

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

5-2025
TABIY FANLAR

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

Sh.A.Obidova, I.R.Askarov

Chemical composition and antioxidant activity of *Matricaria chamomilla* L., *Jasminum officinale* L. and *Urtica dioica* L.: importance in folk medicine and pharmaceuticals 6

A.A.Ibragimov, J.I.Tursunov, H.N.Abdikunduzov, M.X.Jo'rayeva

Farg'ona davlat universitetida ishlab chiqarilayotgan *Cistanche mongolica* biologik faol qo'shimchasiga(BFQ) kimyoviy tarkibi asosida kod raqamini belgilash 13

Sh.Sh.Turg'unboyev

Betulin kislotasining energetik va geometrik parametrlarini eksperimental o'rganish 21

X.B.Musayev, I.R.Yoqubov

Neft va gaz sanoati chiqindi suvlarini tozalash uchun Co va Ni legirlangan TiO₂ ning zol-gel sintezi va xossalari 27

M.E.Ziyadullayev, S.E.Nurmanov, F.X.Bo'riyev, G.Q.Otamuxamedova

Ayrim aromatik aldegidlarni grinyar reaktivi yordamida enantiosektiv alkinillash 33

I.R.Asqarov, G.S.Kimsanova

Determination of flavonoids in the fruit pericarp of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) .. 42

S.Sh.Do'saliyeva, V.U.Xo'jayev

Allium karataviense o'simligi takibidagi saponinlarning sifat taxlili 47

K.A.Qurbonaliyev

Yangi avlod qozonxona yoqilg'ilarining rivojlanishi: jahon va milliy kimyoviy tadqiqotlar tahlili 50

I.R.Asqarov, Sh.H.Abdulloyev, F.A.Aliyeva, O.Sh.Abdulloyev, B.N.Sattarova

Determination of the content of chemical elements in the "Asfam" food additive 54

O.M.Nazarov, I.A.Yusupov

Taxonomy, ecological significance and phytochemical (Carbohydrate) analysis of *Schoenoplectus lacustris* subsp. *Hippolyti* 60

Q.M.Sherg'oziyev

Anabasis aphylla L. yer ustki qismi va endofitlarining vitamin tarkibini YSSX usulida tahlil qilish 67

D.A.Eshkursunov, D.J.Bekchanov, M.G.Muxamediyev

Comparative thermal degradation behaviour of pristine and modified polyvinyl chloride: influence of CuO and Fe₃O₄ nanoparticles 70

I.I.Xoldarov, S.A.Mamatqulova

Farg'ona viloyati (Farg'ona shahar, Buvayda tumani) da o'sadigan *tribulus terrestris* (temirtikan) o'simligining kimyoviy va elementar tarkibi, xalq tabobatidagi o'rni 77

O.M.Nazarov, I.A.Yusupov

Schoenoplectus triqueter o'simligining ekotizim barqarorligini ta'minlashdagi ro'li, tibbiy va ekologik ahamiyati 81

M.A.Axmadaliev, M.M.Axmadalieva, G.M.Xudoynazarova

Sanoat chiqindilari asosida olingan erituvchilarni ishlatish yo'llari 86

Г.М.Икромова, А.М.Каримов, Э.Х.Ботиров

Терпеноиды и стеринны корней *perovskia kudrjaschevii* 91

X.N.Saminov

Namozshomgul o'simligining makro va mikroelement tarkibini o'rganish 96

A.X.Xaitbayev, Sh.X.Karimov

Xitozanni edta yordamida modifikatsiyalash 102

N.B.Pirnazarova, G'R.Nematov

2-metil-6-nitroxinazolin-4-onning vilgerodt-kindler reaksiyasini amalga oshirish 108



UO'K: 544.525.22:546824-31:544.723.2

**NEFT VA GAZ SANOATI CHIQINDI SUVLARINI TOZALASH UCHUN Co va Ni
LEGIRLANGAN TiO₂ NING ZOL-GEL SINTEZI VA XOSSALARI****ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ И СВОЙСТВА TiO₂ ЛЕГИРОВАННОГО Co И Ni ДЛЯ ОЧИСТКИ
СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ****SOL-GEL SYNTHESIS AND PROPERTIES OF Co AND Ni-DOPED TiO₂ NANOCOMPO-
SITES FOR OIL AND GAS INDUSTRY WASTEWATER TREATMENT****Musayev Xusniddin Baxtiyorovich¹** ¹"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi Fundamental va amaliy tadqiqotlar insti-
tuti, k.f.b.f.d., (PhD)**Yoqubov Ismoil Rustam o'g'li²** ²Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, magistrant**Annotatsiya**

