

¹В. Запоточний, ²Н. Лотошинська
Національний університет “Львівська політехніка”,
¹кафедра захисту інформації,
²кафедра інформаційних технологій видавничих систем

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ І ВПРОВАДЖЕННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У ПОЛІГРАФІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО

© Запоточний В., Лотошинська Н., 2012

Проаналізовано основні галузі застосування нанотехнологій у поліграфічному виробництві, зокрема проаналізовано дані, що стосуються використання наносистем і наноматеріалів у поліграфічній і пакувальних галузях. Зазначено важливу роль досягнень в галузі друкарської електроніки для сучасної мікро- і наноелектроніки.

Ключові слова: нанотехнологія, наноматеріал, нанотекст.

In this article were analysed basic industries of application of nanotechnologies in polydiene production, the analysis of data, which touches the use of the nanosystems and nanomaterials in polydiene and packing industries, is conducted in particular. The important role of achievements is marked in area of printed electronics for modern mikro- and nanoelectronics.

Key words: nanotechnology, nanomaterials, nanotekst.

Постановка проблеми

Кінець минулого століття знаменувався вступом людської цивілізації в еру нанотехнологій, яка в майбутньому здатна істотно змінити світ. Широке впровадження нанотехнологій у різні сфери людської діяльності, на думку фахівців, перевершить такі досягнення людства, як освоєння космосу, комп'ютеризація, створення мережі Інтернет і мобільного зв'язку в другій половині ХХ століття. Розвиток нанотехнологій та впровадження їхніх результатів у технічні науки буде зосереджено в майбутньому переважно на таких напрямках:

I. Розроблення нових економічно вигідніших методів синтезу наноматеріалів та реєстрації величини наночастинок.

II. Створення нових наноматеріалів для промисловості, авіації, космічної техніки та інших галузей народного господарства.

III. Упровадження наноматеріалів в інформаційні технології, складовою частиною яких є і поліграфія, електроніку, комп'ютеризацію виробництва та ін. [1].

Нанотехнологією називається міждисциплінарна галузь науки, яка вивчає закономірності фізико-хімічних процесів у просторових ділянках нанометрових розмірів з метою управління окремими атомами, молекулами, молекулярними системами при створенні нових наноструктурованих матеріалів із спеціальними фізичними, хімічними і біологічними властивостями [2].

Європейська комісія (ЄК) затвердила рекомендації щодо офіційного визначення і використання терміна «наноматеріал». За пропозицією ЄК, наноматеріал — це матеріал природного або штучного походження, що містить частинки, понад 50% яких мають лінійний розмір у межах 1—100 нанометрів. Розмір таких частинок можна уявити, якщо взяти до уваги, що 1 нанометр — це довжина ланцюжка з 5—10 атомів, а діаметр людської волосини становить близько 80 000 нанометрів. Сам термін «нанотехнологія» почали застосовувати американці в 80–90-ті рр. минулого століття, він означає «нано» (карликовий, дрібний) мільярдну частину (10^{-9}). До цього, ще у 1905 р. швейцарський фізик А. Ейнштейн опублікував результати дослідження, якими довів, що розмір молекули цукру приблизно один нанометр ($1\text{нм} = 10^{-9}$) [3].

З появою нанотехнологій виникли нові галузі: наноінженерія, наноелектроніка, нанохімія. Практичні розробки вже застосовано у доволі широкій сфері: електроніці, інформаційних технологіях, медицині, фармакології, сільському господарстві, авіації, космонавтиці, медичних технологіях, молекулярній біології, поліграфії тощо. Наносвіт готовий забезпечити інноваційною сировиною XXI століття найбільші підприємства світу. Розроблено текстиль, будматеріали, косметику, фармацевтику, папір, полімери і багато іншого.

Бурхливий розвиток галузі нанотехнологій не залишив осторонь поліграфічне виробництво включно з різноманітними поліграфічними матеріалами. Цей науково-технічний напрям і надалі визначатиме технологічний прогрес у багатьох сферах людської діяльності. Тому під час проектування нових поліграфічних виробництв необхідно враховувати ці новітні досягнення.

