

**В. А. Петров, М. Р. Гибадуллин, Н. В. Аверьянова,  
Н. В. Кузнецова, А. Д. Захаров, И. А. Хамматов**

## **ПОЛУЧЕНИЕ НАНОДИСПЕРСНЫХ НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

*Ключевые слова: наноразмерность, нанонитроцеллюлоза, энергетически конденсированные системы.*

*Изучен способ получения нанонитроцеллюлозы методом ультразвукового диспергирования и ее структура. Показана возможность применения нанонитроцеллюлозы в энергетически конденсированных системах.*

*Keywords: Nanoscale, nanonitrocellulose, energy condensed systems.*

*Explore means of obtaining nanonitrocellulose by ultrasonic dispersion and studied its structure. Demonstrated the possibility of the use nanonitrocellulose in energy condensed systems.*

В последнее время за рубежом ведутся исследования по разработке технологии нанокристаллической (НК) и нанофибриллярной (НФ) целлюлозы из различного целлюлозного сырья. Это обусловлено тем, что наноразмерные частицы обладают высокой механической прочностью (прочность на разрыв ~10 ГПа, модуль упругости ~150 ГПа), сопоставимой с прочностью углеродных нанотрубок, что дает возможность получения сверхпрочных и сверхлегких материалов, а сырьевые ресурсы для их получения практически неограниченны [1-3].

Известно, что методом кавитационного гидродинамического воздействия возможно получение суспензий полимерных нанопорошков в различных дисперсных средах. Это связано с кавитационными эффектами, вызванными образованием и разрушением газовых микропузырьков в течение  $10^{-3}$ - $10^{-5}$  секунд при действии давления 100-1000 МПа [4].

Исходя из выше сказанного, целью данной работы являлось получение ультра- и наноразмерных нитратов целлюлозы методом ультразвуковым диспергированием и исследование ее структуры.

На основе микрокристаллической целлюлозы были синтезированы нитраты целлюлозы (НЦ) в среде трифторуксусной кислоты [5,6]. В дальнейшем НЦ подвергался ультразвуковому диспергированию, которое осуществлялось магнитострикционным излучателем [7] при комнатной температуре 25°C. В связи с перегревом кавитационной жидкости обработка проводилось в 3 приема по 2-3 минуты, общее время составило около 10 минут. Импульс, подаваемый магнитным преобразователем на НЦ в водной среде, составляет 2 секунд с перерывами по 5 секунд и частотой 22 кГц.

После ультразвукового диспергирования полученные образцы нитратов целлюлозы подвергались фракционированию путем центрифугирования при 3000 об/мин.

Для полученных образцов НЦ подвергнутых и не подвергнутых ультразвуковому диспергированию, был проведен элементный анализ с целью определения количества азота.

Дифференциально сканирующей калориметрией определяли температуру начала разложения образцов. С помощью сканирующего электронного микроскопа PHENOM получены электронные микроснимки образцов НЦ.

В результате работы:

- получены образцы нитратов микрокристаллической целлюлозы методом нитрования микрокристаллической целлюлозы в двойной (трифторуксусная кислота +  $\text{HNO}_3$ ) смеси, с содержанием азота 13,29 %.

- показано что, ультразвуковое диспергирование НЦ снижает содержание азота в среднем на 3,3 %, а полученные термограммы показывают снижение температуры начала разложения на ~ 4 %, что может быть связано с образованием при ультразвуковом диспергировании небольшого количества свободных радикалов, которые катализируют процесс начала разложения и увеличением удельной поверхности НЦ.

- методом сканирующей электронной микроскопии показано, что ультразвуковым диспергированием нитрата микрокристаллической целлюлозы получены ультра- и нанодисперсные образцы нитрата целлюлозы с размерами частиц в среднем по длине 663 нм, а по ширине 207 нм. Установлено, что их форма представляет игольчатые кристаллы.

Можно предположить, что НК и НФ нитраты целлюлозы в комбинации с обычными энергетическими полимерами может образовывать высокопрочные композиционные энергетические материалы которые возможны для применения в энергетически конденсированных систем.

### **Литература**

1. West Coast – East Coast: Research in Cellulose Nanotechnology [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://ipst.gatech.edu/faculty\\_new/faculty\\_bios/ragauskas/posters/GaTech%20OSU%20Poster%20Nano](http://ipst.gatech.edu/faculty_new/faculty_bios/ragauskas/posters/GaTech%20OSU%20Poster%20Nano), свободный.
2. Петров В.А. Вестник Казанского технологического университета, 14, 14, 181-186 (2011).
3. Т.Н. Исаков, Вестник Казанского технологического университета, 15, 16, 12-16 (2012).
4. Наноматериалы: учебное пособие / Под ред. Рыжников Д.И. – М. :БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 365 с.

5. Н.С.Касько, Химия растительного сырья, 4, 119–124 (1999).
6. Касько Н.С., Панченко О.А. Синтез химических однородных 2,3-динитратов целлюлозы // Химия растительного сырья. 1997. №2. С. 46–52.

7. Петров В.А., Гибадуллин М.Р, Мезиков В.К. В сб. Успехи в специальной химии и химической технологии, РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва, 2010. С 487-491.

---

© **В.А. Петров** – д.т.н., профессор кафедры химии и технологии высокомолекулярных соединений КНИТУ, ptrv@kstu.ru; **М.Р. Гибадуллин** - к.т.н., доцент той же кафедры, gibadullin@kstu.ru, gmr@kstu.ru; **Н.В. Аверьянова** - аспирант той же кафедры, natusca-1@mail.ru; **Н.В. Кузнецова** - аспирант той же кафедры, hu-ka@mail.ru; **А.Д. Захаров** - магистрант той же кафедры, e-mail: higest19@mail.ru; **И.А. Хамматов** - той же кафедры, ildar1q2w3e@mail.ru.