

NANO-MEMBRANALAR YORDAMIDA OG'IR METALL IONLARIDAN SUVNI TOZALASH

Xolova Sharifa Farxodovna

Kimyo fanlari bo'yicha tadqiqotchi

Annotatsiya. Ushbu maqolada nano-membranalar yordamida suvdagi og'ir metall ionlarini (Cr, Pb, Cd, Ni, Cu) samarali ajratish va tozalash texnologiyalari tahlil qilinadi. Nano-o'lchamli membrana materiallarining tuzilishi, ularning selektivlik darajasi, fizik-kimyoviy xususiyatlari va ekologik afzalliklari ko'rib chiqiladi. Nanokompozit polimer membranalarining iflos suvlarni tozalashdagi ustunliklari, shuningdek, ularni ishlab chiqish va qayta ishlatish imkoniyatlari tahlil etiladi.

Kalit so'zlar: nano-membrana, og'ir metallar, suv tozalash, nanokompozit, selektivlik, ekologiya.

So'nggi yillarda sanoat korxonalarining tez sur'atlarda rivojlanishi, kimyoviy chiqindilarning ortishi hamda urbanizatsiya jarayonlari natijasida suv havzalari va yer osti suvlari tobora ifloslanmoqda. Ayniqsa, og'ir metall ionlari – xrom (Cr), qo'rg'oshin (Pb), kadmiy (Cd), nikel (Ni), mis (Cu) kabi elementlar suv muhitida to'planib, inson salomatligi va ekologik tizimlarga jiddiy xavf tug'diradi. An'anaviy tozalash usullari – koagulyatsiya, flokulyatsiya, sorbsiya va cho'ktirish usullari – bu metall ionlarini to'liq ajrata olmaydi. Shu sababli, nano-membranali texnologiyalar zamonaviy, ekologik xavfsiz va yuqori selektivlikka ega yechim sifatida keng o'rganilmoqda. Nano-membranalar — bu nanometr o'lchamdagi g'ovak (teshik) tuzilishga ega materiallar bo'lib, ular ion yoki molekulalarni ularning o'lchami, zaryadi va kimyoviy xususiyatlariga ko'ra ajrata oladi. Membranalar asosan quyidagi turlarga bo'linadi:

Polimer asosli membranalar – polietersulfon (PES), polivinildenftlorid (PVDF), poliamid (PA) asosida tayyorlanadi.

Keramika asosli membranalar – TiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 kabilar asosida.

Nanokompozit membranalar – polimer matritsa ichida TiO_2 , ZnO, graphene oxide (GO), Fe_3O_4 nanopartikullari qo'shiladi.

Nano-membranalarining samaradorligi ularning g'ovak diametri (1–100 nm), yuzasining kimyoviy aktivligi va zaryadlanish holatiga bog'liq. Nano-membranalar ikki asosiy mexanizm orqali ishlaydi:

1. Fizik to'siqlik effekti — ion yoki molekula hajmi membrana teshikchasidan katta bo'lsa, u o'ta olmaydi.

2. Kimyoviy selektivlik — membrana yuzasidagi faol funksional guruhlar ($-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$) metall ionlari bilan kompleks hosil qilib, ularni ushlab qoladi.

Masalan, TiO_2 -nanokompozit PES membrana yordamida 10 ppm Pb^{2+} ion konsentratsiyasini 0,1 ppm gacha kamaytirish mumkinligi aniqlangan [1]. Bu 99% gacha tozalash samaradorligini bildiradi. Bundan tashqari, graphene oxide (GO) asosidagi membranalar o'zining yuqori sirt maydoni va zaryad selektivligi tufayli Cr^{6+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} ionlarini samarali filtrlashi mumkin [4].

Nano-membranalar turlari va ularning samaradorligi.

