UDK:66.081.3:544.723:620.3

POLIMER-GIBRID NANOADSORBENTLARNING KO'P MARTALIK REGENERATSIYA SALOHIYATI VA SANOAT SHAROITIDA BARQARORLIGI

Salihanova Dilnoza Saidakbarovna
URFA Ummumiy va noorganik kimyo instituti katta ilmiy xodim, t.f.d prof
Ubaydullayeva Navruza Ne'matjonovna
k.f.f.d PhD, dots.Namangan davlat universiteti kimyo kafedrasi dotsenti
Xojiboyeva Dilnoza Komiljonovna
Toshkent shahar Sergeli tumani 267- maktab kimyo fani o'qituvchisi, Mustaqil izlanuvchi
Rahmatova Nargiza Islomjon qizi
Mustaqil izlanuvchi

KIRISH: Sanoat va shahar suv ta'minoti tizimlarida ishlatiladigan sorbsion materiallarning amaliy qo'llanilishini baholashda faqat dastlabki adsorbsion sig'im emas, balki materialning ko'p martalik regeneratsiya salohiyati va sanoat sharoitidagi uzoq muddatli barqarorligi hal qiluvchi ahamiyatga ega. Laboratoriya sharoitida yuqori sorbsion ko'rsatkichlarni namoyon etgan ko'plab nanoadsorbentlar amaliy sanoat jarayonlariga tatbiq etilganda iqtisodiy jihatdan foydasiz bo'lib qolishi mumkin, agar ular bir martalik qo'llanishdan so'ng o'z faolligini yo'qotsa. Shu sababli zamonaviy adsorbsion materialshunoslikda tadqiqot diqqat markazi tobora ko'proq regeneratsiya samaradorligi va ko'p siklli barqarorlik muammosiga qaratilmoqda.Regeneratsiya va qayta ishlatish (reusability) muammosining dolzarbligi bir necha omil bilan izohlanadi. Birinchidan, yangi adsorbent ishlab chiqarish resurstalab va xarajatli jarayon bo'lib, materialning har bir qo'shimcha muvaffaqiyatli sikli umumiy tozalash jarayonining iqtisodiy samaradorligini oshiradi. Ikkinchidan, ko'p siklli qayta ishlatish materialning yakuniy utilizatsiyasi bilan bog'liq ikkilamchi ekologik yukni kamaytiradi — bu davriy (circular) adsorbsiya-desorbsiya tizimlari kontseptsiyasining asosiy g'oyasini tashkil etadi. Adabiyotlarda regeneratsiya samaradorligini oshirishning bir nechta strategik yondashuvi qayd etilgan. Xususan, magnit xossali gibrid kompozitlar (Fe_3O_4, γ-Fe_2O_3 va spinel ferritlar asosida) tashqi magnit maydon yordamida oson va tez ajratib olinishi, bu esa an'anaviy filtratsiya yoki sentrifugalash bosqichlariga nisbatan energiya va vaqt sarfini kamaytirishi ko'rsatilgan. Polimer komponentning nanozarrachalar yuzasiga biriktirilishi esa materialning mexanik mustahkamligini va uzoq muddatli struktura barqarorligini ta'minlaydi, bu ayniqsa qattiq aralashtirish yoki oqim sharoitida (fixed-bed kolonna) ishlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shu bilan birga, sanoat sharoitida polimer-gibrid nanoadsorbentlar bir qator barqarorlikni cheklovchi omillarga duch keladi: suvli muhitda haddan tashqari bo'kishi (excessive swelling) polimer tarmog'ini zaiflashtirib, dastlabki qayta ishlatish sikllaridayoq sorbsion sig'imning sezilarli yo'qolishiga olib kelishi mumkinligi ko'rsatilgan; bundan tashqari, faqat g'ovaklikni yoki faqat mexanik mustahkamlikni ta'minlashga qaratilgan ikkilamchi (binary) tizimlar qattiq qatlamli kolonna sharoitida ikkala parametrni bir vaqtda muvozanatlashtira olmasligi aniqlangan, bu esa kompozit (uch va undan ortiq komponentli) tizimlarni ishlab chiqishni taqozo etadi.Regeneratsiya jarayonining o'zi ham ilmiy jihatdan chuqur o'rganishni talab qiladi: samarali desorbsiya uchun mos elyuent (eritma) tanlash, masalan og'ir metall ionlarini desorbsiyalashda EDTA tuzlarining yuqori samaradorligi qayd etilgan bo'lib, bunday tanlangan tizimlarda adsorbent bir necha (4 va undan ortiq) siklda ham yuqori — 88% dan yuqori — chiqarib tashlash samaradorligini saqlab qolgani ko'rsatilgan. Boshqa tadqiqotlarda gaz fazasidagi adsorbsiya-desorbsiya tizimlari (masalan, CO_2 ushlash uchun amin-funksionalizatsiyalangan materiallar) 20 dan ortiq siklda ham 95% darajasidagi desorbsiya

© 2026 Worldly Knowledge.

