

УДК 621.798:547.458:678

В. О. Коротка, Р. С. Зацерковна*Українська академія друкарства***ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ БІОДЕГРАДУЮЧИХ ПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАНЬ МЕТОДОМ ГАЗОВОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ**

У роботі представлено результати досліджень плівок на основі поліетилену високої й низької щільності в комбінації з оксо-біодеградуючими домішками та без них методом газової хроматографії. Проаналізовано взаємодію в системі «плівка — шар фарби».

Ключові слова: *біодеградуючі плівкові матеріали, оксо-біодеградуючі домішки, газова хроматографія, структура плівки, взаємодія в системі «плівка – шар фарби».*

Пакувальна індустрія в сучасному світі розвивається високими темпами. Упродовж останніх років спостерігається інтенсивний розвиток ринку пакувальних матеріалів, пакувальних технологій, а також тари й пакувань.

Ринкові прогнозування дослідницької компанії Pira International вказують, що в найближчі роки серед пакувальних матеріалів найстрімкіші темпи зростання припадуть на сегменти твердих і гнучких пластиків [2]. Проблема утилізації полімерного сміття є чи не найкритичнішою на сьогодні, створюючи серйозну загрозу екології довкілля. Питання збереження навколишнього середовища тривалий час насторожує свідому частину людства. Для часткового вирішення проблеми утилізації відходів тари та упаковки було створено полімерні матеріали, що розкладаються в природних умовах до нешкідливих речовин за порівняно короткий проміжок часу (до трьох років). Такі матеріали отримали назву біодеградуючих полімерів [1, 3–5].

Мета статті — дослідження структури плівок на основі поліетилену високої й низької щільності в комбінації з оксо-біодеградуючими домішками та без них методом газової хроматографії; вивчення взаємодії у системі «плівка – шар фарби». *Об'єктами досліджень* було вибрано взірці плівок на основі поліетилену, а саме:

№ взірця	Тип плівки	Товщина
Плівка № 1	на основі поліетилену високої щільності (HDPE)	25 мкм
Плівка № 2	на основі поліетилену високої щільності (HDPE) та оксо-біодеградуючої домішки OX5854PE фірми Tosaf	25 мкм
Плівка № 3	на основі поліетилену високої щільності (HDPE) та оксо-біодеградуючої домішки EP OBD-1 (Eco-Protect)	33 мкм
Плівка № 4	на основі поліетилену низької щільності (LDPE) та оксо-біодеградуючої домішки EP OBD-1 (Eco-Protect)	95 мкм

З допомогою методу газової хроматографії та пристрою вільного дозування Headspace визначено вміст розчинника, присутнього в друкарських

фарбах, нанесених трафаретним способом друку на досліджувані взірці плівок № 1–4.

Дослідження проводилося з використанням газового хроматографа Perkin Elmer Clarus 500, оснащеного полум'яно-іонізаційним детектором (ПД), автоматичною системою дозування зразків і програмним забезпеченням TotalChrom Navigator. Була використана капілярна колонка Elite-Wax завдовжки 60 м, внутрішнім діаметром 0,25 мм та товщиною нерухомої фази 0,5 мкм.

Температура — один із основних факторів у газовій хроматографії, який визначає тривалість розділення, селективність колонки, розмиття смуг. Застосовувались наступні умови зміни температури: збільшення протягом п'яти хвилин від 48° С до 55° С (1° С за хвилину), потім ще п'ять хвилин до рівня 100° С (збільшення на 5° С за хвилину), і нарешті, температура піднялася до 230° С (зростання на 40° С за хвилину).

Температура детектора ПД складала 240° С. Як газ-носії використано гелій. Умови аналізу Headspace: тиск 70 кПа протягом однієї хвилини, тривалість нагрівання 28 хвилин, час дозування 0,04 хв., температура інжектора 100° С, температура трансферної лінії 120° С, час хроматографічного циклу 5 хв., величина аттенуації — 2.

Газова хроматографія є універсальним методом багатокомпонентного аналізу, який дає змогу розділяти, ідентифікувати й кількісно визначати різні суміші, включаючи газоподібні сполуки та суміші рідких і твердих речовин. З-поміж інших цей метод вирізняє висока швидкість, чіткість, чутливість та автоматизація. Кількісний аналіз речовин визначається за висотою піків з отриманих хроматограм [6–8].

