

artificial illumination is necessary. Lighting devices that are used in this way must satisfy the conditions for the qualitative growth of the growths and the formation of the crop, while having low energy consumption and corresponding photobiological characteristics.

The development of energy-efficient irradiation regimes is one of the promising directions of reducing energy consumption in protected crop protection. The existing state of the problem on the basis of the analysis of publications on bioelectric activity of plants shows the important influence of rhythmic changes on the physiological state of plants, therefore the issue of energy saving during electro-irradiation of vegetable crops can be solved, in particular by pulsed or periodic irradiation of plants in structures of protected soil.

Keywords: plant growing, modes of formation, illumination, greenhouses, efficiency, quality of harvest

УДК 661.123

МІКРОКРИСТАЛІЧНА ЦЕЛЮЛОЗА І КОМПОЗИТИ НА ЇЇ ОСНОВІ: СТРУКТУРА ТА МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

В. В. БОЙКО, кандидат фізико-математичних наук, доцент

В. П. ЧОРНИЙ, кандидат фізико-математичних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*

В. А. БАРБАШ, кандидат хімічних наук, доцент

О. В. ЯЩЕНКО, аспірант

*Національний університет «Київський
політехнічний інститут» ім. Ігоря Сікорського*

О. М. АЛЕКСЄЄВ, кандидат фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник

Ю. Є. ГРАБОВСЬКИЙ, кандидат фізико-математичних наук, доцент

С. Г. НЕДІЛЬКО, доктор фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник

Є. О. РЕЗНИЧЕНКО, студент

В. П. ЩЕРБАЦЬКИЙ, провідний інженер

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

М. С. НЕДЄЛЬКО, провідний інженер

Інститут електрозварювання ім. О. Є. Патона НАН України

E-mail: vchornii@gmail.com

Анотація. *Наведено дані щодо виготовлення, структури й морфології мікрокристалічної целюлози та композитів на її основі, які містять оксидну компоненту як наповнювач. Показано, що, залежно від*

© В. В. Бойко, В. П. Чорній, В. А. Барбаш, О. В. Яценко, О. М. Алексєєв, Ю. Є. Грабовський, С. Г. Неділько, Є. О. Резниченко, В. П. Щербацький, М. С. Неделько, 2018

походження вихідної сировини та ступеня обробки, зразки целюлози характеризуються різним ступенем кристалічності (у межах 64–77 %). Виготовлені композити мають ще нижчий ступінь кристалічності $\approx 57\%$. Детальний аналіз морфології поверхні, виконаний за допомогою скануючого електронного мікроскопа, показав, що досліджувані зразки целюлози та композитів містять пластини розміром $\sim 20\text{--}50$ мкм, які, у свою чергу, складаються зі щільно спактованих зерен розміром $5\text{--}10$ мкм.

У випадку композитів, крім того, спостерігалися наночастинки (розміром до 200 нм) оксидного компонента, інкорпорованого до зерен мікрокристалічної целюлози. Показано, що дія світла на композит «целюлоза»+« AgNO_3 » веде до відновлення срібла, що відкриває можливості застосування таких композитів, як бактерицидні матеріали.

Ключові слова: мікрокристалічна целюлоза, оксид, рідкісноземельний іон, аргентум нітрат

Актуальність. Целюлоза, як один із найпоширеніших на Землі природних полімерів, широко використовується для виготовлення функціональних, і серед них, нанорозмірних, композиційних фотоелектричних матеріалів та пристроїв на їх основі. Зокрема, це можуть бути датчики, приводи, пристрої гнучкої електроніки тощо [1–3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Целюлоза має ряд особливих властивостей, важливих не тільки для виготовлення з неї виробів практичного використання, але й для вивчення фізичних та хімічних процесів у конденсованій речовині. Серед таких особливостей матеріалів на основі целюлози є, наприклад, її здатність формувати у концентрованих водних розчинах структури рідких кристалів. Подібна рідкокристалічна метафаза формується, зокрема, у розчинах деяких гідропропілцелюлоз [4]. Кристали в цих розчинах є, в основному, ліотропними, але із залишками нематичної фази. Аморфна фаза гідропропілцелюлози є холестеричною. Присутність декількох структурних фаз є причиною складної і неоднозначної поведінки розчинів целюлози та одержаних із них матеріалів. Так, плівки гідропропілцелюлози за температур 19 та 80 °C виявляють особливості, пов'язані з утворенням скла [4].