Mualliflik huquqi egasi tomonidan ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

samaradorligini saqlab qolgani aniqlangan, bu esa to'g'ri tanlangan funksional guruh va matritsa kombinatsiyasi orqali yuqori siklli barqarorlikka erishish mumkinligini tasdiqlaydi. Shunday qilib, polimer-gibrid nanoadsorbentlarning ko'p martalik regeneratsiya salohiyati va sanoat sharoitidagi barqarorligi muammosini kompleks o'rganish — materialning tarkibiy dizayni, desorbsiya sharoitlarini optimallashtirish va uzoq muddatli struktura barqarorligini ta'minlash omillari bilan uzviy bog'liqlikda — nafaqat fundamental ilmiy, balki bevosita amaliy-iqtisodiy ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqotning dolzarbligi aynan laboratoriya natijalarini sanoat miqyosiga muvaffaqiyatli o'tkazish uchun zarur bo'lgan ilmiy asosni yaratishga qaratilganligi bilan belgilanadi.

ASOSIY QISM: Polimer-gibrid nanoadsorbentlarni sintez qilishda tanlangan usul nafaqat materialning tarkibiy tuzilishini, balki uning yakuniy kolloid-kimyoviy xususiyatlarini ham belgilaydi. Zamonaviy adabiyotlarda quyidagi asosiy sintez strategiyalari qo'llaniladi: a) In situ polimerizatsiya/sintez usuli. Bu usulda nanozarrachalar polimer matritsa hosil bo'lish jarayonida bevosita reaksion muhitda shakllanadi. Masalan, metakrilat fotopolimer qatronini tellur nanozarrachalari bilan modifikatsiyalashda aynan in situ polimerizatsiya usuli qo'llanilgan bo'lib, bu yondashuv nanozarrachalarning polimer tarkibida bir tekis taqsimlanishini ta'minlash imkonini bergan. b) Birgalikda cho'ktirish (co-precipitation) usuli. Ayniqsa magnit xossali nanoadsorbentlar (Fe_3O_4 asosida) olishda keng qo'llaniladi. Kurkumin yuklangan magnit nanozarrachalarni sintez qilishda birgalikda cho'ktirish usuli qo'llanilgan, bunda biosifat polimer qoplamasi (Poloxamer F-68) barqarorlik va faol moddani yetkazib berish samaradorligini oshirish uchun kiritilgan; olingan nanozarrachalarning o'rtacha o'lchami 199,3 nm ni, zeta-potensiali esa −20,4 mV ni tashkil etgan, bu esa kolloid jihatdan qoniqarli barqarorlikni ko'rsatgan. c) Yuza modifikatsiyasi (grafting) usuli. Tayyor nanozarrachalar yoki kompozit yuzasiga funksional guruhlarni kimyoviy bog'lash orqali amalga oshiriladi. Bu usul, ayniqsa, materialning sirt zaryadi va gidrofillik darajasini maqsadli boshqarish zarur bo'lganda afzal ko'riladi. d) Sol-gel usuli. Past haroratda amalga oshiriladigan, ayniqsa kremniyli tizimlar uchun qulay bo'lgan texnologiya bo'lib, u polimer va noorganik komponent orasida mustahkam kimyoviy bog'lanish hosil qilish imkonini beradi. Har bir usulning tanlanishi yakuniy mahsulotning zarracha o'lchami taqsimoti, sirt morfologiyasi va, muhimi, dispersion muhitdagi barqarorlik darajasiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Sintez qilingan polimer-gibrid nanoadsorbentlarning kolloid-kimyoviy xususiyatlarini o'rganishda quyidagi kompleks usullar qo'llaniladi: dinamik yorug'lik sochilishi (DLS) — zarracha o'lchami va uning dispersiya bo'yicha taqsimotini aniqlash uchun; elektroforetik harakatchanlik o'lchovlariga asoslangan zeta-potensial tahlili — sirt zaryadi va elektrostatik itarilish kuchini baholash uchun; SEM va TEM — yuza morfologiyasi va ichki tuzilishni vizualizatsiya qilish uchun; FT-IR — funksional guruhlarning mavjudligini tasdiqlash uchun.

Muhim ilmiy jihatni ta'kidlash lozim: zeta-potensial qiymatini hisoblashda tanlangan elektrokinetik modelning noto'g'ri tanlanishi natijalarning talqinini jiddiy buzishi mumkin. Magnetit (Fe_3O_4) nanozarrachalari misolida o'tkazilgan tadqiqotda zarrachalar eritmada massa-fraktal agregatlar hosil qilgani, shu sababli zeta-potensialni ideal sharoitlar uchun mo'ljallangan oddiy modellar orqali to'g'ri aniqlab bo'lmasligi ko'rsatilgan; bundan tashqari, ushbu tadqiqot yuqori zeta-potensial qiymatlari zaryad bilan barqarorlashtirilgan nanozarracha dispersiyalari uchun har doim ham yuqori kolloid barqarorlikni anglatmasligini aniqlagan — bu adabiyotlarda keng tarqalgan soddalashtirilgan qarashga zid natija hisoblanadi.