На рис. 1 представлено хроматограми синтетичної плівки на основі поліетилену високої щільності, на рис. 2–4 — хроматограми біодеградуючих незадрукованих плівок (графіки а) та задрукованих трафаретним способом (графіки б). Кожен пік на хроматограмі відповідає проникненню фарби в структуру плівки в області певного часу (по осі абсцис). Висота піку (по осі ординат) вказує на концентрацію речовини, що проявляється в структурі плівки.

З графіків рис. 1–4 (б) видно, що у структурі задрукованих зразків плівок спостерігається наявність ацетону при часі 5,7 хвилин при $t = 230^{\circ}\text{C}$. Також зафіксовано проникнення н-гексану, н-гептану, ізопропанолу в структуру задрукованого взірця плівки № 4 при часі 3, 4 і 8 хв., відповідно, при $t = 230^{\circ}\text{C}$. Це свідчить про те, що за нормальних температурних умов, у яких передбачено використання даних плівкових матеріалів, шкідливі речовини у структуру плівки не проникатимуть. Отож такі плівки можна вважати безпечними при використанні в звичайних кліматичних умовах.

Порівнюючи графіки рис. 1–4, спостерігаємо незначну різницю між задрукованими та незадрукованими матеріалами, а отже, утворення ацетону в структурі задрукованих плівок є у мінімальних концентраціях. Це підтверджує можливість використання даних плівок як сировини при виготовленні пакувань для різних галузей пакувальної індустрії.

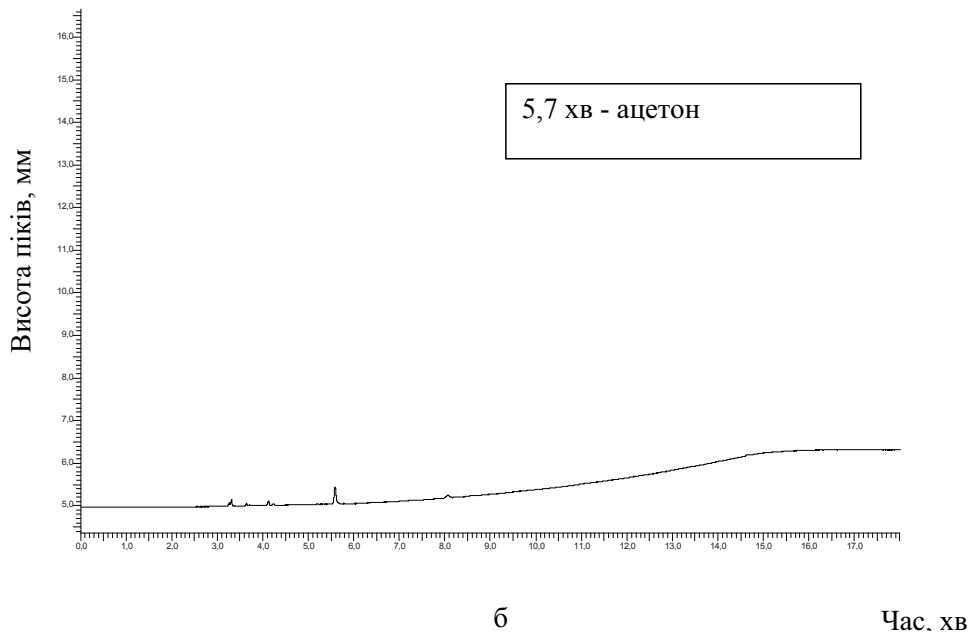
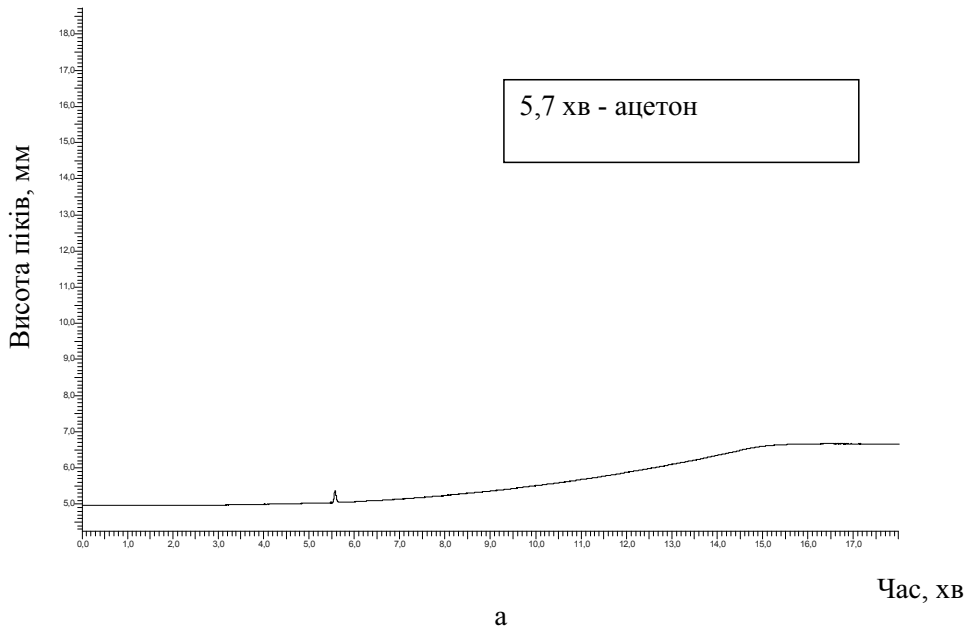


