксида или карбоната никеля [9–11], хорошо отделяемых на фильтре. Кроме того, возможно полное растворение и кристаллизация никелевого купороса ($NiSO_4 \cdot 6H_2O$) [12–14]. Итак, технология утилизации маточных растворов купоросного производства включает обезмедивание и Ni-извлечение с возможным замкнутым водным контуром, улучшающим экологические показатели процесса [15], пока не реализована в АО «АГМК».

Цель: опробовать технологию утилизации маточных растворов купоросного цеха комбината путем выделения остатков меди в форме соли Шевреля, а также никелевого купороса.

Методы и материалы. Маточные растворы, образующиеся в купоросном цехе медеплавильного завода (МПЗ) комбината из отработанных растворов электрорафинирования меди, содержат, г/л: 79.6–84.4 Cu; 17–22 Ni. pH 0.58–0.90. Для их обезмедивания использован принцип осаждения оксидно-закисной соли Шевреля $Cu(CuSO_3)_2 \cdot 2H_2O$ путем пропускания техногенного отхода: SO_2-

содержащего газа, для извлечения никеля из образующегося раствора – регулирование растворимости никелевого купороса.

Физико-химической основой разработки процесса обезмедивания маточного раствора кристаллизации медного купороса и извлечения в дальнейшем никелевого купороса, послужили следующие сведения.

Физико-химической основой разработки процесса обезмедивания маточного раствора кристаллизации медного купороса и последующего извлечения никелевого купороса послужили термодинамические и кинетические данные системы $Cu–SO_2–H_2O$, а также сведения об образовании оксидно-закисной сернистокислой соли меди:

- при 10 °С растворимость $Cu(CuSO_3)_2 \cdot 2H_2O$ равна 0.38 % масс. [16];
- присутствие ионов Cu(II) в растворе сернистой кислоты формирует редокс-систему, в которой они каталитически влияют на продукты: HSO_3^-; SO_3^{2-}; SO_4^{2-}, способствуя окислению неустойчивого SO_3^{2-} до SO_4^{2-}-иона [17].

$$SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \quad (1)$$

$$Cu(II) + e^- \rightarrow Cu(I) \quad (2)$$

$$Cu^+ + SO_3^{2-} \rightleftarrows [CuSO_3]^- \quad (3)$$

$$2[CuSO_3]^- + Cu^{2+} + SO_3^{2-} + 3H_2O \rightleftarrows Cu(CuSO_3)_2 \cdot 2H_2O + 2H^+ + SO_4^{2-} \quad (4)$$

Как видно из (1-4), в превращениях компонентов системы участвуют H^+-ионы, а для формирования соли Шевреля необходимо выводить H_2SO_4, например, путем добавки Na_2CO_3: выделяющийся при этом газ CO_2 вытесняет O_2 из раствора, предотвращая окисление Cu(I)-ионов.

Никелевый купорос из образующегося раствора выводится в два этапа: 1) упаривание (до 10 крат) раствора, загрязненного примесями; 2) осаждение никеля из упаренного раствора в форме карбоната (применяют Na_2CO_3). Процесс проводился при pH 7.5–8.5, температуре 90 °С, за 1 час, дозе Na_2CO_3, равной 130–150% от стехиометрии. Осадок карбоната никеля дополнительно обрабатывают сульфатом натрия при температуре 60–70 °С и соотношении: твердая фаза : жидкость -1:5. Выделение сульфата никеля из раствора исходной концентрацией 85–100 г/л осуществляют после концентрирования до 260–270 г/л, путем упаривания, при температуре кристаллизации 170 °С и степени извлечения никеля 70%. Элементный состав никельсодержащих продуктов контролировали методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF). Редокс-потенциал системы контролировали потенциометром ЭВ-74 (платиновый электрод относительно х.с.э.). Концентрацию окрашенного аммиачного комплекса Cu(II) в растворах - спектрофотометрическим методом [18].

