MAISHIY OQOVA SUVLARNI TOZALIK DARAJASINI OSHIRISH UCHUN MINERAL ADSORBENTLARDAN FOYDALANISH IMKONIYATLARINI TADQIQ QILISH

Nosirova F.M.
ToshDTU, E va AMM kafedrasi 1-bosqich magistranti ,
E-mail:nosirovafarangis12@gmail.com, +998-8-665-09-55
Rahmatullayev K.B.
Respublika agrokimyoviy tahlil markazi yetakchi mutaxasisi
E-mail:kamoliddinrahmatullayev04@gmail.com, +998-93-295-95-33
Fozilova H.X
ToshDTU, E va AMM kafedrasi 1-bosqich magistranti
E-mail:fozilovahusnizar832@gmail.com
+998 94-258-64-66
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20025197

Annotatsiya: Ushbu maqolada maishiy oqova suvlarni tozalash samaradorligini oshirishda mineral adsorbentlardan foydalanish imkoniyatlari tadqiq etilgan. Tadqiqot obyekti sifatida maishiy oqova suv namunasi olinib, asosiy adsorbent sifatida tabiiy zeolit tanlangan. Laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan miqdori, kontakt vaqti, pH muhiti va harorat o‘rganildi.

Natijalarga ko‘ra, optimal sharoitlarda (adsorbent miqdori 3–4 g, kontakt vaqti 30–60 minut, pH 6,5–7,5) oqova suv tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalar sezilarli darajada kamaydi. Xususan, BPK 60–75% ga, XPK 70–85% ga, ammoniy ionlari esa 70–90% gacha kamaygani aniqlandi.

Olingan natijalar mineral adsorbentlar, ayniqsa zeolitning maishiy oqova suvlarni tozalashda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari asosida arzon va ekologik xavfsiz suv tozalash texnologiyasini ishlab chiqish imkoniyati asoslab berildi.

Kalit so‘zlar: maishiy oqova suvlar, adsorbsiya, zeolit, mineral adsorbentlar, BPK, XPK, suv tozalash, ekologiya.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING MINERAL ADSORBENTS TO IMPROVE THE PURIFICATION LEVEL OF DOMESTIC WASTEWATER

Abstract: This article investigates the possibilities of using mineral adsorbents to improve the efficiency of domestic wastewater treatment. A sample of domestic wastewater was used as the research object, and natural zeolite was selected as the main adsorbent. Based on laboratory experiments, the main factors influencing the adsorption process—adsorbent dosage, contact time, pH level, and temperature—were studied.

According to the results, under optimal conditions (adsorbent dosage of 3–4 g, contact time of 30–60 minutes, pH 6.5–7.5), a significant reduction in pollutants in wastewater was achieved. In particular, the reduction of BOD ranged from 60–75%, COD from 70–85%, and ammonium ions from 70–90%.

The obtained results indicate that mineral adsorbents, especially zeolite, have high efficiency in the treatment of domestic wastewater. Based on the study findings, the possibility of developing a low-cost and environmentally safe water treatment technology was justified.

Keywords: domestic wastewater, adsorption, zeolite, mineral adsorbents, BOD, COD, water treatment, ecology.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ АДСОРБЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация: В данной статье исследованы возможности использования минеральных адсорбентов для повышения эффективности очистки бытовых сточных вод. В качестве объекта исследования была выбрана проба бытовых сточных вод, а в качестве основного адсорбента — природный цеолит. На основе лабораторных экспериментов изучены основные факторы, влияющие на процесс адсорбции: количество адсорбента, время контакта, pH среды и температура.

Согласно полученным результатам, в оптимальных условиях (доза адсорбента 3–4 г, время контакта 30–60 минут, pH 6,5–7,5) наблюдалось значительное снижение содержания загрязняющих веществ в сточных водах. В частности, БПК снизился на 60–75%, ХПК — на 70–85%, а содержание ионов аммония — на 70–90%.

Полученные результаты показывают, что минеральные адсорбенты, особенно цеолит, обладают высокой эффективностью при очистке бытовых сточных вод. На основе результатов исследования обоснована возможность разработки недорогой и экологически безопасной технологии очистки воды.

