

## NITRON TOLASINING G-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> BILAN NANOKOMPOZITI SINTEZI VA FOTOKATALITIK XOSSALARI

**Xolmatov Shavkat Chori o'g'li**

Qarshi Davlat Universiteti, 1-kurs magistranti

E-mail: [shavkatxolmatov668@gmail.com](mailto:shavkatxolmatov668@gmail.com)

**Zuxra Xakimova**

Qarshi Davlat Universiteti,

Organik kimyo kafedrasida dotsenti

**Kattaev Nuritdin To'rayevich**

O'zbekiston Milliy Universiteti

Fizikaviy kimyo kafedrasida dotsenti

**Akbarov Hamdam Ikromovich**

O'zbekiston Milliy Universiteti

Fizikaviy kimyo kafedrasida professori

**Annotatsiya:** Ushbu izlanishimizda grafitimon uglerod nitridi asosida nanokompozitlar sintezi va olingan kompozitlarning IQ spektri va rentgenofazaviy tahlil natijalari o'rganilgan.

**Kalit so'zlar:** g- C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, PAN, termal polikondetsatsiya, ta'qiqlangan soha kengligi, 2θ burchak, IQ-Furye spektroskopiyasi, Rentgenofazaviy tahlil.

## SYNTHESIS AND PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF NITRONE FIBER NANOCOMPOSITE WITH G-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

**Abstract:** In this research, we studied the synthesis of nanocomposites based on graphitic carbon nitride and the results of the IR spectrum and X-ray diffraction analysis of the obtained composites.

**Keywords:** g- C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, PAN, thermal polycondensation, band gap, 2θ angle, IR-Fourier spectroscopy, X-ray diffraction analysis.

## СИНТЕЗ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТА НИТРОНОВОГО ВОЛОКНА С G-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

**Аннотация:** В данной работе изучен синтез нанокomпозитов на основе графитового нитрида углерода и результаты ИК-спектрального и рентгеноструктурного анализа полученных композитов.

**Ключевые слова:** g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, ПАН, термическая поликонденсация, ширина запрещенной зоны, угол 2θ, ИК-Фурье-спектроскопия, рентгеноструктурный анализ.

## KIRISH

Ma'lumki, grafitsimon uglerod nitridi ( $g-C_3N_4$ ) grafitga o'xshash qatlamli tuzilishga ega, uglerod va azot atomlaridan iborat polimer, polikonyugatsiyalangan yarimo'tkazgichdir.  $g-C_3N_4$  nafaqat iqtisodiy va ekologik jihatdan qulay, balki  $g-C_3N_4$  ni qo'llash uchun qimmatli materiallarga aylantiradigan yuqori kimyoviy barqarorlik, termal barqarorlik, fotoelektrokimyoviy xususiyatlar, oksidlanmaslik, biologik moslik va suvga chidamlilik kabi tengsiz fizik va kimyoviy xususiyatlarga ega. Uning yuqori fotokatalitik xususiyatlari tadqiqotchilarning e'tiborini tortgan.