Zol-gel usuli bilan sintez qilingan Co va Ni legirlangan TiO₂ nanokompozitlari yuqori fotokatalitik faollikni namoyish etadi. Ushbu tadqiqot ishida sintez qilingan nanomateriallar atrof-muhitni qayta tiklashda, xususan, oqava suvlarni tozalashda qo'llanilishi o'rganilgan. Sof TiO₂ bilan solishtirganda Co va Ni qo'shilgan Titan dioksidi nanokompozitlarida ham UV nuri, ham ko'rinadigan yorug'lik nurlari ostida suvli suspenziyadagi fenolning fotokatalitik degradatsiyasining kuchayishi kuzatildi. Ushbu natijalar doping kationlari elektron/teshik rekombinatsiyasini bostirishi mumkinligini ko'rsatadi. Shu sababli, TiO₂ asosidagi nanomateriallarning fotokatalitik faolligi yuqori bo'lgan.

Аннотация

Наноконпозиты TiO₂, легированные Co и Ni, синтезированные золь-гель методом, демонстрируют высокую фотокаталитическую активность. В данном исследовании синтезированные наноматериалы исследовались на предмет их потенциального применения в очистке сточных вод, в частности, в очистке окружающей среды. По сравнению с чистым TiO₂, наноконпозиты TiO₂, легированные Co и Ni, продемонстрировали более высокую фотокаталитическую деградацию фенола в водной суспензии под действием как УФ-излучения, так и видимого света. Эти результаты свидетельствуют о том, что легирующие катионы могут подавлять рекомбинацию электронов и дырок. Следовательно, фотокаталитическая активность наноматериалов на основе TiO₂ была высокой.

Abstract

Co and Ni doped TiO₂ nanocomposites synthesized by sol-gel method exhibit high photocatalytic activity. In this study, the synthesized nanomaterials were investigated for their potential application in wastewater treatment, particularly environmental treatment. Compared with pure TiO₂, Co and Ni doped TiO₂ nanocomposites exhibited higher photocatalytic degradation of phenol in aqueous suspension under both UV and visible light. These results indicated that the doping cations could suppress the recombination of electrons and holes. Therefore, the photocatalytic activity of TiO₂-based nanomaterials was high.

Kalit so'zlar: nanokompozitlar, titan dioksidi, zol-gel, nikel, degradatsiya, fotokatalizator.**Ключевые слова:** наноконпозиты, диоксид титана, золь-гель, никель, деградация, фотокатализатор.**Key words:** nanocomposites, titanium dioxide, sol-gel, nickel, degradation, photocatalyst.**KIRISH**

Titan dioksid (TiO₂) o'zining ajoyib fotokatalitik xususiyatlari, kimyoviy barqarorligi va atrof-muhitga mosligi tufayli keng o'rganiladigan yarimo'tkazgich material hisoblanadi. Biroq, uning fotokatalizdagi amaliy qo'llanilishi, ayniqsa, ko'rinadigan yorug'lik ostida, keng taqiqlangan energiyalar zonasi (bandgap) va elektron-kovak rekombinatsiyasining yuqori tezligi bilan cheklangan [1-3]. Bu cheklavlarni bartaraf etish uchun TiO₂ ni o'tish metallari bilan legirlash (doping) uning elektron va optik xususiyatlarini o'zgartirishning istiqbolli strategiyasi sifatida paydo bo'ldi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METOLOGIYA

