

UO‘K: 661.728.7:620.3:678.5

 10.70769/3030-3214.SRT.4.3.2026.40

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**MAHALLIY XOMASHYOLAR ASOSIDA SELLYULOZA
NANOKRISTALLARI SINTEZI VA ULAR ASOSIDA YUQORI SAMARALI
ADGEZION KOMPOZITSIYALAR YARATISH ISTIQBOLLARI**



**Tursunboyev Alisher
Qurbonmurod o'g'li**

Qarshi davlat texnika universiteti
assistent-o'qituvchisi, Shahrisabz,
O'zbekiston
E-mail:
alishertursunboyev96@gmail.com
ORCID ID: 0009-0008-3614-0298
Science ID: MQD-0126-0035



**Ochilov Abduraxim
Abdurasulovich**

T.f.d., dotsent, kafedra mudiri,
Buxoro davlat texnika universiteti,
Buxoro, O'zbekiston
E-mail: ochilov82@gmail.ru
ORCID ID: 0009-0006-0725-3245



**Maxmudov Rafiq
Amonovich**

T.f.d., professor, kafedra professori,
Buxoro davlat texnika universiteti,
Buxoro, O'zbekiston
E-mail:
rafiqmaxmudov330@gmail.com
ORCID ID: 0009-0007-0811-2233

Annotatsiya. Ushbu maqolada mahalliy paxta linti asosida sellyuloza nanokristallarini (SNK) kislotali gidroliz usuli yordamida sintez qilish texnologiyasi va ularning fizik-kimyoviy xossalari o'rganilgan. Ishqoriy ishlov berish, oqartirish va sulfat kislotasi yordamida gidroliz jarayonlarining maqbul parametrlari aniqlangan. SEM tahlili sintez qilingan SNKlarning sirt morfologiyasi va agregatlangan kristall tuzilishini aniqlash imkonini berdi. IQ-spektroskopiya natijalarida sellyulozaga xos 3336, 2897, 1643, 1163, 1051 va 897 sm^{-1} dagi yutilish cho'qqilari qayd etilib, sellyulozaning asosiy molekulyar tuzilishi saqlanib qolganligi tasdiqlandi. TGA natijalariga ko'ra, asosiy termik parchalanish 220–380°C oralig'ida sodir bo'lib, maksimal parchalanish harorati 326°C, massa yo'qotilishi 70 % va yakuniy qoldiq miqdori 8 % ni tashkil etdi. Olingan natijalar sintez qilingan SNKlarning yuqori kristallik va termik barqarorlikka ega ekanligini hamda ularni funksional moddalar bilan modifikatsiyalash orqali yuqori mexanik, termik va adgezion xossalarga ega kompozitsion materiallar yaratishda istiqbolli nanoto'ldirgich sifatida qo'llash mumkinligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: sellyuloza nanokristallari (SNK), paxta linti, kislotali gidroliz, sulfat kislotasi, ishqoriy ishlov berish, oqartirish, SEM, IQ-spektroskopiya, TGA, termik barqarorlik, kristallik, nanoto'ldirgich, adgezion kompozitsiyalar, modifikatsiyalash.

Received: 28.07.2026

Accepted: 20.09.2026

Issue publication: 28.09.2026

**ПЕРСПЕКТИВЫ СИНТЕЗА НАНОКРИСТАЛЛОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА
ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ И СОЗДАНИЯ НА ИХ ОСНОВЕ
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ АДГЕЗИОННЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

**Турсунбоев Алишер
Курбонмурод угли**

Ассистент-преподаватель
Каршинского государственного
технического университета,
Шахрисабз, Узбекистан

**Очилов Абдурахим
Абдурасулович**

Доктор технических наук,
доцент, заведующий кафедрой
Бухарского государственного
технического университета,
Бухара, Узбекистан

**Махмудов Рафик
Амонович**

Доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
Бухарского государственного
технического университета,
Бухара, Узбекистан