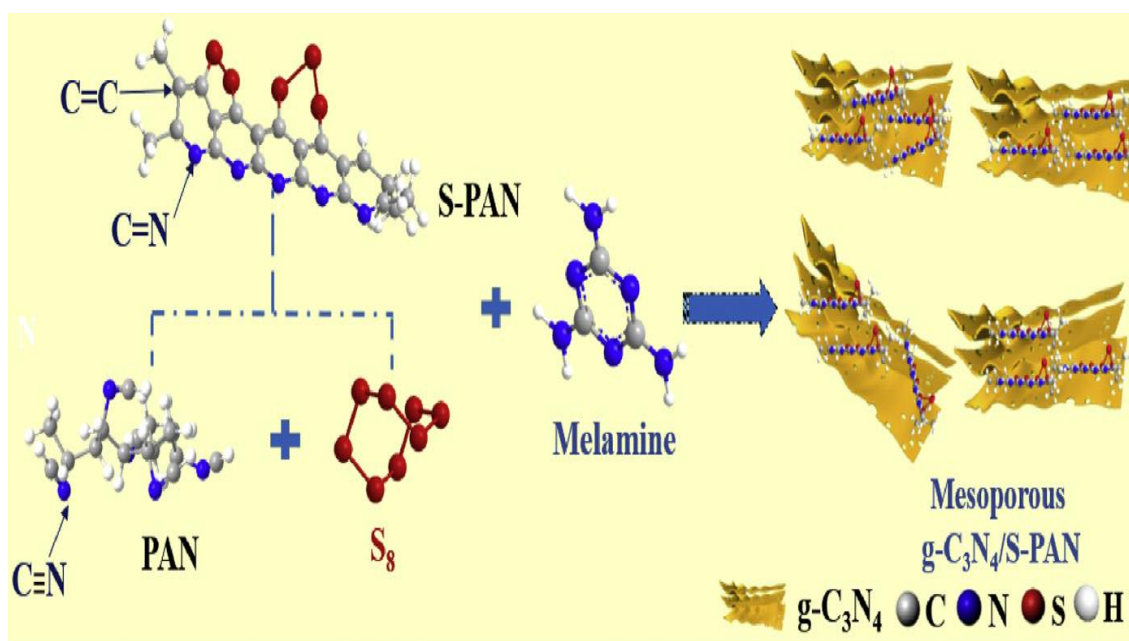
So'nggi yillarda ko'rinuvchi yorug'lik sohasidagi nometall polimersimon grafit uglerod nitridi suvning parchalanish jarayoni orqali vodorod olish uchun samarali redoks potentsiali tufayli katta e'tiborni tortdi. Reaksiyalar quyosh nuri ta'sirida selektiv oksidlanish va organik chiqindilar, ifloslantiruvchi moddalar va mahsulotlarning parchalanishi [1-2] da keltirilgan.  $g-C_3N_4$  qatlamli strukturadir (qatlamlar orasidagi masofa taxminan 0,33 nm) katta sirt maydoni tarmoqli bo'shlig'iga (2,7 eV) mos keladigan va elektronga boy sirtga ega bo'lib, yuqori fotokatalitik xususiyatlar bilan ajralib turishi [3-4] da ko'rsatilgan. Bundan tashqari, u moslashuvchanlik, yengil vazn, barqarorlik, kimyoviy inertlik, suvga chidamlilik va biomoslashuv kabi muhim fizik-kimyoviy xususiyatlari bilan ajralib turuvchi material hisoblanadi, bu uni yorug'lik chiqaradigan qurilmalar, xavfli kimyoviy aniqlash sensorlari va fotokataliz qilish uchun mos materialga aylantiradi.

So'nggi yillarda yaqin ultrabinafsha va ko'rinuvchan sohalarda fotokataliz amalga oshiruvchi va shu sohalardagi yorug'lik energiyasini kimyoviy (elektr) energiyasiga aylantirib beruvchi nometall polimersimon moddalar sinteziga talab oshib bormoqda. Bu birikmalar suvni parchalab vodorod gazi olish uchun samarali redoks potentsiali tufayli istiqbollidir. Bundan tashqari bu birikmalar litiyli batareyalar interkalatsiyasi, superkondensatorlar ishlab chiqarish, tabiatdagi va oqova suvlardagi organik chiqindilar va ifloslantiruvchi moddalarni quyosh nuri ta'sirida parchalashda foydalanilishi [1-2] adabiyotlarda keltirilgan. Bu yo'nalishda grafitsimon uglerod nitridlari va ular asosida sintez qilingan birikmalar muhim ahamiyatga ega. Grafitsimon uglerod nitridi  $g-C_3N_4$  qatlamli strukturaga (qatlamlar orasidagi masofa 0,33 nm), yuqori ta'qiqlangan zona kengligiga (2,7 eV), elektronga boy sirtga ega bo'lib, yuqori fotokatalitik xususiyatlari bilan ajralib turishi [3-4] aniqlangan. U muhit ta'siriga chidamlilik, moslashuvchanlik, kimyoviy inertlik, suvga chidamlilik, yengil vazn va biomoslashuv kabi xususiyatlari bilan muhim material hisoblanadi.