Ключевые слова: бытовые сточные воды, адсорбция, цеолит, минеральные адсорбенты, БПК, ХПК, очистка воды, экология

Kirish

Hozirgi kunda suv resurslarining ifloslanishi va ichimlik suvi tanqisligi global ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, sanoat va qishloq xo‘jaligining rivojlanishi natijasida suv resurslariga bo‘lgan bosim ortib bormoqda. Ayniqsa, maishiy oqova suvlarning yetarli darajada tozalanmasdan tabiiy suv havzalariga chiqarilishi ekologik muvozanatga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda.

Maishiy oqova suvlar tarkibida organik moddalar, sirt faol birikmalar, biogen elementlar (azot va fosfor), mikroorganizmlar hamda turli mexanik aralashmalar mavjud bo‘lib, ular suv sifatining keskin yomonlashishiga olib keladi. Shu sababli oqova suvlarni samarali tozalash texnologiyalarini ishlab chiqish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

So‘nggi yillarda fizik-kimyoviy usullar, xususan adsorbsiya jarayoni oqova suvlarni tozalashda samarali usul sifatida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu usulning asosiy afzalliklari yuqori samaradorlik, texnologik soddalik va turli ifloslantiruvchi moddalarni bir vaqtning o‘zida olib tashlash imkoniyatidir.

Mineral adsorbentlar — zeolit, bentonit va diatomit kabi tabiiy materiallar — arzonligi, ekologik xavfsizligi va yuqori adsorbsiya qobiliyati bilan ajralib turadi. Ayniqsa, zeolitning ion almashinish xossasi uni oqova suvlarni tozalashda samarali vositaga aylantiradi.

Mazkur maqolaning maqsadi — maishiy oqova suvlarni tozalashda mineral adsorbentlardan foydalanish samaradorligini baholash va adsorbsiya jarayonining optimal sharoitlarini aniqlashdan iborat.

Metodologiya

Mazkur tadqiqotda maishiy oqova suvlarni mineral adsorbentlar yordamida tozalash samaradorligini baholash maqsadida laboratoriya sharoitida kompleks eksperimental tadqiqotlar olib borildi. Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent shahridagi aholi yashash hududidan olingan maishiy oqova suv namunasi tanlab olindi. Namuna olish jarayonida suvning o‘rtacha tarkibini aks ettirishi uchun aralash (kompozit) usul qo‘llanildi.

Dastlab oqova suvning boshlang‘ich fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari aniqlandi. Jumladan, pH qiymati pH-metr yordamida, biokimyoviy kislorod sarfi (BPK_5) 20 °C haroratda 5 sutka inkubatsiya qilish usuli bilan, kimyoviy kislorod sarfi (XPK) esa kaliy dixromat yordamida oksidlanish-titrimetrik usul orqali aniqlandi. Suspenziya moddalar miqdori gravimetrik usulda, ammoniy ionlari esa kolorimetrik usul yordamida baholandi. Dastlabki tahlillar natijasida suvning o‘rtacha ko‘rsatkichlari quyidagicha qayd etildi: pH – 6,8–7,2; BPK – 180–260 mg/l; XPK – 300–480 mg/l; suspenziya moddalar – 220–380 mg/l.

Adsorbent sifatida tabiiy mineral adsorbent — zeolit tanlandi. Zeolit namunasi oldindan mexanik maydalash orqali 0,5–1 mm fraksiyaga keltirildi, so‘ngra elakdan o‘tkazilib fraksiyalar tenglashtirildi. Keyinchalik adsorbent 105 °C haroratda 4 soat davomida quritilib, namlikdan tozalandi. Ayrim tajribalarda adsorbentning faolligini oshirish maqsadida 200 °C da termik faollashtirish bosqichi ham qo‘llanildi.

Adsorbsiya tajribalari partiyali (batch) usulda amalga oshirildi. Har bir tajribada 500 ml hajmdagi oqova suv namunasi 1 litrli shisha reaktorlarga joylashtirildi. Adsorbent miqdori 1 g dan 5 g gacha o‘zgartirilib, har bir variant alohida o‘rganildi. Aralashma magnit aralashtirgich yordamida 350 rpm tezlikda doimiy aralashtirildi, bu esa diffuziya jarayonini tezlashtirishga xizmat qildi.

