

**SUVNI TOZALASH UCHUN YUQORI SAMARALI SORBENT
MATERIALLARNI SINTEZ QILISH VA ULARNING ADSORBSION
XUSUSIYATLARINI TADQIQ ETISH**

Qurbonnazarova Husniya Kamol qizi

E-mail: qurbonnazarovahusniya@gmail.com

Termiz davlat universiteti

ANNOTATSIYA: Maqolada suv resurslarini samarali tozalash uchun yuqori adsorbsion xususiyatlarga ega yangi avlod sorbent materiallarini sintez qilish hamda ularning fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq etish masalalari yoritilgan. Tadqiqot davomida g'ovak tuzilishga ega sorbentlarning og'ir metall ionlari, organik ifloslantiruvchi moddalar va rang beruvchi birikmalarni adsorbsiya qilish samaradorligi tahlil qilindi. Sorbentlarning sirt maydoni, g'ovaklik darajasi, adsorbsiya sig'imi hamda qayta foydalanish imkoniyatlari laboratoriya sharoitida baholandi. Olingan natijalar sintez qilingan materiallarning suvni tozalash texnologiyalarida yuqori samaradorlikka ega ekanligini hamda ekologik xavfsiz va iqtisodiy jihatdan maqbul sorbent sifatida qo'llash imkoniyatini ko'rsatdi.

KALIT SO'ZLAR: suv tozalash, sorbent materiallar, adsorbsiya, og'ir metall ionlari, g'ovak tuzilma, adsorbsiya sig'imi, ekologik texnologiyalar.

АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрены вопросы синтеза высокоэффективных сорбционных материалов для очистки воды и исследования их физико-химических свойств. В ходе исследования была изучена эффективность адсорбции ионов тяжёлых металлов, органических загрязнителей и красителей пористыми сорбентами. Определены площадь поверхности, пористость, адсорбционная ёмкость и возможность многократного использования синтезированных материалов. Полученные результаты показали, что разработанные сорбенты обладают высокой эффективностью очистки воды и могут быть использованы в качестве экологически безопасных и экономически выгодных адсорбентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: очистка воды, сорбенты, адсорбция, тяжёлые металлы, пористая структура, адсорбционная ёмкость, экологические технологии.

ABSTRACT: This article presents the synthesis of high-performance sorbent materials for water purification and investigates their physicochemical and adsorption properties. The adsorption efficiency of porous sorbents toward heavy metal ions,

organic pollutants, and dye molecules was evaluated under laboratory conditions. The specific surface area, porosity, adsorption capacity, and regeneration potential of the synthesized materials were analyzed. The results demonstrated that the developed sorbents possess excellent adsorption performance and can serve as environmentally friendly and cost-effective materials for advanced water treatment technologies.

KEYWORDS: water purification, sorbent materials, adsorption, heavy metals, porous structure, adsorption capacity, environmental technology.

KIRISH

Bugungi kunda dunyo miqyosida ichimlik suvi resurslarining kamayishi, sanoat korxonalaridan ajralib chiqayotgan oqova suvlarning ortishi hamda qishloq xo'jaligida kimyoviy moddalar qo'llanilishining kengayishi natijasida suv havzalarining ifloslanishi dolzarb ekologik muammolardan biriga aylangan. Ayniqsa, og'ir metall ionlari, fenollar, neft mahsulotlari, pestitsidlar va sintetik bo'yoqlar suv muhitida uzoq muddat saqlanib qolishi sababli inson salomatligi hamda suv ekotizimlariga jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Mavjud suv tozalash texnologiyalari orasida adsorbsiya usuli yuqori samaradorligi, texnologik soddaligi, energiya sarfining nisbatan kamligi hamda turli xil ifloslantiruvchi moddalarni bir vaqtning o'zida ajratib olish imkoniyati bilan ajralib turadi. Ushbu usulning asosiy elementi sorbent material hisoblanadi. Sorbentning sirt maydoni, g'ovak tuzilishi, kimyoviy faolligi va mexanik mustahkamligi adsorbsiya jarayonining samaradorligini belgilovchi asosiy omillardir.

So'nggi yillarda tabiiy minerallar, faol uglerod, silika asosidagi aerogellar, biopolimerlar, metall-organik karkaslar (MOF), grafen oksidi va nanokompozit sorbentlarga bo'lgan qiziqish ortib bormoqda. Ushbu materiallarning yuqori solishtirma sirt maydoni hamda funksional guruhlarga boyligi suv tarkibidagi og'ir metall ionlari, organik birikmalar va rang beruvchi moddalarni yuqori samaradorlik bilan adsorbsiya qilish imkonini beradi.

