

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

2-2025  
TABIY FANLAR

**НАУЧНЫЙ  
ВЕСТНИК.  
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года  
Выходит 6 раз в год

|                                                                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>I.R.Asqarov, O.Sh.Abdulloev, Q.Q.Otaxonov, Z.N.Razzaqov</b><br>Analysis of the content of water-soluble vitamins in the food supplement AS-RAZZOQ .....                                                               | 6   |
| <b>S.M.Ikramova, D.N.Shaxidova, H.G'.Qurbonov, D.A.Gafurova</b><br>Nikel ionlarini sorbsiyalash uchun yangi ion almashuvchi materialning ishlatilishi .....                                                              | 12  |
| <b>N.M.Qoraboyeva, D.A.Gafurova, B.T.Orziqulov, H.G'.Qurbonov</b><br>Polikompleksonning olinishi va fizik-kimyoviy xossalari .....                                                                                       | 18  |
| <b>M.A.Axmadaliyev, N.M.Yakubova, I.R.Xasanboyev</b><br>$\alpha, \beta$ –To'yinmagan ketonlarni olish .....                                                                                                              | 25  |
| <b>A.X.Xaydarov, O.M.Nazarov, X.N.Saminov</b><br>Olma o'simligi barglari efir moylarining kimyoviy tarkibini o'rganish .....                                                                                             | 30  |
| <b>M.N.Po'latova, S.Y.Xushvaqto'v, D.J.Bekchanov,</b><br>Tarkibida amino va karboksil guruh tutgan polikompleksonlarning olinishi va xossalar<br>(sharhiy maqola) .....                                                  | 36  |
| <b>D.A.Eshkursunov, A.Inxonova, D.J.Bekchanov, M.G.Muxamediyev</b><br>Magnit xossali polimer nanokompoziti yordamida farmatsevtika chiqindi suvlaridagi<br>paratsetamolning fotokatalitik degradatsiyasi .....           | 43  |
| <b>Y.S.Fayzullayev, D.J.Bekchanov, M.G.Muxamediyev, M.R.Murtozaqulov, X.U.Usmonova</b><br>Tarkibida amino va fosfon guruh saqlagan yangi avlod ion almashuvchi material olish .....                                      | 53  |
| <b>V.U.Xo'jayev S.S.Omonova</b><br>O'zbekistonda keng tarqalgan <i>Heliotropium</i> turkumiga mansub ba'zi o'simliklarning<br>element tarkibini tadqiq qilish .....                                                      | 56  |
| <b>SH.A.Mamajonov, N.B.Odilxo'jazoda, S.S.G'ulomova</b><br><i>Liridendron tulipifera</i> L. o'simligining alkaloid tarkibini o'rganish .....                                                                             | 63  |
| <b>D.G'.Urmonov, M.M.Axadjonov</b><br><i>Limonium otolepis</i> ildiz po'stlog'idagi kondensirlangan tanninlarning miqdoriy va<br>spektroskopik tahlili .....                                                             | 66  |
| <b>N.M.Yuldasheva, B.J.Komilov K.A.Eshbakova, SH.A.Sulaymonov, B.D.Mamarasulov</b><br><i>Inula rhizocephala</i> gul qismi efir moyining kimyoviy tarkibi va mikroblarga qarshi faolligi .....                            | 70  |
| <b>A.M.No'monov, S.R.Mirsalimova, A.B.Abdikamalova, D.A.Ergashev</b><br>Log'on bentonitini boyitish va uni modifikatsiyalab olingan organobentonitlarni<br>skanerlovchi elektron mikroskop yordamida tahlil qilish ..... | 76  |
| <b>M.Sh.Muxtorova, V.U.Xo'jayev, U.V.Muqimjonova</b><br><i>Lonicera nummularifolia</i> o'simligi bargi, ildizi va poyasi tarkibidagi aminokislotalar tahlili .....                                                       | 83  |
| <b>Z.M.Chalaboyeva, M.J.Jalilov, S.R.Razzoqova, Sh.A.Kadirova, Sh.Sh.Turg'unboyev</b><br>N-(1h-1,2,4-triazol-II) asetamidni rux (II) xlorid bilan kompleks birikmasining sintezi va tadqiqoti ..                         | 88  |
| <b>D.A.Eshkursunov, I.I.Abduljalilov, D.J.Bekchanov, A.T.Xasanov</b><br>Ppe-1/Nio nanozarrachalari orqali asetamidrid (pestitsid)ning fotokatalitik parchalanishi .....                                                  | 94  |
| <b>I.R.Askarov, Ch.S.Abdujabborova</b><br>Analysis of the biological activity of the food additive "As lupinus" .....                                                                                                    | 100 |
| <b>X.X.Usmonova, M.G.Muxamediev</b><br>AN-31 Anion almashuvchi materialga Cu(II) ionlari sorbsiyasi .....                                                                                                                | 104 |
| <b>I.I.Abduljalilov, D.A.Eshkursunov, D.J.Bekchanov, M.G.Muxamediyev</b><br>Metal oksid zarrachalarini saqlagan funksional polimer kompleksining olinishi va<br>uning spektroskopik tahlili .....                        | 109 |
| <b>I.R.Askarov, M.M.Khojimatov, D.S.Khojimatova</b><br>Methods for determining the acute poisoning and cumulative properties of a natural remedy<br>"As-Sultan" .....                                                    | 115 |
| <b>F.X.Bo'riyev, E.M.Ziyadullayev, G.Q.Otamuxamedova, F.Z.Qo'shboqov, O.E.Ziyadullayev</b><br>Atsetilen spirtlarining oksidlanish jarayonlariga katalizatorlar ta'siri .....                                             | 120 |