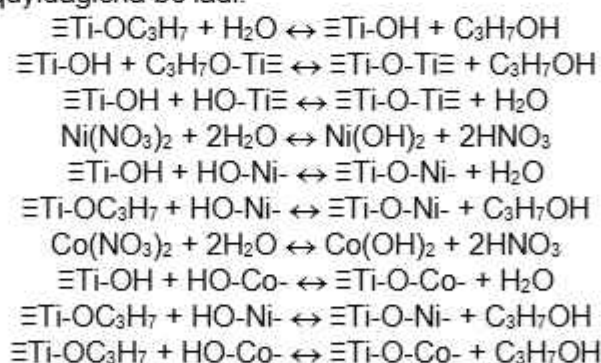
Kobalt (Co) va nikel (Ni) legirlangan titan dioksid (TiO_2) nanomateriallarini sintez qilish uchun zol-gel usuli qo'llanildi [5-6]. Bu usul o'zining soddaligi, arzonligi hamda materialning tarkibi va tuzilishini aniq nazorat qilish imkoniyati bilan keng e'tirof etilgan. Titan tetraizopropoksid (TTIP) titan prekursor (boshlang'ich modda) sifatida, kobalt (II)-nitrat ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) va nikel (II)-nitrat ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kristalgidratlari esa legirlovchi (doping) moddalar sifatida ishlatildi.

Odatdagi jarayonda, TTIP (Titan tetraizopropoksid) dan 5 ml doimiy aralashtirish ostida 10 ml etanolda eritilib, bir xil eritma hosil qilindi. Shu bilan birga, kobalt (II)-nitrat ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) va nikel (II)-nitrat ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kristalgidratlarining 5 grammdan miqdorlari 5 ml distillangan suvda eritildi (1-sxema).

**1-sxema. Sintez jarayoni sxemasi**

Keyin, suvli Co va Ni tuzlari eritmaları TTIP va etanol eritmasiga tomchilatib qo'shildi va bir xil me'yorni ta'minlash uchun doimiy aralashtirish davom ettirildi. Shundan so'ng, katalizator sifatida oz miqdorda kislota, masalan, 1-2 tomchi nitrat kislota qo'shildi.

Reaksiya tenglamasi quyidagicha bo'ladi:



Hosil bo'lgan aralashma gel hosil bo'lguncha xona haroratida aralashtirildi. Gelning barqarorligini oshirish maqsadida tindirildi, so'ngra qoldiq erituvchilarni yo'qotish uchun 100°C da quritildi. Nihoyat, quritilgan gel kristallanishni ta'minlash va Co va Ni ionlarini TiO_2 panjarasiga integratsiya qilish uchun mufel pechida $450\text{--}600^\circ\text{C}$ da kalsinatsiyalandi.

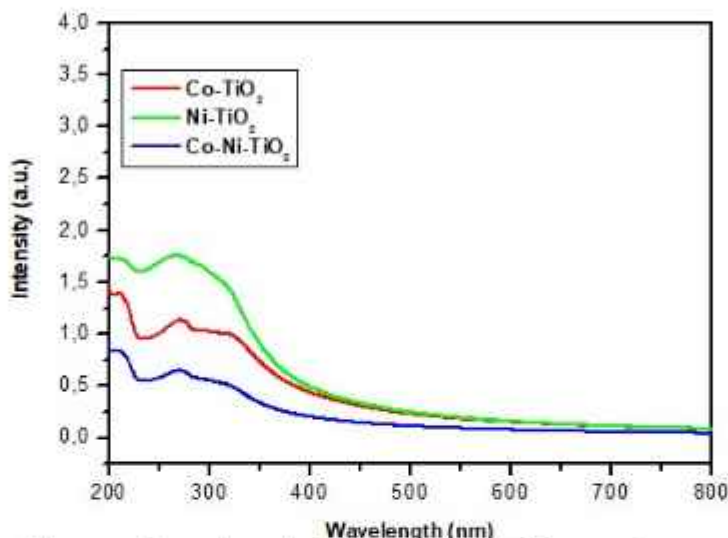
Analiz qurilmalari xarakteristikalar

Namunalarning morfologiyasi 15 kV tezlanish kuchlanishiga ega Philips XL30 FEG skanerlash elektron mikroskopi yordamida kuzatildi. SEM kuzatuvidan oldin namunalar zaryadlanmaslik uchun yupqa oltin qatlam bilan sepilgan. Sintezlangan namunalarning fazaviy rentgen (XRD) analizi STADI P rentgen difraktometri (STOE&Cie GmbH) yordamida o'rganilgan. Ushbu qurilma 60 kV kuchlanish va 50 mA oqim sharoitida Mo Ka ($\lambda = 0,7093 \text{ \AA}$) nurlanishidan foydalaniladigan, $5\text{--}40^\circ$ 2 θ

