

УДК 655.3.026.11:547.458:678

**ТЕНДЕНЦІЇ У РОЗВИТКУ ПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛІВ,
ЩО БІОРОЗКЛАДАЮТЬСЯ,
ДЛЯ ЗАДРУКОВУВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАНЬ**

© Р. А. Хохлова, к.т.н., доцент, К. О. Мокрецова,
бакалавр, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

Анализируются биоразлагаемые пленочные материалы, пригодные для запечатывания и изготовления гибкой упаковки.

In this article authors analyze the biodegradable film materials suitable for printing and manufacture of flexible packaging.

Постановка проблеми

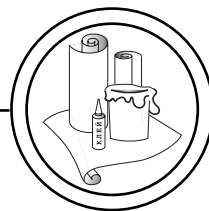
Використання для задрукування та виготовлення гнучкого пакування полімерних плівок, нездатних до розкладання на більш прості сполуки та здатних зберігати притаманні їм властивості протягом тривалого часу, загрожує в недалекому майбутньому порушити екологічну рівновагу будь-якої країни, яка не справиться з переробкою полімерних відходів на користь екології.

Вчені і науковці багатьох країн показують всю складність проблеми використання полімерів, інертних до навколишнього середовища для виготовлення пакувань. Натомість пропонують використовувати для виготовлення гнучкого пакування спеціальні плівкові матеріали, які б розкладалися під дією навколишнього середовища: вологи, сонячних променів, рівня кислотності ґрунту, кисню повітря, мікроорганізмів тощо. Проте, поліграфічній промисловості, що активно розвивається у напрямку друку на гнучкому пакуванні, вкрай необхідним є забезпечення відповідності

матеріалів, здатних до біорозкладання в природних умовах, жорстким вимогам якісного кольоровідтворення, адже допуск на невідповідність кольоровим тонам ΔE для пакувань складає не більше двох одиниць. Крім цього, відбитки мають характеризуватися високою стійкістю до різного роду механічних дій, які зустрічаються в логістичному ланцюжку виготовлення та використання пакувань із матеріалів, що біорозкладаються.

Аналіз попередніх досліджень

За останні десять років дослідницькими інститутами всього світу запропоновано використовувати для виготовлення полімерних матеріалів, що біорозкладаються, відновлювальні матеріали рослинного та тваринного походження та їх природні властивості. Це стало поверненням до витоків промислового виробництва полімерів, адже індустрія пластмас починалася з використання, в якості сировини, природних інгредієнтів — натурального каучуку і нітроце-



люлози, а пластики на основі нафтопродуктів (полівінілхлорид і поліетилен) почали широко застосовуватись лише в со-рокових роках через різку не-стачу гуми і металу [1–2].

Перші експерименти з полі-мерами, що біорозкладаються, були невдалими, внаслідок чого низка проектів з їх виробництва була закрита. Такі полімери не були по-справжньому здатні до біорозкладання в природних умовах і піддавалися серйозній критиці з боку світової ор-ганізації Greenpeace, а слабкий попит на такі матеріали призвів до того, що багато фірм, які зай-малися цим бізнесом, так і не зайняли свого місця на ринку. Так, наприклад, корпорація Churchill Technology, виробник добавок, полімерів спеціально-го призначення і водорозчинних матеріалів, що біорозкладають-ся, збанкрутувала в 1997 р., по-передньо витративши на дослі-ди і виробництво понад двадця-ти мільйонів доларів. Запатен-тований винахід використання природних матеріалів, що біо-розкладаються, було продано італійській фірмі Novamont SPA [3].

Мета роботи

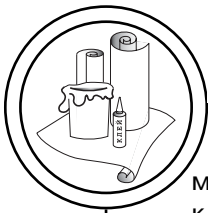
Метою роботи було вивчення попиту на матеріали, що біороз-кладаються; провести система-тизацію основних способів ви-робництва полімерних плівок, здатних до біорозкладання, та придатних до задруковуван-ня різними способами друку з одержанням високої якості ко-льоровідтворення на пакованні.

