

Таблица 1. Характеристики полученных мембран

Концентрация раствора, %	Толщина, мкм	Пористость, %	Максимальное напряжение при разрыве, МПа	Удлинение при разрыве, %
10 %	0,38	84,83	0,14	16,5
15 %	0,59	79,45	0,88	37,9
25 %	0,78	67,48	2,22	34,3

максимальное напряжение при разрыве, что свидетельствует об увеличении их механической прочности. Полученные результаты сопоставимы с приведенными в работе [4], где в качестве полимера использовался ПВДФ марки Solef 1008 (производства фирмы Solvay, Бельгия).

Таким образом, оптимальной, в изученном интервале концентраций является концентрация 15 масс. %, так как полученные мембраны уже обладают приемлемой прочностью, по сравнению с мембранами, полученными из раствора концентрацией 10 масс. % и имеют оптимальные технологические свойства.

Список литературы

1. Tsang E. M. W. et al. Considerations of macromolecular structure in the design of proton conducting polymer membranes: graft versus diblock polyelectrolytes // *Journal of the American chemical society*, 2007. – V. 129. – № 49. – P. 15106–15107.
2. Liu F. et al. Progress in the production and modification of PVDF membranes // *Journal of membrane science*, 2011. – V. 375. – № 1–2. – P. 1–27.
3. Mu C. et al. Fabrication of microporous membranes by a feasible freeze method // *Journal of Membrane Science*, 2010. – V. 361. – № 1–2. – P. 15–21.
4. Широкова Е. С., Созинов П. А., Черепанова В. А., Елькин О. В., Фомин С. В., Козулин Д. А., Бушуев А. Н., Толстобров И. В., Краева И. С. // *Журн. Теоретическая и прикладная экология*, 2021. – № 4. С. 64–70.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРА НА ВЫХОД И ЧИСТОТУ МОНОМЕРА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ПРИ ДЕСТРУКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИЛАКТИДА

В. В. Кревсун

Научный руководитель – к.х.н., доцент Т. Н. Волгина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, vvk78@tpu.ru

Полилактид (ПЛА) относится к числу биоразлагаемых полимеров, производимых на базе растительного сырья. Термокаталитическая деструкция полилактида – процесс, позволяющий получить из некондиционного полимера мономер (лактид), который может вовлекаться в процесс производства ПЛА в качестве вторичного сырья, что перспективно с позиций ресурсосбережения и потенциального снижения стоимости полимера. Процесс деструкции ПЛА сопровождается образованием ряда других соединений, таких как молочная кислота, ее низшие линейные олигомеры, вода [1]. В связи с этим основными показателями процесса являются выход

лактида, а также количественное содержание примесей в продукте.

Цель работы заключалась в оценке влияния количества добавленного катализатора процесса термокаталитической деструкции полилактида на выход и чистоту мономера.

Процесс деструкции ПЛА проводили при температуре 200–250 °С и давлении 5–15 мбар, используя лабораторную установку для вакуумной перегонки. Катализатор ZnO добавляли в количестве от 0,5 до 2,5 % от массы ПЛА. Полученный лактид подвергали перекристаллизации из этилацетата с целью его очистки от примесей, в том числе от мезо-лактида и молочной кисло-

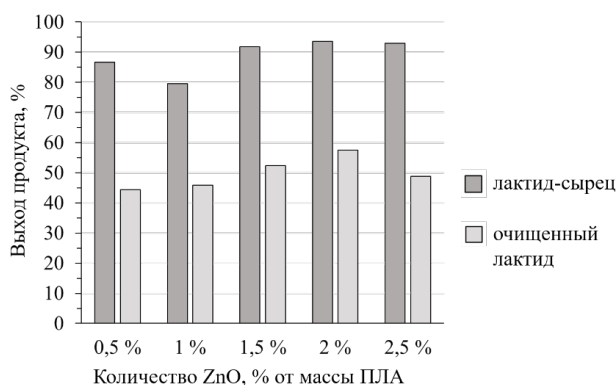
Таблица 1. Характеристики лактида в зависимости от количества ZnO

Количество кат-ра, % от массы ПЛА	Показатели степени чистоты лактида		
	$T_{пл(л-с)}$, °C	$T_{пл(л.оч.)}$, °C	$\omega_{мк(л.оч.)}$, % масс.
0,5	72,6–86,3	75,1–101,3	8,0
1,0	63,7–83,7	77,2–101,8	7,1
1,5	61,5–83,5	79,0–101,2	5,9
2,0	72,5–86,2	84,2–94,2	5,7
2,5	69,3–84,4	79,2–97,0	5,5

ты, наличие которых при полимеризации лактида приводит к нарушению стереорегулярности ПЛА и снижению его молекулярной массы соответственно [2]. Для оценки степени чистоты лактида измеряли его температуру плавления. Содержание молочной кислоты определяли методом титрования.

Зависимость выхода лактида-сырца и очищенного лактида после перекристаллизации (по массе в расчете на исходный ПЛА) от количества катализатора показана на рисунке 1. Наибольшие значения выхода лактида-сырца и очищенного лактида (93,5 % и 57,5 % соответственно) наблюдались при проведении процесса деструкции ПЛА в присутствии катализатора ZnO, добавленного в количестве 2 % от массы ПЛА. В таблице 1 приведены измеренные значения температуры плавления лактида-сырца ($T_{пл(л-с)}$) и очищенного лактида ($T_{пл(л.оч.)}$), процентное содержание молочной кислоты в очищенном лактиде ($\omega_{мк(л.оч.)}$).

Перекристаллизация лактида из этилацетата привела к увеличению температуры плавления, что свидетельствует о снижении содержания в образцах более низкоплавкого мезо-лактида ($T_{пл(L-лактида, D-лактида)} = 96-97$ °C, $T_{пл(рац-лактида)} = 125$ °C, $T_{пл(мезо-лактида)} = 53$ °C [2]). Температурный интервал плавления оказался наиболее близким к

**Рис. 1.** Выход продукта в зависимости от количества катализатора

справочным значениям температуры плавления целевого L-изомера лактида при использовании катализатора ZnO в количестве 2 % от массы ПЛА. С увеличением количества добавленного катализатора от 0,5 до 2,5 % от массы ПЛА наблюдалось снижение содержания примесей молочной кислоты в лактиде.

Таким образом, согласно результатам эксперимента, при проведении процесса термодеструкции полилактида оптимальная концентрация катализатора ZnO, при которой достигается наибольший выход лактида и сравнительно высокая степень его чистоты, составляет 2 % от массы перерабатываемого полимера.

Список литературы

1. Posvyashchennaya A., Volgina T., Novikov V., Zinovyev A. // *Key Engineering Materials*, 2018. – Vol. 769. – P. 17–22.
2. *Poly(Lactic Acid). Synthesis, Structures, Properties, Processing and Applications.* – Hoboken: John Wiley & Sons, 2010. – 499 p.