|                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>M.A.Masodikova, G.M.Zokirova, I.I.Zokirov</b><br>First recorded geographical distribution and biology of <i>Euproctis chrysorrhoea</i><br>(Lepidoptera: Erebidae) in the Fergana valley, Uzbekistan ..... | 127 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|



UO'K: 678.742+546.01/.09+543.42

**METAL OKSID ZARRACHALARINI SAQLAGAN FUNKSIONAL POLIMER  
KOMPLEKSINING OLINISHI VA UNING SPEKTROSKOPIK TAHLILI****ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОЛИМЕРНОГО КОМПЛЕКСА,  
СОДЕРЖАЩЕГО ЧАСТИЦЫ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ, И ЕГО СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ  
АНАЛИЗ****PREPARATION OF A FUNCTIONAL POLYMER COMPLEX CONTAINING METAL  
OXIDE PARTICLES AND ITS SPECTROSCOPIC ANALYSIS****Abdujalilov Ilxomjon Ibrohimjon o'g'li<sup>1</sup>** <sup>1</sup>Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti, Kimyo fakulteti qoshidagi FL-8323102079-sonli fundamental loyiha laboranti**Eshtursunov Davron Abdisamatovich<sup>2</sup>** <sup>2</sup>Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti, Kimyo fakulteti polimerlar kimyosi kafedrasida tayanch doktoranti,**Bekchanov Davronbek Jumazarovich<sup>3</sup>** <sup>3</sup>Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti, Kimyo fakulteti polimerlar kimyosi kafedrasida k.f.d., prof.**Muxamediyev Muxtarjan Ganievich<sup>4</sup>** <sup>4</sup>Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti, Kimyo fakulteti polimerlar kimyosi kafedrasida k.f.d., prof.**Annotatsiya**

Rux oksidi (ZnO) nanozarrachalari o'zining yuqori fotokatalitik faolligi, zaharli bo'lmagan tabiati va ko'p qirrali qo'llanilishi tufayli materialshunoslikda muhim ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqotda ZnO nanozarrachalari mahalliy xomashyodan olingan PPE-1 polimer anioniti sirtida uch xil usul – cho'ktirish, zol-gel va yashil sintez yordamida sintez qilindi. Sintez jarayonlari ZnO ning polimer bilan integratsiyasini ta'minlashga qaratildi, bu esa yangi funksional xususiyatlarga ega nanokompozitlar yaratish imkonini berdi. Olingan ZnO/PPE-1 nanokompozitlari infraqizil (IQ) va Raman spektroskopiyasi yordamida xarakterlandi. IQ spektrlarida Zn-O bog'lariga xos 423-525  $\text{cm}^{-1}$  chastotalar aniqlandi, Raman tahlillari esa polimerdagi amin guruhlar bilan ZnO o'rtasidagi o'zaro ta'sirni tasdiqladi. Ushbu natijalar ZnO nanozarrachalarining polimer sirtida muvaffaqiyatli hosil bo'lganligini ko'rsatdi. Tadqiqot ZnO/PPE-1 nanokompozitining fotokatalitik tozalash, xususan, organik ifloslantiruvchilarni fotokatalitik parchalashda qo'llanilishi mumkinligini ta'kidladi. Ishning amaliy ahamiyati suvni tozalash texnologiyalarida samarali materiallar ishlab chiqarishga xizmat qiladi.