diapazonini ushlaydigan joylashuvga sezgir detektor bilan jihozlangan. Infraqizil (FTIR) spektroskopiyasini o'lchash VARIAN 670-IR FTIR spektrometri yordamida $550\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ oralig'ida zai-flashtirilgan umumiy aks ettirish (ATR) rejimidan foydalangan holda amalga oshirildi. 900 UV/VIS/NIR spektrometri Ni va Co qo'sh legirlangan TiO_2 namunalarning taqiqlangan soha energiyasi $Tauc (ah\nu)^2$ ning foton energiyasiga nisbatan $h\nu$ grafigi bo'yicha hisoblangan.

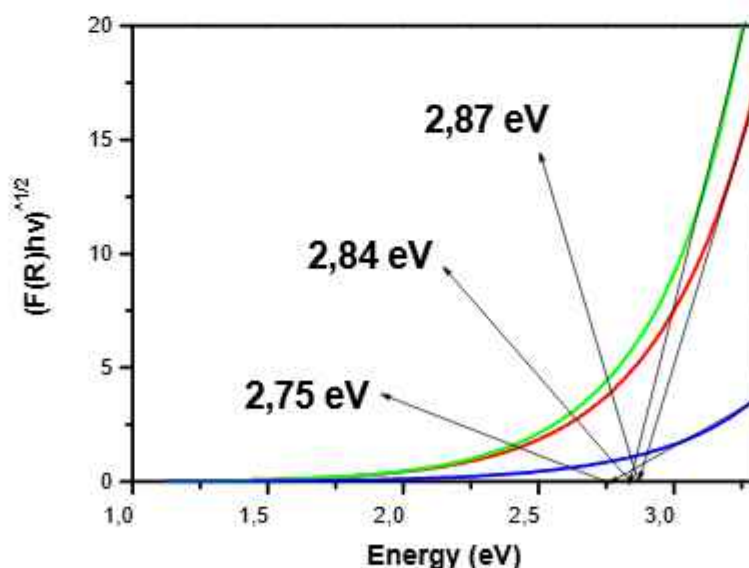
NATIJ VA MUHOKAMA

Sintez qilingan nanomateriallarning strukturaviy, morfologik va optik xususiyatlarini baholash, shuningdek, TiO_2 ning Co va Ni legirlanganligini tasdiqlash uchun UV-Vis va Raman spektroskopiyasi, skanerlovchi elektron mikroskopiyasi (SEM) kabi xarakterlash usullaridan foydalanildi.



1-rasm. Co va Ni mono hamda qo'sh legirlangan TiO_2 nanokompozitlarining ultrabinafsha spektroskopiyasi

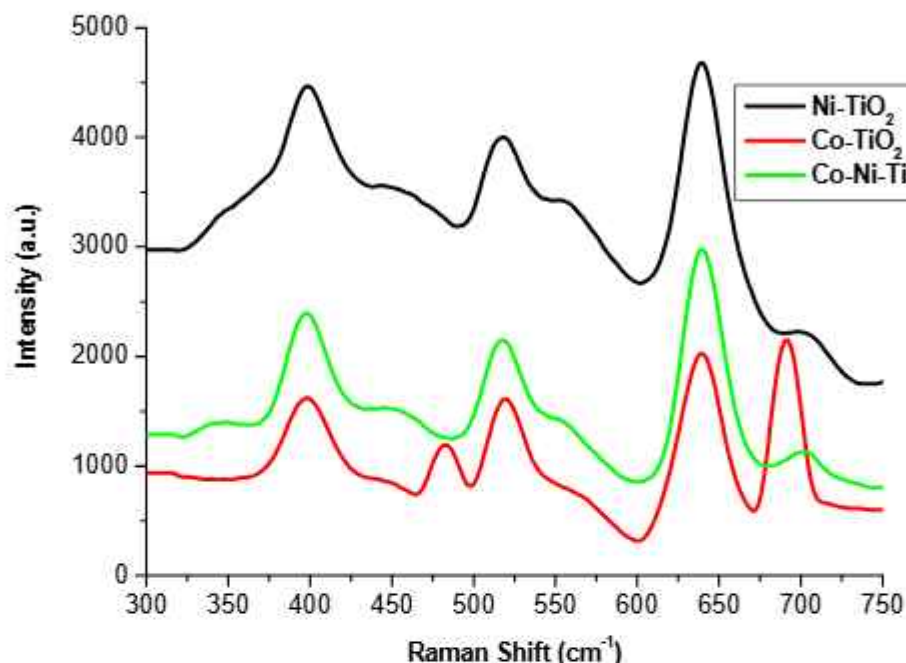
Ultrabinafsha spektroskopiyasi (1-rasm) yordamida turli metallar legirlangan materiallar bilan yutilish diapazonining oshishi qayd etildi.