Аналіз сучасного стану і прогнозування використання наносистем і наноматеріалів у поліграфічній галузі для проектування сучасного поліграфічного підприємства є актуальною науковою проблемою, аналізу і дослідженню якої і присвячено статтю.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Актуальність аналітичного огляду і прогнозування використання нанотехнологій у поліграфії підтверджується низкою публікацій та наукових прогнозів в останні роки [4, с. 8–20]. Вагомою причиною вибору такої теми роботи є зацікавлення нанотехнологіями як методом створення нових корисних властивостей матеріалів і продуктів.

Принципово нові високотехнологічні матеріали із властивостями, що раніше не були доступні людству, надає нанотехнологія. А створені на основі знань про наночастинки і наноутворення технології нині є одним із найперспективніших світових напрямів.

Характерною особливістю наночастинок є велике співвідношення площі їх поверхні до об'єму і, відповідно, велика поверхнева енергія. Самі наночастинки і створені з них наноматеріали проявляють якості, абсолютно не властиві традиційним матеріалам, хоча атоми і молекули в них одні і ті самі.

У матеріалах, що складаються із наночастинок, можуть різко відрізнитися, наприклад, електро- і теплопровідність, міцність, жорсткість, пружність та інші важливі характеристики, наприклад, такі, як проникненість до різних середовищ і хімічних з'єднань. Останнє надає можливість для створення нових матеріалів для різних галузей промисловості, зокрема і для поліграфії.

Це означає, що в багатьох галузях промисловості очікують ефективних революційних змін, обумовлених можливістю синтезувати наномасштабні елементи з точно регульованими розмірами і складом, які можна буде збирати в більші структури, що володіють унікальними властивостями та функціями. У зв'язку з цим інтерес до нанонаук і нанотехнологій надзвичайно виріс у всьому світі. У багатьох країнах прийняті і продовжують прийматися пріоритетні національні програми наукових досліджень з нанотематики із значними об'ємами фінансування. Видаються нові журнали, створено сайти, що присвячені виключно цій тематиці.

Мета роботи

Метою роботи є ознайомлення з новітніми напрямками розвитку та здобутками нанонауки, функціональними можливостями нанооб'єктів у сфері поліграфії, проведення аналізу сучасного стану і прогнозування використання наносистем і наноматеріалів у поліграфічному виробництві.

Нанотехнології як складова сучасного науково-технічного прогресу в світі та в Україні

Загальносвітові затрати на нанотехнологічні проекти зараз перевищують \$9 млрд. на рік, зокрема США належить приблизно третина всіх світових інвестицій у нанотехнології. Не відстають від США Європейський Союз і Японія. Дослідження у цій сфері активно ведуть також країни колишнього СРСР, Австралія, Канада, Китай, Південна Корея, Ізраїль, Сінгапур, Бразилія і Тайвань. Прогнози показують, що до 2015 року загальна чисельність персоналу різних галузей нанотехнологічної промисловості може становити 2 млн. осіб, а сумарна вартість товарів, вироблених з використанням наноматеріалів, сягне як мінімум декількох сотень мільярдів доларів і, можливо, наблизиться до \$1 трлн. Світовий ринок нанотехнологій у найближчі 10 років на 20% переважить ринок електроніки і удвічі пережене медичний ринок [5].

Для ефективного застосування результатів нанотехнологій майже в усіх країнах світу створюються нові спеціальні лабораторії, центри, інститути, комітети та інші установи (як державні, так і приватні), у яких проводять дослідження з різних напрямів нанонауки.