Результаты и обсуждение. Задачей исследования стало рассмотрение модельной системы переменного состава: Cu^+/Cu^{2+}, SO_2-H_2O, представляющей собой набор образцов растворов медного купороса, по 300 мл, концентрацией 5, 10, 60 г/л (№1, №2, №3, соответственно), насыщенных газообразным сернистым ангидридом, при температуре 20 °С и исходном pH 4.0. В ходе превращений, описываемых (1-4), происходило снижением pH: с 4.0 до 1.4; 1.35; 1,30, в растворах №1-3, соответственно. Время насыщения SO_2 этих растворов составляло, соответственно, мин: 10, 8, 6. При этом увеличение концентрации $[Cu^{2+}+Cu^+]$ приводило к снижению растворимости SO_2 в них [17]. В диапазоне pH 4-3 происходило фазообразование соли Шевреля, процесс тормозился при снижении pH. Поэтому необходимой стало поддержка постоянного значения pH добавками кальцинированной соды.

При постоянном pH 4, процесс сопровождался изменением цвета растворов от голубого до зеленого, характерного для комплексной соли $Cu(CuSO_3)_2 \cdot 2H_2O$. При достижении определенного произведения растворимости соли Шевреля, происходило образование осадка оранжевого цвета (при pH 3-4 и температуре 5-15 °С) или красного цвета (при pH 2-3 и температуре 10-60 °С). Это цветовое разнообразие, по-видимому, вызвано разной степенью дисперсности осадка. Окончание процесса образования фазы соли Шевреля, означавшего достижения нулевой концентрации Cu(II)-ионов в растворе, характеризовалось скачком редокс-потенциала в сторону роста отрицательных значений, формируемых восстановителем SO_2. Время достижения этого момента зависело от исходной концентрации меди: чем она была выше, тем и указанный временной период был больше.

Следующей задачей исследования стало изучение факторов влияния на кинетику выделения меди в форме соли Шевреля из модельных систем, имитирующих технологические растворы АО «Алмалыкский ГМК». Исследовано влияние температуры на степень осаждения меди в температурном диапазоне 30-90 °С. Показано, что при 30 °С процесс протекал в три раза медленнее, чем при 80 °С, при 60 °С расчетное количество SO_2 прореагировало с Cu(II)-ионами полностью за 1 ч, а при 30 °С

- за 3,5 ч, однако степень осаждения меди в сернистой кислоте была одинаковой, вне зависимости от исходного содержания меди. Оптимальная t° - 70-80 °C (табл. 1).

Зависимость степени осаждения меди из сернистокислого раствора Cu(II) от pH среды исследована в интервале pH 0.8-5.0. При подщелачивании раствора образование твердой фазы в нем начиналось при pH≥2, степень осаждения меди при этом не превышала 20%. С ростом pH, от 2.0 до 3.7 этот показатель возрастал до 95-98% и определялся произведением растворимости соли Шевреля. Дальнейшее повышение pH вызывало соосаждение примесных катионов, до 5% от их исходного содержания (при pH<3,7 соосаждение никеля, цинка с Cu^{2+}-ионами не отмечено) (табл. 1.).