Аннотация. В статье исследована технология синтеза нанокристаллов целлюлозы (НКЦ) из местного хлопкового линта методом кислотного гидролиза и изучены их физико-химические свойства. Определены оптимальные параметры щелочной обработки, отбеливания и гидролиза с использованием серной кислоты. По результатам СЭМ-анализа установлены особенности морфологии поверхности и агрегированной кристаллической структуры синтезированных НКЦ. В ИК-спектрах зарегистрированы характерные полосы поглощения целлюлозы при 3336, 2897, 1643, 1163, 1051 и 897 см⁻¹, что подтверждает сохранение основной молекулярной структуры целлюлозы. Согласно результатам ТГА, основное термическое разложение происходило в интервале 220–380°C, максимальная температура разложения составила 326°C, потеря массы — 70 %, а конечный остаток — 8%. Полученные результаты свидетельствуют о высокой кристалличности и термической стабильности синтезированных НКЦ, а также подтверждают перспективность их применения в качестве нанонаполнителя для создания композиционных материалов с высокими механическими, термическими и адгезионными свойствами после модификации различными функциональными соединениями.

Ключевые слова: нанокристаллы целлюлозы (НКЦ), хлопковый линт, кислотный гидролиз, серная кислота, щелочная обработка, отбеливание, СЭМ, ИК-спектроскопия, ТГА, термическая стабильность, кристалличность, нанонаполнитель, адгезионные композиции, модификация.

PROSPECTS FOR THE SYNTHESIS OF CELLULOSE NANOCRYSTALS BASED ON LOCAL RAW MATERIALS AND THE CREATION OF HIGH- PERFORMANCE ADHESIVE COMPOSITES BASED ON THEM

**Tursunboyev Alisher
Kurbonmurod ugli**

Assistant Lecturer, Karshi State
Technical University, Shahrizabz,
Uzbekistan

**Ochilov Abdurakhim
Abdurasulovich**

Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor, Head of the
Department, Bukhara State
Technical University, Bukhara,
Uzbekistan

**Makhmudov Rafik
Amonovich**

Doctor of Technical Sciences,
Professor, Department Professor,
Bukhara State Technical University,
Bukhara, Uzbekistan

Abstract. This study investigates the synthesis of cellulose nanocrystals (CNCs) from locally sourced cotton linter using the acid hydrolysis method and evaluates their physicochemical properties. Optimal parameters for alkali treatment, bleaching, and sulfuric acid hydrolysis were determined. SEM analysis revealed the surface morphology and aggregated crystalline structure of the synthesized CNCs. FTIR spectra showed characteristic cellulose absorption bands at 3336, 2897, 1643, 1163, 1051, and 897 cm⁻¹, confirming the preservation of the main molecular structure of cellulose. According to the TGA results, the main thermal degradation occurred within the range of 220–380 °C, with a maximum degradation temperature of 326 °C, a mass loss of 70 %, and a final residue of 8 %. The obtained results demonstrate the high crystallinity and thermal stability of the synthesized CNCs and indicate their potential as promising nanofillers for the development of composite materials with enhanced mechanical, thermal, and adhesive properties after modification with various functional compounds.

Keywords: cellulose nanocrystals (CNCs), cotton linter, acid hydrolysis, sulfuric acid, alkali treatment, bleaching, SEM, FTIR spectroscopy, TGA, thermal stability, crystallinity, nanofiller, adhesive composites, modification.

Kirish. So‘nggi yillarda dunyo miqyosida qayta tiklanuvchi tabiiy resurslardan yuqori qo‘shimcha qiymatga ega funksional nanomateriallar ishlab chiqarishga bo‘lgan ehtiyoj ortib bormoqda [1, 2]. Xususan, lignosellyulozali biomassa asosida olinadigan selluloza nanokristallari yuqori kristallik darajasi, katta solishtirma sirt maydoni, yuqori mexanik mustahkamligi, biologik parchalanishi va ekologik xavfsizligi sababli adgezion materiallar olish uchun istiqbolli xomashyo hisoblanadi. Shuningdek, selluloza nanokristallari polimer kompozitlar, qadoqlash materiallari, bioasosli plastmassalar, tibbiy biomateriallar, membranalar, qoplamalar hamda yuqori samarali adgezion kompozitsiyalar yaratishda samarali nanoto‘ldirgich sifatida keng qo‘llanilmoqda [3, 4].

O‘zbekiston hududida paxta linti, g‘o‘za poyasi, bug‘doy somoni, qamish va boshqa lignosellyulozali qishloq xo‘jaligi chiqindilari katta hajmda hosil bo‘ladi. Ushbu xomashyolar tarkibidagi sellulozaning yuqori ulushi ularni selluloza nanokristallari ishlab chiqarish uchun muhim mahalliy xomashyo manbaiga aylantiradi. Biomassa resurslarini chuqur qayta ishlash nafaqat ekologik muammolarni kamaytirishga, balki import o‘rnini bosuvchi yuqori texnologik mahsulotlar ishlab chiqarishga ham imkon beradi.

