REAGENT USULI ORQALI CHIQINDI SUVLARDAN OG‘IR METALLARNI TOZALASH: SAMARADORLIK VA AMALIY YONDASHUVLAR

Qurbonova Dilfuza Tohir qizi

Buxoro shahar 13-umumiy o‘rta ta’lim maktabi kimyo fani o‘qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada sanoat chiqindi suvlaridagi og‘ir metallarning atrof-muhit va inson salomatligiga salbiy ta’siri tahlil qilindi. Reagent usuli orqali sanoat chiqindi suvlaridagi og‘ir metallarni cho‘ktirish asosidagi tozalash texnologiyasi muhokama qilinadi. Tadqiqotlarda pH, reagent konsentratsiyasi va cho‘kindi ajratish samaradorligiga ta’sir etuvchi omillar o‘rganilgan. Turli reagentlar (masalan, Na_2S, CaO) yordamida Cu^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+} kabi ionlar 99% dan yuqori samaradorlik bilan tozalangan. Bu maqola reagent usulining afzalliklari, kamchiliklari va boshqa texnologiyalar bilan taqqoslanishini o‘z ichiga oladi.

Kalit so‘zlar: Reagent, metallurgiya, karbonatlar, sulfidlar, adsorbsiya, elektrodializ, neytrallash, cho‘ktirgich.

Abstract. This scientific article analyzes the negative impact of heavy metals in industrial wastewater on the environment and human health. It discusses a treatment technology based on the precipitation of heavy metals from industrial wastewater using the reagent method. The study examines factors affecting the efficiency of sediment separation, such as pH, reagent concentration, and type of reagent. Using various reagents (e.g., Na_2S, CaO), ions such as Cu^{2+}, Ni^{2+}, and Zn^{2+} were removed with an efficiency exceeding 99%. The article also includes a comparison of the reagent method with other technologies, highlighting its advantages and disadvantages.

Keywords: Reagent, metallurgy, carbonates, sulfides, adsorption, electrodialysis, neutralization, settler.

Аннотация. В данной научной статье проанализировано негативное воздействие тяжёлых металлов, содержащихся в сточных водах промышленного происхождения, на окружающую среду и здоровье человека. Рассматривается технология очистки сточных вод методом осаждения тяжёлых металлов с использованием реагентов. В исследовании изучены факторы, влияющие на эффективность отделения осадка, такие как pH, концентрация реагента и его тип. При использовании различных реагентов (например, Na_2S, CaO) ионы Cu^{2+}, Ni^{2+} и Zn^{2+} были удалены с эффективностью более 99%. В статье также проведено сравнение метода реагентной очистки с другими технологиями, с акцентом на его преимущества и недостатки.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Реагент, металлургия, карбонаты, сульфиды, адсорбция, электродиализ, нейтрализация, отстойник.

Kirish

Sanoatning jadallik bilan rivojlanishi va urbanizatsiya natijasida chiqindi suvlarning tarkibi yanada murakkablashib, atrof-muhit ifloslanishining asosiy manbalaridan biriga aylandi. Ayniqsa, og‘ir metallar bilan ifloslanish ekologik xavfsizlik, inson salomatligi, va biologik muvozanat uchun jiddiy tahdid hisoblanadi [1]. Og‘ir metallar – masalan, kadmiy (Cd), qo‘rg‘oshin (Pb), rux (Zn), nikel (Ni), xrom (Cr), va mis (Cu) – yirik sanoat tarmoqlarining (elektroplatlash, galvanika, konchilik, kimyo, energetika, tekstil va farmatsevtika) chiqindilarida keng tarqalgan.

Ushbu elementlar biologik parchalanmaydi, tabiiy ekotizimlarda to‘planadi, va ularning toksikligi past konsentratsiyada ham kuchli ifodalangan bo‘ladi [2]. Ular o‘simliklar tomonidan singib, hayvonlar va inson organizmlarida bioakkumulyatsiyalash orqali surunkali kasalliklar, jigar va buyrak yetishmovchiligi, asab tizimi kasalliklariga olib kelishi mumkin [3].

Shuning uchun chiqindi suvlardan og‘ir metallarni samarali, ekologik va iqtisodiy jihatdan asosli texnologiyalar yordamida tozalash masalasi dolzarb bo‘lib qolmoqda. Bugungi kunda keng qo‘llanilayotgan texnologiyalar orasida adsorbsiya, ion almashinuvi, membrana filtratsiyasi, bioremediasiya, elektrodializ, va reagentli cho‘ktirish usullari mavjud [4]. Ular orasida reagent usuli texnologik soddaligi, past ekspluatatsion xarajatlari, keng miqyosda moslashuvchanligi tufayli sanoat miqyosida eng ko‘p afzal ko‘riladigan usullardan biri hisoblanadi [5].

