

Задачей настоящей работы являлось изучение влияния синдиотактического 1,2-полибутадиена и серы на физико-химические свойства нефтяного битума.

В качестве полимерного модификатора использовали синдиотактический 1,2-полибутадиен (1,2-СПБ) с молекулярной массой 116000, с содержанием звеньев 1.2-полимеризации – 85% (остальное – звенья 1.4-присоединения), со степенью синдиотактичности – 53%, а также суспензию нано серы (10 нм) в масле И-40 (содержание серы 43%, остальное масло) и техническую серу.

Синдиотактический 1,2-ПБ растворяли в битуме при температуре 130–140 °С в течение 2 часов, после вводили серу и начинали отсчет времени выдержки при температуре 130 °С.

Одной из важнейших технологических и эксплуатационных характеристик битумов является их устойчивость к старению при повышенных температурах. Известно, что старение битума приводит к ухудшению физико-химических свойства вяжущего. Экспериментально установлено, что выдержка битума при 130 °С

до 12 ч приводит к повышению теплостойкости вяжущего на ~5 °С (рис. 1).

Введение в битум 1% 1,2-СПБ и нано серы приводит к повышению температуры размягчения ( $T_p$ ) на 3 °С, а технической серы – на 4 °С. По-видимому содержащийся в составе суспензии наноразмерной серы масло И-40 несколько снижает  $T_p$  после смешения с битумом (рис. 1). Однако увеличение продолжительности выдержки ПБВ при 130 °С приводит к повышению температуры размягчения. Так, выдержка до 12 ч ПБВ на основе нано серы приводит к увеличению  $T_p$  на 36%, тогда как использование технической серы только на – 20%. Существенное увеличение температуры размягчения при совместном использовании полидиена и серы связано, по-видимому, с протеканием процесса серной вулканизации полимера при нагревании.

Таким образом, экспериментальные результаты показали, что синдиотактический 1,2-полибутадиен и сера оказывают влияние на теплостойкость полимерно-битумного вяжущего и могут быть рекомендованы для производства дорожно-строительных материалов.

### Список литературы

1. Schaur A., Unterberger S., Lackner R. // *European Polymer Journal*, 2017.– V.96.– P.256–265.
2. Глазырин А.Б., Кинзибаев Д.Р., Абдуллин М.И. // *Вестник Башкирского Университета*, 2015.– Т.20.– №4.– С.1193–1197.
3. Liang M., Xue X., Weiyu F., Hui L., Xiaobo W., Baodong X. // *Construction and Building Materials*, 2015.– V.74.– P.235–240.
4. Aguirre de Carcer I, Rosa Masegosa M., Teresa Vicas M., Sanchez-Cabezudo M., Catalina S., Prolongo M., Verynica C., Barcelo F., Paez A. // *Construction and Building Materials*, 2014.– V.52.– P.245–252.

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА НА ВЫХОД И ЧИСТОТУ МОНОМЕРА – ЛАКТИДА

В.В. Кревсун, К.В. Лазарев

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, vkrevsun@gmail.com

Полилактид (ПЛА) – один из представителей биоразлагаемых полимеров [1], используемый в качестве упаковочного материала, материала для изделий медицинского назначения [2], таких как имплантаты, хирургические нити, капсулы лекарственных препаратов и т.п. В связи с высокими издержками производства цена ПЛА достаточно высока, поэтому перспек-

тивным направлением является вторичная переработка отходов на основе данного полимера с получением мономера – лактида.