Shuningdek, gibrid nanosuyuqliklar (hybrid nanofluids) bilan ishlashda yuqori elektr o'tkazuvchan nanozarrachalarning elektrod qutblanishi va yemirilishiga sabab bo'lishi, natijada zeta-potensialni to'g'ri o'lchash imkoniyatini cheklashi qayd etilgan; bundan tashqari, sterik stabilizatsiyani zeta-potensial o'lchovi orqali baholab bo'lmaydi, chunki polimer zanjirlarining zarracha yuzasiga

© 2026 Worldly Knowledge.

Mualliflik huquqi egasi tomonidan ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

biriktirilishi sirt potensialini o'zgartirmaydi — bu esa polimer-gibrid tizimlarni tavsiflashda alohida uslubiy yondashuvni talab qiladi..

XULOSA: O'tkazilgan tadqiqot va ilmiy adabiyotlar tahlili natijasida polimer-gibrid nanoadsorbentlarning ko'p martalik regeneratsiya salohiyati va sanoat sharoitidagi barqarorligi bo'yicha quyidagi asosiy xulosalarga kelindi: Adsorbsion materialning amaliy-iqtisodiy qiymati nafaqat uning dastlabki sorbsion sig'imi, balki ko'p siklli qayta ishlatish qobiliyati bilan belgilanishi aniqlandi — bu omil materiallarni laboratoriya sharoitidan sanoat miqyosiga muvaffaqiyatli o'tkazishning hal qiluvchi shartlaridan biri hisoblanadi. Magnit xossali komponentlar (Fe_3O_4, γ-Fe_2O_3, spinel ferritlar) ni gibrid tarkibga kiritish materialni tashqi magnit maydon yordamida tez va energiya tejamkor tarzda ajratib olish imkonini berib, an'anaviy filtratsiya yoki sentrifugalash bosqichlariga bo'lgan ehtiyojni kamaytirishi ko'rsatildi.

Regeneratsiya samaradorligi to'g'ridan-to'g'ri tanlangan desorbsiya elyuentiga bog'liq ekanligi aniqlandi — masalan, og'ir metall ionlari uchun EDTA asosidagi elyuentlar qo'llanilganda materiallar to'rt va undan ortiq siklda ham 88% dan yuqori samaradorlikni saqlab qolgan, ba'zi funksionalizatsiyalangan tizimlarda esa 20 dan ortiq siklda 95% darajasidagi barqarorlik qayd etilgan. Sanoat sharoitida materialning barqarorligini cheklovchi asosiy omillar sifatida polimer tarmog'ining haddan tashqari bo'kishi va mexanik yemirilishi aniqlandi, bunda faqat g'ovaklik yoki faqat mexanik mustahkamlikka yo'naltirilgan oddiy (ikkilamchi) tizimlar qattiq qatlamli sanoat kolonnalarida ikkala talabni bir vaqtda qondira olmasligi ko'rsatildi — bu ko'p komponentli, muvozanatlashtirilgan kompozit tizimlarni loyihalash zarurligini asoslaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YHATI:

1. Synthesis of curcumin-loaded magnetic nanoparticles (Cur-MNPs) using co-precipitation method with Poloxamer F-68 polymer coating — DLS va SEM tahlili asosida.
2. Critical review on the stability and thermal conductivity of water-based hybrid nanofluids for heat transfer applications // ScienceDirect. — 2025.
3. Experimental insights into the stability of graphene oxide nanosheet and polymer hybrid coupled by ANOVA statistical analysis // Scientific Reports (Nature). — 2024.
4. Nanoparticle colloidal stability in cell culture media and impact on cellular interactions // Chemical Society Reviews (RSC Publishing). — 2015. — DOI: 10.1039/C4CS00487F
5. Experimental and Theoretical Studies of the Colloidal Stability of Nanoparticles — A General Interpretation Based on Stability Maps // ACS Nano. — DOI: 10.1021/nn200465b
6. Coupled hybrid nanoparticles for improved dispersion stability of nanosuspensions: a review // Journal of Nanoparticle Research (Springer Nature). — 2020.
7. Пестов А.В., Ятлук Ю.Г. Хитозан и его производные как сорбенты ионов тяжелых металлов // Журнал прикладной химии. — 2010.
8. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. — СПб.: Химия, 2010.
9. Юлдашев А.А., Мухамедов Н.Р. Адсорбция воды гибридными нанокомпозициями хитозан-кремнезем // Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, физик кимё кафедраси.
10. Яркулов А.Ю. ва бошқ. Адсорбционные и термодинамические свойства механических смесей и нанокомпозиций хитозан-кремнезем // Universum: химия и биология. — 2020. — № 3 (69).

© 2026 Worldly Knowledge.

Mualliflik huquqi egasi tomonidan ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.