Рис. 1. Хроматограми зразка плівки № 1:
а — незадрукованого, б — задрукованого

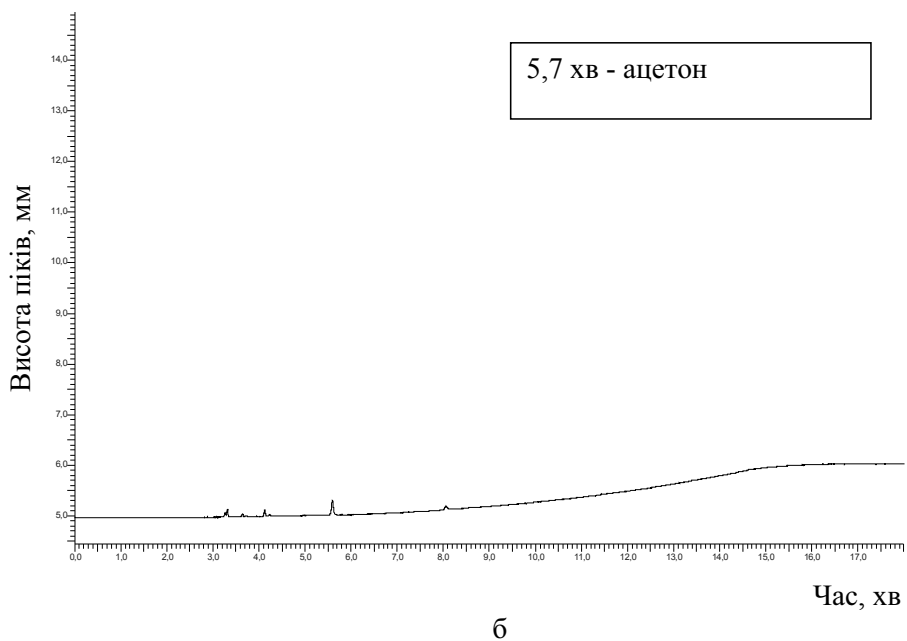
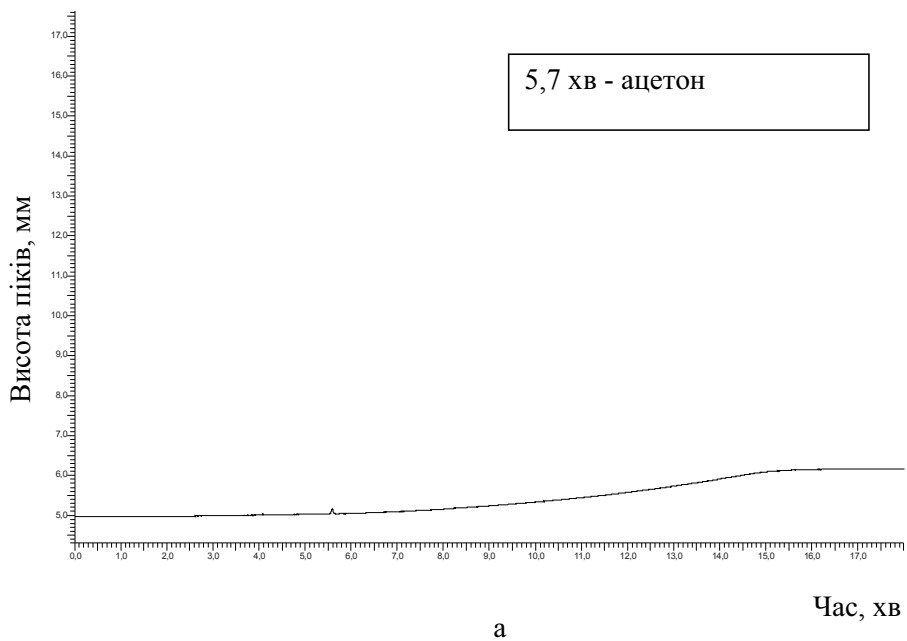