Результати проведених досліджень

Одним з індикаторів у світо-вих тенденціях є Google Index — показник частоти використання пошукових термінів в мережі Інтернет. Вивчення попиту впро-довж останніх десятих років на матеріали, що біорозклада-ються, для виготовлення еко-логічночистого пакування про-водилось шляхом оцінки отри-маних результатів у пошуковій системі за тематичними ключо-вими словами: пакування, що біорозкладаються; полімери, що біорозкладаються; плівки, що біорозкладаються, викорис-товуючи українську, російську та англійську мови. Обробку от-риманих результатів виконано у програмі Microsoft Excel.

Згідно отриманої статистики в Інтернет-пошукових системах, за останні шість років у світі сформувалася стійка тенденція зацікавленості матеріалами, що здатні до біорозкладання у природних умовах, для виго-товлення гнучкого екологічно-чистого пакування. На основі аналізу отриманих результатів, відсотковий розподіл зацікавле-ності та попиту на пакування з речовин, що біорозкладають-ся, між країнами світу представ-лено на розробленій діаграмі (рис. 1). Так, серед лідерів зна-ходяться країни з економікою, що розвивається швидкими темпами, з розвиненою еко-номікою, та країни, що залежать від свого природного ресурсу (Філіпіни, Ірландія тощо).

Проведений аналіз запропо-нованих ключових пошукових термінів свідчить, що частота пошуку інформації, яка стосується



матеріалів, здатних до біорозкладання, дещо зменшилася після світової економічної кризи. На даний момент негативна спадна динаміка зупинилася, і вже впродовж 2010 року та на початку 2011 року спостерігається тенденція поживлення інтересу до екологічних полімерних матеріалів, що біорозкладаються, для задрукування і виготовлення паковань.

Щодо реалій в Україні, то зацікавленість матеріалами, що біорозкладаються, в нашій країні не є достатньою для того, аби аналізувати активність ринку у даній сфері. Можливо це через невисокий рівень розвитку Інтернет-сегменту в Україні й відносно низьку культуру використання Інтернет-ресурсів та їх можливостей. Проте, позитивним сигналом України, що йде у напрямку світових тенденцій, є ключові пошукові терміни українською мовою, які вже достатньо популярні, аби потрапити у перелік автоматичних посилаць пошукової системи Google.

Дослідження також виявили непрямий доказ зацікавленості вітчизняних фахівців в екологічно чистих матеріалах, що біорозкладаються, для задрукування і виготовлення паковань, який впливає з аналізу державної статистики за останні три роки у целюлозно-паперовому виробництві України, і видавничій діяльності зокрема. Для побудови графіка (рис. 2) використано офіційні дані із сайту Державного комітету статистики України [4], що дозволяють об'єктивно оцінити та систематизувати отриману інформацію.

Не зважаючи на світову кризу, в Україні нарощуються у грошовому еквіваленті об'єми виробництва продукції із паперу, в тому числі значна частка паперових пакетів і картонного пакування для харчової індустрії. Як висновок, можна припустити, що українське виробництво екологічно чистого пакування, що біорозкладається, буде прямивати за світовими тенденціями у сфері виготовлення пакування і використання для цього

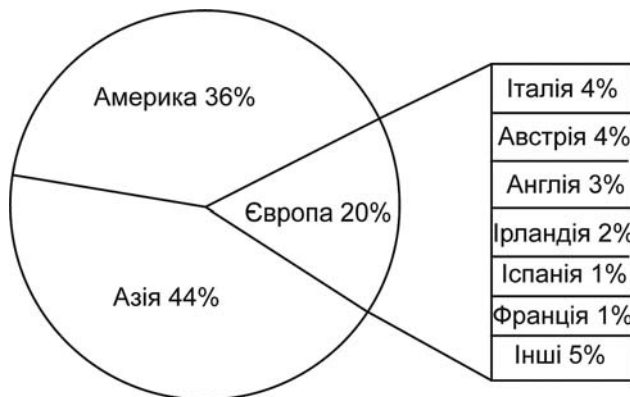
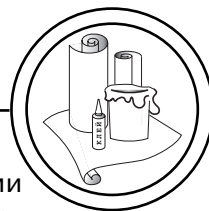


Рис. 1. Діаграма пошукових запитів про матеріали та речовини, що біорозкладаються, в системі Google



не лише паперу, а й плівкових полімерних матеріалів, здатних до біорозкладання.