Таблица 1. Степень осаждения меди в зависимости от параметров процесса

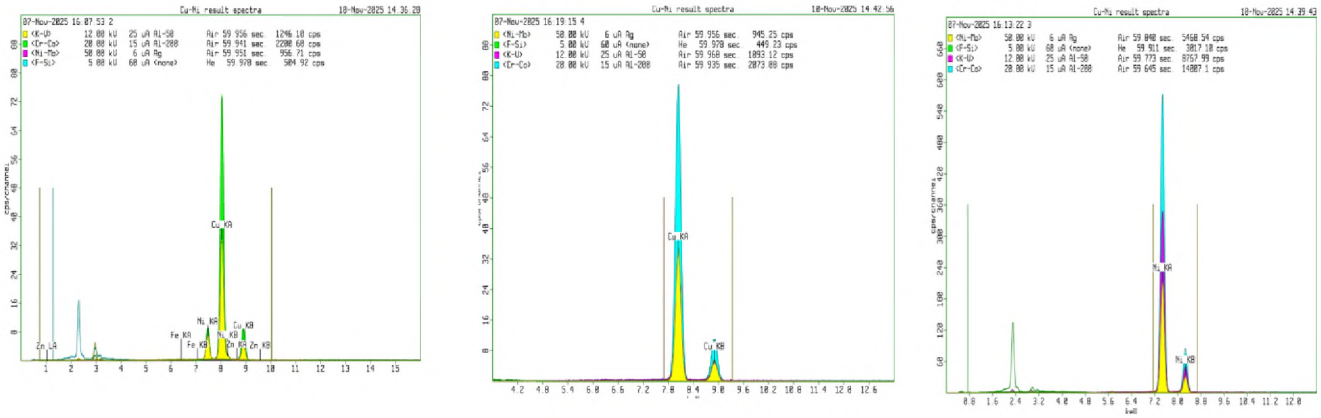
температура, °C pH 4; расх SO_2 200%					расход SO_2, %, отн. стехиометрии (4), 20 °C, pH 4					pH среды 80 °C, расх. SO_2 200%				
20	40	60	80	90	100	125	155	175	200	2	2.5	3	3.5	4
Степень осаждения меди, % масс														
13	33	82	98	99	68	77	90	97	99	20	79	92	98	99

Зависимость степени осаждения меди от расхода вводимого SO_2, относительно стехиометрии его отношения к концентрации Cu(II) (4), показана в табл. 1. Из нее следует, что близкая к 100%-м полнота осаждения Cu(II) обеспечивалась при расходе 200 % SO_2.

Установлены оптимальные параметры процесса осаждения соли Шевреля: pH =3.5-4.0; t° 70-80 °C; расход SO_2 200 % от стехиометрии уравнения (4), которые обеспечивают степень осаждения меди на 98-99%. Соосаждение никеля с медью уменьшилось с 4.5 % до 0.1%, при снижении значения pH - с 4 до 2, при повышении температуры с 60 до 80-90 °C.

Для извлечения никеля из обезмеденного маточного раствора кристаллизации медного купороса использован способ осаждения карбоната никеля при температуре 80–90 °C, pH 7.5–8.5, времени реакции 1 час, дозе Na_2CO_3 в пределах 130–150% от теоретической нормы. Степень осаждения никеля достигала 95-98%. В осадке содержалось около 56-54% никеля, остаточная концентрация Ni(II) ионов в растворе снижалась до 1,1–1,5 г/л. Дальнейшая обработка твердофазного карбоната никеля раствором сульфата натрия, при температуре 70–75 °C и отношении твердая фаза : жидкость 1 : 5, обеспечила получение раствора с содержанием Ni^{2+} 85–100 г/л. Кристаллизация никелевого купороса при концентрации никеля 260–270 г/л, в результате упаривания, при температуре 170 °C, позволила получить продукт с содержанием никеля 21% и степенью извлечения никеля 72%.

Для подтверждения фазового состава и чистоты образов продуктов проведён спектрофотометрический и рентгенофлуоресцентный анализ (рис. 1).



1 2 3

Рис. 1. XRF спектры, слева направо: 1) кристаллы дегидратированного (110 °C, 6 час) отработанного раствора Цеха электролиза меди; 2) медный купорос Купоросного цеха после 4-кратной перекристаллизации; 3) никелевый купорос, выделенный из маточного раствора кристаллизации медного купороса

В XRF спектре №1 наблюдаются характеристические линии Cu и Ni, указывающие на совместное присутствие меди и никеля в исходном растворе. Фиксируются также слабые сигналы примесных Zn и Fe. XRF спектр образца №2 характеризуется доминированием линий Cu Kα и Cu Kβ, тогда как линии Ni практически отсутствуют. Этот факт подтверждает чистоту медного купороса. В XRF-спектре образца №3 наблюдаются выраженные пики Ni Kα и Ni Kβ, свидетельствующие о высоком содержании никеля. Сигналы меди минимальны, что говорит об успешном разделение элементов.

