



Nasiba XODJAEVA,

O'zMU Fizika fakulteti Yarimo'tkazgichlar va Polimerlar fizikasi kafedrası laboratoriya mudiri

Jaxongir XAQQULOV,

O'zMU Fizika fakulteti Yarimo'tkazgichlar va Polimerlar fizikasi kafedrası o'qituvchisi PhD

Zokir TEMIROV,

O'zMU Fizika fakulteti Yarimo'tkazgichlar va Polimerlar fizikasi kafedrası o'qituvchisi

Abdulfatto XOLMO'MINOV,

O'zMU Fizika fakulteti Yarimo'tkazgichlar va Polimerlar fizikasi kafedrası mudiri prof.f.m.f.d.,

E-mail: Xajayevanasiba588@gmail.ru

O'zRFA Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti katta ilmiy xodimi, PhD S.S. Yarmatov taqrizi asosida

POLIMER TARKIBLI NANOTOLALI QOPLAMA: OLINISHI VA FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARI

Аннотация

Mazkur maqolada akrilonitril sopolimeri asosida elektrospinning orqali nanotola olish uchun turli konsentratsiyali eritmalar olingan. Olingan eritmalarining qovushqoqlik xossalari aniqlangan. Akrilonitril sopolimeri eritmaları asosida elektrospinning usulida nanotolalar olingan va ularning morfologik xossalari xamda o'lchamlari skanerlovchi elektron mikroskop yordamida o'rganildi. Olingan natijalardan diametri 50-200 nm o'lchamli nanotolalar hosil bo'lganligi tasdiqlandi. Akrilonitril asosida olingan nanotolalarining rentgenotuzulish va sorbsion xossalari o'rganilgan.

Kalit so'zlar. nanotola, fizik-kimyoviy xossalar, nanokompozitsiya, polimer, elektrospinning, eritma.

ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩЕЕ НАНОВОЛОКОННОЕ ПОКРЫТИЕ: ПОЛУЧЕНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Аннотация

В данной статье получены растворы различной концентрации для получения нановолокон на основе сополимера акрилонитрила методом электроспиннинга. Определены вязкостные свойства полученных растворов.

Были получены нановолокна методом электроспиннинга на основе растворов сополимеров акрилонитрила, а их морфологические свойства и размеры изучены с помощью сканирующего электронного микроскопа. Из полученных результатов было подтверждено, что формируются нановолокна диаметром 50-200 нм. Исследованы рентгеноструктурные и сорбционные свойства нановолокон на основе акрилонитрила.

Ключевые слова. нановолокно, физико-химические свойства, нанокomпозиция, полимер, электроспиннинг, раствор.

POLYMER CONTAINING NANOFIBER COATING: PREPARATION AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES

Abstract

In this article, solutions of different concentrations were obtained for obtaining nanofibers based on acrylonitrile copolymer by electrospinning. Viscosity properties of the resulting solutions were determined. Nanofibers were obtained by electrospinning on the basis of acrylonitrile copolymer solutions, and their morphological properties and dimensions were studied using a scanning electron microscope. The obtained result confirmed the formation of nanofibers with a diameter of 50-200 nm. X-ray scattering and absorption properties of acrylonitrile-based nanofibers were studied.

Key words. Nanofiber, physicochemical properties, nanocomposites, polymer, electrospinning, solution.

Kirish. Nanokompozitsion qoplamalar olishning ilmiy asoslari ipak fibroini, xitozan, kollagen, natriy-karboksimetilsellyuloza, so-akrilonitril, poliakrilamid kabi mahalliy ionogen polimerlar asosida ishlab chiqiladi va bu hol mahalliy xom ashyolarni qayta ishlashning yangi fundamental asoslari va qonuniyatlarini ochib berilishi bilan ilmiy ahamiyat kasb etadi [1]. Keltirilgan polimerlar asosida nanozarrachalar va nanotolalar olingan bo'lsada [2], ularni elektrokimyoviy va elektrofizikaviy usullarda bir bosqichli jarayonlarda elektr maydonida to'ldiruvchi va matritsani shakllantirib nanokompozit qoplamalar olishning ilmiy asoslari va prinsiplari ishlab chiqilmagan [3].