Проведений аналітичний огляд патентів, публікацій, інтернет-видань, спеціалізованих періодичних видань дозволив систематизувати основні способи ефективного виготовлення полімерних плівок, здатних до біорозкладання.

Так, сьогодні можна вести мову про новий підхід до розробки полімерних матеріалів, діаметрально протилежний традиційному, який має на меті одержання полімерів, які забезпечили б якісний друк та зберегли б експлуатаційні характеристики пакування тільки протягом періоду гарантованого збереження і споживання запакованої продукції, а потім зазнавали б фізико-хімічних та біохімічних перетворень під дією навколишнього середовища і легко включалися б в процеси метаболізму природних біосистем. В цьому

аспекті найбільш важливими є хімічна природа полімеру, його молекулярна маса, розгалуженість макроланцюга, природа бічних груп, надмолекулярна структура. Всі ці фактори мають прямий вплив на якість і міцність плівкового матеріалу для задрюкування і виготовлення гнучких пакувань [5].

З огляду на наявні в Україні друкарські екологічності фарби провідних виробників світу для глибокого і флексографічного друку на гнучкому пакуванні, найбільший інтерес представлятимуть полімерні пакувальні матеріали, що біорозкладаються, синтезовані методами біотехнологій, наприклад, на основі поліоксibuтирату. Поліоксibuтират та вироби з нього легко піддаються розкладанню під дією мікроорганізмів, а також ферментів плазми тваринних тканин. Сьогодні цей полімер застосовують не тільки в якості пакувального матеріалу, відходи якого

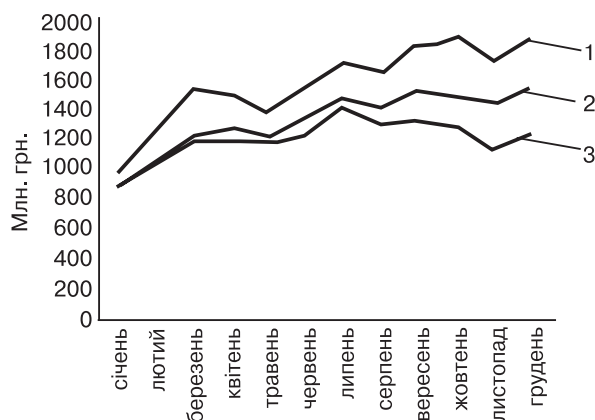


Рис. 2. Динаміка використання ресурсів у грошовому еквіваленті, що витрачаються на поліграфічну промисловість та матеріали в Україні, де: 1 — 2010 р.; 2 — 2009 р.; 3 — 2008 р.



руйнуються природною ґрунтовою мікрофлорою до мономерів, але використовують у хірургії та фармакології [6].

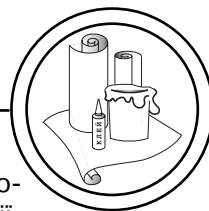
Заслужують на увагу композиції полімерних плівкових матеріалів, в яких крім високомолекулярної основи містяться також органічні наповнювачі (крохмаль, целюлоза, декстрин), що є живильним середовищем для мікроорганізмів. Найбільш дешевим методом отримання композицій «полімер-наповнювач» є пряме змішування компонентів. Отриманий матеріал є частково такими, що біорозкладається, через те, що матриця синтетичного полімеру розпадається на шматочки. При змішуванні наповнювача з синтетичним полімером на макрорівні з розмірами частинок не менше 10 мкм, компоненти суміші утворюють взаємопроникну сітчасту структуру, яка забезпечує ефект додаткової деструкції.

Не повинні залишитися поза увагою поліграфістів і полімерні матеріали, що біорозкладаються, які мають хімічну структуру, подібну до структури природних полімерів. Прикладом можуть бути матеріали на основі складного поліетеру аліфатичного ряду, що піддається біодеструкції і має хімічну структуру, аналогічну структурі поліаксидобутирату целюлози: синтетично одержані полімери — аналоги лігніну (метоксіоксістріолу), складному поліетеру, що руйнується мікроорганізмами і до складу якого входять молочна та фенілмолочна кислоти [7].