Рис. 2. Хроматограми зразка плівки № 2:
а — незадрукованого, б — задрукованого

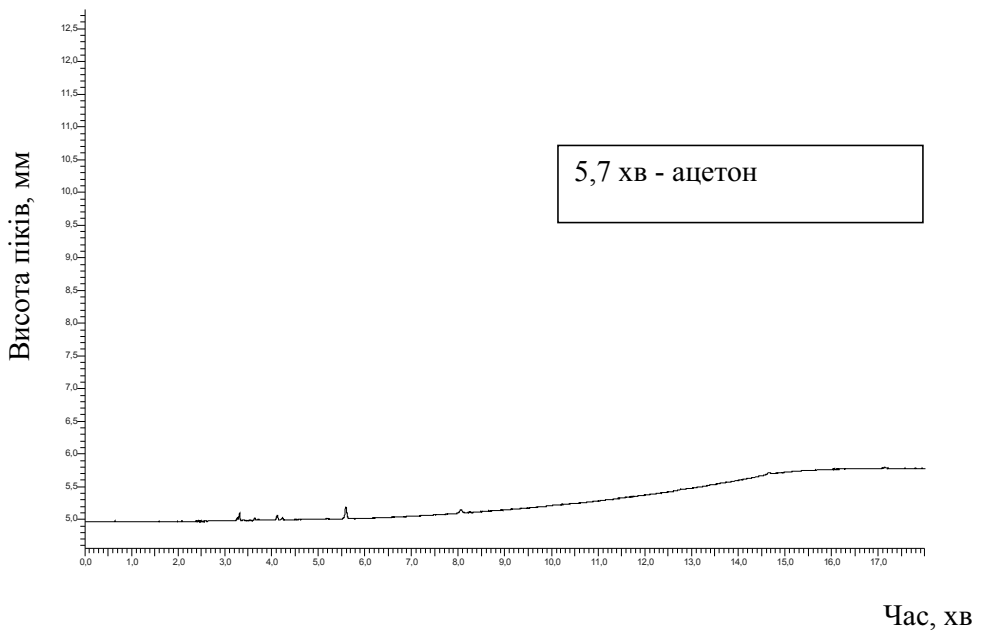