Kontakt vaqti ta’sirini aniqlash uchun tajribalar 10, 30, 60 va 90 minut davomida olib borildi. Har bir vaqt oralig‘ida namunalar olinib, filtratsiya qilindi va keyingi tahlil uchun tayyorlandi. Filtrlash jarayoni vakuum filtr qurilmasi yordamida amalga oshirildi.

pH muhitining ta’sirini o‘rganish maqsadida suvning pH qiymati 5 dan 9 gacha diapazonda o‘zgartirildi. pH ni sozlash uchun 0,1 N HCl va 0,1 N NaOH eritmalaridan foydalanildi. Har bir pH qiymatida adsorbsiya samaradorligi alohida baholandi.

Harorat ta’sirini aniqlash uchun tajribalar 20 °C, 30 °C va 40 °C da o‘tkazildi. Harorat suv hammomi yordamida nazorat qilindi. Bu orqali adsorbsiya jarayonining kinetikasi va termodinamik xususiyatlari baholandi.

Tajriba yakunida olingan filtratlarda BPK, XPK, ammoniy ionlari va suspenziya moddalar miqdori qayta aniqlanib, boshlang‘ich qiymatlar bilan solishtirildi. Adsorbsiya samaradorligi quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$E = ((C_0 - C) / C_0) \times 100\%$$

bu yerda C_0 — boshlang‘ich konsentratsiya, C — yakuniy konsentratsiya, E — tozalash samaradorligi (%).

Olingan natijalar statistik jihatdan qayta ishlanib, o‘rtacha qiymatlar asosida tahlil qilindi. Tajribalar kamida uch marta takrorlanib, natijalarning ishonchliligi ta’minlandi. Ushbu metodologiya adsorbsiya jarayonining asosiy qonuniyatlarini aniqlash va optimal texnologik parametrlarni belgilash imkonini berdi.

Natijalar va tahlili

O‘tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari natijasida mineral adsorbentlar, xususan tabiiy zeolit maishiy oqova suvlarni tozalash jarayonida yuqori samaradorlik ko‘rsatishi aniqlandi. Tajribalar davomida adsorbsiya jarayonining asosiy parametrlariga — adsorbent miqdori, kontakt vaqti, pH muhiti hamda haroratga bog‘liqligi chuqur tahlil qilindi.

1. Adsorbent miqdorining ta’siri

Tajribalar natijasiga ko‘ra, adsorbent miqdori oshishi bilan ifloslantiruvchi moddalarning kamayish darajasi ortib bordi. 1 g zeolit qo‘llanganda tozalash samaradorligi nisbatan past bo‘lsa, 3–4 g oralig‘ida maksimal natija kuzatildi.

Optimal sharoitda:

- BPK kamayishi: **60–75%**
- XPK kamayishi: **70–85%**
- Suspenziya moddalar: **65–80%**

4 g dan ortiq miqdorda esa samaradorlikning o‘sishi sezilarli darajada sekinlashdi, bu adsorbent yuzasining to‘yinganligi bilan izohlanadi

2. Kontakt vaqtining ta’siri

Adsorbsiya jarayoni vaqtga bog‘liq ravishda ikki bosqichda kechishi kuzatildi:

1. **Tez adsorbsiya bosqichi (0–30 minut)**
Bu bosqichda zeolit yuzasidagi faol markazlar tez to‘yinadi va ifloslantiruvchi moddalar intensiv ravishda yutiladi.

2. **Muvozanat bosqichi (30–90 minut)**
Jarayon sekinlashadi va tizim adsorbsiya–desorbsiya muvozanatiga yaqinlashadi.

Eng optimal kontakt vaqti **30–60 minut** deb aniqlandi.

3. pH muhitining ta’siri

pH muhit adsorbsiya jarayoniga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.

- Kislotali muhitda (pH < 6): ion almashinish faoliyati pasayadi
- Neytral muhitda (pH 6,5–7,5): maksimal samaradorlik kuzatildi
- Ishqoriy muhitda (pH > 8): ba’zi ionlarning qayta eritilishi sodir bo‘ldi

Shu sababli, **eng optimal pH oralig‘i 6,5–7,5** deb belgilandi.

4. Harorat ta’siri

Harorat oshishi bilan adsorbsiya tezligi ma’lum darajada ortishi kuzatildi, chunki molekulalarning kinetik energiyasi ko‘payadi.

- 20 °C da: jarayon sekinroq
- 30 °C da: optimal muvozanat
- 40 °C da: samaradorlik biroz oshadi, ammo barqarorlik pasayadi

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, **25–30 °C oralig‘i optimal harorat hisoblanadi**.