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, pH darajasi, reagent miqdori, reaksiya davomiyligi, va ch initial metallar konsentratsiyasi reagentli cho‘ktirish samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, 0.7% Na_2S pentahidrat ishlatilgan holatda Cu^{2+} 99.97% va Ni^{2+} 99.93% gacha tozalanadi [6], CaO asosidagi tozalashda esa Zn, Fe, Cd va As 99.9% darajagacha cho‘ktirilib ajratiladi [7].

METODOLOGIYA: Ushbu tadqiqot sanoat chiqindi suvlari tarkibidagi og‘ir metall ionlarini reagentli cho‘ktirish usuli orqali samarali tozalash imkoniyatlarini o‘rganishga qaratildi. Ish jarayonida laboratoriya sharoitida model chiqindi suv namunalariga turli reagentlar qo‘llanilib, Cu^{2+}, Ni^{2+} va Zn^{2+} ionlarini cho‘ktirish samaradorligi sistematik tarzda baholandi. Tadqiqot quyidagi bosqichlarda olib borildi:

Chiqindi suv namunalarini tayyorlash: Chiqindi suvlardan tarkibida mis (Cu^{2+}), nikel (Ni^{2+}) va rux (Zn^{2+}) ionlari bo‘lgan namunalar tayyorlandi. Har bir ionning boshlang‘ich konsentratsiyasi 100 mg/L miqdorida belgilandi, bu esa ko‘p

ISSN 3030-3907

hollarda sanoat chiqindilarida uchraydigan kontsentratsiyalarga mos keladi. Eritmalar tayyorlashda yuqori darajadagi tozalikka ega $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ va $ZnCl_2$ tuzlaridan foydalanildi.

Reagentlarning tanlanishi va sarflanish miqdorini aniqlash: Metall ionlarini cho‘ktirish uchun quyidagi reagentlar tanlandi:

1-jadval

№	Reagent nomi	Reagent qo‘llanishdan maqsad
1	Natriy sulfid ($Na_2S \cdot 5H_2O$)	sulfid ionlari orqali erimaydigan metallsulfidlarni hosil qilish
2	Kaltsiy oksid (CaO)	gidroksidlar shaklida cho‘ktirish uchun
3	Natriy karbonat (Na_2CO_3)	karbonat birikmalari ko‘rinishidagi cho‘kmalarni olish uchun

Reaksiya sharoitlari va pH nazorati: Metall ionlarining reagentlar bilan reaksiyaga kirishish samaradorligini baholashda pH muhitining ta’siri muhim omil sifatida o‘rganildi. Reaksiyalar 5.0 dan 11.0 gacha bo‘lgan pH oraliqlarida olib borildi. pH darajasi 0.1 M HCl va 0.1 M NaOH eritmalari yordamida kalibrlangan pH-metr vositasida aniq nazorat qilindi.Reagent qo‘shilgandan so‘ng, eritmalar 300 rpm tezlikda magnitli aralashtirgichda 30 daqiqa davomida aralashtirildi. Hosil bo‘lgan cho‘kma vakuum filtrlash usuli orqali ajratib olindi. Filtrat namunalaridagi qolgan og‘ir metallar konsentratsiyasi **UV-Vis spektrofotometriya** usuli orqali, rangli kompleks hosil qiluvchi reagentlar yordamida aniqlanib, har bir tahlil uch martadan takrorlandi.

TAJRIBA VA TAHLILIY NATIJALAR: Ushbu tadqiqotda sanoat chiqindi suvlari tarkibidagi og‘ir metall ionlarini reagentli cho‘ktirish orqali tozalash samaradorligi chuqur o‘rganildi. Tadqiqotning eksperimental bosqichi modellashtirilgan chiqindi suv namunalarida, pH darajasi, reagent turlari va ionlarning boshlang‘ich konsentratsiyalariga nisbatan sistematik ravishda amalga oshirildi. Asosiy maqsad – Cu^{2+}, Ni^{2+} va Zn^{2+} ionlarini tanlab olingan reagentlar yordamida maksimal darajada ajratish imkoniyatlarini aniqlashdan iborat bo‘ldi.