В Україні створено спеціальну Комісію НАН України з нанонаук і нанотехнологій. Комісія координує роботу багатьох наукових центрів, організує конференції з методів одержання нанорозмірних частинок, систем і композитів та розроблення нанотехнологій [4,6]. У Національній академії наук у межах спеціальної програми «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології» здійснюють дослідження з фізики металів і сплавів, хімії поверхні, порошкових технологій, мікроелектроніки, колоїдних нанорозчинів, сорбентів, лікарських засобів, в основу яких покладено нанотехнології. Міністерство освіти і науки України спільно з Міністерством промислової політики затвердило українсько-російську міжвідомчу науково-технічну програму «Нанофізика і наноелектроніка». Проблеми застосування наноматеріалів у клінічній практиці вивчають в Академії медичних наук України, національних та медичних університетах України. Своїми дослідженнями з вивчення фізичних, фізико-хімічних, біохімічних основ нанонауки відомі й інститути НАН України.

У нашій країні нанотехнологіям приділяється з кожним роком все більше уваги навіть в умовах дуже обмеженого і явно недостатнього фінансування науки. Вітчизняна наука доволі природно увійшла до наногалузі. Перші дослідження на нанорівні українські вчені вели ще в довоєнні роки – працювали з колоїдними розчинами, вивчали властивості наноплівки і наночасток. І зараз в деяких областях нанотехнологій є оригінальні розробки. Понад'ємні електронні схеми, новий вигляд матеріалів і палива, ліки, косметика – за всіма цими напрямками зараз йде робота в Україні. Ці ж напрями залишаться перспективними на найближчі 10–15 років.

Можна виділити дві найперспективніші області застосування українських нанотехнологій – електроніка і матеріалознавство. Також в Україні є певні конкурентні переваги в галузі наномеханотроніки – створенні приладів для роботи в мікропросторі [1,5].

Україна вже цього року може розпочати підготовку фахівців з нанотехнологій. Планується створення в Україні академічного університету для підготовки фахівців б і 7 економічних укладів, – йдеться про технологічні уклади промислового виробництва, які засновані на інформаційних технологіях, нанотехнологіях, на застосуванні цифрових технологій [7].

Нанотехнології у друкарсько-пакувальній галузі

Тенденції впровадження нанотехнологій у суміжні з поліграфією галузі, такі як виробництво паперів, полімерних матеріалів, лакофарбових композицій дають підстави вважати, що здобутки нанонаук зможуть бути реалізовані в інформаційних і зокрема нових друкарсько-комунікативних технологіях.

За прогнозами експертів, розвиток нанотехнологій у поліграфії через 10–15 років дасть змогу створити нову галузь економіки з обігом у 15 млрд. доларів і близько 2 млн. робочих місць [8, 9]. На сучасному етапі із застосуванням нанотехнологій розроблено велику кількість ноу-хау у поліграфічному та пакувальному виробництві. Розглянемо найцікавіші новинки.

Наразі з'явилися нові терміни – такі, як «нанодрук». Фахівці відомої комп'ютерної компанії ІВМ спільно з ученими зі Цюріхського технологічного університету оголосили про створення нової технології друку з використанням наночастинок.

Вперше у світі дослідники використали частинки діаметром 60 нанометрів – приблизно в 100 разів менші за людський еритроцит – і змогли надрукувати растрове зображення із роздільною здатністю в одну наночастинку, що у перспективі дасть змогу створювати різноманітні наношаблони у діапазоні від простих ліній до складних схем. Якщо перевести показник цієї роздільної здатності у стандартний показник dpi (dots per inch — кількість крапок на дюйм), то матимемо величину 100000 (105) крапок на дюйм [10]. Порівнюючи ці дані з найкращими зразками звичайного офсетного друку (близько 1500 dpi), бачимо, що ця величина більша майже на два порядки за роздільність звичайних друкарських процесів. Високоточна технологія друку дає змогу ставити «наномітки» на банкноти та цінні папери.