**Аннотация**

Наночастицы оксида цинка (ZnO) имеют большое значение в материаловедении благодаря своей высокой фотокаталитической активности, нетоксичности и универсальности применения. В данном исследовании наночастицы ZnO были синтезированы на поверхности полимерного анионита ППЭ-1, полученного из местного сырья, с использованием трех различных методов — осаждения, золь-гель и зеленого синтеза. Процессы синтеза были направлены на обеспечение интеграции ZnO с полимером, что позволило создать наноконкомпозиты с новыми функциональными свойствами. Полученные наноконкомпозиты ZnO/PPE-1 были охарактеризованы с помощью инфракрасной (ИК) и рамановской спектроскопии. В ИК-спектрах были обнаружены частоты в области 423–525  $\text{cm}^{-1}$ , характерные для связей Zn-O, тогда как анализы Рамана подтвердили взаимодействие между аминогруппами в полимере и ZnO. Эти результаты показали, что наночастицы ZnO успешно сформировались на поверхности полимера. Исследование выявило потенциальные возможности применения наноконкомпозита ZnO/PPE-1 в фотокаталитической очистке, в

частности в фотокаталитической деградации органических загрязнителей. Практическая значимость работы заключается в разработке эффективных материалов для технологий очистки воды.

**Abstract**

Zinc oxide (ZnO) nanoparticles are of great interest in materials science due to their high photocatalytic activity, non-toxic nature, and versatile applications. In this study, ZnO nanoparticles were synthesized on the surface of a locally sourced PPE-1 polymer anionite using three different methods: precipitation, sol-gel, and green synthesis. The synthesis processes were focused on ensuring the integration of ZnO with the polymer, which allowed the creation of nanocomposites with novel functional properties. The resulting ZnO/PPE-1 nanocomposites were characterized using infrared (IR) and Raman spectroscopy. In the IR spectra, frequencies of 423–525  $\text{cm}^{-1}$  characteristic of Zn-O bonds were detected, while Raman analysis confirmed the interaction between the amine groups in the polymer and ZnO. These results indicated the successful formation of ZnO nanoparticles on the polymer surface. The study highlighted the potential of ZnO/PPE-1 nanocomposite for photocatalytic purification, particularly for photocatalytic degradation of organic pollutants. The practical significance of the work lies in the development of effective materials for water purification technologies.

**Kalit soʻzlar:** PPE-1 anioniti, ZnO nanozarrachasi, Choʻktirish usuli, Zol-gel, Yashil sintez, IQ va Raman spektroskopiya.

**Ключевые слова:** анионообменная смола ППЭ-1, наночастицы ZnO, метод осаждения, золь-гель, зеленый синтез, ИК- и рамановская спектроскопия.

**Key words:** PPE-1 anion exchange resin, ZnO nanoparticle, Precipitation method, Sol-gel, Green synthesis, IR and Raman spectroscopy.

**KIRISH**

Sanoatning jadal rivojlanishi kimyoviy materiallar ishlab chiqarish hajmini oshirdi, bu esa atrof-muhitga sezilarli taʼsir koʻrsatmoqda. Toʻqimachilik va boʻyoq sanoatlari organik ifloslantiruvchi moddalar chiqindilarining asosiy manbai boʻlib, global suv resurslariga zarar yetkazmoqda. Jahon banki maʼlumotlariga koʻra, toʻqimachilik sanoati dunyodagi chiqindi suvlarning taxminan 17-20% ini tashkil qiladi, bunda metilen koʻki kabi boʻyoqlar suv ifloslanishida katta rol oʻynaydi (Australia, 2022).

Shu bilan birga, ushbu soha katta hajmdagi suv resurslarini talab qiladi. Ellen MacArthur Foundation hisobotiga koʻra, toʻqimachilik yiliga oʻrtacha 93 milliard kub metr suv isteʼmol qilib, eng koʻp suv sarflaydigan tarmoqlar qatoriga kiradi (Ellen MacArthur Foundation, 2021). Ushbu chiqindilar tabiatda sekin parchalanadi va ekotizimga uzoq muddatli salbiy taʼsir koʻrsatadi (Lellis et al., 2019). Shu sababli, chiqindi suvlarni samarali tozalash va atrof-muhitga chiqarishdan oldin zararsizlantirish dolzarb muammoga aylandi (Ounas et al., 2020).