Ko‘plab xorijiy tadqiqotchilar selluloza nanokristallarini olishning kislotali gidroliz, fermentativ gidroliz, TEMPO oksidlanishi, mexanik maydalash va kombinatsiyalangan usullarini ishlab chiqqanlar [5]. Habibi va hammualliflari (2010) selluloza nanokristallarining fizik-kimyoviy xossalari hamda polimer kompozitlarda qo‘llanilishi bo‘yicha fundamental tadqiqotlar olib borganlar [6]. Klemm va hammualliflari (2011) nanotsellyulozaning turlari, tuzilishi va istiqbolli qo‘llanilish sohalarini batafsil tahlil qilganlar [7]. Dufresne (2013) esa selluloza nanokristallari asosidagi nanokompozitlarning mexanik xossalari va sanoatda qo‘llanilish imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslagan [8].

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, selluloza nanokristallari sintezi bo‘yicha ko‘plab ilmiy ishlar mavjud bo‘lishiga qaramay, ularning asosiy qismi yog‘och massasi, bakterial selluloza yoki xorijiy xomashyolar asosida olib borilgan. Mahalliy lignosellyulozali xomashyolar, xususan, paxta linti,

g‘o‘za poyasi, bug‘doy somoni va boshqa qishloq xo‘jaligi chiqindilaridan yuqori kristallik darajasiga ega selluloza nanokristallari olish texnologiyalari yetarli darajada o‘rganilmagan.

Bundan tashqari, mahalliy xomashyolardan olingan selluloza nanokristallarining morfologiyasi, kristallik darajasi va sirt xossalari, shuningdek, ularning yuqori samarali adgezion kompozitsiyalar yaratishdagi imkoniyatlarini kompleks baholash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar yetarli darajada olib borilmagan. Bu holat mahalliy xomashyo asosida selluloza nanokristallari olish texnologiyalarini takomillashtirish hamda ularning amaliy qo‘llanilishi bo‘yicha tadqiqotlar olib borish zarurligini ko‘rsatadi.

Ushbu maqolaning maqsadi mahalliy lignosellyulozali xomashyolar asosida selluloza nanokristallarini sintez qilishning zamonaviy usullarini ilmiy tahlil qilish, ularning fizik-kimyoviy xossalari baholash hamda turli funksional modifikatorlar yordamida modifikatsiyalash orqali yuqori samarali adgezion materiallar yaratish istiqbollari ilmiy jihatdan asoslashdan iborat. Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: mahalliy lignosellyulozali xomashyolarning selluloza nanokristallari olish uchun xomashyo sifatidagi imkoniyatlarini tahlil qilish; selluloza nanokristallarini sintez qilish usullarini qiyosiy baholash; olingan selluloza nanokristallarining morfologiyasi, kristallik darajasi va fizik-kimyoviy xossalari tahlil qilish; selluloza nanokristallarini turli funksional moddalar yordamida modifikatsiyalash usullarini o‘rganish; shuningdek, modifikatsiyalangan selluloza nanokristallari asosida yuqori samarali adgezion materiallar yaratish imkoniyatlari va istiqbollari ilmiy jihatdan asoslash.

Materiallar va usullar. Selluloza nanokristallarini kislotali gidroliz usulida sintez qilish: Mahalliy paxta linti tarkibida α -selluloza miqdorining yuqoriligi (95% dan ortiq), lignin va gemitsellyuloza miqdorining esa nisbatan kamligi sababli selluloza nanokristallari (SNK) olish uchun istiqbolli xomashyo ekanligi tadqiqotlar asosida isbotlangan. Selluloza nanokristallarini sintez qilish kislotali gidroliz yordamida sellulozaning amorf qismlarini selektiv parchalash va kristall qismlarini ajratib olish prinsipiga asoslanadi.

Selluloza nanokristallarining fizik-

kimyoviy xossalarini tadqiq qilish usullari: Sintez qilingan selluloza nanokristallarining tuzilishi, morfologiyasi, kristallik darajasi, sirt funksional guruhlari, termik barqarorligi va kolloid xossalarini kompleks baholash uchun rentgen difraksion tahlil, infraqizil spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskopiya hamda termogravimetrik tahlil usullaridan foydalanildi.