На основе полученных данных переработки на медь и никель маточных растворов кристаллизации медного купороса Купоросного цеха составлена обобщающая табл. 2. На ее основе предложена технологическая схема, обеспечивающая замкнутый цикл переработки техногенного отхода медного производства (рис. 2), с получением двух коммерчески ценных продуктов.

Таблица 2. Этапы переработки раствора кристаллизации медного купороса

Обезмедивание с выделением соли Шевреля	Осаждение карбоната никеля	Растворение карбоната никеля	Получение никелевого купороса (упарка. крист.)
Технологические режимы			
Температура 75-80 °C; pH 1.5-3.0	Температура 80–90 °C. pH 7.5–8.5	Темп. 70-75 °C. Т:Ж = 5:1	Температура крист. 15 °C
Cu^{2+}/Cu^{+} =1-2 Время 1 час	Доза Na_2CO_3 130-150%; 1 час	-	-
Остаточная концентрация меди 0.35-0.55 г/л. степень осажд. Cu 99.2-99.7%	Остаточная концентрация Ni(II) – 1.2-1.6 г/л. степень осажд Ni(II) 95.5-98.0	Конечн конц. Ni(II) 85-100 г/л	Исх концентрация Ni(II) 85-100 г/л; Концентрация Ni(II) после упарки 260-270 г/л;
Степень осажд. Ni–0.2-0.25% Содерж. меди в осадке 48.0-51.0%	Доля Ni(II) в осадке 56.0 – 54.0 %	-	Сод. Ni(II) в купоросе 21.0-21.5 г/л; Общая степень извлечения Ni(II) 72%.

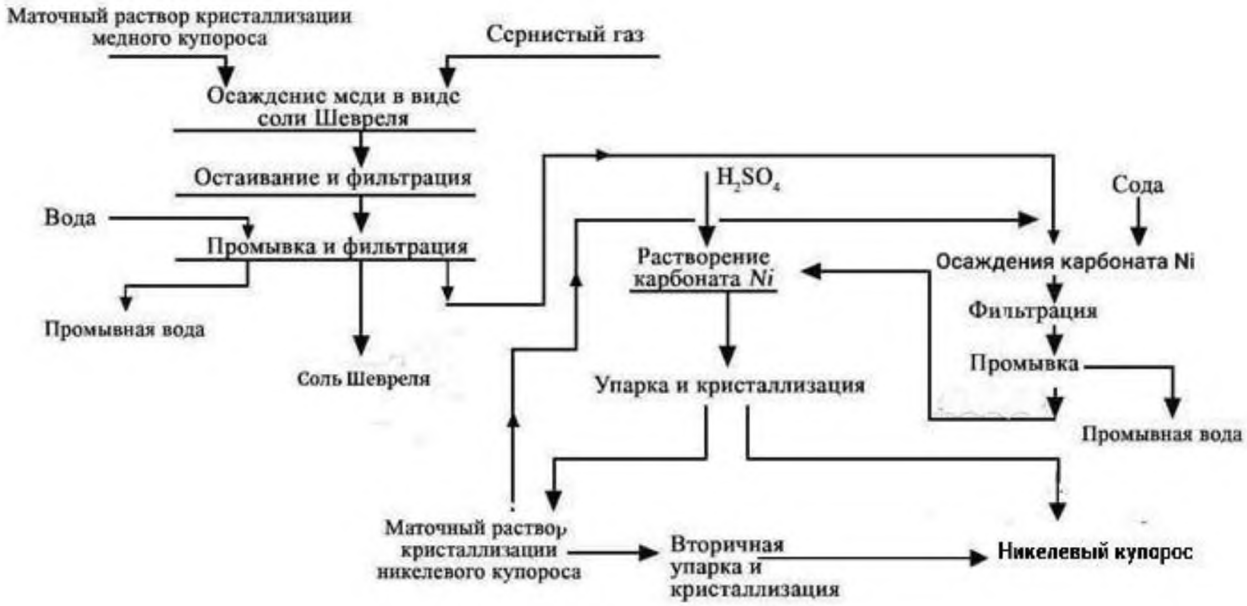


Рис 2. Технологическая схема получения соли Шевреля и никелового купароса из обезмеденного раствора кристаллизации медного купороса