Anʼanaviy tozalash usullari, masalan, membranali filtratsiya va adsorbsiya, ifloslantiruvchilarni ajratib olish bilan cheklanadi, lekin ularni toʻliq yoʻq qila olmaydi. Shu nuqtai nazardan, fotokatalitik oksidlash jarayonlari organik birikmalarni zararsiz moddalarga (masalan,  $\text{CO}_2$  va  $\text{H}_2\text{O}$  ga) aylantirishda samarali yechim sifatida ajralib turadi. Rux oksidi (ZnO) oʻzining fotokatalitik faolligi, taqiqlanish soha kengligi ( $E=3.37 \text{ eV}$ ) va zaharli boʻlmagan tabiati tufayli bu sohada keng oʻrganilmoqda (Parashar et al., 2020). ZnO nanozarrachalari yorugʻlik taʼsirida reaktiv kislorod turlarini hosil qilib, organik ifloslantiruvchilarni parchalashga qodir (Eswaran et al., 2024). Biroq, ZnO ning barqarorligini oshirish va qoʻllanilishini kengaytirish uchun uni polimer matritsalar bilan birlashtirish tobora dolzarb boʻlib bormoqda.

**ADABIYOTLAR TAHLILI**

ZnO asosidagi polimer nanokompozitlar boʻyicha soʻnggi tadqiqotlar dunyo miqyosida eʼtibor qozonmoqda. Masalan, Hindistonlik olimlar (Kaliramna et al., 2022) ZnO ni polimetilmetakrilat (PMMA) bilan birlashtirib, mexanik mustahkamlik va fotokatalitik xususiyatlarga ega kompozitlar sintez qildi. Ularning tadqiqoti ZnO nanozarrachalarining polimer bilan yaxshi oʻzaro taʼsirini koʻrsatdi, bu esa materialning fotokatalitik samaradorligini oshirdi. Xitoylik tadqiqotchilar (G et al., 2019) ZnO ni polimer tolalari bilan integratsiya qilib, ultrabinafsha nurlarga chidamlilik va antibakterial xususiyatlarni birlashtirdi. Bu kompozitlar qadoqlash materiallari sifatida qoʻllanilishi mumkinligini isbotladi. Shu bilan birga, Kolumbiyalik olim hamkasblari bilan (Castro et al., 2023) oʻsimlik ekstrakti yordamida ZnO nanozarrachalarini sintez qilib, ularni Polycaprolactone/Poly(lactic Acid) bilan birlashtirdi. Ushbu yashil sintez usuli ekologik toza boʻlib, biokompozitlarning biologik moslashuvchanligini oshirdi.

## KIMYO

ZnO ni polimerlar bilan integratsiyasi unga qo'shimcha mexanik barqarorlik, sirt yuzasini ortishi tufayli fotokatalitik samaradorlik va termik xususiyatlar beradi, ZnO esa polimerning optik va fotokatalitik xususiyatlarini yaxshilaydi.

Ushbu tadqiqotda ZnO nanozarrachalari mahalliy xom ashyodan olingan PPE-1 (Mukhamediev & Bekchanov, 2019). polimer anioniti sirtida cho'ktirish, zol-gel va yashil sintez usullari yordamida sintez qilinib, olingan ZnO/PPE-1 nanokompozitining fotokatalitik potentsiali infraqizil spektroskopiya orqali o'rganildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi suv ifloslanishi kabi atrof-muhit muammolarini hal qilishda samarali, ekologik toza va iqtisodiy jihatdan foydali materiallar ishlab chiqarishga hissa qo'shishdir. Dunyodagi so'nggi tadqiqotlardan kelib chiqib, ushbu ish ZnO/polimer nanokompozitlarning amaliy qo'llanilishini kengaytirishga qaratildi.

**TADQIQOT METADOLOGIYASI****Reagentlar.**

ZnO/PPE-1 funksional nanokompozitini sintez qilish uchun quyidagi reagentlardan foydalanildi: rux atsetat digidrat ( $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 99% tozalik, Sigma-Aldrich), natriy gidroksid (NaOH, 98%, Merck), etilen glikol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , 99.8%, Thermo Fisher Scientific), ammoniy gidroksid ( $\text{NH}_4\text{OH}$ , 25% eritma, Sigma-Aldrich), distillangan suv va yashil sintez uchun yong'oq daraxti (*Juglans regia*) barglari ekstrakti. Polimer matritsasi sifatida mahalliy xom ashyodan olingan PPE-1 anioniti ishlatildi.