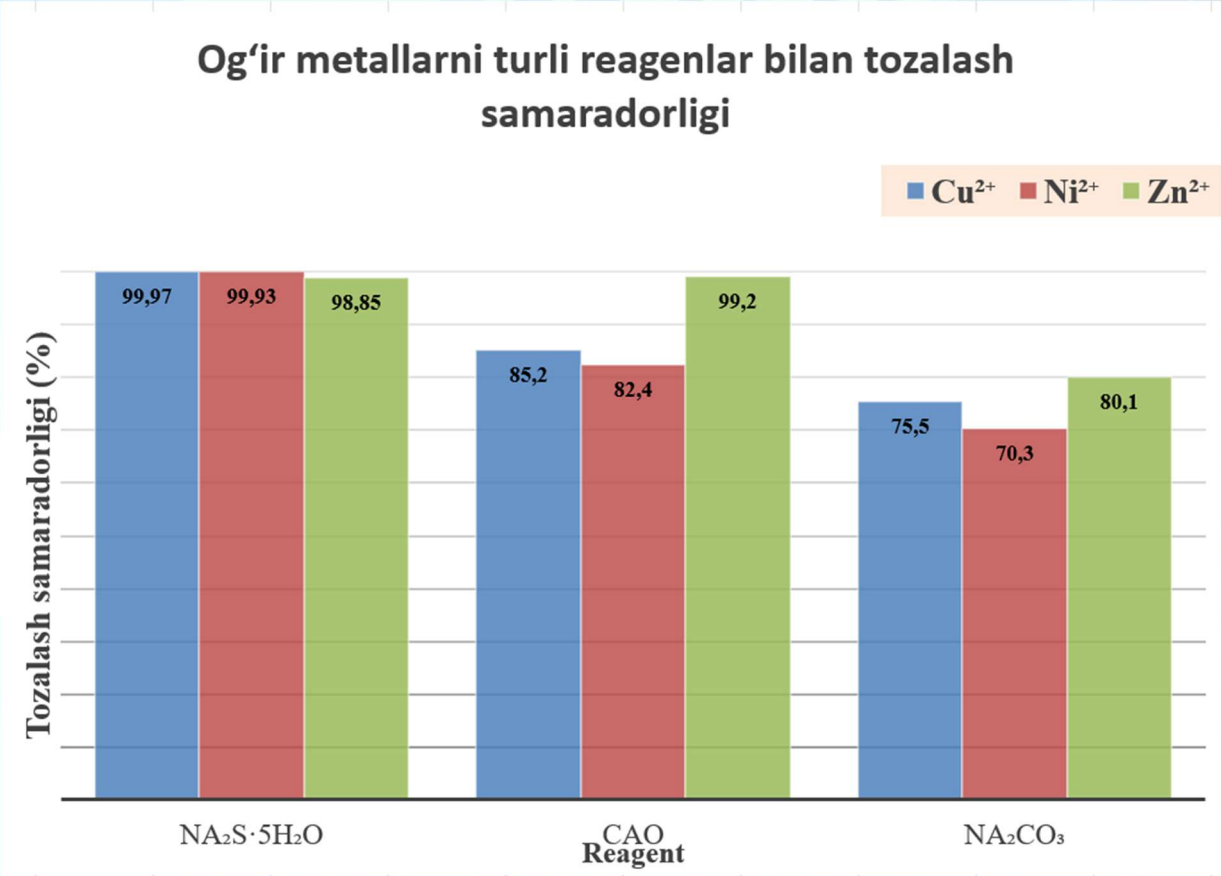
Tajriba natijalariga ko‘ra, eng yuqori tozalash samaradorligi $Na_2S \cdot 5H_2O$ reagentidan foydalanilganda kuzatildi. Ayniqsa Cu^{2+} va Ni^{2+} ionlari ushbu reagent yordamida mos ravishda 99.97% va 99.93% darajada ajratildi. Zn^{2+} ionining samaradorligi esa 98.85% ni tashkil etdi. Cho‘ktirish reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan sulfidlar (CuS, NiS, ZnS) erimaydigan, inert cho‘kmalar bo‘lib, fizik usullar orqali samarali ajratildi.

Bundan farqli ravishda, CaO reagentidan foydalangan holda Zn^{2+} ionini cho‘ktirish samaradorligi juda yuqori bo‘lib, 99.2% ni tashkil etdi. Bu $Ca(OH)_2$

ISSN 3030-3907

yordamida hosil bo‘lgan $Zn(OH)_2$ gidroksid cho‘kmalarining nisbatan barqarorligi bilan izohlanadi. Boshqa ionlar uchun esa samaradorlik biroz pastroq bo‘ldi (Cu^{2+} – 85.2%, Ni^{2+} – 82.4%).

