



Рис. 1. Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига при различных температурах для 0,1 % растворов: а) FP 5205 VHM б) SP SAV 37

### Список литературы

1. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. – М. : Недра, 1985. – 308 с.
2. Тома А. Основы технологии полимерного заводнения. – СПб. : Профессия, 2020. – 240 с.

## ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ В ЦЕННОЕ СЫРЬЕ

В. А. Галкин

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

Лингвист – старший преподаватель А. В. Макаровских

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
vag58@tpu.ru

В последние десятилетия в промышленности заметно возросло использование полимерных материалов, ввиду их относительно низкой стоимости и ряда уникальных свойств: стойкость ко многим кислотам и щелочам; устойчивость к органическим растворителям (спирты, кетоны); эластичность, позволяющая придать любую форму изделию; высокая прочность, несмотря на небольшую плотность, что гарантирует продолжительный срок службы. Кроме того: полимеры не подвергаются коррозии, обладают низкой теплопроводностью и малым весом готового товара по сравнению с аналогичным, но сделанным из древесины, стекла или металла; легко перерабатываются и могут повторно использоваться в производстве, что позволяет уменьшить издержки на покупку сырья и материалов.

Одним из таких полимеров является полилактид (ПЛА) – биоразлагаемый алифатический полиэфир, мономером которого является лактид

(циклический димер молочной кислоты) [1]. ПЛА получают путём полимеризации лактида, который в свою очередь является продуктом деполимеризации олигомера молочной кислоты, синтезируемой непосредственно из молочной кислоты (МК) источником которой являются возобновляемые ресурсы – сахарная свекла и сахарный тростник. ПЛА применяется при производстве плёнок, промышленной тары, а также хирургических нитей и нитей для 3D-печати. Однако сравнительно высокая стоимость полилактида выступает главным фактором, сдерживающим его крупнотоннажное производство и применение в товарах массового потребления, поэтому вопросы вторичного использования такого полимера и/или продуктов его переработки являются весьма актуальными [1].

Ввиду своих свойств, ПЛА может быть уничтожен, не принося вред экологии, путём компостирования, продуктами которого являются диоксид углерода и вода [2]. Однако, более

экономически выгодным, является не уничтожение, а утилизация методом рециклинга, то есть вторичная переработка, например, в исходный мономер лактид и/или молочную кислоту, с возможностью обратного получения полимера.

Целью данной работы является оценка возможности получения ценных вторичных ресурсов из некондиционных полимеров на основе ПЛА методом термохимической деструкции.

Каталитический синтез лактида из некондиционных полимеров проводят в несколько стадий: 1) деструкция полимерных отходов в присутствии оксида цинка в роли катализатора при температуре 180–250 °С и давлении 10–20 мБар; 2) очистка лактида-сырца (ЛС) методом перекристаллизации из одного растворителя – этилацетата (в соотношении 1 : 1) при нагревании в течение 10–15 минут; 3) выделение кристаллов лактида из маточного раствора при охлаждении; 4) отделение полученного мономера фильтрованием под вакуумом; 5) сушка очищенного лактида до постоянной массы при 40 °С.

Результаты, проведенных экспериментов, показывают (табл. 1), что при термохимиче-

ской деструкции отходов ПЛА выход ЛС (в виде твердой фазы) и МК (в виде газовой фазы) достигает 65 и 31 масс. % соответственно. При перекристаллизации, часть полученного продукта растворяется в этилацетате, поэтому выход чистого лактида на загруженное сырье не превышает 22 масс. %.

Значение температуры плавления очищенного лактида составляет 86 °С – это ниже справочных данных (95–96 °С) почти на 10 °С, что указывает на присутствие мезо-изомера лактида с температурой плавления 54 °С. Определение кислотного числа методом титрования показало, что, кроме изомеров, лактид также содержит примеси молочной кислоты.

Таким образом, переработка полимерных отходов на основе ПЛА, хотя и с небольшим выходом, но позволяет не только получать мономер для дальнейшего синтеза полимеров, но и снижать совокупные затраты на материальные и энергетические ресурсы при производстве полилактида.

**Таблица 1.** Материальный баланс 1-ой стадии процесса

Сырье	Приход		Продукт	Расход	
	Масса, г	%		Масса, г	%
ПЛА	3,052	98,94	ЛС	1,973	64,65
			МК	0,962	30,51
ZnO	0,033	1,06	ZnO	0,033	1,05
			Пек	0,117	3,79
Итого	3,085	100	Итого	3,085	100

### Список литературы

1. Волгина Т.Н., Кревсун В.В. // *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* – 2022. – Т. 65. – Вып. 10. – С. 113–119.
2. Тадмор З., Гогос К. *Теоретические основы переработки полимеров.* – М. : Химия, 1984. – 628 с.