Respublikamizda ham sanoat korxonalari sonining ortishi natijasida suv resurslarini muhofaza qilish va zamonaviy suv tozalash texnologiyalarini joriy etish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Shu sababli mahalliy xomashyolar asosida arzon, ekologik xavfsiz va yuqori adsorbsion xususiyatlarga ega sorbent materiallarni yaratish ilmiy hamda amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

Mazkur tadqiqotning maqsadi yuqori samarali sorbent materiallarni sintez qilish, ularning fizik-kimyoviy hamda adsorbsion xususiyatlarini aniqlash va suvni tozalash jarayonidagi samaradorligini baholashdan iborat.

TADQIQOT METODIKASI VA TAHLILI

Tadqiqot jarayonida suv tarkibidagi og‘ir metall ionlari hamda organik ifloslantiruvchi moddalarni samarali ajratib olish imkoniyatiga ega bo‘lgan g‘ovak sorbent material sintez qilindi. Sorbent tarkibini shakllantirishda kremniy oksidi asosidagi g‘ovak matritsa va adsorbsion faollikni oshiruvchi funksional guruhlar qo‘llanildi. Materialning tuzilishini barqarorlashtirish maqsadida sol-gel usulidan foydalanildi. Mazkur usul sorbentning yuqori solishtirma sirt maydonini hosil qilish, g‘ovaklar hajmini nazorat qilish hamda adsorbsiya markazlari sonini oshirish imkonini berdi.

Sintez jarayoni bir necha bosqichlarda amalga oshirildi. Dastlab kremniy manbai sifatida natriy silikat eritmasi tayyorlandi. Eritmaga katalizator va strukturani hosil qiluvchi qo‘shimchalar kiritilib, aralashma ma‘lum vaqt davomida magnit aralashtirgichda bir xil holatga keltirildi. Keyinchalik pH qiymati nazorat qilinib, gel hosil bo‘lishi kuzatildi. Hosil bo‘lgan gel bir necha marta distillangan suv bilan yuvildi va ma‘lum haroratda quritildi. Quritish jarayonidan so‘ng material termik ishlov berilib, mustahkam g‘ovak sorbent olindi.

Olingan sorbentning adsorbsion xususiyatlarini baholash uchun laboratoriya sharoitida model eritmalar tayyorlandi. Model eritmalar tarkibida qo‘rg‘oshin (Pb^{2+}), mis (Cu^{2+}), kadmiy (Cd^{2+}) hamda metilen ko‘ki bo‘yoq eritmaları qo‘llanildi. Tajribalar davomida sorbent massasi, eritma hajmi, kontakt vaqti, eritmaning pH muhiti hamda dastlabki konsentratsiya doimiy ravishda nazorat qilindi.

Eksperimental natijalar shuni ko‘rsatdiki, eritmaning pH qiymati adsorbsiya jarayoniga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Kislotali muhitda vodorod ionlarining ko‘pligi sababli sorbent yuzasidagi faol markazlar band bo‘lib, metall ionlarining bog‘lanishi kamayadi. Neytral va kuchsiz ishqoriy muhitda esa adsorbsiya darajasi ancha yuqori bo‘lishi kuzatildi.

Kontakt vaqtining ortishi bilan adsorbsiya samaradorligi ham oshib bordi. Dastlabki 30 daqiqada adsorbsiya tez sodir bo‘ldi, chunki sorbent yuzasidagi faol markazlarning aksariyati bo‘sh holatda edi. Keyinchalik adsorbsiya tezligi pasayib, 90–120 daqiqadan so‘ng muvozanat holati yuzaga keldi.

Shuningdek, sorbentning qayta foydalanish imkoniyati ham tekshirildi. Har bir adsorbsiya siklidan so‘ng sorbent yuvilib, qayta quritildi va yana tajribaga jalb qilindi. Besh marotaba foydalanilgandan keyin ham adsorbsiya samaradorligining 90 % dan yuqori saqlanib qolishi materialning amaliy qo‘llash uchun istiqbolli ekanligini ko‘rsatdi.

1-jadval. Sintez qilingan sorbentning suvni tozalash samaradorligi

Ifloslantiruvchi modda	Dastlabki konsentratsiya (mg/L)	Yakuniy konsentratsiya (mg/L)	Adsorbsiya samaradorligi (%)
Pb ²⁺	100	4,1	95,9
Cu ²⁺	100	5,8	94,2
Cd ²⁺	100	6,4	93,6
Metilen ko'ki	50	1,7	96,6
Cr ⁶⁺	100	8,2	91,8

Jadval natijalari sintez qilingan sorbentning turli ifloslantiruvchi moddalarni yuqori samaradorlik bilan adsorbsiya qilishini ko'rsatadi. Ayniqsa, metilen ko'ki va qo'rg'oshin ionlarini ajratib olish darajasi 95 % dan yuqori bo'lib, materialning suvni chuqur tozalash imkoniyatiga ega ekanligini tasdiqlaydi.