## TADQIQOT METODOLOGIYASI

$g\text{-C}_3\text{N}_4$  ning solishtirma sirt yuzasi kichik bo'lganligi sabab uning fotokimyoviy faolligi yuqori emas. Uning bu xossalarni yaxshilash maqsadida  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  ga turli moddalarni dopirlab yoki  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  asosida nanokompozitlar sintez qilinmoqda. Shu sababli yuqori solishtirma sirt yuzaga va fotokatalitik faollikka ega grafitimon uglerod nitridining nanokompozitlarini termal polikondensatsiya usulida sintez qilish usullarini ishlab chiqish muhim vazifa hisoblanadi.

Olib borilgan tadqiqotlarni hisobga olgan holda termal polikondensatsiya usulida turli nisbatdagi komponentlardan turli nanokompozitlar sintez qildik. 3-amino-1,2,4-triazol, oltingugurt va poliakrilonitrildan 3:0,5:1 ( PSG-1 ) va 6:0,5:1 ( PSG-2 ) nisbatlarda olib,  $650^{\circ}\text{C}$  da argon muhitida piroliz pechida 2 soat davomida termik qayta ishlab nanokompozitlar sintez qilindi. Bu jarayon quyidagicha boradi (1-rasm) [5].



1-rasm Grafitimon uglerod nitridi asosida nanokompozitlar sintezi sxemasi

### Olingan natijalar tahlili

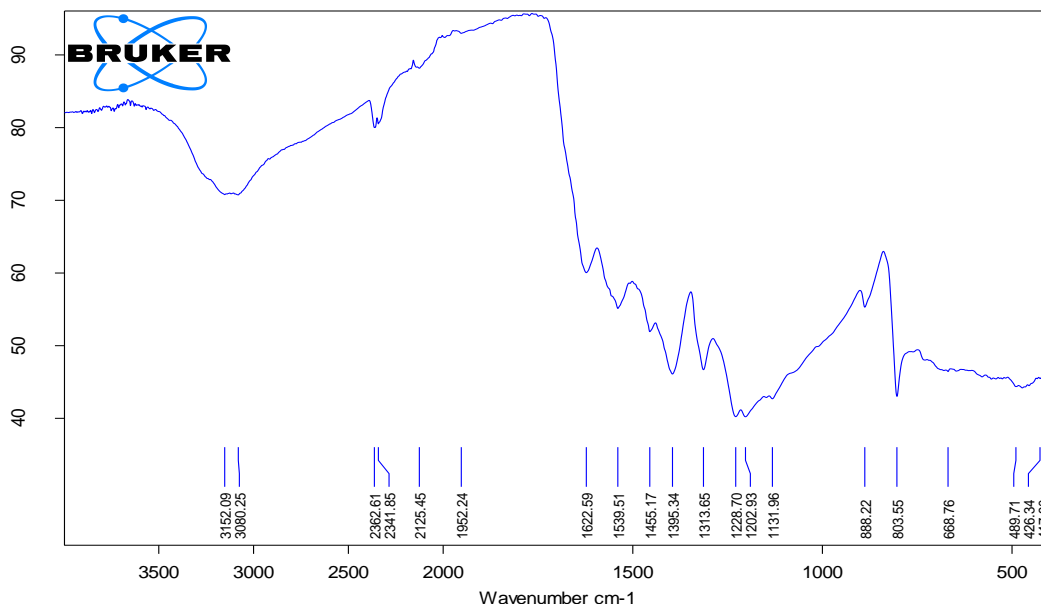
Shuni ta'kidlash kerakki, olingan na'munalarning elektron xossalari yorug'likni diffuz akslantirish spektroskopiya usuli yordamida aniqlandi. Ta'qiqlangan soha kengligi ushbu nanokompozitlarda anchagina kichik qiymatlar ( PSG-1 2,50 eV va PSG-2 2,42 eV ) ga ega bo'ldi.