Ще одна компанія представила технологію друку «нанотекст» для нанесення мікроскопічного тексту на голографічні зображення. Компанія Torrap Printing заявила про свої плани з використання нанотексту для забезпечення ще одного рівня безпеки для своєї голографічної протифальшувальної технології «Crystagram». Голографічний друк «нанотекст» використовує електронні промені для нанесення символів, у 30 разів менших, ніж це можливо за допомогою технології «мікротекст». З розділенням приблизно 100 нанометрів тепер стало можливим друкувати понад 20 голографічних символів на просторі завширшки в людський волос (близько 80 мікрон). Слід зазначити, що залишається не ясним, чи є ця технологія власне друкарською і чи можуть тиражуватися «нанотексти» при однократному використанні експозиції електронними пучками. Голограми давно почали використовувати як ефективний метод для запобігання фальсифікації різних речей, починаючи з цінних паперів і закінчуючи кредитними картками і розкішними марочними товарами [11].

Новий надтонкий емульсійний тонер розробили інженери Дослідного центру в Канаді (Xerox Research Centre Canada –XRCC). Одержувати частки тонера строго заданого розміру і форми, забезпечуючи чіткі зображення і високу надійність друку, дозволяє технологія емульсивної агрегації.

Технологія емульсивної агрегації ґрунтується на нанотехнологічних розробках. Вона дає змогу формувати частки необхідного розміру з мінімальним відхиленням, що потрібно для отримання високої якості кольорового друку. Поведінка частинок EA-тонера, малих за розміром і однорідних за складом, є більш передбачуваною, ніж часток у складі звичайного тонера, виготовленого за традиційною технологією механічної пульверизації пластикових частинок. Крім того, новий тонер менш енергоємний. Ще один плюс такої технології – це “всеядність” в матеріалах для друку.

Xerox випустили понад 50 пристроїв, які застосовують нову розробку. Тепер в усіх продуктах, які виготовлятимуться в майбутньому (наприклад, високопродуктивні багатофункціональні офісні пристрої, настільні принтери, а також машини, призначені для професійного кольорового друку), планується застосовувати нову технологію [12].

Широко представлені на ринку нанопорошкові технології. Так, фірма УралДиал (Росія) представила нанорозмірні оксиди титану, що мають добру прозорість і відмінну здатність до поглинання ультрафіолетового випромінювання у довгохвильовому(UVA) і середньохвильовому (UVB) діапазонах, на відміну від звичайного діоксиду титану [13]. Нанооксид титану нерозчинний у воді, органічних кислотах, слабких неорганічних кислотах. Його можна застосовувати в матеріалах для захисту від ультрафіолетового випромінювання, хімічних волокнах, друкарських фарбах, а також як наповнювач у полімерних матеріалах, в пакувальних матеріалах для харчових продуктів та для захисту цінних паперів.

Наноматеріали перспективні для формування структурованих покриттів, зокрема і полімерних наповнених. Нанодисперсії, що містять оксиди цинку і срібла, оксиди індію, стихію та олова, використовуються американською фірмою «Air Products» для виробництва покриттів, фарб, адгезивів та композиційних матеріалів [4]. Враховуючи те, що ці речовини, зокрема оксиди індію та олова, здатні надавати електроактивних властивостей, можна вважати ці покриття і фарби функціональними елементами пристроїв. Нанорозмірні наповнювачі вводили італійські дослідники у порошкові фарби для утворення антикорозійних покриттів на сталі, алюмінії та його сплавах, міді та його сплавах тощо. Цей підхід можна застосовувати для надання порошковим фарбам (тонерам) ксерографічних технологій нових властивостей, зокрема низькотемпературного або фотохімічного закріплення порошкового зображення на фарбовідбитку копіювальних апаратів і цифрових друкарських машин.

Провідні фірми-виробники лакофарбових матеріалів організують спеціальні підрозділи для впровадження нанотехнологій і створення нових фарбових систем, наприклад, серії«Nanosulate gQ». Використання їх для оздоблення підвищило експлуатаційні та технологічні властивості, наприклад, знизило вміст летких органічних розчинників [4]. Для технологій глибокого, флексографічного або трафаретного друку такі результати є бажаними і актуальними.

Дуже важливим є також використання нанотехнологій у виробництві валів для друкарських машин. Так, фірма Westland розробила Lototech – інноваційний еластомер з покриттям, розробленим із застосуванням нанотехнологій.