**Spektroskopik analiz.** Sintez jarayonlari magnit aralashtirgich (EISCO scientific, 0-2000 rpm), mufel pech (Тип СНОЛ-1,6,2,5.1/11-из, 1100°C gacha), analitik tarozi (ANALYTICAL BALANCE, 0.1 mg aniqlik) va ultratovushli vanna (GT SONIC-D6, 40 kHz) yordamida amalga oshirildi. Olingan namunalarni xarakterlash uchun Bruker INVENIO-X spektrofotometri (IQ spektrlari, 400-4000  $\text{cm}^{-1}$  diapazon, xona harorati) va Bruker BRAVO spektrofotometri (Raman spektrlari, 300-3200  $\text{cm}^{-1}$  diapazon) ishlatildi. Ushbu uskunalardan olingan ma'lumotlar ZnO bog'larining polimer sirtidagi mavjudligini aniqlashga imkon berdi.

**Cho'ktirish usulida ZnO/PPE-1 nanomaterial sintezi.** Kimyoviy cho'ktirish usuli ZnO nanozarrachalarini PPE-1 sirtida hosil qilish uchun oddiy va samarali usul sifatida tanlandi. 4.0 g  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  analitik tarozida o'lchanib, 20 ml distillangan suvda magnit aralashtirgich yordamida 400 rpm tezlikda to'liq eriguncha aralashtirildi. Eritmaga 10 g PPE-1 anioniti qo'shildi va aralashma 60°C da 30 daqiqa qizdirildi. Keyin 25%  $\text{NH}_4\text{OH}$  eritmasidan 15 ml tomchilab qo'shildi (pH 9 ga yetguncha). Aralashma oq rangga kirguncha 2 soat davomida aralashtirildi. Natijada hosil bo'lgan cho'kma 80°C da pechda 12 soat quritildi, so'ng distillangan suv bilan uch marta yuvilib, filtrlandi. Quritilgan namuna mufel pechda 300°C da 2 soat kalsinatsiya qilindi. Ushbu usul ZnO ning nanorod-simon shaklda hosil bo'lishini ta'minladi.

**Zol-gel usulida ZnO/PPE-1 nanomaterial sintezi.** Zol-gel usuli ZnO nanozarrachalarining bir xil taqsimlanishini ta'minlash uchun qo'llanildi. 4.0 g rux atsetat digidrat 25 ml deionizatsiyalangan suvda 400 rpm tezlikda 20 daqiqa eritildi. So'ngra 10 g PPE-1 qo'shildi, so'ng 2 ml etilen glikol stabilizator sifatida 15 daqiqa davomida tomchilatib qo'shildi, bu aglomeratsiyani kamaytirdi. pH 9.0 ga yetkazish uchun 25%  $\text{NH}_4\text{OH}$  (~15 ml) qo'shildi.  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  gel hosil bo'lgach, aralashma 70°C da 2 soat aralashtirildi (400 rpm). Gel yopiq idishda 25°C da 24 soat yetiltilirdi, so'ng 150°C da 6 soat quritildi va 300°C da 2 soat (5°C/min) kalsinatsiya qilindi. Bu jarayon ZnO ning polimer sirtida barqaror joylashishini ta'minladi.

**Yashil sintez usulida ZnO/PPE-1 nanomaterial sintezi. Ekstrakt tayyorlash.** Yashil sintez ekologik jihatdan barqaror usul sifatida qo'llanildi. Yashil sintez uchun ekstrakt tayyorlash uchun quritilgan yong'oq daraxti bargi namunalari analitik tarozida 20 gr tortib olindi va yaxshilab maydalandi. Maydalangan barg namunasi 500 ml stakanga solindi va uning ustiga 100 ml distillangan suv qo'shildi. Keyin aralashma magnitli qizdirgichda 2 soat davomida 70-80 °C da aralashtirib turildi. Ekstrakt fitrdan o'tkazib ajratib olindi.