## Turli yarimo‘tkazgich va fotokatalizatorlarda taqiqlangan zona kengligi 1-jadval

№	Nomi	$E_g$ , eV
1	Qo‘rg‘oshin (II) sulfid (PbS)	0,37
2	Kremniy (IV) oksid (SiO <sub>2</sub> )	9
3	Kremniy nitrid (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )	5
4	Olmos	5,5
5	Kremniy	1,14
6	Germaniy	0,67
7	Galliy nitrid (GaN)	3,4
8	Galliy fosfid (GaP)	2,26
9	Galliy arsenid (GaAs)	1,43
10	CdTe	1,5
11	g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	2,7
12	Titan (IV) oksid	3,2
13	PGS-1	2,5
14	PGS-2	2,42

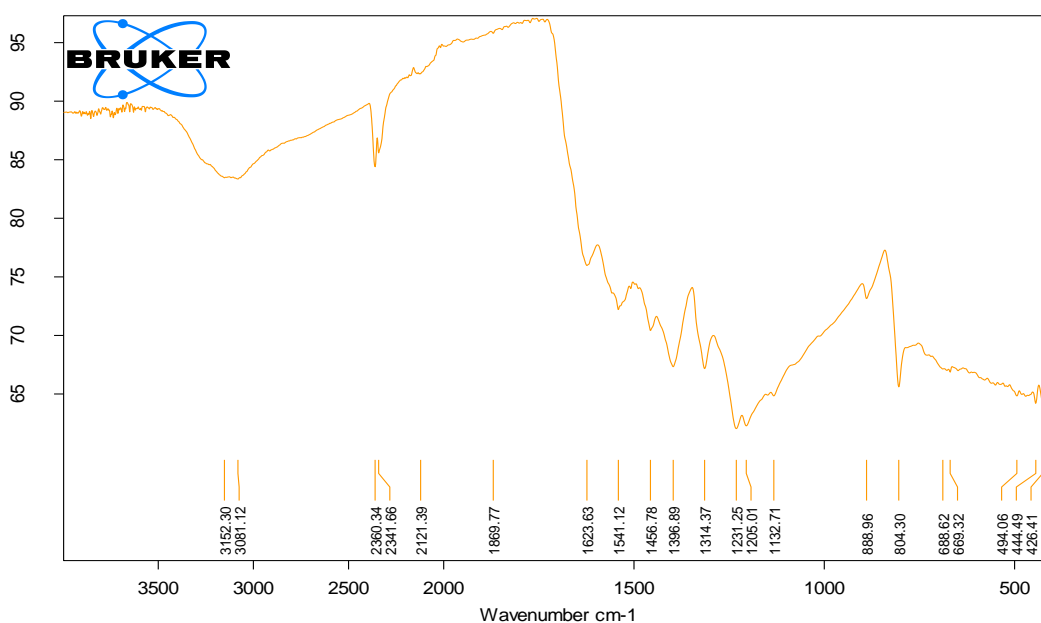
Keng ishlatiladigan yarimo‘tkazgich-fotokatalizatorlar bilan solishtirsak, olingan nanokompozitlarning ta‘qiqlangan soha kengligi amaliyotda qo‘llaniladigan yarimo‘tkazgich-fotokatalizatorlardan yaxshiroq qiymatga ega. Yuqoridagi jadvaldan xulosa qilishimiz mumkinki, biz olgan kompozitlar yarimo‘tkazgich tipidagi fotokatalizatorlardir. Ularning birinchi afzalligi nometall tipida bo‘lganligidir. Jadvaldagi ko‘plab metallar qimmat va organizmlardan chiqib ketmaydi. Shuning uchun ulardan o‘simliklardagi pestitsidlarni parchalashda ham, ichimlik suvlarini tozalashda ham ishlatib bo‘lmaydi. Bundan tashqari ularning termik koeffitsienti yuqori hisoblanadi, chunki ulardagi “daydi” elektronlar oqimi harorat ortishi bilan ko‘plab aylanma va tebranma harakatlar bajaradi. Natijada, ularning bu xususiyatlari keskin yomonlashadi. Agar ularda  $E_g > 4$  ga o‘tsa, ular izolyatorga aylanadi. Olingan kompozitlarimiz nometall tuzilishga ega bo‘lganligi uchun ularning xususiyati haroratga kam bog‘liq.

Olingan nanokompozitlar Furiye-IQ-spektroskopiya va rentgenfazaviy analiz usullari yordamida identifikatsiya qilindi [6].