Nanokompozitsion qoplamalar olish uchun makroionlar elektrokimyoviy tiklanish asoslarini yaratish maqsadida elektroliz usulini takomillashtirilishi va qo'llanilishi nanotexnologiyalar va nanomaterialshunoslik sohasida nanozarralar tutgan nanokompozitsion materiallar olishning yangicha yondashuvi sifatida muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi [4]. Elektrokimyoviy tiklanish usuli asosan metal ionlarni tiklashda, qisman polimer makroionlarni tiklashda ham qo'llanilib kelinmoqda. Ammo bu usulning polimer makroionlar uchun keng imkoniyatlari ochib berilmagan, ayniqsa, makroion-ion tizimidan nanokompozitsion material olishning, ya'ni bir bosqichda metal ionlarni nanozarrachalar bo'lib, polimer makroionlarni matritsa bo'lib shakllanishining ilmiy prinsiplarini yaratish dolzarb muammolardan hisoblanadi [5].

Nanozarrachali va nanotolali noto'qima nanokompozitsion materiallar olishning elektrospinning usulini mahalliy ionogen polimerlar uchun takomillashtirilishi bu yo'nalishdagi dolzarb ilmiy tadqiqot vazifalardan bo'lib, fundamental prinsiplarini yaratilishi nanomaterialshunoslikda muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi [6]. Hozirda elektrospinning usulida olingan nanotolali noto'qima qoplamali biomateriallar tibbiyot amaliyotida samarali qo'llanilmoqda [7]. Bunday bionanomateriallarni ochiq yaralar yuzasini qoplash orqali ularni himoyalovchi va davolovchi, suyuqlik va gazlarni tozalovchi selektiv nanofiltrlar sifatida qo'llanilishi mumkin. Mazkur yo'nalishda elektrospinning usulining imkoniyati juda keng bo'lib, bu usul vositasida nanotolalar asosida nanokompozitsion biomateriallar olinishi mumkin [8].

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi akrilonitril sopolimeri asosida nanotolali materiallarni shakllantirish va ularning fizik-kimyoviy xossalarni belgilashdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi. Nanotolali materiallar olish usuli. Polimer eritma va aralashmalardan nanotolalar shakllantirishning oddiy laboratoriya elektrospinning qurilmasini surati 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Elektrospinning qurilmasi (a) va nanotolalar (b)

Ushbu nanotolalar shakllantirish elektrospinning qurilmasi uch qismdan iborat:

- birinchi qismda, polimer eritma maxsus shpris filerasidan, ya'ni diametri 0,5 mm bo'lgan kapillyardan o'rtacha 1 ml/s hajmiy tezlik bilan siqib chiqariladi;

- ikkinchi qismda, kapillyardan chiqayotgan oqimga yuqori kuchlanishli anod toki ($U = 0,5 \div 50$ kV diapazonida) beriladi va oqim katodga tomon sochiladi. Bunda hosil bo'lgan elektr maydoni kuchlanganligi (E) berilayotgan yuqori kuchlanishni (U) anod (filera) va katod (ekran) orasidagi masofaga (l) nisbati ($E = U/l$, birligi kV/m) bilan ifodalanadi;

- uchinchi qismda esa katod (ekran) sochilgan oqimni o'ziga tortadi va natijada polimer va erituvchi o'rtasida fazaviy ajralish ro'y beradi, ya'ni tortilib, eshilib tola bo'lib shakllanayotgan polimer fazasi katodga boradi va erituvchi esa bug'lanib ketadi. Ekranga deyarli to'liq shakllangan nanotolalar kelib tushadi va yassi noto'qima material bo'lib taxlanadi.

Mazkur elektrospinning uskunasida bir qator mahalliy tabiiy va sintetik polimerlar asosida nanotolalar shakllantirilgan (1-jadval).

1-jadval. Mahalliy polimerlar asosida shakllantirilgan nanotolalar.

№	Elektrospinning uchun eritma tizimi			Elektrospinning natijasi	
	Polimer	Erituvchi	S, g/dl	E , kV/m	d_m , nm
1	Akrilonitril sopolimeri	DMFA	5 - 15	0,2 - 1,0	50 - 500

Tadqiqot ob'ekti sifatida tanlangan sopolimer akrilonitril, metakrilat va itakonik kislota birliklari "Navoiyazot" AJ tomonidan Nitron mikrotolalari (92 : 4.5 : 3.5) ishlab chiqarish uchun ishlatiladi [9].