Rentgen difraksion tahlil yordamida kristallik darajasini aniqlash. Selluloza nanokristallarining kristall tuzilishi va kristallik darajasi Shimadzu XRD-6100 rentgen difraktometrida $\text{CuK}\alpha$ nurlanishidan foydalanib, $2\theta = 5-40^\circ$ diapazonida o'rganildi. Tahlil uchun SNK kukuni oldindan bir xil namlik holatiga keltiriladi, maydalanadi va rentgen difraktometrinining namuna tutqichiga tekis qatlam ko'rinishida joylashtiriladi. O'lchash odatda $\text{CuK}\alpha$ nurlanishida, 2θ burchaklarining $5-40^\circ$ yoki $5-50^\circ$ oralig'ida olib boriladi. Skanerlash tezligi va qadam o'lchami qurilmaning imkoniyatlariga qarab tanlanadi. Namuna yuzasining tekis joylashtirilishi difraksion cho'qqilarning siljishi hamda intensivlikdagi xatolarni kamaytiradi. Tabiiy paxta sellulozasi asosan selluloza I kristall modifikatsiyasiga xos bo'lib, uning rentgenogrammasida odatda 2θ ning $14-16^\circ$, $22-23^\circ$ va $34-35^\circ$ sohalarida xarakterli cho'qqilar kuzatiladi. $22-23^\circ$ atrofidagi maksimum selluloza I ning asosiy kristall tekisliklaridan biriga tegishli bo'lib, uning intensivligi kristallik darajasini baholashda qo'llanadi. 18° atrofidagi soha esa nisbatan amorf fazaga xos signal sifatida qabul qilinadi.

Kristallik indeksi ko'pincha Segal usuli bo'yicha hisoblanadi:

$$KRI = \frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \times 100 \quad (1)$$

Bu yerda: KRI — kristallik indeksi, %; I_{002} — asosiy kristall cho'qqisining maksimal intensivligi; I_{am} — amorf fazaga tegishli minimal intensivlik.

Kislotali gidrolizdan so'ng kristallik indeksining ortishi amorf selluloza fraksiyasi kamayganini ko'rsatadi. Biroq haddan tashqari kuchli gidroliz sharoitlari kristall hududlarning ham parchalanishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli kristallik darajasi nafaqat yuqori bo'lishi, balki mahsulot hosildorligi va termik barqarorligi bilan birgalikda baholanishi lozim.

IQ-infra qizik spektroskopiya yordamida

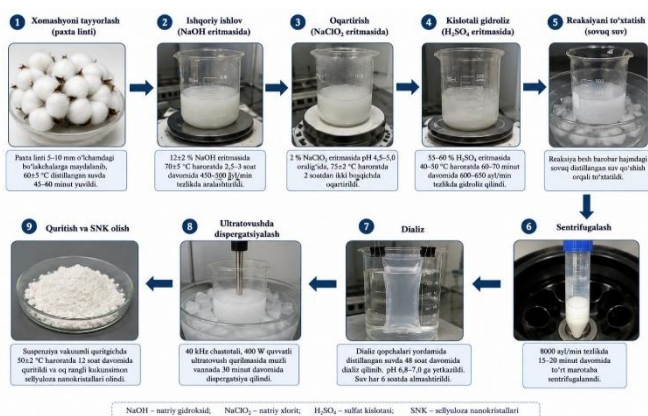
funksional guruhlarni aniqlash. Namunalarning funksional guruhlari Shimadzu spektrometrida $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ diapazonida o'rganildi. IQ usuli selluloza nanokristallarining kimyoviy tuzilishi, sirt funksional guruhlari va tozalash jarayonining samaradorligini aniqlash uchun qo'llanildi. Ushbu tahlil orqali sellulozaga xos gidroksil, C–H, C–O–C va glikozid bog'lari, shuningdek, lignin, gemitsellyuloza yoki sulfat guruhlari qoldiqlari aniqlandi.

SEM yordamida sirt morfologiyasini o'rganish: Namunalarning sirt morfologiyasi va elementar tarkibi JEOL JSM-IT200LA SEM–EDS qurilmasida o'rganildi. Quritilgan namunalar uglerodli lenta ustiga joylashtirilib, vakuum sharoitida elektr o'tkazuvchi yupqa qatlam bilan qoplandi.