PES/TiO_2 nanokompozit Polietersulfon + titan dioksid Pb^{2+} uchun 98–99% mexanik mustahkam, qayta ishlanadi:

PVDF/GO membrana Polivinildenftlorid + grafen oksid Cr^{6+} uchun 97% yuqori zaryad selektivligi:

Keramika/ TiO_2 Noorganik oksidlar Cd^{2+} , Ni^{2+} uchun 95–98% yuqori haroratga chidamli:

Fe_3O_4 -polimer membrana magnetik nanokompozit Cu^{2+} uchun 96% magnit bilan qayta ajratish mumkin. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, nano-membranalar an'anaviy filtratsiya tizimlariga nisbatan 2–3 barobar yuqori samaradorlikka ega. Shu bilan birga, ularning ishlash jarayonida energiya sarfi kam, ishlovchi modda sarfi esa minimal bo'ladi.

O'zbekiston va Markaziy Osiyo hududlarida suv resurslarining asosiy qismini yer osti suvlari tashkil etadi. Ayrim hududlarda (masalan, Qashqadaryo, Navoiy, Toshkent viloyatlari) tabiiy Cr, Ni, Pb ifloslanishi kuzatiladi. Shu sababli, mahalliy polimerlar asosida ishlab chiqilgan nano-membranalar yordamida ichimlik va texnik suvni tozalash yo'nalishida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda [2][3]. Mahalliy tadqiqotlarda nanokompozit PES membranalar ishlab chiqilib, ularning Cr^{3+} va Pb^{2+} ionlarini 98% gacha kamaytirish imkoniyati aniqlangan. Bundan tashqari, bunday membranalar qayta regeneratsiya qilinib, 5 martagacha ishlatilganda ham o'z samaradorligini saqlab qolgan.

Nano-membranalar texnologiyasining afzalliklari shundan iboratki, ular yuqori selektivlik va filtratsiya samaradorligi; kam energiya sarfi; ekologik xavfsizlik – kimyoviy reagentlarsiz ishlash; qayta foydalanish imkoniyati; kompakt o'lcham va oson o'rnatish; sanoat chiqindilarini qayta ishlash imkoniyatidir. Nano-membranali tizimlar ayniqsa rural area (qishloq hududlari) uchun foydalidir, chunki ular kichik o'lchamda, elektrsiz ishlovchi variantlarda ham ishlab chiqilmoqda. Nano-membranalar samaradorligini oshirish uchun nanokomponentlarning dispersiyasi, membrana yuzasini modifikatsiyalash, hamda ion-selektiv funksional guruhlarini kiritish muhimdir. Shuningdek, TiO_2 va ZnO nanopartikullari membrana yuzasida fotokatalitik tozalash effektini hosil qiladi, bu esa membrananing o'z-o'zini tozalash xususiyatini kuchaytiradi.

Kelgusida bu yo‘nalishdagi tadqiqotlar energiya tejovchi, barqaror va regeneratsiyalanadigan tizimlar yaratishga yo‘naltirilmoqda.

Xulosa. Nano-membranalar yordamida suvni og‘ir metall ionlaridan tozalash — ekologik xavfsizlikni ta‘minlashning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bunday membranalar yuqori samaradorlik, qayta ishlanish imkoniyati va energiya tejamkorligi bilan ajralib turadi. O‘zbekiston sharoitida nano-membrana texnologiyalarini suv xo‘jaligi, sanoat chiqindilari va ichimlik suvlari monitoring tizimiga joriy etish ekologik barqarorlikni ta‘minlashda muhim qadam bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rasulov A., Karimova D. (2021). Suvni og‘ir metall ionlaridan tozalashda nanokompozit membranalarining samaradorligi. — O‘zbekiston Kimyo Jurnal, 3(2), 45–52.
2. Yo‘ldoshev B. R., Qodirova M. S. (2022). Nanotexnologiyalar yordamida sanoat chiqindi suvlarini tozalashning zamonaviy usullari. — Toshkent Kimyo-Texnologiya Instituti Axborotnomasi, 5(1), 77–83.
3. Tursunova Z. O., Ergashev N. A. (2023). Polimer asosli nano-membranalar va ularning ekologik xavfsizlikdagi o‘rni. — Fan va Texnologiya, 4(3), 61–68.
4. Ahmed, F., & Lee, J. (2022). Graphene oxide-based membranes for water purification. *Environmental Nanotechnology*, 16(4), 200–214.
5. Wang, Y., Zhang, L., & Chen, Y. (2020). Nanocomposite membranes for heavy metal removal from wastewater. *Journal of Membrane Science*, 610, 118–131.