Rentgenografik tadqiqotlar DRON-3M (Rossiya) difraktometrida 22kV kuchlanishda va 10 mA tok kuchida monoxromatlangan $\text{CuK}\alpha$ -nurlanishining, nikel yordamida filtrlangan to'lqin uzunligi $\lambda = 1,5418$ Å bo'lgan rentgen nurlarining, $2\theta = 2^\circ - 75^\circ$ sohaslarida olib borildi. Kristallanish darajasini hisoblash va maksimal cho'qqining intensivligini baholashda quyidagi tenglamadan foydalanildi.

$$\chi = \frac{I_k}{I_k + I_a} \cdot 100\%,$$

bu yerda, I_k va I_a -mos ravishda kristall va amorf holatlarning nur sochilish intensivligi, K – tuzatish koeffitsienti.

Kristallarning o'lchami Debay-Sherrer tenglamasi orqali hisoblandi. [10]

$$L = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta},$$

bu yerda L - kristallning hajmi (Å); λ - to'lqin uzunligi bo'lib, 1,5418 Å ga teng; 2θ -Bragg burchagi (gradus); k - kristall shakliga bog'liq koeffitsient, $k = 0,9$; β - yarim balandlikdagi pik (daraja).

Tahlil va natijalar. Nanotolalar nafaqat polimer eritmalaridan, balki ularning aralashmalaridan ham olinishi mumkin [11]. Bunda polimer komponentlarning tabiatiga bog'liq tarzda noyob va maxsus xossalarni namoyon bo'ladi. Shuningdek, alohida polimer eritmalarini ketma-ket nanotolalar shakllantirish orqali nanoqatlamli materiallar olinishi mumkin va bunday materiallar ham o'ziga xos noyob va maxsus xossalarni namoyon qiladi.

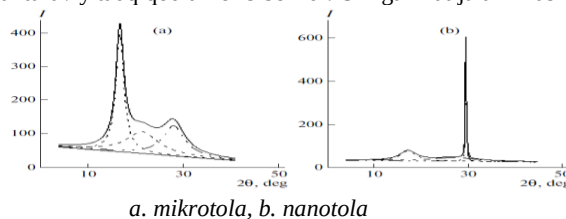
Polimer asosidagi nanotolali materiallarning o'ziga xos jihatlari:

- noyob xossalarni – bu nanotolalarni boshqa tur va o'lchamlardagi tolalardan yuqori ko'rsatkichlarda fizik xossalarni namoyon qilishidir;

- maxsus xossalarni esa – bu nanotolalarga, ularning tarkibiy elementlari, jumladan polimer turi va funksional imkoniyati hamda nanotolalar elektrospinning jarayonini ma'lum shakllantirish rejimini amalga oshirish tufayli yuzaga keladigan fizik xossalardir [12].

Har ikkala xossaning bir paytning o'zida namoyon bo'lishi muhim bo'lib, buni amalga oshirish uchun, avvalombor, nanotolalarning tabiatidan kelib chiqqan holda, ularning eng oddiy va muhim fizik xossalarni aniqlash zarur bo'ladi. Bunday birlamchi xossalardan biri, bu nanotolalarning sirt faolligi bo'lib, bu xossa barcha nanotolalarda o'ziga xos qonuniyatlar asosida namoyon bo'ladi.

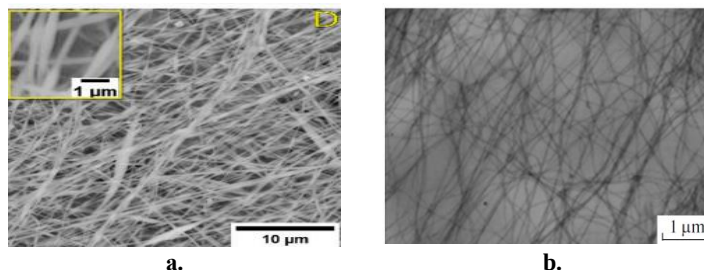
Ishni dastlabki bosqichida akrilonitril sopolimeri eritmalaridan elektrospinning asosida mikrotolalar va nanotolalar namunalari olindi va ularni rentgenostrukturaviy tadqiqodlari olib borildi. Olingan natijalar 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Akrilonitril sopolimeri asosida olingan nanotolalar rentgenostrukturaviy tahlili natijasi.