Кристалічна структура целюлози є тим важливим фактором, що значним чином визначає її властивості у випадку, так званої, мікрокристалічної целюлози (МКЦ). Мікрокристалічна целюлоза (*cellulosum microcrystallinum*) – це очищена, частково деполімеризована целюлоза, має вигляд білого, без смаку і запаху кристалічного порошку, що складається з пористих частинок і має адгезивні та адсорбційні властивості, що дає змогу використовувати її як наповнювач, стабілізатор та емульгатор у харчовій, косметичній і фармацевтичній промисловості.

Комерційна МКЦ за своїми властивостями близька до натуральної целюлози; вона нетоксична, а тому зовсім не шкідлива для людини. Порошкоподібна МКЦ може відрізнятися розміром частинок і вмістом вологи, що впливає на її характеристики та можливості застосування. Зрозуміло, що МКЦ, виготовлена в різних дослідних лабораторіях, або ж

МКЦ масового виробництва – комерційна, також, буде мати дещо різні характеристики: структурні, морфологічні тощо [5].

Мета дослідження – розробка та з'ясування структурних характеристик наноструктурованих композитів на основі целюлози як матриці, і деяких складних оксидів як наповнювачів.

У цій праці ми наводимо дані щодо процедури виготовлення та структури целюлози та МКЦ, синтезованих в лабораторних умовах на кафедрі екології та технології рослинних полімерів КПІ ім. Ігоря Сікорського. Ці дані порівнюються з аналогічними характеристиками комерційної МКЦ та композиційних матеріалів, виготовлених на її основі методом холодного пресування [5, 6].

Щодо можливостей практичного застосування подібних композитів, то одна з них пов'язана з використанням такого оксидного наповнювача як аргентум нітрат, AgNO_3 , а точніше, з наявністю аргентуму у його складі. Дійсно, здавна добре відомо, що матеріали та вироби зі срібла мають антибактеріальні та антимікробні властивості, що пов'язано зі здатністю наночастинок срібла порушувати ферментні системи мікроорганізмів і осаджувати білки. Нині, у промисловому масштабі, за допомогою електролітичних апаратів зі срібними електродами, знезаражують воду; виготовляють медичні препарати, до складу яких додане срібло. Такими препаратами є, наприклад, коларгол, протаргол, нітрат срібла. За незначних поранень та подразнень, синців та опіків застосовують серветки з бактерицидного паперу, що містять сполуки аргентуму. Ці серветки запаковані так, щоб уникнути дії на них відкритого світла.

Перед застосуванням серветку витягують із упаковки і під дією світла на її поверхні відбувається відновлення срібла. Після цього серветку можна застосовувати як лікувальний засіб. Недоліком відомих композиційних «срібних» серветок є їх низька стійкість до дії зовнішнього світла, або ж необхідність попередньої термообробки. Методи ж виготовлення подібних серветок потребують достатньо складних і тривалих хімічних процедур. У праці ми покажемо можливість виготовлення подібного матеріалу: «МКЦ + аргентум нітрат», «сухим» способом – без попередньої хімічної обробки, а також розглянемо люмінесцентний експрес-метод контролю рівня відновлення аргентуму в його складі.