### 2-rasm. Grafitsimon uglerod nitridi va poliakrilonitril asosida olingan PSG-1 nanokompozitning IQ-Furye spektri

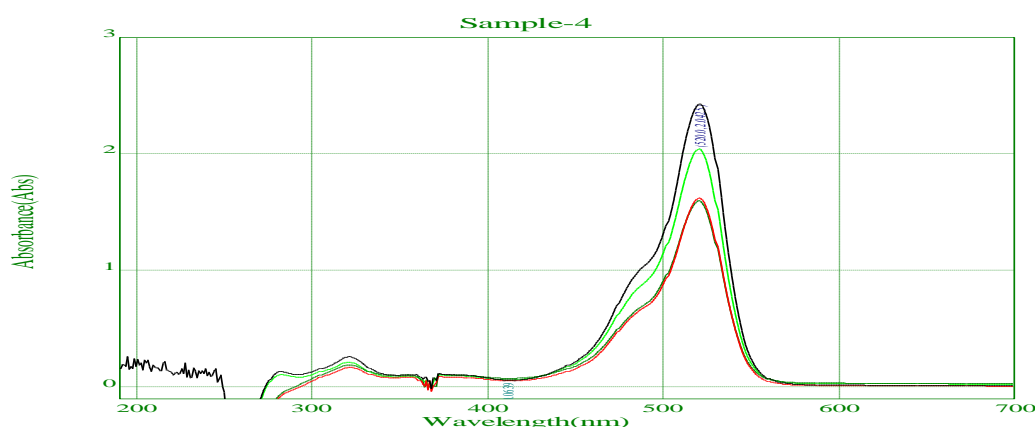
IQ-Furye spektrda turli tavsifdagi signallarni kuzatish mumkin (2-rasm).  $1623\text{ cm}^{-1}$ ,  $1539\text{ cm}^{-1}$ ,  $1455\text{ cm}^{-1}$ ,  $1314\text{ cm}^{-1}$ ,  $1229\text{ cm}^{-1}$  geptazin halqasini ifodalaydi. Ushbu na'muna spektrlarida  $\text{C}\equiv\text{N}$  guruhga tegishli yutilish maksimumi  $2242\text{ cm}^{-1}$  soha ko'zga tashlanmaydi.  $1623\text{ cm}^{-1}$  spektri  $\text{C}=\text{C}$  ga,  $3152\text{ cm}^{-1}$  N-H vodorod bog'lanishga tegishli,  $1314\text{ cm}^{-1}$   $\text{C}=\text{O}$  va  $\text{C}-\text{O}$  bog'lanishlarga (demak, jarayonda kislorod dopirlangan) tegishlidir.



### 3-rasm. Grafitsimon uglerod nitridi va poliakrilonitril asosida olingan PSG-2 nanokompozitning IQ-Furye spektri

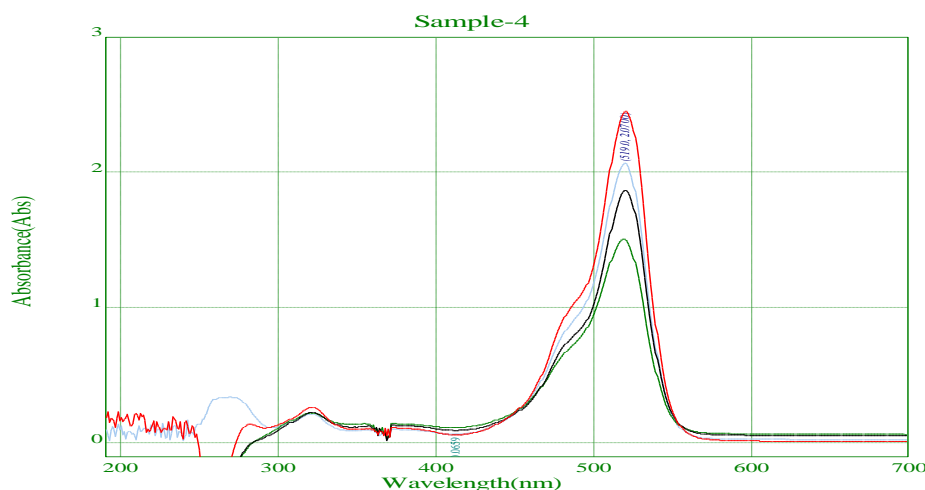
IQ-Furye spektrda turli tavsifdagi signallarni kuzatish mumkin (2-rasm).  $1623\text{ cm}^{-1}$ ,  $1539\text{ cm}^{-1}$ ,  $1405\text{ cm}^{-1}$ ,  $1314\text{ cm}^{-1}$ ,  $1229\text{ cm}^{-1}$  geptazin halqasini ifodalaydi. Ushbu na'muna spektrlarida  $\text{C}\equiv\text{N}$  guruhga tegishli yutilish maksimumi  $2242\text{ cm}^{-1}$  soha ko'zga tashlanmaydi.  $1623\text{ cm}^{-1}$  spektri  $\text{C}=\text{C}$  ga,  $3152\text{ cm}^{-1}$  O-H vodorod bog'lanishga tegishli,  $1314\text{ cm}^{-1}$   $\text{C}=\text{O}$  va  $\text{C}-\text{O}$  bog'lanishlarga (demak, jarayonda kislorod dopirlangan) tegishlidir.