Na_2CO_3 reagentida esa barcha ionlar uchun nisbatan past samaradorlik qayd etildi: Cu^{2+} – 75.5%, Ni^{2+} – 70.3%, Zn^{2+} – 80.1%. Bu karbonat ionlarining metall ionlar bilan komplekslashish darajasi gidroksid va sulfid ionlariga qaraganda sustroq bo‘lishi bilan bog‘liq (1-grafik).



1-grafik

Kinetik tahlil va cho‘ktirish tezligi: Og‘ir metall ionlarini cho‘ktirish orqali ajratishda nafaqat reagent turi, balki reaksiyaning vaqt bo‘yicha kechish tezligi ham muhim omillardan biri hisoblanadi. Shu boisdan ushbu tadqiqot doirasida Cu^{2+}, Ni^{2+} va Zn^{2+} ionlarining turli reagentlar bilan cho‘kishi kinetikasi 5, 10, 20 va 30 daqiqa davomida tizimli tarzda o‘rganildi. Tadqiqot sharoitlari doimiy saqlanib, quyidagicha standartlashtirildi: boshlang‘ich ion konsentratsiyasi 50 mg/L, temperatura 25 ± 1°C, aralashtirish tezligi 200 rpm, har bir reagent uchun optimal pH darajasi ($Na_2S·5H_2O$ uchun pH = 8.5, CaO uchun pH = 10.5, Na_2CO_3 uchun pH = 9.0) tanlandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, $Na_2S·5H_2O$ bilan cho‘ktirish jarayoni eng yuqori tezlikda kechdi. Cu^{2+} ionining tozalash samaradorligi 5 daqiqada 91.5% ni tashkil qilgan bo‘lsa, 20 daqiqada bu ko‘rsatkich 99.4% ga yetdi, 30 daqiqada esa 99.7% gacha oshdi. Ni^{2+} ionlari uchun ham xuddi shunday

ISSN 3030-3907

tez va samarali kinetik chiziq kuzatildi. Zn^{2+} ionining cho‘kishi esa nisbatan sekinroq bo‘lib, maksimal samaradorlik (98.85%) 30 daqiqada qayd etildi. Bu sulfid ionlari bilan Zn^{2+} ionlarining kompleks hosil qilish reaksiyasi nisbatan sust kechishini ko‘rsatadi.

CaO reagentida Zn^{2+} ionining cho‘kishi ancha tez kechib, 10 daqiqada 95.6% va 30 daqiqada 99.2% ga yetdi. Bu $Zn(OH)_2$ gidroksid cho‘kmalarining barqarorligi bilan izohlanadi. Aksincha, Cu^{2+} va Ni^{2+} ionlari uchun cho‘ktirish nisbatan sekin va kamroq samarali kechdi (30 daqiqada mos ravishda 85.2% va 82.4%).

Na_2CO_3 reagentida barcha ionlar uchun cho‘ktirish jarayoni sekin bo‘lib, 30 daqiqalik natijalar ham pastroq samaradorlikni ko‘rsatdi (Cu^{2+} – 75.5%, Ni^{2+} – 70.3%, Zn^{2+} – 80.1%). Bu karbonat ionlarining metall ionlari bilan kompleks hosil qilishi gidroksid yoki sulfid ionlariga nisbatan sustroq kechishi bilan izohlanadi (2-jadval) .

Tadqiqot davomida reaksiya kinetikasiga pH, temperatura va aralashtirish tezligining ta’siri ham o‘rganildi. pH darajasining oshishi sulfid va gidroksid ionlarning faoliyatini kuchaytirib, cho‘kma hosil bo‘lish tezligini oshirgan. Ayniqsa, sulfid asosidagi cho‘ktirishlar pH 8.5–9.0 oralig‘ida maksimal samaradorlik bergan. Temperatura 25°C dan 35°C ga oshirilganda reaksiyalar tezlashgan bo‘lsa-da, 55°C dan yuqorida ayrim cho‘kmalar qayta erishi holatlari kuzatildi. Aralashtirish tezligi esa 200 rpm atrofida optimal bo‘lib, bu sharoitda reagent va ionlarning to‘liq ta’sirlashuvi ta’minlandi. Tezlik ortganda (300 rpm) kolloid dispersiyalar paydo bo‘lib, ajratish samaradorligi kamaydi.