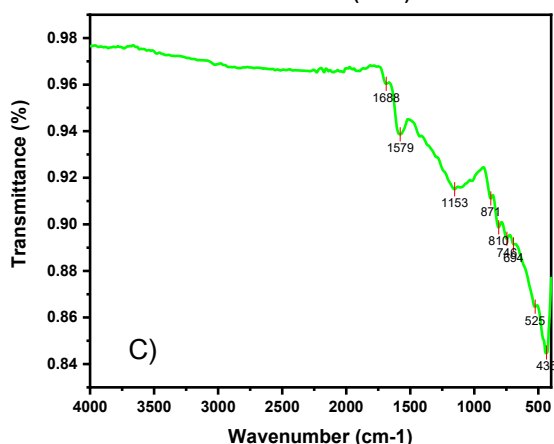
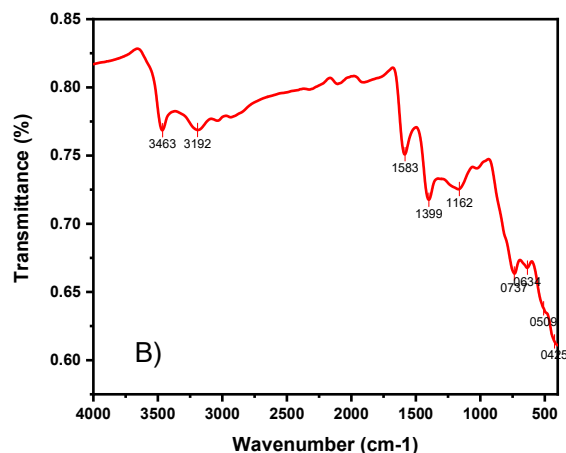
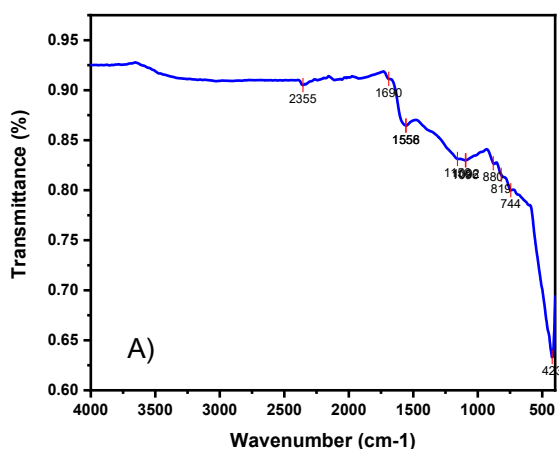
Sintez uchun 2 molyarli 10 ml eritmasi tayyorlab olindi. Rux atsetat tuzidan analitik tarozida 4.38 g miqdorda tortib olindi va 150 ml li stakanga solindi. Tuz solingan stakanga 10 ml distillangan suv quyib magnitli qizdirgich yordamida tuz to'liq eriguncha aralashtirib turildi. PPE-1 ionitidan 10 g analitik tarozida tortib olindi va rux tuzi eritmasi ustiga qo'shildi. Aralashma 60°C da 20 minut davomida aralashtirib turildi. Keyin uning ustiga tomchilatib turgan holda ekstraktdan 40 ml miqdorda qo'shildi. Reaksiya 4-5 soat davomida 60 °C da muntazam aralashtirib turgan xolda cho'kma hosil

bo'lguncha bajarildi. Reaksiyadan so'ng mahsulot filtrlab olindi va distillangan suv bilan 3-4 marotaba etil spirti bilan 1 marotaba yuvildi. Fitrat quritishga bir kechaga 80 °C ga pechga qo'yildi. Quritilgan na'muna qizdirish uchun mufel pechga 300 °C ga qo'yildi.

### NATIJALAR VA MUHOKAMA

Infraqizil spektroskopiyasi natijalari uch xil usulda cho'ktirish(A), zol-gel(B) va yashil sintez(C) usullari yordamida sintez qilingan ZnO/PPE-1 namunalarining kimyoviy bog'lanish xususiyatlarini ko'rsatdi (1-rasm). N-H bog'lariga tegishli valent tebranishlar 3463  $\text{sm}^{-1}$  sohada va 1558  $\text{sm}^{-1}$  (1-rasm A), 1583  $\text{sm}^{-1}$  (1-rasm B), 1579  $\text{sm}^{-1}$  (1-rasm C) sohalarda deformatsion tebranishlarga mos cho'qqilar kuzatilgan. 3192  $\text{sm}^{-1}$  va 1399  $\text{sm}^{-1}$  sohalarda adsorbsiyalangan  $\text{H}_2\text{O}$  dagi O-H bog'ining valent va deformatsion tebranishlariga xos cho'qqilar mavjud. Spektrlarda 423  $\text{sm}^{-1}$  (1-A rasm), 425, 509  $\text{sm}^{-1}$  (1-B rasm), 436, 525  $\text{sm}^{-1}$  (1-C rasm) sohada M-O bog'iga tegishli valent tebranishga xos cho'qqi mavjudligi polimer sirtida ZnO nanozarrachalari hosil bo'lganini tasdiqlaydi.