Матеріали і методи дослідження. Було досліджено декілька серій зразків. Серія А, що складалася з 5-ти зразків (А1, А2, ..., А5) – це порошкоподібні матеріали, одержані з однієї рослинної речовини, волокна конопель, на різних стадіях процедури синтезу МКЦ. Серія В, що складалася з 6-ти зразків (В1, В2, ..., В6), – це МКЦ, одержана з різних представників вітчизняних рослин: волокон льону, конопель, кенафу, стебел соломи, кукурудзи і міскантусу. Методику одержання з них МКЦ описано в праці [7]. Для виготовлення зразків серії С та D як стартовий матеріал використовували таблетки комерційної МКЦ, які виробляє фірма ANCYR-B (Україна). Спочатку, таблетки МКЦ було розмелено й дисперговано за допомогою обертально-планетарного млина. Далі, однакові частини одержаного порошку, масою ~ 0,5 г, змішували з певною кількістю попередньо підготовленого порошку

оксиду. Композиційні зразки в серії С містили аргентум нітрат, AgNO_3 . Зразок композиту «МКЦ+ AgNO_3 », де кількість AgNO_3 становила 30 мг, нижче позначено як С/Аg.

Процедура виготовлення зразків серії D дещо відрізнялася від попередньої. Тут суміш диспергованої МКЦ та оксиду розчиняли в 50 мл етанолу високої чистоти й оброблювали ультразвуком (частота, $f = 4,2$ kHz, тривалість обробки, $t = 20$ хв). Після цього, одержану суспензію витримували протягом 30 хвилин, рідину зливали, а видалений осад фільтрували через фільтрувальний папір і осушували в атмосфері оточення за температури 60°C . Порошки сумішей всіх серій пресували в таблетки у вигляді диска діаметром ~ 10 мм і завтовшки ~ 1 мм. При цьому, зразки серій А та В було одержано під тиском $1,8 \cdot 10^4$ кПа/м², а зразки серії С та D – під тиском 580 кПа/м². Зразки, виготовлені з диспергованої МКЦ, які не містять оксиду, позначаються як О/0, а всі інші: D/Назва відповідного оксиду/Вміст оксиду в мг.

Морфологію поверхні виготовлених зразків досліджували за допомогою оптичного мікроскопу OLYMPUS GX51. Детальний вигляд поверхні зразків було одержано із використанням електронного мікроскопа зі скануванням електронного променя (СЕМ) Tescan Mira 3LMU. Під час вимірювань діаметр променя дорівнював 20 нм. Мікроаналіз хімічних елементів у складі зразків було виконано із застосуванням інструментальних можливостей цього самого електронного мікроскопа.

Рентгенівський дифракційний аналіз структури зразків (РДА) виконували із застосуванням порошкового дифрактометра DRON-3М, що працює в Bragg–Brentano ($\theta/2\theta$) геометрії і обладнаний рентгенівською трубкою БСВ-28 (довжина хвилі випромінювання $\lambda_{\text{rad}} = 1.54178$ Å). Спектри розсіяння рентгенівських променів було записано в діапазоні 10 – 70° кутів 2θ із кроком $0,1^\circ$.

Результати досліджень та їх обговорення. Оптичні мікроскопічні зображення показують, що поверхня і, очевидно, об'єм зразків, як «чистих» – без оксидів, так і інкорпорованих ними, є доволі неоднорідними. Різна яскравість частин зображення свідчить, що вони є пластинками (плато), розташованими на різній глибині та під дещо різними кутами до поверхні (рис. 1а). Детальний аналіз поверхні, виконаний за допомогою СЕМ, свідчить, що ці пластини мають розмір ~ 20 – 50 мкм, а самі вони складаються зі щільно спактованих зерен розміром 5 – 10 мкм. Згадані плато можуть бути в деяких випадках розділені помітними тріщинами (рис. 1б).