MUAMMO VA UNING YECHIMI

Dunyo bo'yicha sanoatlashtirish jarayonlarining jadallashuvi, aholi sonining ortishi va ishlab chiqarish korxonalarining kengayishi natijasida suv resurslariga tushayotgan antropogen yuklama yil sayin oshib bormoqda. Metallurgiya, kimyo, to'qimachilik, neftni qayta ishlash va farmatsevtika sanoati korxonalaridan chiqayotgan oqova suvlar tarkibida og'ir metall ionlari, fenollar, bo'yoqlar, neft mahsulotlari va boshqa toksik moddalar mavjud bo'lib, ular tabiiy suv havzalarining ekologik holatini yomonlashtirmoqda. Ushbu ifloslantiruvchi moddalar biologik parchalanishga chidamli bo'lgani sababli suv muhitida uzoq muddat saqlanib qoladi hamda tirik organizmlarda bioakkumulyatsiyalanish xususiyatiga ega.

Amalda qo'llanilayotgan ko'plab suv tozalash texnologiyalari yuqori energiya sarfi, qimmat uskunalar, murakkab ekspluatatsiya yoki ikkilamchi chiqindilar hosil qilishi bilan tavsiflanadi. Shu bois arzon, ekologik xavfsiz va qayta foydalanish imkoniyatiga ega sorbent materiallarni yaratish dolzarb ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotda ishlab chiqilgan g'ovak sorbent yuqori solishtirma sirt maydoni va rivojlangan g'ovak tuzilishi hisobiga og'ir metall ionlari hamda organik ifloslantiruvchi moddalarni samarali ushlab qoladi. Materialning yana bir muhim afzalligi uning regeneratsiya qilinishi va bir necha marotaba qayta qo'llanishidir. Bu esa sorbentning iqtisodiy samaradorligini oshiradi hamda chiqindilar miqdorini kamaytiradi.

Kelgusida bunday sorbentlardan sanoat oqova suvlarini, ichimlik suvlarini hamda qishloq xo'jaligi drenaj suvlarini tozalashda foydalanish imkoniyatlari mavjud.

Shuningdek, sorbent tarkibini nanozarrachalar yoki funksional polimerlar bilan modifikatsiya qilish orqali adsorbsiya sig'imini yanada oshirish mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida suvni tozalash uchun mo'ljallangan yuqori samarali g'ovak sorbent materiali muvaffaqiyatli sintez qilindi va uning adsorbsion xususiyatlari kompleks ravishda o'rganildi. Laboratoriya sinovlari sorbentning qo'rg'oshin, mis, kadmiy va xrom ionlari, shuningdek organik bo'yoqlarni yuqori samaradorlik bilan adsorbsiya qilishini ko'rsatdi. Tajribalar davomida adsorbsiya samaradorligi 90–97 % oralig'ida qayd etildi.

Tahlillar sorbentning yuqori solishtirma sirt maydoni, rivojlangan g'ovak tuzilishi hamda faol funksional guruhlari uning adsorbsion xossalarini belgilovchi asosiy omillar ekanligini tasdiqladi. Materialning regeneratsiya qilinishi va bir necha marotaba qayta foydalanish imkoniyati uning iqtisodiy va ekologik afzalliklarini oshiradi.

Olingan natijalar sintez qilingan sorbent materialning zamonaviy suv tozalash texnologiyalarida samarali qo'llanishi mumkinligini ko'rsatadi. Kelgusida ushbu materialni sanoat miqyosida sinovdan o'tkazish, turli ifloslantiruvchi moddalar uchun selektivligini oshirish hamda nanokompozit modifikatsiyalarini yaratish istiqbolli ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Mirkomilova M. *Analitik kimyo*. – Toshkent: O'zbekiston, 2010. – 464 b.
2. Xaritonov Yu.Ya., Yunusxo'jayev A.N. *Analitik kimyo. Analitika*. – Toshkent: Fan, 2008. – 680 b. ISBN: 978-9943-09-565-6.
3. Raxmatova N.Sh. *Analitik, fizikaviy va kolloid kimyo (Analitik kimyo fanidan sifat va miqdoriy tahlil qilish asoslari)*. – Toshkent: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati, 2019. – 240 b.
4. Ergashev A.E. *Gidroekologiya (Suv ekologiyasi)*. – Toshkent: Toshkent, 2002. – 310 b.
5. Mirkomilova M. *Analitik kimyo*. – Toshkent: Iqtisod-moliya, 2015. – 536 b. ISBN: 978-9943-01-625-5.
6. Rahimov A., Mirkomilov T.M. *Analitik kimyo*. – Toshkent: O'zbekiston, 2010. – 464 b.