З початком виділення вченими спеціальних штамів мікроор-

ганізмів, здатних здійснювати деструкцію полімерів (зокрема бактерій з ґрунту *Pseudomonas* SP, які здатні виробляти фермент, що розщеплює полівініловий спирт, коли після розкладання його макроланцюга інші фрагменти повністю засвоюються цими бактеріями) актуальними для виготовлення пакування, здатного до біорозкладання, можуть бути плівкові матеріали на основі полівінілового спирту. Бактерії *Pseudomonas* можна додавати до активної мулу на водоочисних спорудах для більш повного очищення стічних вод від цього полімеру [2].

Прослідковується також використання природних полімерів для виробництва біорозкладаних матеріалів для пакувальної галузі на основі целюлози, хітину, желатину, поліпептидів тощо. Зокрема, в останні роки зріс інтерес до крохмалю, як одного з найбільш дешевих видів сировини, для організації промислового виробництва біопластику. Крохмаль — полісахарид, що накопичується в процесі життєдіяльності рослин в їх бульбах, насінні, стеблах і листі. У рослинах крохмаль присутній у вигляді гранул, діаметр яких коливається від 2 до 100 мкм. У чистому вигляді крохмаль не є плівкоутворювальною речовиною, тому його переробка на екструдерах, ливарних машинах можлива тільки за наявності пластифікаторів. Оскільки крохмаль є типовим гідрофільним полімером, він може містити до 30–40 % зв'язаної вологи. Ця властивість дозволяє використовувати воду як один з найбільш



доступних пластифікаторів крохмалю. Пластифікуючу дію на крохмаль мають також гліцерин і олігомерні полігліколи. З крохмалю, пластифікованого водою або іншим гідроксилвмісними речовинами, методами компресійного пресування і екструзій, формують термопластичні матеріали одноразового або недовготривалого застосування. Істотним недоліком таких матеріалів є їх нестійкість до дії води [7, 8]. Тому велике число досліджень останніх років присвячено сумішам крохмалю з іншими природними полімерами, такими як пектин,

целюлоза та іншими, або з продуктами їх хімічної модифікації.

Висновки

Проаналізовано сучасні тенденції та стан виробництва плівкових матеріалів, що розкладаються біологічним шляхом. Визначено пріоритетні напрями у дослідженні використання матеріалів, що синтезовані методами біотехнологій, на основі поліоксibuтирату, органічних наповнювачів (целюлоза, декстрин), «полімер–наповнювачів» при виготовленні із них гнучкого пакування, що біорозкладається.

1. Лупенко Ю. О. Розвиток підприємництва в Україні / Ю. О. Лупенко, В. В. Баліцька, В. О. Мельник, С. М. Демченко. — Київ : Нора-друк, 2003. — 124 с.
2. Колотило Д. М. Екологія і економіка / Д. М. Колотило. — Київ : КНЕУ, 1999. — 240 с.
3. Шибырин Е. В. Тенденции развития мирового рынка биоразлагаемых полимеров / Е. В. Шибырин, О. Д. Федоряк, П. В. Замотаев // Упаковка. — 2010. — № 2. — С. 18—23.
4. [Електронний ресурс]. — Режим дрступу : <http://ukrstat.gov.ua> — сайт Державного комітету статистики України.
5. Фомин В. А. Биоразлагаемые полимеры, состояние и перспективы использования / В. А. Фомин, В. В. Гузеев // В сб.: Пластические массы. — Дзержинск : ФГУП «НИИ Полимеров». — 2001. — № 2. — С. 42—46.
6. Мусієнко М. М. Екологія рослин / М. М. Мусієнко — Київ : Либідь, 2006. — 362 с.
7. Замотаєв П. В. Биоразлагаемые полимерные упаковочные материалы / П. В. Замотаєв // Упаковка. — 2009. — № 5. — С. 14—16; № 6. — С. 14—17.
8. Полумбрик М. О. Полімерні пакувальні матеріали, що розкладаються біологічним шляхом / М. О. Полумбрик // В зб.: Харчова промисловість. — Київ : Національний університет харчових технологій. — 2010. — № 9. — С. 144—149.

Рецензент — О. М. Величко, д.т.н.,
професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 28.04.11