Werodamp Lototec — це зволожувальні валики фірми Westland для офсетного друку. Вони покриті спеціальним шаром Lototec. Цей шар значно збільшує стійкість валиків, а також полегшує їх чищення, завдяки чому можна значно обмежити кількість вживаних хімічних засобів. Друк з використанням цього різновиду валиків має вищу якість — малюнок стає чіткішим, окрім цього процес друкування не шкодить довкіллю і тим самим підвищує ефективність друкарського устаткування.

Назва Lototec походить від ефекту, що виникає на валику, — вода створює краплю, схожу на краплю, що виникає на пелюстку лотоса. Оболонка Lototec не дає хімікатам змоги проникати всередину гумового шару, з якого зроблено зволожуючий валик. Це значно покращує процес миття валиків і дає економію мийних засобів; практично їх потрібна незначна кількість. Циліндр з оболонкою Lototec достатньо протерти, щоб очистити поверхню. Технологія Werodamp LT також ефективно захищає циліндр від емульсії фарба-вода, яка робить на нього деструктивний вплив [14].

Фірма Swedev AB (Швеція), – світовий лідер з виробництва ножів-ракелів для флексо- та глибокого друку, використовує спеціально виготовлені сталеві смуги. Їх дрібнозерниста структура відрізняється підвищеним вмістом рівномірно розподілених карбідних включень. Переваги (на додаток до підвищеної якості друку) – сповільнений знос, менша кількість металевої крихти, знижене тертя і не настільки сильні наслідки при утворенні подряпин. Компанія також пропонує зносостійкі ножі ракелів з багатшаровим покриттям, твердішим і не таким пластичним, як сталева основа. Тут вважають, що з розвитком нанотехнологій функціональних покриттів стане більше [4, 15].

Розроблено надтверді наноалмазні композити інструментального призначення. Отримання полікристалів і композитів на основі алмазних порошків з твердістю за Віккерсом HV понад 50 ГПа має велике практичне значення. За цією технологією можна спікати композити нанопорошків алмазу, які можуть успішно конкурувати з однокристалним алмазним інструментом із природних алмазів. Її можна застосовувати для виготовлення ріжучого, деформуючого або вимірювального інструменту багаторазового використання [16].

Використання нанотехнологій у виробництві паперу має уже довгу історію. Першу систему із застосуванням технології наночастинок у паперовій галузі визначено понад 20 років з метою покращити формування паперового полотна. Зараз ця технологія поступово перетворюється на систему управління якісними показниками паперу як в процесі самого паперового виробництва, так і в процесі подальшої переробки паперу в готові вироби і в поліграфії. Велику дослідну роботу в галузі використання наночастинок проводить фірма Imerys (США), яка поставляє хімікати для целюлозно-паперової промисловості. А саме працює над створенням техніки багатшарового покриття паперового полотна з наданням кожному шару індивідуальних властивостей.

Використовуючи пігменти на основі наночастинок, фірма Imerys покращила такі показники паперового полотна, як пухкість, жорсткість, коефіцієнт світлорозсіювання і непрозорість. Стабільніших показників блиску друкарських відбитків вдалося досягти з використанням бразильського каоліну внаслідок збільшення пористості покривного шару і оптимізації швидкості закріплення друкарської фарби [17].

Основою подальших успіхів папероробної галузі є покращення та урізноманітнення властивостей целюлози – цього значною мірою досягнуто завдяки успіхам нанотехнологій.

Створити папір, міцність якого на розрив перевищує міцність сталі, вдалося завдяки спільним зусиллям вчених зі Швеції та Японії. Для отримання паперу вчені використовували ті самі вихідні інгредієнти, які застосовуються для виробництва звичайного паперу, зокрема деревну целюлозу. Однак їм вдалося винайти альтернативний спосіб її переробки, який не руйнує целюлозних нановолокон, що утворюють структуру деревини.