Termogravimetrik tahlil yordamida termik barqarorlikni baholash: SNK namunalarining termik barqarorligi NETZSCH STA-409 PG sinxron termik analizatorida azot muhitida o'rganildi. Namunalar xona haroratidan 600°C gacha doimiy isitish tezligida qizdirildi hamda TGA va DTG egri chiziqlari qayd etildi.

Natijalar va ularning muhokamasi: Sintez jarayonining dastlabki bosqichida mahalliy paxta linti $5-10 \text{ mm}$ o'lchamdagi bo'lakchalarga maydalandi hamda tolalar yuzasidagi chang, mum, pektin va boshqa suvda eruvchan aralashmalarni olib tashlash maqsadida $60^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ haroratdagi distillangan suvda $45-60$ daqiqa davomida yuvildi. Shundan so'ng namuna $50 \pm 5^\circ\text{C}$ haroratda $5-6$ soat davomida quritilib, keyingi ishlov berish bosqichiga tayyorlandi.

Keyingi bosqichda selluloza tarkibidagi gemitsellyuloza (amorf polisaxarid), pektin va boshqa ishqorda eruvchan komponentlarni ajratish maqsadida namuna $12 \pm 2\%$ li natriy gidroksid (NaOH) eritmasida $70 \pm 5^\circ\text{C}$ haroratda $2,5-3$ soat davomida $450-500 \text{ ayl/min}$ tezlikda aralashtirildi. Oqartirilgan paxta linti tarkibida lignin miqdori juda kam bo'lganligi sababli, $12 \pm 2\%$ li NaOH eritmasi selluloza zanjirlarining parchalanishini kamaytirgan holda xomashyoni samarali tozalash imkonini berdi. Ishqoriy ta'sir tugagach, namuna distillangan suv bilan bir necha marta yuvilib, eritmaning pH qiymati neytral muhitga yetkazildi.



1-rasm. Mahalliy xom ashyodan sellyuloza nanokristallarini kislotali gidroliz usulida sintezi.

Ishqoriy ishlov berilgan sellyuloza oqartirish maqsadida 2% li natriy xlorit (NaClO₂) eritmasida pH 4,5–5,0 oraliq'ida, 75°C haroratda 2 soat davomida ikki bosqichda ishlov berildi. Oqartirish jarayonida qolgan lignin qoldiqlari oksidlanib, ajralib chiqdi. Natijada yuqori tozalikdagi oqartirilgan sellyuloza olindi, u distillangan suv bilan yuvilib, neytral muhit hosil bo'lguncha filtrlandi.

Sellyuloza nanokristallarini hosil qilish maqsadida oqartirilgan sellyuloza 55–60% li sulfat kislotasi (H₂SO₄) eritmasida 40–50°C haroratda 60–70 minut davomida, 600–650 ayl/min tezlikda uzluksiz aralashtirish sharoitida gidroliz qilindi. Gidroliz jarayonida sulfat kislotasi sellyuloza makromolekularlarining tartibsiz (amorf) qismlarini parchaladi, yuqori darajada tartiblangan kristall qismlar esa saqlanib qoldi. Kislotasi konsentratsiyasining 55–60% bo'lishi sellyulozaning ortiqcha degradatsiyasini kamaytirish bilan birga, yuqori kristallik darajasiga ega nanokristallar hosil bo'lishini ta'minladi.

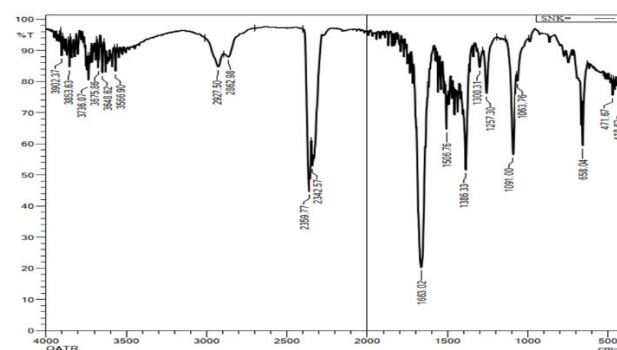
Reaksiya vaqti tugagach, reaksiya aralashmasiga reaksiya hajmidan besh barobar katta hajmdagi sovuq distillangan suv qo'shish orqali jarayon to'xtatildi. Hosil bo'lgan suspenziya 8000 ayl/min tezlikda 15–20 minut davomida to'rt marta sentrifugalanib, sulfat kislotasidan tozalandi. Keyinchalik suspenziya dializ qopchalari yordamida distillangan suvda 48 soat davomida dializ qilinib, pH qiymati 6,8–7,0 oraliq'iga yetkazildi. Dializ davomida suv har 6 soatda almashtirib turildi.