Moddamizning g'ovakliligi yuqoriligi sabab, diffusion mexanizmida fotokataliz jarayoni ketadi. Bunda jarayon boshqa fotokataliz jarayonlaridan sekinroq borishi mumkin, lekin moddamiz yuvilib ketmasligi sabab kompozitimiz juda uzoq vaqt davomida suvni tozalab beroladi. Shuning uchun kompozitlarimiz bu sohada ham istiqbolli hisoblanadi. Ularning bo'yoqlar degradatsiyasi bo'yicha kinetikasi quyidagicha: g- $\text{C}_3\text{N}_4$  10 mg/ml Rodamin B eritmasini 40 daqiqada, PSG-650-2 ikki soatda, PSG-650-1 na'munasi esa 2 soat-u 20 daqiqada rangsizlantirdi. Xuddi shu sharoitda 10 mg/ml metilen ko'ki bo'yog'ini esa g- $\text{C}_3\text{N}_4$  20 daqiqada, PSG-650-2 35 daqiqada, PSG-650-1 na'munasi esa 40 daqiqada rangsizlantirdi. Buning sababi esa g- $\text{C}_3\text{N}_4$  ushbu suyultirilgan bo'yoqlarda kolloid eritma hosil qiladi. Kompozitlarimiz esa ularda erimaydi. Reaksiya esa kompozitlarimiz g'ovaklarida diffusion mexanizmida ketadi.



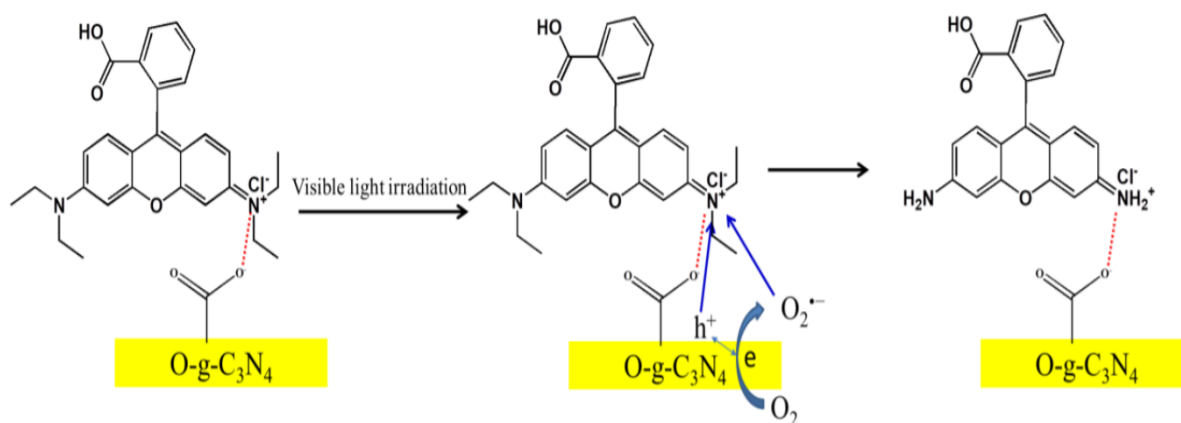
**4-rasm.** PSG-650-1 na'munamizning Rodamin B ni rangsizlantirish kinetikasi