2-jadval

T/r	Cho‘ktiruvchi reagent	Tekshirilgan namuna (50mg/l konsentratsiyada)	Vaqt.(minut)			
			5	10	20	30
1	$Na_2S·5H_2O$ *1.6 mmol/L*	Cu^{2+}	91.5	97.8	99.4	99.7
2		Ni^{2+}	89.2	96.0	99.1	99.3
3		Zn^{2+}	82.5	90.4	95.7	98.85
4	CaO *1.5 mmol/L*	Cu^{2+}	52.3	66.7	79.1	85.2
5		Ni^{2+}	48.1	61.4	75.8	82.4
6		Zn^{2+}	84.5	95.6	98.8	99.2
7	Na_2CO_3 *2 mmol/L*	Cu^{2+}	45.2	60.3	70.0	75.5
8		Ni^{2+}	40.0	55.5	65.2	70.3
9		Zn^{2+}	58.0	70.1	76.5	80.1

Ushbu ilmiy maqoladan shu xulosaga kelish mumkinki, sanoat oqova suvlarini, xususan, og‘ir metallarni o‘z ichiga olgan va ko‘pincha kislotali muhitga

ISSN 3030-3907

ega bo‘lgan oqova suvlarni neytrallash va tozalash bo‘yicha ilgari surilgan texnologik yechimlar tizimli tarzda taqdim etilgan bo‘lib, kinetik tahlil og‘ir metall ionlarini reagentli cho‘ktirish jarayoni sanoat sharoitida qanchalik tez, samarali va barqaror amalga oshirilishini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Natijalar asosida $Na_2S \cdot 5H_2O$ reagentining Cu^{2+} va Ni^{2+} ionlari uchun eng tez va samarali cho‘ktirish xususiyatiga ega ekanligi, CaO esa Zn^{2+} ni samarali cho‘ktirish uchun qulay variant ekani tasdiqlandi.

Taklif etilayotgan usul kislotali oqova suvlardan turli metall tuzlarini ajratib olish uchun vertikal cho‘ktirgichlarning reaktivlar asosida aniq hisob-kitob qilinishini ta’minlaydi. Bunda cho‘ktirish kinetikasi, zarracha diametri, cho‘kish tezligi kabi omillar hisobga olinadi, bu esa tozalash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Cho‘ktirgichlarning konus shaklidagi qismida yig‘ilgan loy qatlamlari loyxonaga uzatiladi, bu yerda ular suvsizlantiriladi va keyinchalik ulardan qimmatbaho metallarni ajratib olish imkoniyati yuzaga keladi. Bu yondashuv resurslarni qayta ishlash prinsiplariga asoslangan bo‘lib, ekologik va iqtisodiy jihatdan samaralidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Binkley, J., & Simpson, J. (2003). 35 - Heavy metals in wastewater treatment processes. , 597-610. https://doi.org/10.1016/B978-012470100-7/50036-4.
2. Dhokpande, S., Deshmukh, S., Khandekar, A., & Sankhe, A. (2024). A review outlook on methods for removal of heavy metal ions from wastewater. Separation and Purification Technology. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127868.
3. Kyriienko, P., Betin, O., Zakharchenko, M., Lobov, S., & Msallam, K. (2023). Research of technologies for the extraction of heavy metals from industrial wastewater. Environmental safety and natural resources. https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.2.54-65.
4. Su-Yan, T. (2012). Progress for Treatment of Wastewater Containing Heavy Metals. Journal of Salt Lake Research.
5. Savelyev, S., Savelyeva, A., Dryakhlov, V., & Anamova, R. (2021). Studying the extraction of heavy-metal ions from galvanic wastewater by reagent method. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 815. https://doi.org/10.1088/1755-1315/815/1/012017.
6. Savelyev, S., Savelyeva, A., Dryakhlov, V., & Anamova, R. (2021). Studying the extraction of heavy-metal ions from galvanic wastewater by reagent method. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 815. https://doi.org/10.1088/1755-1315/815/1/012017.
7. Loughlaımı, I., Bakher, Z., & Zouhri, A. (2023). Enhanced Heavy Metal Removal from Wastewater Produced by Chemical Analysis Laboratory Using

ISSN 3030-3907

Calcium Oxide Precipitation: pH Improvement and Characterization of Precipitated Phases. Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry. https://doi.org/10.18596/jotcsa.1321183.

8. Ibotov, Bobur Odil O'g'li, Ostonov, Sharifjon Qoyir O'g'li, Nasirova, Nigora Ramazonovna, Ergashev, Hasanboy Zohidjon O'g'li SANOAT OQOVA SUVLARIDAN OG'IR RANGLI METALLARNI AJRATIB OLISH USULLARI // ORIENSS. 2022. №12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sanoat-oqova-suvlaridan-og-ir-rangli-metallarni-ajratib-olish-usullari

9. Niyozov E. D. (2025). TO'QIMACHILIK SANOATI OQOVA SUVLARI VA TOZALASH USULLARI. Development Of Science, 6(3), pp. 380-386. https://doi.org/0

ISSN 3030-3907