Деревина сформована з тонких (завтовшки приблизно 20 нанометрів) і дуже довгих волокон полісахариду целюлози, які при звичайному кислотному способі гідролісної обробки стають більш товстими й короткими. У результаті на виході виходить звичайний папір, що рветься. Шведи навчилися розщеплювати структуру деревини за допомогою ферментної й механічної обробки. У результаті довжина й товщина волокон залишаються незмінною. Далі процес одержання паперу не відрізняється від звичайного: розщеплену целюлозу залишають у воді, яку поступово упарюють, і у результаті отримують аркуш міцного, як сталь, паперу.

Крім того, на відміну від твердих кристалічних ґратниць сталі, нанопapір побудований за рахунок слабких, але дуже численних водневих зв'язків, що допускають згинання й ковзання нановолокон один щодо іншого. Ця обставина дозволяє компенсувати напругу в матеріалі, що виникають при деформації, й протистояти руйнуванням структури.

Ще у 2004 році вченим вдалося відкрити новий матеріал завтовшки в один атом – графен. Відтоді проводять експериментальні дослідження щодо застосування винайденого матеріалу.

Технологічний університет Сіднея (UTC) представив новий тип графенового нанопapеру, в 10 разів міцнішого за сталевий аркуш аналогічної товщини [18].

Нанопapір складається з виробленого і спеціальним чином спресованого графіту. За рахунок надщільного розміщення атомів речовини матеріал отримує феноменальну міцність. З іншого боку, новинку повністю можна утилізувати.

Для отримання графенового паперу звичайний графіт подрібнюють, очищають, використовуючи спеціальну хімічну ванну, що перебудовує атомну структуру графіту, і пресують графенові шари на тонкі аркуші.

За словами австралійських розробників, отриманий нанопapір має виняткову температурну й електричну провідність, а також незвичайні механічні властивості – міцність й одночасно гнучкість.

Китайським вченим вдалося виявити ще одну властивість графену – антибактеріальну. На основі оксиду графену вчені створили антибактеріальний папір. Під час експерименту на аркушах цього паперу спробували виростити бактерії та клітини людського організму. Бактерії виростити не вдалося, оскільки вони втрачали здатність до розмноження, а ось клітини людини залишались здоровими.

Отже, в результаті експерименту стало відомо, що створений папір здатний боротися з хворобливими бактеріями. Винахідники вважають, що антибактеріальний папір можна безпечно використовувати для виробництва антибактеріальних бинтів, пакування для продуктів і т.д.

На нашу думку, нанопapір з високими міцнісними характеристиками та антибактеріальними властивостями може знайти застосування і в банкнотному виробництві.

Дослідники університету Арканзаса (University of Arkansas) розробили папір з нановолокна. І хоча його так само можна складати, м'яти, різати, решта властивостей мало нагадує про звичний целюлозний продукт.

Використовуючи метод гідротермального нагрівання, учені під керівництвом професора Райана Тяня (Z. Ryan Tian) створили довгі нанонитки з діоксиду титану, а потім з них зробили плоскі мембрани. Вийшов білий матеріал, що нагадує папір, з якого легко можна робити тривимірні предмети найширшої функціональності. Проведені випробування паперу дозволили окреслити можливу область його застосування. Папір можна використовувати у військовому обмундируванні як вогнетривкий матеріал, для фільтрації рідин, для дозування лікарських препаратів і навіть для розкладання небезпечних речовин – від звичайних забруднювачів середовища до хімічної зброї.

Всі ці функції можливі завдяки хімічній інертності і вогнетривкості – матеріал витримує температуру до 700° С [19].

І надалі дослідження в целюлозно-паперовій промисловості вестимуться в галузі нових виробничих стратегій, нанотехнологій, наноматеріалів. На думку фахівців, нанотехнології допоможуть зробити робочі поверхні папероробних машин чистішими, поліпшать взаємодію між друкарськими фарбами і папером, скоротять використання хімікатів. Цілком можливо, що результати досліджень додатково стимулюватимуть розвиток пакувань з «розумних» матеріалів – паперу і картону. Така упаковка інформуватиме споживача про термін придатності, а виробники з її допомогою зможуть стежити за транспортуванням і станом продукції.