Bunda qora chiziq reaksiyadan oldingi na'muna, yashil chiziq 20 daqiqadagi, ko'k chiziq 40 va qizil chiziq 60 daqiqadagi grafiklar. 40 va 60 daqiqadagi grafiklar deyarli ustma-ust tushishining sababi sensibillanish jarayonida quyosh nuridan olingan yorug'lik energiyasi kimyoviy energiya holida uzatilgach, elektronlar dastlabki holatga qaytadi. Ular yana qo'zg'algan holatga o'tib, yana kimyoviy energiya ajratishigacha bo'lgan vaqt relaksatsiya vaqti deyiladi. 40 va 60 daqiqaliklar oralig'iga ana shu relaksatsion vaqt tushib qolgan.



**5-rasm.** PSG-650-2 na'munamizning Rodamin B ni rangsizlantirish kinetikasi

Bunda qizil chiziq boshlang'ich nuqtada, ko'k chiziq 20 daqiqada, qora chiziq 40 daqiqada, yashil chiziq 60 daqiqada olingan kinetik egrilar. Ko'rib turganingizdek reaksiya tezroq brogan. Chunki, bu yerda g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> nanokompoziti ham mavjud va u suvda kolloid eritma hosil qilgan. g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ning relaksatsion vaqti 20-40 daqiqalar oralig'iga, kompozitimizning relaksatsion vaqti esa 40-60 daqiqalar oralig'iga mos kelgan.



**6-rasm.** Kislrod dopirlangan nanokompozitlarning RhB ga ta'sir jarayoni

### Xulosa

Dastlabki moddalar melamin va oltingugurt dopirlangan PAN ni turli nisbatda aralashtirib, termik polikondensatsiya usulida nanokompozitlar sintez qilindi. Olingan nanokompozitlar boshlang'ich komponentlar nomiga ko'ra PSG-1 va PSG-2 deb nomlandi. Ushbu nanokompozitlarning diffuz akslantirish spektrofometri ta'qiqlangan soha kengligi aniqlanganda, amaliyotda qo'llaniladigan ko'plab fotokatalizatorlardan yaxshiroq qiymat berdi. Infraqizil spektroskopik tahlil natijalariga ko'ra, olingan nanokompozitlarimizda geptazin va triazin halqalari

mavjud. Bundan kelib chiqsak, melamindan grafitsimon uglerod nitridi hosil bo'lgan. –CN guruhga tegishli yutilish maksimumi yo'qolishidan esa PA to'liq S-PAN holatiga o'tgan degan xulosaga kelamiz. Rentgenofazaviy tahlil natijalaridan esa nanokompozitlarimiz o'lchami taxminan  $3A^0$  degan xulosaga kelamiz.

### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ding Z.; Chen X.; Antonietti M.; Wang X. Synthesis of transition metal-modified carbon nitride polymers for selective hydrocarbon oxidation //ChemSusChem. – 2011. – T. 4. – №. 2. – C. 274-281.
2. Wang X.C.; Chen X.F.; Thomas, A.; Fu, X.Z.; Antonietti, M. Metal-Containing Carbon Nitride Compounds: A New Functional Organic–Metal Hybrid Material // Adv. Mater. 2009, 21, 1609.
3. Yang J. et al. Synthesis and characterization of nitrogen-rich carbon nitride nanobelts by pyrolysis of melamine //Applied Physics A. – 2011. – T. 105. – №. 1. – C. 161-166.
4. Iwano Y. et al. Study of amorphous carbon nitride films aiming at white light emitting devices //Japanese Journal of Applied Physics. – 2008. – T. 47. – №. 10R. – C. 7842.
5. Sudhaik A. et al. Review on fabrication of graphitic carbon nitride based efficient nanocomposites for photodegradation of aqueous phase organic pollutants //Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2018. – T. 67. – C. 28-51.
6. Jürgens B. et al. Melem (2,5,8-triamino-tri-s-triazine), an important intermediate during condensation of melamine rings to graphitic carbon nitride: Synthesis, structure determination by X-ray powder diffractometry, solid-state NMR, and theoretical studies //Journal of the American Chemical Society. – 2003. – T. 125. – №. 34. – C. 10288-10300.