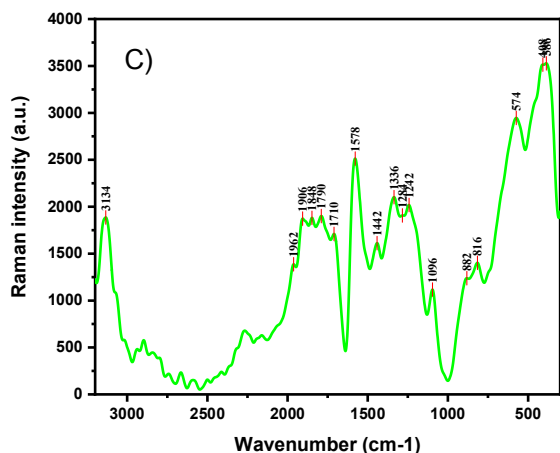
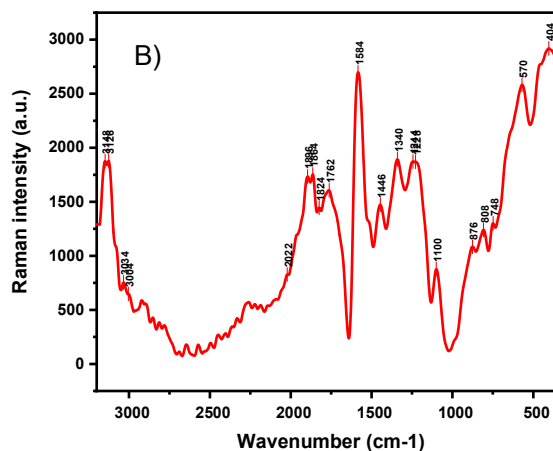
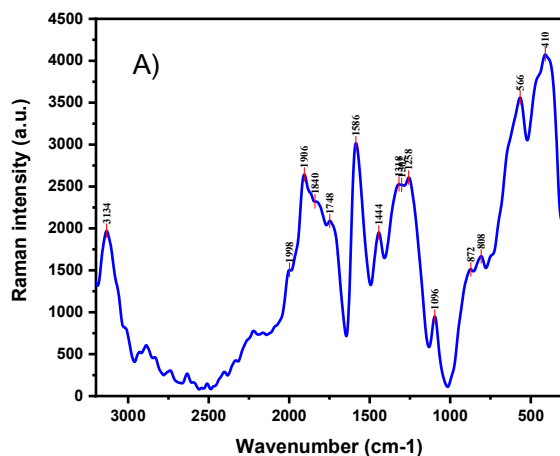
Quyidagi 2-rasmda uch xil usulda olingan ZnO/PPE-1 polimer metall oksidi kompleksining Raman spektrlari keltirilgan. Raman spektrlari Polimer tarkibida amin guruhlar va ZnO tutganligini ko'rsatadi. 3134  $\text{sm}^{-1}$  sohadagi intensiv cho'qqilar  $\text{NH}_2$  guruhdagi C-H mos simmetrik valent tebranishlarga mos keladi. 1586 $\text{sm}^{-1}$  (2-A rasm), 1584 $\text{sm}^{-1}$  (2-B rasm), 1578 $\text{sm}^{-1}$  (2-C rasm) da =N-H ning deformatsion tebranishlariga mos intensiv cho'qqilar mavjud. Bundan tashqari IQ spektrdan farqli 574 $\text{sm}^{-1}$  va 404 $\text{sm}^{-1}$  sohalarda Zn-O bog'iga tegishli tebranish cho'qqilari yaqqol ko'ringan. Ushbu IQ va Raman spektrlaridan polimerdagi amino guruhlar va ZnO orasida kordinatsion bog' va



1-rasm. A)Cho'ktirish, B)Zol-gel, C)Yashil sintez usullarida olingan ZnO/PPE-1 nanomaterialining infraqizil spektrlari.

elektrostatik ta'sirlar vujudga kelgan deb tahmin qilish mumkin va ZnO nanozarrachalari polimer sirtida muvoffaqiyatli sintez qilingan.