Отже, нанотехнології охоплюють багато різноманітних ланок у поліграфії. Вони відіграють також значну роль у розвитку пакувальної індустрії.

У найближчі п'ять років очікується істотне зростання в області нанотехнологій у пакувальній галузі. Зараз невпинно зростають вимоги до безпеки і якості продуктів харчування відповідно до

світових стандартів. Це приведе до збільшення ринку нанопакуння з 4,13 млрд. доларів в 2008 році до 7,3 млрд. доларів в 2014 році, з щорічним приростом в 11,65 %. Використання нанотехнологій в галузі харчових пакувань гарантує кращі механічні, бар'єрні та антимікробні властивості, а також впровадження датчиків стеження і моніторингу за продуктами під час перевезення і зберігання. За результатами досліджень, активні технології в пакуванні продуктів харчування займуть найбільшу частку ринку, тоді як найбільше зростання передбачається в сегменті розумних пакувань, де середній щорічний приріст становитиме близько 19 % і до 2014 року цей ринковий сектор досягне 2,47 млрд. доларів.

Нанокompозити застосовують для посилення бар'єрних властивостей пакувальних матеріалів. Полімерні плівки металізують за допомогою алюмінію як бар'єри для газу і світла вже протягом десятиліть. Крім того, наночастинки таких оксидів, як TiO_2 , SiO_2 , ZnO , Al_2O_3 вводять до складу полімерних плівок з метою гальмування їхнього фотолітичного розкладу. Деякі наночастинки, наприклад, наносрібло, завдяки біоцидним і біостатичним властивостям наносять на поверхню плівок.

Найперспективнішим є застосування нанотехнологій у пакувальних матеріалах, здатних розкладатись біологічним шляхом. Біонанокompозити – гібридні наноструктуровані матеріали з поліпшеними механічними, термічними і бар'єрними властивостями. Застосування таких наноматеріалів не тільки сприяє збереженню харчових продуктів і подовженню терміну їх придатності, але й захищає навколишнє середовище шляхом заміни полімерних пластикових матеріалів. Три типи сполук використовують для отримання біонанокompозитів, а саме: 1) природний полімер (крохмаль, целюлоза, полімолочна кислота, желатин, колаген, хітозан; 2) неорганічні глини (монтморилоніт, клоїзит); 3) пластифікатор (гліцерин, рослинні олії, триетилцитрат). Із розвитком нанотехнологій ефективних пакувань з'являються їх нові функціональні властивості, такі як антимікробіологічна активність пакувальних матеріалів, здатних розкладатись біологічним шляхом [20].

Наноматеріали використовують в активному пакуванні, яке передбачає поглинання або сприяння утворенню певних хімічних сполук. Так, як кисневі пастки застосовують наночастинки металів, насамперед заліза та їх оксидів, полімерні смоли, здатні до швидкого окиснення, а також низькомолекулярні органічні сполуки, такі як аскорбінова кислота.

Нанотехнології є важливими у так званому «розумному пакуванні», метою якого є контроль за якістю упакованих продуктів. Воно ґрунтується на здатності індикаторних наносполук реагувати з хімічними речовинами, які утворюються внаслідок окиснення чи мікробіологічного псування харчових продуктів. Для контролю за вмістом кисню всередині упаковки застосовують світлочутливі наночастинки.

Ще одним, на наш погляд, важливим питанням, пов'язаним із впровадженням наноматеріалів у виробництво, є дослідження можливого потенційно негативного впливу наночастинок на організм людей, тварин, навколишнє природне середовище. Це вимагає проведення фундаментальних досліджень із вивчення фізіологічних, біохімічних і біофізичних механізмів дії наночастинок на різні органи і системи організму людини і зовнішнє середовище з метою запобігання таким впливам.