Заключение. Для маточных растворов кристаллизации медного купороса Купоросного цеха МПЗ АО «АГМК» предложен способ выделения меди в виде соли Шевреля $Cu_2SO_4 \cdot 2H_2O$ со степенью извлечения меди 99%. Он предусматривает использование восстановителя - сернистого ангидрида, технологического отхода производства МПЗ. Оптимальные условия: температура 70–85°C, время выдержки 1 час, диапазон pH 1.5–3.0, отношение ионов Cu^{2+} к Cu^{+} в растворе 1 : 2. Расход SO_2 - 100–170% от стехиометрической нормы. Способ обеспечивает снижение доли меди в растворе до 0.1–0.5 г/л. Присутствие примесного никеля в соли Шевреля: 0.2–0.25%. Полученный после обезмедивания раствор с остаточным содержанием никеля подвергается обработке карбонатом натрия. При температуре 80–90 °C и pH 7.5–8.5 достигается степень осаждения никеля до 95%, что позволяет получить промежуточный продукт с содержанием Ni около 54%. После обработки осадка сульфатом натрия и кристаллизации никелевого купороса из концентрированных упаркой растворов достигается выход товарного продукта с содержанием никеля 21% и извлечением до 72%. Предложенный способ обеспечивает комплексную утилизацию медь- и никельсодержащих компонентов Купоросного цеха, способствуя снижению экологической нагрузки, позволяя замкнуть производственный водный цикл и повысить экономическую эффективность производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А.А. Технология цветной металлургии // Металлургия. — М. -2005. - С. 45–68.
2. Смирнов Л.Н. Химия и переработка цветных металлов // Химия. — СПб. -2008. - Т. 12, № 3. - С. 120–134.
3. Новиков К.Ю. Вторичное сырье в цветной металлургии: медь и никель // Вестник металлургии. - 2012. - № 7. - С. 25–31.
4. Беляев И.В. Методы восстановления меди из промышленных растворов // Журнал химической технологии. - 2006. - Т. 15, № 4. - С. 99–105.
5. Торгашов С.В. Осаждение соли Шевреля из электролитов // Технология цветных металлов. – МИСиС. -2016. - С. 78–85.
6. Popov D.A. Recovery of copper from industrial waste solutions by precipitation of Chevreul's salt // J. Metallurgy. - 2011. - Vol. 47, № 2. - P. 112–118. https://www.researchgate.net/publication/236951200_Recovery_of_Copper_from_Metal-Rich_Sulphate_Solutions_by_Precipitation?utm_sourcechatgpt.com
7. Gschneidner K.A. Phase studies on $Cu_2SO_4 \cdot 2H_2O$ formation // J. Crystal Growth. - 2010. - Vol. 312, № 8. - P. 1347–1352.
8. Хайдаров У.Р. Восстановительное осаждение меди в гидрометаллургии // Ташкентский химико-технологический журнал. - 2020. - № 3. -С. 50–56.
9. Орлов А.А. Осаждение никеля гидроксидами и карбонатами // Недропользование. — М. - 2008. — № 10. — С. 88–95.
10. Малыхин С.А. Очистка электролитов цветной металлургии // УГГУ, Екатеринбург, 2011. — С. 120–130.
11. Kuznetsova N.V. Precipitation kinetics of nickel salts in sulfate solutions //Hydrometallurgy. - 2015. -Vol.154.-P.35–41. https://www.researchgate.net/publication/312249508_Kinetics_of_the_precipitation_cation_of_nic
12. Huang M. Crystallization and purification of nickel sulfate hexahydrate // Mater. Chem. Phys. - 2017.-Vol.198.-P.28–34. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10526116/?utm_source=chatgpt.com
13. Jackson T. Crystallization behavior of nickel compounds in aqueous solutions // J. Inorg. Chem. — 2013.— Vol. 52, № 6. — P. 1120–1126. https://www.mdpi.com/2073-4352/11/12/1485?utm_source=chatgpt.com
14. Ahmed S. Recovery of nickel sulfate for battery applications // Waste Treatment Technology. — 2018. — Vol. 45. — P. 75–81.
15. Халилов Ф.Р. Технология замкнутых циклов в гидрометаллургии цветных металлов // Лань. — М. -2021. — С. 155–165.
16. А.В. Зинченко, С.Г. Изотова, А.В. Румянцев, С.А. Симанова, М.Ю. Скрипкин, А.А. Слободов. Новый справочник химика и технолога. Химическое равновесие. Свойства растворов. -С.Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. -998 с. https://libcats.org/book/1252829?utm_source=chatgpt.com