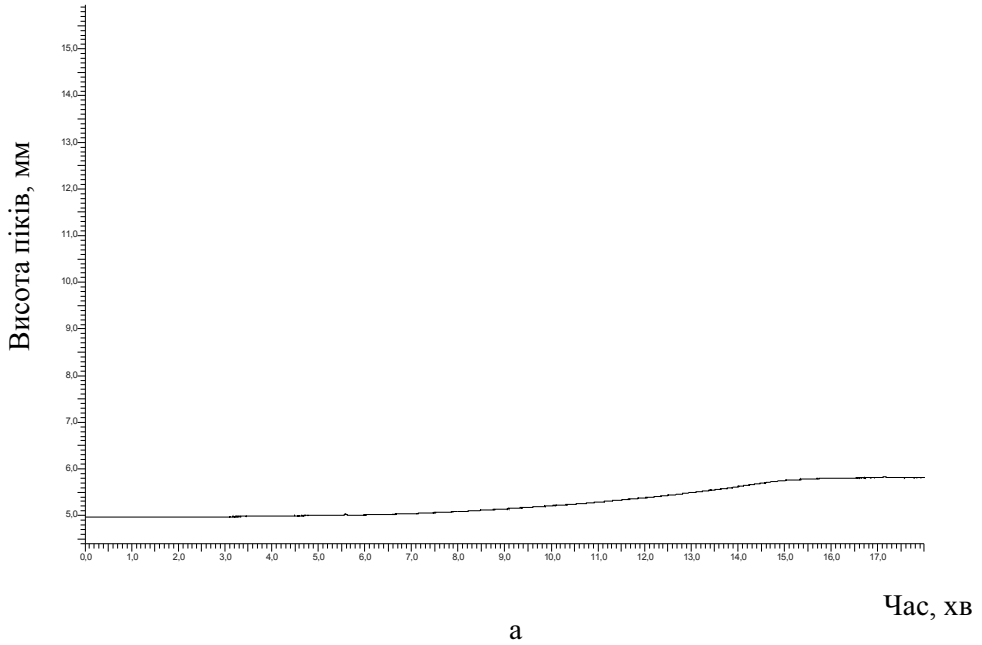
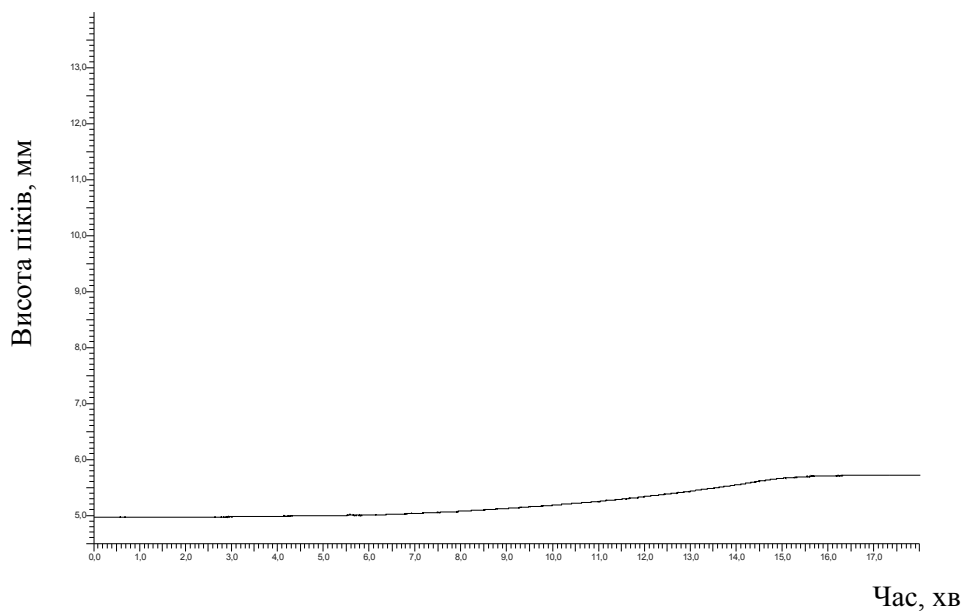
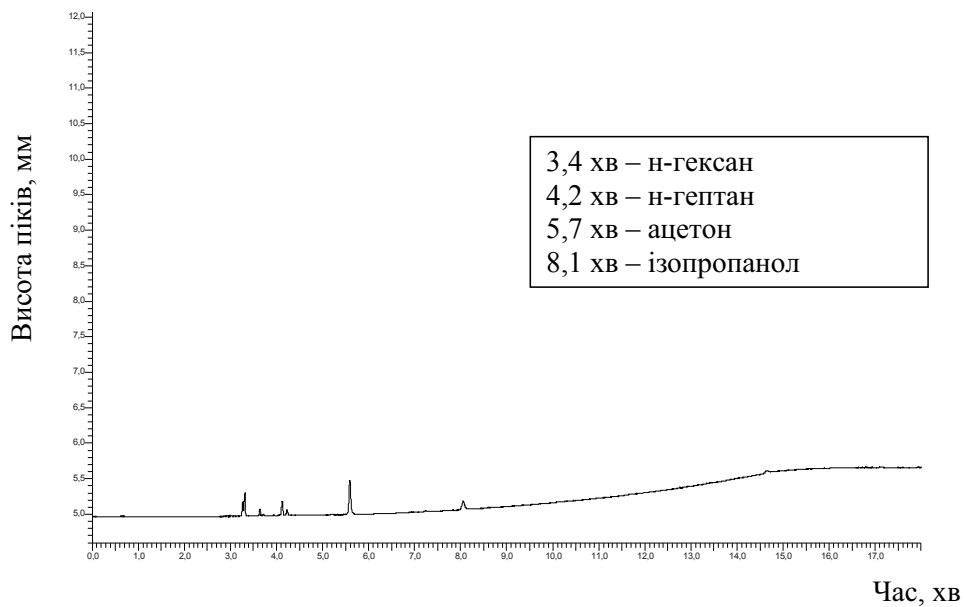