На додачу до описаних деталей, легко бачити включення іншого типу – вони мають відмінне забарвлення, форму та розмір. Очевидно, що ці включення є частинками оксидних сполук, вмонтованими в матрицю МКЦ. Розміри частинок лежать у межах 10 – 200 нм. Бачимо також, що наночастинки оксидів здатні частково агломеруватися в зерна розміром 2 – 10 мкм. Спостережені особливості морфології зразків дають нам змогу кваліфікувати структуру пресованих зразків як подібну до керамічної [5].

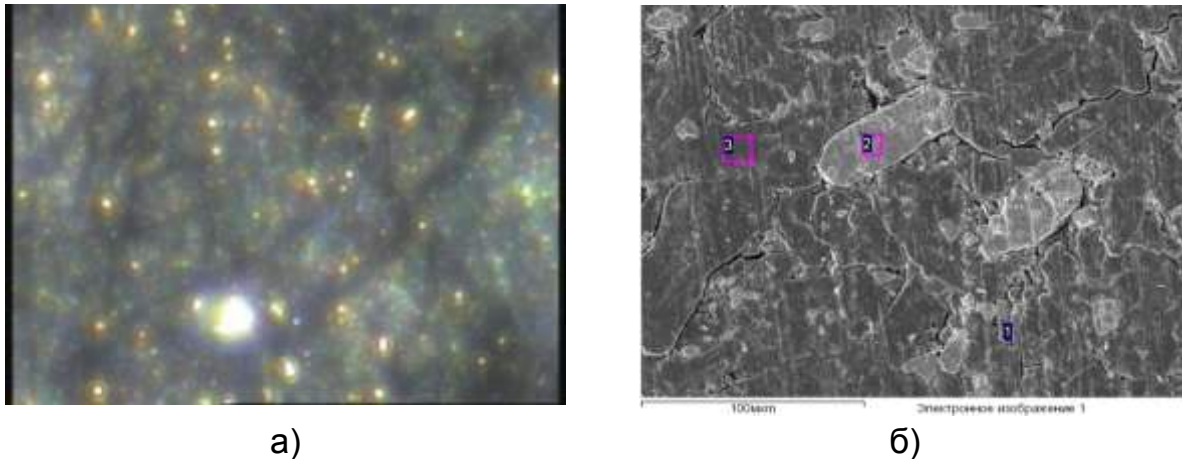


Рис. 1. Оптичне (а) та СЕМ зображення (б) зразка $D/K_2Eu(PO_4)(MoO_4)/100$

Аналіз складу було виконано в різних зонах досліджених зразків. Деякі з них на рис. 1б виділено кольоровими прямокутниками 1–3. Не дивно, що середній вміст атомів вуглецю, С, та кисню, О, для всіх зразків у зонах зазначених вище пластин (зона 1) становить 74–76 та 23–25 %, відповідно. Ці дані підтверджують зроблений вище висновок, що пластини, спостережені в СЕМ зображеннях, є блоками матриці МКЦ. Результати аналізу в області згаданих включень (зерна та їх агломерати) у композиційних зразках свідчать, що вони дійсно належать відповідним оксидам, адже їх склад відповідає хімічному складу використаних оксидів [5].

Аналіз даних рентгенівської дифракції. Спектри рентгенівської дифракції досліджуваних зразків МКЦ в діапазоні $10\text{--}45^\circ$ кутів 2θ демонструють ряд дифракційних ліній, пов'язаних із дифракцією X-променів на целюлозній матриці. Ці, відносно широкі, лінії розташовуються на кутах 2θ приблизно при $16; 22,5$ та $34,5^\circ$. Для всіх зразків спостерігаються також лінії та «плечі» меншої інтенсивності (рис. 2).