17. Feng B., Zhang Z., Xu M., Mao S. Thermodynamic model for the solubility of SO_2 in multi-ion electrolyte solutions and its applications. //*Applied Sciences.* -2025. -Vol. 15, No. 7. -Article 3927. https://doi.org/10.3390/app15073927
18. Skoog D. A., Holler F. J., Crouch S. R. Principles of Instrumental Analysis.7th ed. — Boston: Cengage Learning, 2020. — 944 p.
19. https://www.perlego.com/book/2707129/principles-of-instrumental-analysis-pdf?utm_source=chatgpt.com

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

Referat. *Muammoning kelib chiqishi*. Korxona mis kuporosini kristallizatsiyalash asosiy eritmalari tarkibida 80 g/l gacha mis va 20 g/l gacha nikel mavjud bo‘lib, ular qimmatli ikkilamchi xomashyo hisoblanadi.

Maqsad: asosiy eritmalardan mis va nikelni mos ravishda Shevrel tuzi va nikel sulfati ko‘rinishida ajratib olish texnologiyasini taklif etish.

Metodologiya. Xomashyo va mahsulotlarning element tarkibi rentgen-fluoristsent tahlil (XRF) usuli bilan nazorat qilindi. Redoks-potensial EV-74 potensiometri yordamida o‘lchandi, eritmalardagi Cu(II) konsentratsiyasi - spektrofotometrik usul bilan aniqlandi.

Ilmiy yangiligi. Shevrel tuzini cho‘ktirish orqali asosiy eritmalarni misdan tozalash usuli misning 98 % gacha ajralib chiqishini, nikelni ajratib olish usuli esa 72 % gacha nikel ajralishini ta’minladi.

Olingan natijalar. Asosiy eritmalarni qayta ishlash orqali misni Shevrel tuzi, nikelni esa nikel sulfati shaklida olish texnologiyasi sinovdan o‘tkazildi.

Kalit so‘zlar: mis, nikel sulfati, asosiy eritma, kristallizatsiyalash, mis kuporosi, cho‘ktirish, eruvchanlik ko‘paytmasi.

Xususiyatlari:

– mis kuporosini kristallizatsiyalash asosiy eritmalarini qayta ishlash;
–asosiy eritmadan misni Shevrel tuzi ko‘rinishida cho‘ktirish;
– nikel sulfatini olish bilan nikel karbonatini cho‘ktirib.

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

Abstract. *Background.* Mother liquors from the crystallization of copper sulfate at the plant contain up to 80 g/L of copper and 20 g/L of nickel, representing a valuable secondary raw material.

Purpose. To propose a technology for the extraction of copper and nickel from mother liquors, respectively, in the form of Chevreul salt and nickel sulfate.

Methodology. The elemental composition of the feedstock and products was monitored using X-ray fluorescence. Redox potential was measured with an EV-74 potentiometer, and Cu(II) concentration in solutions was determined spectrophotometrically.

Originality. The method of decoppering mother liquors by precipitation of Chevreul salt ensured copper recovery of up to 98%, while the method of nickel extraction ensured nickel recovery of up to 72%.

Findings. A technology for processing mother liquors to produce copper in the form of Chevreul salt and nickel sulfate was tested.

Keywords: copper sulfate, nickel sulfate, mother liquor, crystallization, copper sulfate, precipitation, solubility product.

Highlights:

- processing of mother liquors from copper sulfate crystallization;
- precipitation of copper from the waste solution as Chevreul salt;
- precipitation of nickel carbonate to produce nickel sulfate.

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