2-rasm. Sintez qilingan nanokompozitlarning taqiqlangan soha (Band gap) energiyasi

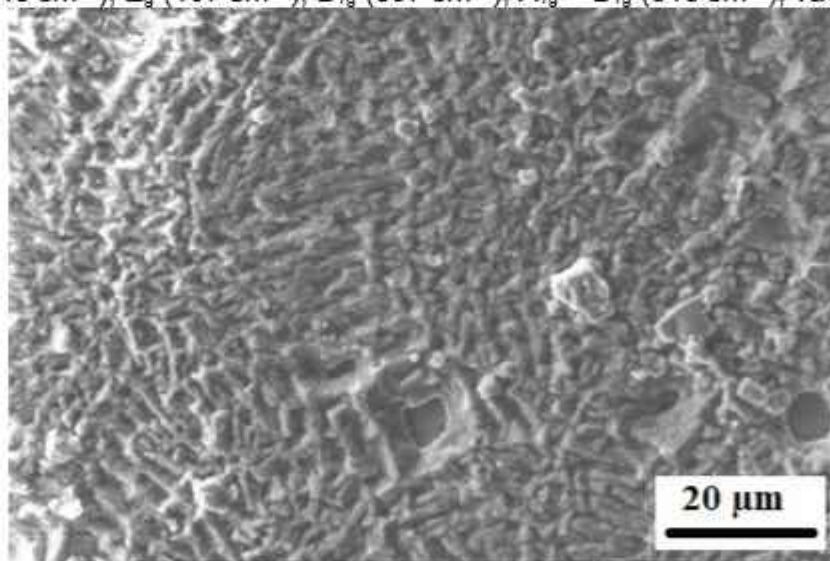
Toza TiO_2 uchun hisoblangan optik taqiqlangan soha energiyasi (E_g) qiymati $\sim 3.12\text{ eV}$ ni tashkil etdi [4]. Co bilan legirlangan TiO_2 namunasi uchun kuzatilgan qizil siljish uning mos keladigan optik taqiqlangan soha energiyasi (E_g) qiymati $\sim 2.87\text{ eV}$ ekanligi bilan isbotlandi. Ni bilan

legirlangan TiO_2 namunasi uchun kuzatilgan yashil siljish uning mos keladigan optik taqiqlangan soha energiyasi (E_g) qiymati ~ 2.84 eV ekanligi bilan isbotlandi. Co va Ni bilan legirlangan TiO_2 namunasi uchun kuzatilgan ko'k siljish uning mos keladigan optik taqiqlangan soha energiyasi (E_g) qiymati ~ 2.75 eV ekanligi bilan isbotlandi (2-rasm). Bu natijalar kobalt bilan legirlash TiO_2 ning o'tkazuvchanlik zonasi va valentlik zonasi orasidagi masofani qisqartirishga yordam berganini ko'rsatadi, bu esa fotokatalitik reaksiyalar uchun qulay bo'lishi mumkin.



3-rasm. Sintez qilingan nanokompozitlarning Raman spektroskopiyasi

Raman spektroskopiyasi materiallarning strukturaviy xususiyatlarini o'rganish uchun eng samarali tahlil usullaridan biridir. Raman spektrlaridagi o'zgarishlar strukturaviy nuqsonlar, faza o'zgarishlari va bog'lanish modifikatsiyalari bilan bog'liq. 3-rasmda toza TiO_2 , Co legirlangan TiO_2 , Ni legirlangan TiO_2 , shuningdek, Co va Ni legirlangan TiO_2 ning Raman spektrlari ko'rsatilgan. Barcha namunalar TiO_2 ning anataza fazasi uchun xos bo'lgan oltita Raman faol yutilish sohasini namoyish etdi: E_g (145 cm^{-1}), E_g (197 cm^{-1}), B_{1g} (397 cm^{-1}), $A_{1g} + B_{1g}$ (516 cm^{-1}), va E_g (640 cm^{-1}).

