

УДК 678.456.93.76

Савченко Б.М., докт. техн. наук, професор,
savchenko.bm@knutd.edu.ua

Савчук Б.П., аспірант,
savchuk.bp@knutd.edu.ua

Журба О.М., студент

Київський національний університет технологій та дизайну, zhan@ukr.net

ВПЛИВ ВМІСТУ БІОПОЛІМЕРІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВТОРИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

Забруднення навколишнього середовища відходами з поліетилену низької щільності (LDPE) залишається однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. LDPE широко використовується для виготовлення одноразових пакетів, плівок і різноманітного пакування, завдяки своїй гнучкості, прозорості та низькій вартості. Однак ці переваги водночас обертаються серйозними екологічними ризиками. Матеріал практично не розкладається в природі — його повний розпад може тривати сотні років. LDPE легко розноситься вітром і водою, засмічуючи ліси, поля, річки та океани. У природному середовищі він часто потрапляє до організмів тварин, що може спричинити летальні наслідки.

Хоча LDPE формально піддається вторинній переробці, на практиці ця можливість реалізується вкрай обмежено. Переробка LDPE ускладнюється низкою чинників: упаковка часто забруднена залишками їжі, фарбами або іншими домішками; поліетиленові вироби мають низьку щільність і масу, тому їх економічно не вигідно збирати та транспортувати; а інфраструктура для якісного сортування LDPE в багатьох країнах або зовсім відсутня, або перебуває на низькому рівні розвитку [1]. У результаті ледова частка LDPE потрапляє на сміттєзвалища або в довкілля, замість того щоб повертатися в економічний обіг.

Останніми роками на ринку почали активно з'являтися біопластики, зокрема РВАТ (полібутилен-адипат-терефталат), який позиціонується як біорозкладна альтернатива традиційному LDPE. Проте, всупереч маркетинговим обіцянкам, РВАТ не є рішенням проблеми пластикового забруднення — навпаки, він її поглиблює. Біорозклад РВАТ можливий лише в умовах промислового компостування, де підтримується висока температура, вологість і концентрація специфічних мікроорганізмів [2]. Такі умови практично відсутні на звичайних полігонах, тому РВАТ, потрапляючи туди, поводить себе подібно до звичайного пластику — не розкладається, а накопичується.

Особливо гострою стає проблема, коли відходи LDPE і РВАТ змішуються у спільному потоці. Ці матеріали візуально дуже схожі, і без спеціального обладнання їх неможливо ефективно розділити. У процесі вторинної переробки навіть незначна домішка РВАТ до вторинного LDPE здатна суттєво погіршити механічні властивості отриманої продукції — зменшити її еластичність, знизити міцність при розриві і зробити матеріал крихким та непридатним до подальшого використання. У такий спосіб біопластик фактично "отрує" потоки переробки традиційного поліетилену.

Таким чином, неконтрольоване використання РВАТ без належної системи збору, маркування та компостування створює ілюзію вирішення проблеми, водночас ускладнюючи переробку LDPE та поглиблюючи кризу пластикових відходів. Ефективне вирішення цієї ситуації вимагає не лише впровадження нових матеріалів, а й глибокої трансформації всієї системи поводження з пакуванням — від дизайну упаковки до побудови ефективної інфраструктури її повернення та переробки.

Нижче наведено графік порівняння впливу вмісту вторинного РВАТ на розривну міцність вторинного LDPE:

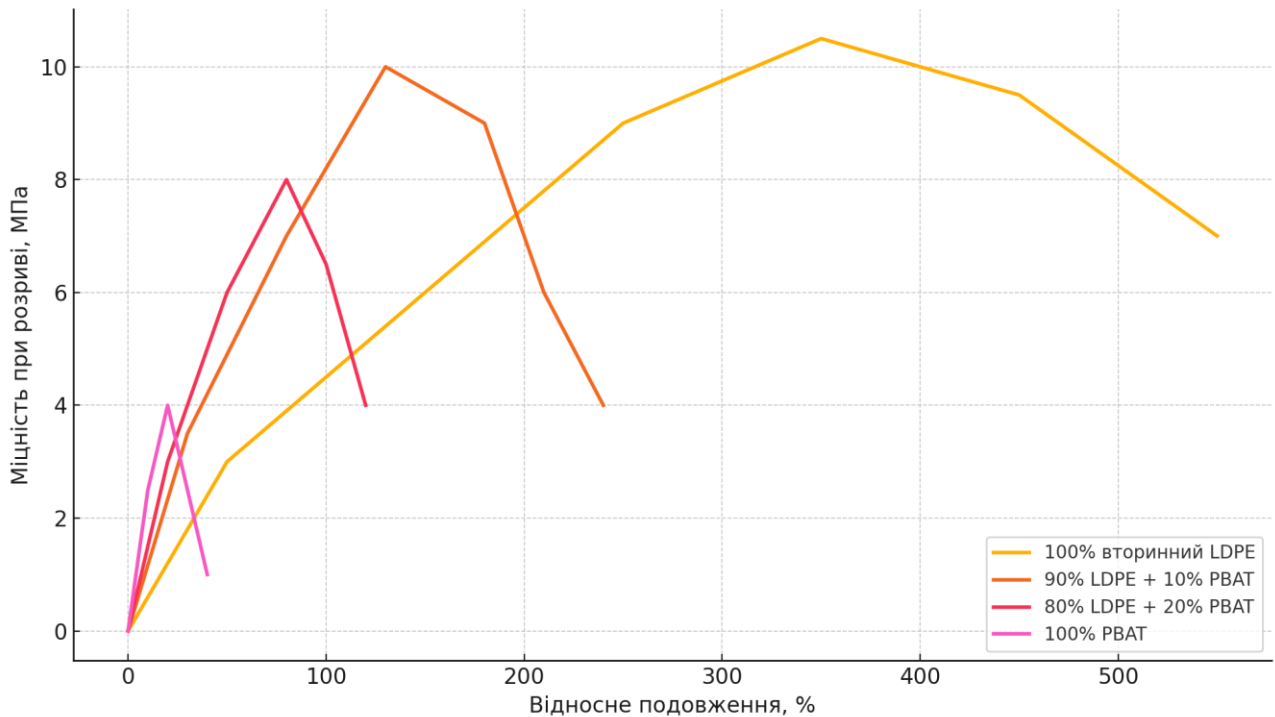


Рис.1 – графік порівняння впливу вмісту вторинного PBAT на міцність при розриві вторинного LDPE

Загальний аналіз механічних властивостей вторинного LDPE з різним вмістом вторинного PBAT показав, що введення біорозкладного поліестеру суттєво впливає на характер деформаційної поведінки матеріалу. Чистий LDPE характеризується високою еластичністю, здатністю до значного подовження до моменту розриву, а також високою міцністю при розриві, що свідчить про його здатність ефективно поглинати механічне навантаження. Це робить його ідеальним для застосувань, де важлива гнучкість та ударостійкість.

Додавання 10% PBAT призводить до помітного зменшення деформаційної здатності, хоча водночас дещо зростає жорсткість і межа міцності. При подальшому підвищенні вмісту PBAT до 20% спостерігається ще сильніше зменшення міцності при розриві та зниження енергії руйнування практично вдвічі порівняно з чистим LDPE. Це вказує на те, що матеріал втрачає свою еластичність і стає більш крихким.

Найменшу міцність при розриві демонструє зразок зі 100% PBAT, що є типовою ознакою крихких поліестерів, які не здатні ефективно деформуватись перед розривом.

Висновок

Введення вторинного PBAT до вторинного LDPE знижує здатність матеріалу до деформації та поглинання енергії, водночас збільшуючи його жорсткість. Це створює можливість для регулювання властивостей суміші залежно від цільового призначення, однак вимагає обережного підбору складу, щоб не допустити надмірної крихкості, що може негативно вплинути на функціональність кінцевого виробу. Найбільш збалансованим варіантом, судячи з аналізу результатів експерименту, є суміш із 90% LDPE та 10% PBAT.

Список посилань

1. Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). *Plastics recycling: Challenges and opportunities*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115–2126.
2. Kale, G., Kijchavengkul, T., Auras, R., Rubino, M., Selke, S. E., & Singh, S. P. (2007). *Compostability of bioplastic packaging materials: An overview*. *Macromolecular Bioscience*, 7(3), 255–277.