Висновок

Аналіз історичних етапів науково-технічного розвитку, що привів до народження і становлення нанотехнологій, показує, що цей науково-технічний напрямок і надалі визначатиме технологічний прогрес у багатьох сферах людської діяльності. Проектування нових виробництв друкарсько-пакувальної галузі повинно враховувати ці новітні досягнення. З іншого боку, необхідно впроваджувати відповідні освітні програми у вищі навчальні заклади і організувати навчальний процес з врахуванням актуальності цього напрямку.

1. Патон Б., Москаленко В., Чекман І., Мовчан Б. Нанонаука і нанотехнології: технічний, медичний та соціальний аспекти // Вісн. НАН України. – 2009. – № 6. – С.18–26. 2. Давыдов А.А.

В преддверии нанообщества // СОЦИС. – 2007. – № 3. – С.119–125. 3. Євросоюз затвердив офіційне позначення наноматеріалів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dt.ua/SCIENCE/europeyskiy_souyz_viznachiv_sya_z_nanomaterialami-90481.html. 4. Шерстюк В. П., Гуменюк О. В.. Нанотехнології та друкарство // Технологія і техніка друкарства. – 2008, №3-4. – С.63-73. 5. Сідненко М.В. Нанотехнології як пріоритетний напрямок державної інвестиційної політики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://intkonf.org/sidnenko_mv_nanotehnologiyi_yak_prioritetniy_napryatok_derzhavnoyi_investitsiynoi_politiki/. 6. Международный симпозиум «Нанопотоника». Тезисы докладов, Ужгород, Украина, 28 сентября—3 октября 2008. Киев: Институт физической химии им. Л. В. Писаржевского НАН Украины, 2008. — 197 с. 7. Україна "рулить" в світ нанотехнологій! [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://teplodarets.com.ua/new/ukrayina-rulit-v-svit-nanotehnologiyu>. 8. О. Гулинкина. Нанотехнологии в упаковочной отрасли (часть 1-я) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://article.unipack.ru/20762/>. 9. Васютина В., Шерстюк В. П. Проблемы друкарської та пакувальної галузі у світлі досягнень нанотехнологій // Технологія і техніка друкарства. – 2010. – №1(27). – С.65-82. 10. Фахівці IBM створили найменшу монохромну ілюстрацію — ВКурсе.іа новини України: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vkurse.ua/ua/technology/sozdali-samiyu-malenkiyu-monokhromniyu-illyustraciyu.html>. 11. Нанотехнологии против подделок [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://gizmod.ru/2007/02/09/nanotekhnologii_protiv_poddelok/. 12. Нанотехнологии от XEROX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pechatnick.com/analitika/articles/index.phtml?id=948>. 13. Порошковая металлургия в России [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rosfirm.ru/poroshkovaya-metallurgiya-1704>. 14. Технические характеристики WESTLAND LotoTec , Валики для печати [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pechatnick.com/catalog/item.phtml?cid=156&> 15. ВІП-Системы. Персональная страница фирмы на сайте PolygraphExpo.ru: <http://www.cpb.ru/Firm/FiNews.asp?n=52&FirmId=201>. 16. Соколов А. Н., Шульженко А. А., Гаргин В. Г. Сверхтвердый наноалмазный композит инструментального назначения: <http://masters.donntu.edu.ua/i2009/mech/matooshkina/library/st%204.htm>. 17. Блишнуова О.И., Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Блинова Л.А. Использование элементов нанотехнологии в управлении качеством бумаги // Мат.-ли Междунар. научно-практ. конф. «Химия в ЦБП». – 2009. – № 6. – С.41–56. 18. Графеновий нанопанір у 10 разів міцніший за сталь [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.osvita.org.ua/news/57389.html>. 19. Нанотехнології в пакувальній галузі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ipaket.ru/nanotekhnologiji-v-pakivalnij-galuzi.html>. 20. Полумбрик М.О. Нанотехнології в харчових продуктах // НУХТ, "Харчова промисловість" 2011. – № 10–11. – С.319–322.