Nanokristallarning agregatlanishini kamay-

tirish va bir xil dispers sistema hosil qilish maqsadida suspenziya 40 kHz chastotali, 400 W quvvatli ultratovush qurilmasida 30 minut davomida muzli vannada dispergatsiya qilindi. Shundan so'ng suspenziya vakuumli quritgichda 50°C haroratda 12 soat davomida quritilib, oq rangli, kukunsimon sellyuloza nanokristallari olindi (1-rasm). Sellyulozaning amorf qismlari selektiv ravishda parchalanib, kristall hududlar saqlanib qolganligi yuqori kristallik darajasiga ega sellyuloza nanokristallari muvaffaqiyatli sintez qilinganini ko'rsatadi.



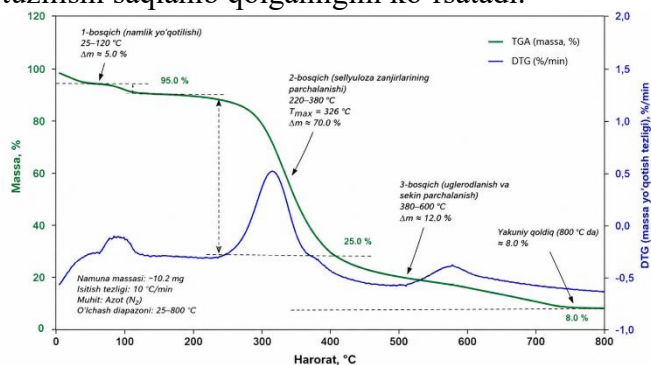
2-rasm. SNKning SEM ko'rinishi.



3-rasm: SNKning IQ spektri.

Sintez qilingan sellyuloza nanokristallarining kimyoviy tuzilishi va funksional guruhlarining infragizil spektroskopiyasi yordamida o'rganilganda (3-rasm), IQ-spektr natijalari sellyuloza molekulasi xos funksional guruhlarining saqlanib qolganligini hamda kislotali gidroliz jarayonida sellyulozaning asosiy kimyoviy skeleti buzilmaganligini ko'rsatdi. Spektrda 3330–3400 sm⁻¹ oraliq'ida kuzatilgan keng va intensiv yutilish cho'qqilari sellyuloza molekulalaridagi gidroksil (–OH) guruhlarining valent tebranishlariga tegishli bo'lib, bu guruhlar sellyuloza zanjirlari orasida vodorod bog'lari mavjudligini ko'rsatadi. 2890–2930 sm⁻¹ sohasidagi yutilish cho'qqilari alifatik C–H bog'larining valent tebranishlariga mos keladi.

1430–1370 cm^{-1} oralig'idagi cho'qqilar CH_2 va C–H guruhlarining deformatsion tebranishlariga, 1160–1060 cm^{-1} oralig'ida kuzatilgan intensiv cho'qqilar esa β -1,4-glikozid bog'laridagi C–O–C hamda C–O bog'larining tebranishlariga tegishlidir. 897 cm^{-1} atrofidagi yutilish cho'qqisi β -1,4-glikozid bog'lariga xos bo'lib, sellyulozaning molekulyar tuzilishi saqlanib qolganligini ko'rsatadi.



4-rasm. Sintez qilingan sellyuloza nanokristallarining TGA va DTG egri chiziqlari:
1 - adsorbsiyalangan namlikning ajralishi; 2 - sellyuloza zanjirlarining asosiy termik parchalanishi; 3 - uglerodlanish va qoldiq fazaning sekin parchalanishi.

Sintez qilingan sellyuloza nanokristallarining termik barqarorligi TGA/DTG usulida azot muhitida, 25–800°C harorat oralig'ida va 10°C/min isitish tezligida o'rganildi. Tahlil natijalariga ko'ra, nanosellyulozaning termik parchalanishi uchta asosiy bosqichda kechishi aniqlandi.