Для композиційних зразків, окрім зазначених вище ліній, спостерігаються додаткові. Їх набір, положення та розподіл інтенсивності відповідають спектрам рентгенівської дифракції оксидних сполук, інкорпорованих до складу композитів. Із підвищенням вмісту оксидів інтенсивність цих ліній зростає. Таким чином, можна стверджувати, що ці лінії відповідають включенням мікро/наночастинок оксидів до целюлозної матриці, що підтверджується порівнянням характеристик цих ліній (положення та розподіл інтенсивності) із відповідними характеристиками розсіяння для сполук $AgNO_3$, $La_{1-x}RE_xVO_4$ та $K_2Eu(PO_4)(MoO_4)$. (Детальніший опис дифрактограм для композиційних зразків можна знайти у праці [5]).

Спектри дифракції матриці МКЦ, як за кількістю ліній, їх положенням та розподілом інтенсивності, є подібними для всіх досліджених зразків – «чистих» та тих, що містять оксид. Разом із тим, детальніший аналіз показує певні відмінності. Так, по-перше, напівширина ліній дещо залежить від походження зразків: лабораторні (серії А та В) чи комерційні (серії С та D), та від наявності у їх складі оксиду (серії С та D). Ці факти означають, що як процедура видалення кристалічної фази целюлози зі стартового матеріалу, яка є різною для лабораторних та комерційних

зразків, так і тип оксиду та його кількість в матриці, впливають на розподіл нанорозмірних частинок МКЦ за розміром.

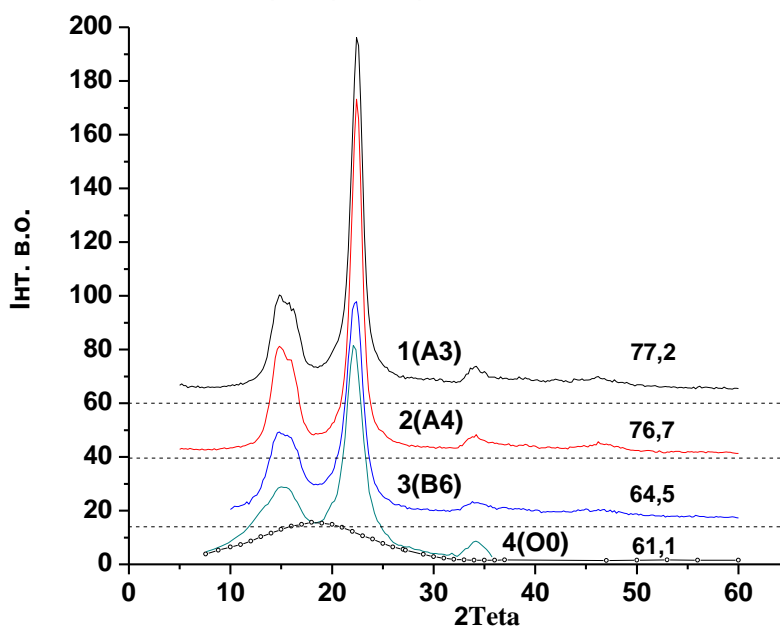


Рис. 2. Спектри рентгенівської дифракції для зразків різної стадії підготування МКЦ (1, 2) та для готової МКЦ (3, 4); 3 – лабораторна, 4 – комерційна МКЦ (номер зразка в серіях та ступінь кристалічності для них зазначено на рисунку)

На основі виміряних спектрів рентгенівської дифракції ми також оцінили коефіцієнт кристалічності зразків k , який характеризує відносний вміст кристалічної фази у дослідженому матеріалі. Для цього внесок аморфної фази, (I_{am}), було видалено із загального спектра: ($I_{cryst} + I_{am}$). Тут I_{cr} – це площа в спектрі під лініями, що відповідають дифракції на кристалічній структурі целюлозної матриці, а I_{am} – площа суцільного фону, на якому розташовані згадані лінії, і цей фон зумовлено розсіянням на аморфній складовій матеріалу. Спосіб виділення кристалічної та аморфної компонент у спектрах розсіяння показано на рис. 2. (Детальніше із цією процедурою можна ознайомитися у праці [5].) Отже, ступінь кристалічності k було оцінено за формулою:

$$k = \frac{I_{cr}}{I_{cr} + I_{am}}$$

Розраховані значення k лежать у межах 64–77 і 61–66 % для «чистих» зразків лабораторної та комерційної МКЦ, відповідно, тоді як для композитів значення кристалічності k є помітно меншими і становлять 57–58 %. Таким чином, дані стосовно кристалічності свідчать, по-перше, про вплив процедури синтезу МКЦ на розподіл кристалічної та аморфної фаз целюлози у готовому продукті – мікрочастинки целюлози, а по-друге, вони показують вплив оксидних частинок на структуру і

морфологію кристалічної фази МКЦ. Роль оксидних мікро/наночастинок, очевидно, виявляється у деякому руйнуванні кристалічної решітки целюлози.

Щодо перспектив використання композитів, то аргентум нітрат, як було зазначено вище, є фотохімічно активним, що, зрозуміло, і визначає фотохімічні характеристики композиту, де ця сполука є у його складі. Фотохімічну дію на композит «МКЦ+AgNO₃» у цій праці ми вивчали шляхом освітлення частини зразка лазерним випромінюванням із довжиною хвилі 405 нм та потужністю 20 мВт. Під впливом лазерного випромінювання має місце відновлення іонів Ag⁺, що знаходяться в зоні дії фотонів світла, до нейтрального стану Ag⁰ із наступним їх об'єднанням у мікро- та наночастинок срібла. Такі частинки, як і макрочастинки срібла, мають срібно-сірий колір, а тому опромінена ділянка зразка набуває подібного забарвлення (рис. 3).

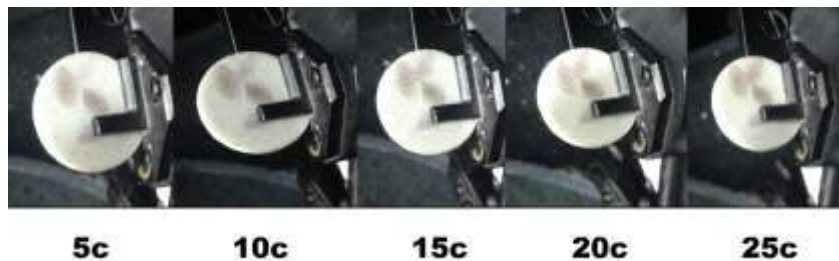


Рис. 3. Зображення поверхні зразка композиту «МКЦ+AgNO₃» після лазерного опромінення (тривалість опромінення зазначено на рисунку)

Результат дії опромінення можна контролювати не тільки «на око». Дійсно, зміна забарвлення частини зразка має призвести до зміни характеристик поглинання та відбивання світла видимого діапазону, що може знайти відгук у зміні люмінесцентних характеристик. З метою перевірки цього передбачення ми дослідили залежності спектрально-люмінесцентних характеристик композиту «МКЦ+AgNO₃» від часу його опромінення. Результати досліджень свідчать, що, зі збільшенням тривалості опромінювання, характер ФЛ (спектр) змінюється незначно, а інтенсивність свічення змінюється обернено пропорційно до часу опромінення, тобто, зі збільшенням тривалості опромінювання інтенсивність люмінесценції зменшується. Описані зміни інтенсивності ФЛ можуть бути використані для експрес-контролю процесу виробництва та якості антибактерицидних серветок, виготовлених на основі мікроцелюлози, активованої нітратом срібла.

Висновки і перспективи. Виготовлені методом холодного пресування композиційні зразки, де матрицею є мікрористалічна целюлоза (МКЦ), а наповнювачем – сполуки складних оксидів AgNO₃, LaVO₄:Sm, Eu та K₂Bi(PO₄)(MoO₄):Eu, мають керамічно-подібну структуру, яку утворено пластинами МКЦ та зернами оксидів.