## KIMYO



2-rasm. Uch xil usulda olingan ZnO/PPE-1

nanomaterialning Raman spektrlari:

A)cho'ktirish, B)zol-gel, C)yashil sintez

## XULOSA

Ushbu tadqiqotda ZnO nanozarrachalari PPE-1 anioniti sirtida kimyoviy cho'ktirish, zol-gel va yashil sintez usullari yordamida muvaffaqiyatli sintez qilindi. Infraqizil (IQ) va Raman spektroskopiyasi natijalari ZnO ning polimer substratida barqaror joylashganligini tasdiqladi, bu ZnO bog'larining xarakterli tebranishlari ( $423\text{--}525\text{ sm}^{-1}$ ) va polimerning amin guruhlari bilan o'zaro ta'siri ( $3463\text{ sm}^{-1}$  va  $1558\text{--}1586\text{ sm}^{-1}$ ) orqali isbotlandi. Har bir usul o'ziga xos afzalliklarni namoyish etdi: zol-gel usuli yuqori struktura bir xilligi va fotokatalitik samaradorlikni ta'minlasa, kimyoviy cho'ktirish oddiyligi va tezkorligi bilan ajraldi, yashil sintez esa ekologik jihatdan barqaror alternativ mahsulot sifatida samaradorlik ko'rsatdi.

## ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Australia, W. E. (2022, April 7). Pollution in Textile Industry. Manufacturer, Exporter and Supplier of Waste Water Treatment Plants, Zero Liquid Discharge Systems (ZLD System), Waste Incinerator Systems (Solid Liquid Waste Management), Reverse Osmosis Plants, Sea Water Desalination Plants, Effluent Recycling Plants (Effluent Treatment Plants) in Vietnam, Cambodia, Bangladesh, Indonesia, Thailand, South Korea. <https://watermanaustralia.com/pollution-in-textile-industry/>
2. Castro, J. I., Araujo-Rodríguez, D. G., Valencia-Llano, C. H., López Tenorio, D., Saavedra, M., Zapata, P. A., & Grande-Tovar, C. D. (2023). Biocompatibility Assessment of Polycaprolactone/Poly(lactic Acid)/Zinc Oxide Nanoparticle Composites under In Vivo Conditions for Biomedical Applications. *Pharmaceutics*, 15(9), 2196. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15092196>
3. Eswaran, P., Madasamy, P. D., Pillay, K., & Brink, H. (2024). Sunlight-driven photocatalytic degradation of methylene blue using ZnO/biochar nanocomposite derived from banana peels. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05999-z>
4. G, Z., Y, X., J, Y., N, X., R, L., & Y, Z. (2019). Ultraviolet Light-degradation Behavior and Antibacterial Activity of Polypropylene/ZnO Nanoparticles Fibers. *Polymers*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/polym11111841>

5. Kaliramna, S., Dhayal, S. S., & Kumar, N. (2022). Structural and optical studies of ZnO doped PMMA thin film and its photocatalytic and antibacterial activities. *Optical Materials*, 133, 112891. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2022.112891>
6. Lellis, B., Fávaro-Polonio, C. Z., Pamphile, J. A., & Polonio, J. C. (2019). Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms. *Biotechnology Research and Innovation*, 3(2), 275–290. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2019.09.001>
7. Mukhamediev, M. G., & Bekchanov, D. Zh. (2019). New Anion Exchanger Based on Polyvinyl Chloride and Its Application in Industrial Water Treatment. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 92(11), 1499–1505. <https://doi.org/10.1134/S1070427219110053>
8. Ounas, O., Lekhlif, B., & Jamal-eddine, J. (2020). The facile immobilization of ZnO into a polymer surface for photodegradation of organic contaminants. *Materials Today: Proceedings*, 30, 816–822. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.179>
9. Parashar, M., Shukla, V. K., & Singh, R. (2020). Metal oxides nanoparticles via sol–gel method: A review on synthesis, characterization and applications. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31(5), 3729–3749. <https://doi.org/10.1007/s10854-020-02994-8>