Birinchi bosqich 25–120°C oralig'ida sodir bo'lib, namuna massasining taxminan 5% ga kamayishi adsorbsiyalangan namlikning bug'lanishi bilan bog'liq bo'ldi. Asosiy termik parchalanish 220–380°C oralig'ida kuzatilib, 326°C da parchalanish tezligining maksimal qiymati (T_{max}) qayd etildi. Ushbu bosqichda massa yo'qotilishi 70% ni tashkil etdi. Mazkur jarayon sellyuloza makromolekularidagi β -1,4-glikozid bog'larining uzilishi, shuningdek, kristall va amorf hududlarning

termik degradatsiyasi bilan bog'liq ekanligi aniqlandi. Uchinchi bosqich 380–600 °C oralig'ida kechib, uglerodlangan qoldiqning sekin parchalanishi natijasida qo'shimcha 12% massa yo'qotildi. 800 °C da yakuniy qoldiq miqdorining 8% ni tashkil etishi sintez qilingan nanosellyulozaning yuqori kristallik darajasi va termik barqarorligini ko'rsatdi.

Xulosa. Mahalliy paxta linti asosida kislotali gidroliz usuli yordamida sellyuloza nanokristallari (SNK) muvaffaqiyatli sintez qilindi. Ishqoriy ishlov berish, oqartirish va kislotali gidroliz bosqichlari uchun maqbul sintez parametrlarining tanlanishi natijasida yuqori tozalik va kristall tuzilishga ega nanosellyuloza olish imkoniyati yaratildi. SEM tahlili sintez qilingan SNKlarning sirt tuzilishini, IQ spektrlari esa sellyulozaga xos funksional guruhlarining saqlanib qolganini hamda sellyuloza bo'lmagan komponentlarning samarali ajratilganini ko'rsatdi. TGA tahlili natijalari sintez qilingan SNKlarning yuqori termik barqarorlikka ega ekanligini tasdiqladi.

Shuningdek, sintez qilingan sellyuloza nanokristallari keyingi bosqichlarda turli funksional modifikatorlar yordamida samarali modifikatsiyalanishi mumkin. Bunday modifikatsiya SNKlarning sirt faolligini oshirish, polimer matritsasi bilan fazalararo bog'lanishni mustahkamlash va disperslanish darajasini yaxshilash imkonini beradi. Bu esa yuqori mexanik, termik va adgezion xossalarga ega yangi avlod adgezion kompozitsiyalarini yaratish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Shunday qilib, sintez qilingan SNKlar ekologik xavfsiz va qayta tiklanuvchi nanoto'l-diruvchi sifatida istiqbolli adgezion materiallarni ishlab chiqishda samarali xomashyo ekanligi ilmiy-amaliy jihatdan aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Klemm, D., Kramer, F., Moritz, S., Lindström, T., Ankerfors, M., Gray, D., & Dorris, A. (2011). Nanocelluloses: A new family of nature-based materials. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(24), 5438–5466. <https://doi.org/10.1002/anie.201001273>
- [2] Dufresne, A. (2012). Nanocellulose: From nature to high performance tailored materials. Walter de Gruyter GmbH.
- [3] Habibi, Y., Lucia, L. A., & Rojas, O. J. (2010). Cellulose nanocrystals: Chemistry, self-assembly, and applications. *Chemical Reviews*, 110(6), 3479–3500. <https://doi.org/10.1021/cr900339w>

-
- [4] Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J., & Youngblood, J. (2011). Cellulose nanomaterials review: Structure, properties and nanocomposites. Chemical Society Reviews, 40(7), 3941–3994. <https://doi.org/10.1039/C0CS00108B>
- [5] Trache, D., Hussin, M. H., Haafiz, M. K. M., & Thakur, V. K. (2017). Recent progress in cellulose nanocrystals: Sources and production. Nanoscale, 9(5), 1763–1786. <https://doi.org/10.1039/C6NR09494E>
- [6] Dufresne, A. (2013). Nanocellulose: A new ageless bionanomaterial. Materials Today, 16(6), 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2013.06.004>

Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article

Tursunboyev, A. Q., Ochilov, A. A., & Maxmudov, R. A. (2026). Mahalliy xomashyolar asosida sellyuloza nanokristallari sintezi va ular asosida yuqori samarali adgezion kompozitsiyalar yaratish istiqbollari. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(3). <https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3.2026.40>