Цель экспериментальной части работы заключалась в исследовании характера влияния природы полимера и его молекулярной массы на качество полученного в результате проведения деполимеризации лактида. Для исследо-

Таблица 1. Характеристика исследуемых образцов

Образец	Вид лактида	Сырье деполимеризации
1	очищенный	ПЛА товарный
2	сырец	пластинки из ПЛА товарного
3	очищенный	пластинки из ПЛА товарного
4	очищенный	ПЛА товарный без наполнителей
5	очищенный	ПЛА с белым пигментом
6	сырец	пластинки из ПЛА с белым пигментом

вания образцов лактида использовался метод газовой хроматографии, позволяющий идентифицировать компоненты пробы и определить их количественное содержание в образце. Анализ проводился на газовом хроматографе «Хромос ГХ-1000». В качестве объектов исследования были выбраны образцы лактида, полученного при деполимеризации товарного ПЛА ( $M_w = 128\,000$ ), ПЛА без наполнителей (получен переосаждением из товарного ПЛА), ПЛА с белым пигментом (получен смешением товарного ПЛА с  $TiO_2$  при  $185\,^{\circ}C$  в течение 10 мин), пластинок ПЛА товарного и ПЛА с белым пигментом (получены прессованием соответствующих образцов полилактида при температуре  $180\,^{\circ}C$ ). Деполимеризация проводилась в присутствии  $ZnO$  (1 % масс.) в качестве катализатора при температуре  $200\,^{\circ}C$  и давлении 10 мбар. Информация об анализируемых образцах представлена в таблице 1.

В результате термической обработки, при получении полимерных изделий и композиций,

средняя молекулярная масса полимера уменьшается из-за частичной деструкции макромолекул. Таким образом, молекулярная масса полилактида с пигментом снижается по сравнению с молекулярной массой товарного ПЛА, а молекулярная масса пластинок ниже, чем молекулярная масса полимера, из которого они получены. Переосаждение ПЛА приводит к повышению средней молекулярной массы, что связано с отделением низкомолекулярных примесей. Результаты количественного анализа состава образцов лактида-сырца и образцов очищенного лактида, полученных в результате термокаталитической деструкции различных типов сырья, приведены в таблице 2.

В результате исследования было выявлено, что в образцах лактида-сырца, полученных при деполимеризации полилактида, содержание лактида (% масс.) в среднем составило 90,1 %, мезо-лактида – 9,8 %, молочной кислоты –  $4,7 \cdot 10^{-3}$  %, олигомеров молочной кислоты – 0,12 %, димера молочной кислоты –  $9,0 \cdot 10^{-3}$  %. Присутствие мезо-лактида снижает качество мономера в связи с низкой температурой плавления данного изомера ( $t_{пл(мезо-лактида)} = 54\,^{\circ}C$ ,  $t_{пл(L-лактида)} = 96\,^{\circ}C$ ). Образцы очищенного лактида характеризуются более низким содержанием молочной кислоты, ее димера и мезо-лактида ( $7,0 \cdot 10^{-4}$  %,  $4,1 \cdot 10^{-3}$  % и 3,3 % соответственно), среднее содержание лактида в них составило 96,6 %. Содержание лактида в образцах, полученных при деполимеризации ПЛА с пигментом и при деполимеризации пластинок, спрессованных из полимера, оказалось ниже, чем его содержание в образце, полученном в результате термокаталитической деструкции товарного полилактида.

Таблица 2. Компонентный состав образцов, % масс.

Образец	Молочная кислота	Димер	М-лактид	Лактид	Олигомеры
1	$6,599 \cdot 10^{-4}$	$1,492 \cdot 10^{-3}$	0,956	98,874	0,168
2	$2,390 \cdot 10^{-3}$	$9,000 \cdot 10^{-3}$	10,193	89,647	0,149
3	$3,842 \cdot 10^{-4}$	$4,346 \cdot 10^{-4}$	7,884	91,982	0,133
4	$8,428 \cdot 10^{-4}$	$1,000 \cdot 10^{-2}$	1,684	98,177	0,128
5	$9,242 \cdot 10^{-4}$	$4,286 \cdot 10^{-3}$	2,596	97,361	0,038
6	$7,000 \cdot 10^{-3}$	$9,000 \cdot 10^{-3}$	9,330	90,561	0,093

### Список литературы

1. Кадырова А.Т., Хайруллин Р.З. // Научный альманах, 2017.– Т.3.– №3.– С.394–397.
2. Легонькова О.А., Асанова Л.Ю. // Высокотехнологическая медицина, 2017.– Т.4.– №1.– С.16–31.