Рис. 3. Хроматограми зразка плівки № 3:
а — незадрукованого, б — задрукованого



а



б

Рис. 4. Хроматограми зразка плівки № 4:
а — незадрукованого, б — задрукованого

Результати хроматографічного аналізу засвідчують, що при задруковуванні біодеградуючих плівкових матеріалів трафаретним способом, а також у процесі використання та експлуатації цих матеріалів як сировини для виготовлення паковань, проникнення певних речовин (ацетону, н-гексану, н-гептану, ізопропанолу) у структуру плівок є мінімальним. Такі дослідження підтверджені результатами електронної мікроскопії, які також вказують на незначне проникнення фарби в структуру плівок у процесі нанесення зображення.

Отже можна стверджувати, що шкідливі речовини у структурі біодеградуючих плівкових матеріалів виявлено у мінімальній, незначній концентрації. Відповідно, експлуатацію біодеградуючого полімерного пакування, задрукованого трафаретним способом, можна вважати безпечною при застосуванні в пакувальній індустрії.

1. Балов А. Мировой рынок биополимеров / А. Балов, О. Ашпина // The Chemical Journal. — 2012. — № 3. — С. 48–53.
2. Глобальный рынок гибкой упаковки [Электронный ресурс] // ФлексОПлюс. — 2011. — № 12. — Режим доступа : <http://www.printing.uz> 3.
- Коротка В. О. Спектроскопічні дослідження оксо-біодеградуючих плівкових матеріалів для виготовлення паковань / В. О. Коротка, Р. С. Зацерковна // Квалілогія книги : зб. наук. праць — Львів : УАД, 2013. — № 1 (23). — С. 69–72.
4. Короткая В. О. Исследование качества изображения трафаретной печати на биоразлагаемых пленочных материалах / В. О. Короткая // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. — 2013. — № 5. — С. 34–39.
5. Коротка В. Класифікація сучасних біодеградуючих полімерів для виготовлення екопаковань / В. Коротка // Друкарство молоде : 13-та міжнар. наук.-техн. конф. студ. та асп. : тези доп. — К. : НТУУ «КПІ», 2013. — XIII, кн. 1. — С. 181–183.
6. Петухов Д. И. Хроматография и хроматомасс-спектрометрия : метод. разработка / Д. И. Петухов, А. А. Елисеев. — М. : МГУ им. Ломоносова, 2011. — 96 с.
7. Федорченко С. В. Хроматографічні методи аналізу : навч. посіб. / С. В. Федорченко, С. А. Курта. — Івано-Франківськ : Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаніка, 2012. — 146 с.
8. Царев Н. И. Практическая газовая хроматография / Царев Н. И., Царев В. И., Катраков И. Б. — Барнаул : Изд-во Алтайского нац. ун-та, 2000. — 156 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УПАКОВКИ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

В работе представлены результаты исследований пленок на основе полиэтилена высокой и низкой плотности в сочетании с оксо-биоразлагаемыми добавками и без них методом газовой хроматографии. Проанализировано взаимодействие в системе «пленка – слой краски».

THE STRUCTURE INVESTIGATION OF THE BIODEGRADABLE FILM MATERIALS FOR PACKAGING MANUFACTURING WITH USE OF THE GAS CHROMATOGRAPHY

The results of the gas chromatography study of the films based on polyethylene of high and low density with and without oxo-biodegradable additives presented in the work. The interaction in the system «film – a coat of paint» was analyzed.