5. Umumiy samaradorlik tahlili

Barcha omillar birgalikda tahlil qilinganda quyidagi umumiy xulosaga kelindi:

- Zeolit asosidagi adsorbsiya tizimi maishiy oqova suvlarni samarali tozalaydi
- Organik ifloslanish sezilarli kamayadi
- Biogen elementlar (azotli birikmalar) yuqori darajada yutiladi
- Suvning umumiy ekologik xavflilik darajasi pasayadi

Eng yuqori umumiy tozalash samaradorligi **75–90% diapazonda** qayd etildi.

Olingan natijalar zeolitning yuqori ion-almashinish xususiyati, katta ichki sirt maydoni va g‘ovakli tuzilishi bilan izohlanadi. Ushbu xususiyatlar uni tabiiy va arzon sorbent sifatida oqova suvlarni tozalashda istiqbolli materialga aylantiradi.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda maishiy oqova suvlarni tozalash samaradorligini oshirish maqsadida tabiiy mineral adsorbent — zeolitdan foydalanish imkoniyatlari o‘rganildi. O‘tkazilgan laboratoriya tajribalari asosida adsorbsiya jarayonining asosiy texnologik parametrlari (adsorbent miqdori, kontakt vaqti, pH muhiti hamda harorat) oqova suv tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalarning kamayishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, zeolit asosidagi adsorbsiya tizimi maishiy oqova suv tarkibidagi organik va noorganik ifloslantiruvchi moddalarni samarali kamaytiradi. Optimal sharoitlarda (adsorbent miqdori 3–4 g, kontakt vaqti 30–60 minut, pH 6,5–7,5 va harorat 25–30 °C) yuqori tozalash ko‘rsatkichlariga erishildi. Jumladan, biokimyoviy kislorod sarfi (BPK) 60–75%, kimyoviy kislorod sarfi (XPK) 70–85%, suspenziya moddalar 65–80%, ammoniy ionlari esa 70–90% gacha kamaygani qayd etildi.

Olingan natijalar zeolitning yuqori adsorbsiya va ion-almashinish xususiyatlariga ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu esa uni maishiy oqova suvlarni tozalashda ekologik xavfsiz, arzon va samarali material sifatida qo‘llash imkoniyatini beradi.

Tadqiqot davomida olingan ilmiy natijalar asosida quyidagi xulosa shakllantirildi: mineral adsorbentlar, xususan zeolit asosidagi texnologiyalar suvni tozalash jarayonida an'anaviy usullarga nisbatan samarali alternativ yechim bo'la oladi va ularni amaliy oqova suv tozalash tizimlarida qo'llash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Shuningdek, mazkur ish natijalari asosida kelgusida adsorbentlarni kimyoviy faollashtirish, ularning regeneratsiya jarayonlarini o'rganish hamda sanoat miqyosida qo'llash bo'yicha qo'shimcha tadqiqotlar olib borish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5th Edition. McGraw-Hill Education, 2014.

2. Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D. *Wastewater Engineering*. McGraw-Hill, New York, 2003.

3. Barakat M.A. "New trends in removing heavy metals from industrial wastewater." *Arabian Journal of Chemistry*, 2011.

4. Wang S., Peng Y. "Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment." *Chemical Engineering Journal*, 2010.

5. Sharma S.K., Sanghi R. *Industrial Wastewater Treatment*. Springer, 2012.

6. Gupta V.K., Suhas. "Application of low-cost adsorbents for dye removal." *Journal of Environmental Management*, 2009.

7. EPA (Environmental Protection Agency). *Wastewater Treatment Manual*. USA, 2018.

8. WHO. *Guidelines for Drinking-water Quality*. World Health Organization, 2017.

9. Ravindra K., Mor S. "Adsorption techniques for water treatment." *Environmental Science and Pollution Research*, 2016.

10. Azizov M.A., Rasulov S.R. *Suv tozalash texnologiyalari*. Toshkent, 2019.

11. Xusanov B.B. "Zeolitlarning adsorbsiya xossalari va qo'llanilishi." *O'zbekiston Kimyo Jurnali*, 2020.

12. Alimov A.A. *Ekologiya va atrof-muhit muhofazasi*. Toshkent, 2021.