Olingan natijalardagi 2-rasmdan ko'rinadiki akrilonitril sopolimeri asosida olingan mikrotolaga nisbatan nanotolalarda 29° burchakda intensivligi nisbatan yuqori bo'lgan piklarni namoyyon qilganligi va undagi kristallanish darajasi 88 % ga teng ekanligi aniqlandi. Akrilonitril asosida olingan mikrotolalarning kristallanish darajasi 57 % ga teng ekanligi Debay-Sherrer tenglamasi orqali hisoblandi. Bundan tashqari elektrosinning usulida nanotolalar olish jarayonida shakllanayotgan nanotolalarning o'lchamlarining kichrayishi va sirt yuzalarining ortishi hisobiga tolalarning o'zaro zich joylashishiga bog'liq bo'lishi mumkin. Mazkur taxminni tasdiqlash uchun akrilonitril sopolimeri asosida olingan mikrotolalar va nanotolalarning elektron mikroskopik tadqiqotlar olib borildi. Olingan natijalar 2-rasmda keltirilgan.

Skannerlovchi elektron mikroskopik tadqiqotlardan olingan natijalardagi 3- rasmdan ko'rinadiki akrilonitril asosida olingan mikrotolalarning o'lchamlarining diametri 400-900 mkm bo'lgan va tolalarning orasidagi bo'shliq nisbatan bir-biridan keng joylashgan. (3-rasm, a).



3-rasm. Akrilonitril sopolimeri asosida olingan mikrotola (a), nanotolaning (b) skannerlovchi elektron mikroskopik (SEM) tahlili natijasi.

Akrilonitril sopolimeri asosida olingan nanotolalarning o'lchamlari 60 - 200 nm diametrgacha bo'lgan va tolalar orasi nisbatan zich joylashganligini kuzatish mumkin (3-rasm, b).

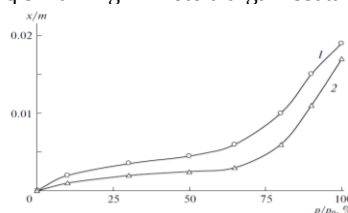
Ishning navbatdagi qismida akrilonitril sopolimeri asosida olingan mikrotolalar va nanotolalarning sorbsion xossalarini aniqlash uchun ilmiy tadqiqotlar olib borildi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Olingan 2 - jadvaldagi natijalardan ko'rinadiki akrilonitril sopolimeri asosida olingan nanotolalarning sorbsion xossalari akrilonitril sopolimeri asosida olingan mikrotolalarga nisbatan kichik qiymatlarga ega (4-rasm).

2 - jadval. Akrilonitril sopolimeri asosida olingan mikrotola (a), nanotolaning (b) sorbsion xossalari.

No	Namunalar	X_m , g/g	S_{sp} , m ² /g	W_0 , sm ³ /g	r_{co} , Å
1	Akrilonitril sopolimeri asosida olingan mikrotola	0.00280	9.859	0.019	38.54
2	Akrilonitril sopolimeri asosida olingan nanotola	0.00174	6.110	0.017	21.40

Bu esa o'z navbatida akrilonitril asosida olingan nanotolalar orasida nanog'ovaklar hosil bo'lganligi va tolalarning kristallanish darajasining yuqoriligi undagi amorf qismlarning mikrotolalarga nisbatan kamligi bilan izohlanishi mumkin.



4-rasm. Akronitril sopolimeri asosida olingan mikrotola (1) va nanotolaning (2) suv bug'larini sorbsiyalash xossalari.

Olingan natijalardagi 3-rasmdan ko'rinadiki akrilonitril sopolimeri asosida olingan mikrotolalarning (1) suv bug'larining sorbsiyalashda nanotolalarga (2) nisbatan yuqori bo'lgan. Bu holat mikrotolalarning nanotolalarga nisbatan yuqori g'ovak qatlamlarga egaligi undagi kristallik darajasining nisbatan pastligi va tolalar orasidagi mikrog'ovaklarning o'lchami kattaligi bilan izohlanadi. Akrilonitril asosida olingan nanotolalarda esa kristallanish darajasining yuqoriligi undagi makromolekula qatlamlarining zich joylashganligi va nanog'ovaklarning yig'indisi nisbatan kichikligi undagi suv bug'larini sorbsiyalash imkoniyatlarini chegaralashga olib kelganligi mumkin.