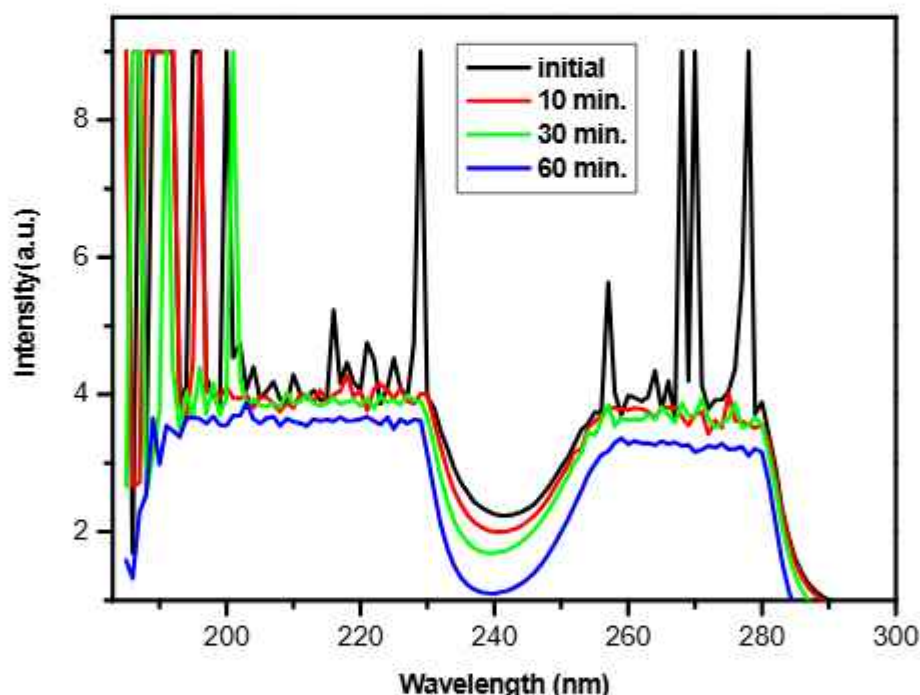


4-rasm. Co va Ni legirlangan TiO_2 nanokompoziti SEM tasviri

Ushbu SEM tasviri Co va Ni legirlangan TiO_2 nanokompozitining sirt morfologiyasini ko'rsatadi. Tasvirdan ko'rinib turibdiki, material asosan sharsimon shakldagi nanoqismlardan tashkil topgan. Zarrachalarning o'rtacha o'lchami taxminan 30 nm dan 80 nm gacha bo'lib, nisbatan bir

xil taqsimlangan. Zarrachalar orasida ba'zi agglomeratsiya kuzatiladi, bu esa nanopartikullar uchun odatiy holdir, biroq katta agregatlar shakllanishi juda kam. Materialning yuzasida g'ovakliklar bo'lib, bu yuqori sirt maydoni mavjudligidan dalolat berishi mumkin, bu esa neft va gaz sanoati chiqindi suvlarini tozalashda fotokatalitik faollik uchun muhimdir. Ni va Co TiO_2 ning o'sishiga ta'sir qilishi mumkin, bu esa zarracha o'lchamining o'zgarishiga olib keladi. Odatda, nanokompozitlarning zarracha o'lchami katalitik faollik va boshqa xususiyatlar uchun muhimdir.