Хід фотохімічних перетворень Ag⁺→Ag⁰ на поверхні композиційного зразка «МКЦ+ AgNO₃», може бути проконтрольований оптичними, зокрема, люмінесцентними методами.

Список літератури

1. Wang X. et al. Layer-by-Layer assembled hybrid multilayer thin film electrodes based on transparent cellulose nanofibers paper for flexible supercapacitors applications // *Journal of Power Sources*. – 2014. – Vol. 249. – P. 148–155.
2. de Moraes A. C. M. et al. Fabrication of transparent and ultraviolet shielding composite films based on graphene oxide and cellulose acetate // *Carbohydrate polymers*. – 2015. – Vol. 123. – P. 217–227.
3. Wu W. et al. Nanocellulose-based translucent diffuser for optoelectronic device applications with dramatic improvement of light coupling // *ACS applied materials & interfaces*. – 2015. – Vol. 7. – № 48. – P. 26860–26864.
4. Rials T. G., Glasser W. G. Thermal and dynamic mechanical properties of hydroxypropyl cellulose films // *Journal of applied polymer science*. – 1988. – Vol. 36. – № 4. – P. 749–758.
5. Nediello M. et al. Mechanical, dielectric, and spectroscopic characteristics of “micro/nanocellulose+ oxide” composites // *Nanoscale research letters*. – 2017. – Vol. 12. – № 1. – P. 98.
6. Barbash V. A. et al. Development of technology of microcrystalline cellulose from hemp fibres // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – Vol. 3/6. – P. 51–56.
7. Барбаш В. А. Технологія одержання мікрокристалічної целюлози із недеревної рослинної сировини / В. А. Барбаш, Ю. М. Нагорна // *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. – 2015. – № 2. – С. 119–124.

References

1. Wang, X., Gao, K., Shao, Z., Peng, X., Wu, X., & Wang, F. (2014). Layer-by-Layer assembled hybrid multilayer thin film electrodes based on transparent cellulose nanofibers paper for flexible supercapacitors applications. *Journal of Power Sources*, 249, 148–155.
2. De Moraes, A. C. M., Andrade, P. F., de Faria, A. F., Simões, M. B., Salomão, F. C. C. S., Barros, E. B., ... & Alves, O. L. (2015). Fabrication of transparent and ultraviolet shielding composite films based on graphene oxide and cellulose acetate. *Carbohydrate polymers*, 123, 217–227.
3. Wu, W., Tassi, N. G., Zhu, H., Fang, Z., & Hu, L. (2015). Nanocellulose-based translucent diffuser for optoelectronic device applications with dramatic improvement of light coupling. *ACS applied materials & interfaces*, 7 (48), 26860–26864.
4. Rials, T. G., & Glasser, W. G. (1988). Thermal and dynamic mechanical properties of hydroxypropyl cellulose films. *Journal of applied polymer science*, 36 (4), 749–758.
5. Nediello, M., Hamamda, S., Alekseev, O., Chornii, V., Dashevskii, M., Lazarenko, M., ... & Scherbatskyi, V. (2017). Mechanical, dielectric, and spectroscopic characteristics of “micro/nanocellulose+ oxide” composites. *Nanoscale Research Letters*, 12 (1), 98.
6. Barbash, V. A., Karakutsa, M. G., Trembus, I. V., Yaschenko O. V. (2016). Development of technology of microcrystalline cellulose from hemp fibres. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/6, 51–56.
7. Barabash, V. A., Nagorna, Yu. M. (2015). Tekhnolohiia oderzhannia mikrokrystalichnoi tseliulozy iz nederevnoi roslynnoi syrovyny [Technology of microcrystalline cellulose derivation from non-wood plant raw material] / *Naukovi visti NTUU «KPI»*, 2, 119–124.

МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА И КОМПОЗИТЫ НА ЕЕ ОСНОВЕ: СТРУКТУРА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

В. В. Бойко,
В. П. Чорний,
В. А. Барбаш,
О. В. Яценко,
О. М. Алексеев,
Ю. Е. Грабовский,
С. Г. Неделько,
Е. О. Резниченко,
В. П. Щербацкий,
М. С. Неделько

***Аннотация.** Представлены данные относительно изготовления, структуры и морфологии микрокристаллической целлюлозы и композитов на ее основе, содержащих оксидный компонент в качестве наполнителя. Показано, что в зависимости от происхождения исходного сырья и степени обработки, образцы целлюлозы характеризуются разной степенью кристалличности (в пределах 64–77 %). Изготовленные композиты имеют еще меньшую степень кристалличности ≈ 57%. Детальный анализ морфологии поверхности, проведенный с помощью сканирующего электронного микроскопа, показал, что исследуемые образцы содержат пластины размером ~ 20–50 мкм, которые, в свою очередь состоят из плотно упакованных зерен размером 5–10 мкм.*

В случае композитов, кроме того, наблюдались наночастицы (размером до 200 нм) оксидного компонента, инкорпорированного в зерна микрокристаллической целлюлозы. Показано, что действие света на композит «целлюлоза»+«AgNO₃» ведет к восстановлению серебра, что открывает возможности использования таких композитов в качестве бактерицидных материалов.

***Ключевые слова:** микрокристаллическая целлюлоза, оксид, редкоземельный ион, аргентум нитрат*

MICROCRYSTALLINE CELLULOSE AND CELLULOSE-BASED COMPOSITES: STRUCTURE AND POSSIBILITIES OF APPLICATION

V. Boyko,
V. Chornii,
V. Barbash,
O. Yashchenko,
A. Alekseev,
Yu. Hrabovskiy,
S. Nedilko,
E. Reznichenko,
V. Shcherbatskiy,
M. Nediello

Abstract. The data on preparation, structure and morphology of microcrystalline cellulose and cellulose-based composites, those have oxide component as filler are reported. It is shown that depending on raw materials origin and processing degree cellulose samples reveal various degree of crystallinity (in the range 64–77 %). Obtained composites reveal even lesser crystallinity degree $\approx 57\%$. Detailed analysis of surface morphology was performed with using of scanning electronic microscopy. It was found the studied samples contains plates with sizes $\sim 20\text{--}50\ \mu$ those consist of close-packed grains of $5\text{--}10\ \mu$ size. In the case of composites some oxide nanoparticles (sizes up to 200 nm) were incorporated into grains of microcrystalline cellulose. It was shown that action of light on “cellulose”+”AgNO₃” composite led to reduction of silver. This observation indicates a possibility for using of such composites as bactericide materials.

Keywords: microcrystalline cellulose, oxide, rare-earth ion, argentum nitrate

УДК 621.3:620.96

ПІДВИЩЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

І. П. РАДЬКО, кандидат технічних наук, доцент
В. А. НАЛИВАЙКО, кандидат технічних наук, доцент
О. В. ОКУШКО, кандидат технічних наук, доцент
А. В. МІЩЕНКО, кандидат технічних наук, доцент
Є. О. АНТИПОВ, кандидат технічних наук, старший викладач
*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*
E-mail: ievgeniy_antypov@ukr.net

Анотація. Метою дослідження був пошук можливих шляхів покращення енергозбереження та визначення напрямів ефективного енерговикористання. Проаналізовано питання стану проблеми економії енергетичних ресурсів у ВНЗ. Для вирішення якої запропоновано ряд основних організаційно-технічних заходів, які сприятимуть підвищенню енергоефективності та енергозбереження у будівлях ВНЗ. Наведено певні результати із впровадження таких заходів.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, енергетичні ресурси, енергозберігаюча технологія, заходи

Актуальність. Сучасний розвиток промисловості не може функціонувати без використання електричної і теплової енергії на всіх етапах життєдіяльності людини. Використання цих видів енергії стало