Xulosalar. Tanlangan polimer namunalarni elektrokimyoviy va elektrofizikaviy tadqiqotlarini o'tkazish uchun suyuq fazali tizimlarini hosil qilish maqsadida akrilonitril sopolimeri uchun erituvchi tanlangan, hamda ulardan ionogen tabiatli eritmalar tayyorlashning optimal sharoitlari aniqlangan.

Akrilonitril sopolimeri asosida olingan nanotolalarning o'lchamlari 60 - 200 nm diametrgacha bo'lgan tolalar olindi va ularning fizik-kimyoviy xossalari o'rganildi. Akrilonitril sopolimeri asosida olingan nanotolalarning sorbsion xossalari akrilonitril sopolimeri asosida olingan mikrotolalarga nisbatan kichik qiymatlarga egaligi va akrilonitril asosida olingan nanotolalar orasida nanog'ovaklar xosil bo'lganligi va tolalarning kristallanish darajasining yuqoriligi undagi amorf qismlarning mikrotolalarga nisbatan kamligi tajriba asosida ko'rsatib berildi.

Akrilonitril sopolimeri asosida olingan nanotolalar tibbiyot amaliyotida yiringli yaralarni davolashda samarali vosita sifatida keng qo'llanilishi mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Zamani M., Prabhakaran M.P., Ramakrishna S. /Advances in drug delivery via electrospun and electrosprayed nanomaterials. Int. J. Nanomedicine, 2013, 8, pp. 2997-3017.
2. Reddy V.S., Tian Y., Zhang C., Ye Z., Roy K., Chinnappan A., Ramakrishna S., Liu W., Ghosh R. /A Review on Electrospun Nanofibers Based Advanced Applications: From Health Care to Energy Devices. Polymers, 2021, 13(21), pp. 3746-3785.
3. Zheng-Ming Huang., Zhang Y.-Z., Kotaki M., Ramakrishna S. / A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites, Composites Science and Technology, 2003, 63(15), pp. 2223-2253.

4. Zulfi Akmal, Наридин Диан Ahmad, Мунир Muhammad Miftahul, Iskandar Ferry, Khaingurrijal Khaingurrijal /The synthesis of nanofiber membranes from acrylonitrile butadiene styrene (ABS) waste using electrospinning for use as air filtration media. RSC Advances, 2019, 9(53), pp. 30741–30751.
5. Luo C., Stoyanov S.D., Stride E., Pelan E., Edirisinghe M. /Electrospinning versus fibre production methods: from specifics to technological convergence. Chem. Soc. Rev., 2012, 41, pp. 4708-4735.
6. Bhardwaj N., Kundu S.C. /Electrospinning: a fascinating fiber fabrication technique. Biotechnol. Adv., 2010, 28, pp. 325-347.
7. Ghajari A., Navi S., Talebian A. /Biomedical Applications of Nanofibers. Russ J Appl Chem., 2021, 94(7), pp. 847–872.
8. Rimmann M., Jünger A., Mousavi S., Moeschlin N., Calcagni M., Wuertz-Kozak K., Brunner F., Dudley S., Distler O., Adhart C. / Acrylonitrile and Pullulan Based Nanofiber Mats as Easily Accessible Scaffolds for 3D Skin Cell Models Containing Primary Cells. Cells. 2022, 11(3), pp. 445-461.
9. Mukhamedzhanova M. Yu., Shirshova N. D., Khamrakulov G., Rashidova S. Sh., Tr. IkhFP Akad. Nauk Resp. Uzbekistan, 2001, s. 64.
10. Мартинов М.А., Вилегжанина К.А. Рентгенография полимеров. Л.: Химия. Методы исследования структуры и свойств полимеров. 1972. s. 94.
11. Ganesan Anusiya, Rengarajan Jaiganesh /A review on fabrication methods of nanofibers and a special focus on application of cellulose nanofibers, Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 2022, 4, pp. 100262-100276.
12. Fadil F, Affandi N.D.N., Misnon M.I., Bonnia N.N., Harun A.M. Alam M.K. /Review on Electrospun Nanofiber-Applied Products. Polymers, 2021, 13, pp. 2087-2118.