TiO_2 nanokompozitlaridagi Co va Ni miqdori gibrid katalizatorning nafaqat kristall strukturasi, g'ovak strukturasi va sirt morfologiyasiga, balki fenolning degradatsiyasi uchun ham adsorbsiya va fotokatalitik faolligiga ham sezilarli ta'sir ko'rsatadi, bu 5-rasmda ko'rsatilgan. Fenol degradatsiyasini amalga oshirishda fotoreaktor qurilmasidan foydalanildi. Dastlab fenolning 0,005 M li suvdagi eritmasi tayyorlab olindi va unga 0,1 g Ni va Co legirlangan TiO_2 zarrachalari qo'shildi, keyin magnitli aralashtirgichda 30 minut aralashtirildi. Ultrabinafsha lanpani yoqishdan oldin, fenol molekularining katalizator va bo'yoq o'rtasida adsorbsiya-desorbsiya muvozanatiga erishishini ta'minlash uchun 30 daqiqa davomida "qorong'u adsorbsiya" bosqichi boshlandi. Bu vaqt ichida fenol parchalanmadi, chunki katalizatorlar o'zining katalitik faolligi uchun UV-nurlari kerak bo'ladi. Fenol konsentratsiyasining kamayishi esa bo'yoqning katalizator yuzasiga adsorbsiyalanishi bilan bog'liq. 4-rasmdan ko'rinib turibdiki, muvozanatli adsorbsiyadan so'ng, fenolning konsentratsiyasi yuqori TiO_2 tarkibli katalizatorlarda past TiO_2 tarkibli katalizatorga nisbatan yuqori bo'lib, bu barcha namunalarning sirt maydoniga mos keladi.



5-rasm. Sintez qilingan Co va Ni bilan birgalikda kiritilgan TiO_2 fotokatalizatori yordamida fenol degradatsiyasi natijalari

Qorong'uda sorbsiya qilingandan so'ng UB lampa yoqildi va 1 soat davomida nurlantirildi. 5-rasmda Co va Ni legirlangan TiO_2 katalizatorining fotokatalitik parchalanish egri chiziqlari ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, 1 soatlik nurlantirishdan keyin fenolning fotodegradatsiyasi juda past bo'lgan.

XULOSA

Ushbu tadqiqotda Co va Ni legirlangan TiO_2 nanokompozitlari zol-gel usuli yordamida sintez qilindi. Kobalt va nikel legirlangan TiO_2 ning strukturaviy, optik va fotokatalitik xususiyatlarini samarali ravishda o'zgartirdi va uning ko'rinadigan yorug'lik ostidagi faolligini oshirdi. Xarakterlash natijalari Co va Ni ning TiO_2 panjarasiga kiritilganligini tasdiqladi, bu yorug'lik yutilishini va zaryad tashuvchilarning ajralishini yaxshilashga hissa qo'shdi. Ushbu tadqiqot legirlangan TiO_2 nanomateriallarida kerakli xususiyatlarga erishish uchun sintez parametrlarini va dopant konsentratsiya-

larini optimallashtirishning muhimligini ta'kidlaydi. Kelajakdagi tadqiqotlar ushbu yondashuvning kengaytirilishini va energiya konversiyasi va saqlash texnologiyalaridagi keyingi qo'llanilishini o'rganishi mumkin, bu esa atrof-muhit muammolari uchun barqaror echimlarni ilgari suradi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Zhao, W., Chen, C., & Li, X. (2020). Enhanced photocatalytic activity of Co-doped TiO₂ nanomaterials. *Journal of Nanomaterials Research*, 45(12), 2345–2354.
2. Singh, P., Kumar, A., & Jain, R. (2019). Sol-gel synthesis and characterization of Ni-doped TiO₂ nanoparticles for environmental remediation. *Materials Science Advances*, 28(8), 1234–1245.
3. O Ruzimuradov, Kh. Musaev, Sh. Mamatkulov, Kh. Butanov, I. Gonzalo-Juan, L. Khoroshko, N. Turapov, S. Nurmanov, J. Razzokov, V. Borisenko, R. Riedel. (2023) Structural and optical properties of sol-gel synthesized TiO₂ nanocrystals: Effect of Ni and Cr (co)doping. *Optical Materials*, 143, 114203
4. Wang, S.; Ding, Z.; Chang, X.; Xu, J.; Wang, D.-H. (2020). Modified Nano-TiO₂ Based Composites for Environmental Photocatalytic Applications. *Catalysts*. 10, 759.
5. Kumar, R., & Dutta, S. (2025). Synthesis of the Cu and P-Codoped TiO₂ Photocatalyst for Hydrogen Production from Seawater. *Energy Fuels*. 39, 3, 1778–1792
6. Li, R.; Li, T.; Zhou, Q. (2020) Impact of Titanium Dioxide (TiO₂) Modification on Its Application to Pollution Treatment—A Review. *Catalysts*. 10, 804.