

зиты), как модельных соединений. Эксперименты выполнены в диафрагменной ячейке на медном катоде в водно-спиртово-щелочной среде католита при силе тока 1,5 А и температуре 30 °С, анод – Pt-сетка. Электрохимическое восстановление *n*-НА и *o*-НА на неактивированном Cu-катоде осуществляется со скоростью  $W=6,6$  и  $3,1$  мл  $H_2$ /мин и их конверсией  $\alpha=89,5$  и  $74,2$  %, соответственно. Активация катода композитами ПАни +  $ZnCl_2$  и ПАни + ППАД +  $ZnCl_2$  ускоряет электрогидрирование *n*-НА ( $W=7,3$  и  $7,2$  мл  $H_2$ /мин), а его конверсия повышается до  $94,9$  и  $94,0$  %. Несколько менее активным в этом процессе проявил себя композит АФП +  $ZnCl_2$  ( $W=6,9$  мл  $H_2$ /мин,  $\alpha=97,9$  %). В электрогидри-

ровании *o*-НА наиболее активными оказались композиты МФП +  $ZnCl_2$  и АМФП +  $ZnCl_2$ : скорость гидрирования и конверсия *o*-НА составили  $3,9$  и  $4,0$  мл  $H_2$ /мин и  $94,0$  и  $84,5$  %, соответственно.

Таким образом, введение соли цинка *in situ* процессов синтеза полимеров сопровождается формированием соединений цинка различной природы. В электрохимической системе осуществляется восстановление катионов цинка из этих прекурсоров и образование кристаллических фаз металлического цинка, катализирующего процессы электрогидрирования нитроароматических соединений.

### Список литературы

1. Патент на изобретение РК № 33481. Способ получения металлополимерных композитов на основе полимера и соли металла

/ Иванова Н.М., Соболева Е.А., Висурханова Я.А. Опубл. 01.03.2019. БИ №9.

## НОВЫЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ СОПОЛИМЕРЫ БЕТУЛИНА С ПРОИЗВОДНЫМИ ОКСИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

А. Горбунова<sup>1</sup>, А.Л. Зиновьев<sup>1</sup>, S.A.C. Carabineiro<sup>2</sup>, Е.Н. Колобова<sup>1</sup>  
Научный руководитель – д.х.н., профессор ИШХБМТ А.Н. Пестряков

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г.Томск, проспект Ленина, 30, aag84@tpu.ru

<sup>2</sup>LAQV-REQUIMTE, Department of Chemistry  
NOVA School of Science and Technology  
Universidade NOVA de Lisboa  
2829-516 Caparica, Portugal

Одной из глобальных экологически проблем является полимерный мусор. В силу этого синтез новых биоразлагаемых полимеров на основе возобновляемых источников стал важным направлением исследований современной науки о полимерах.

Бетулин это пентациклический тритерпеновый спирт рода лупана. Основным его источником является внешняя часть коры березы – береста, содержащая 10–35 % бетулина, и являющаяся крупнотоннажным отходом деревообрабатывающей промышленности. При этом, бетулин, являющийся диолом, может вступать в реакции поликонденсации. Наряду с биологически активными свойствами и низкой токсичностью, бетулин в силу своей объемной циклоалифатической структуры может придавать полимерам жесткость и термостабильность. Полимерные материалы на основе бетулина мо-

гут быть использованы для сорбции газа, получения термопластов и реактопластов, а также биосовместимых многофункциональных биоматериалов и носителей для контролируемой доставки лекарств. Несмотря на это, исследований, касающихся использования бетулина в качестве мономера для синтеза полимеров в литературе практически нет, всего около 15 работ. И, в большинстве из них, несмотря на хорошие выходы сополимеров 70–90 %, требуется дополнительная стадия получения мономера на основе бетулина или использование дихлоридов дикарбонных кислот в качестве сомономеров, а оловоорганические соединения и пиридин действуют как катализаторы сополимеризации. Однако эти вещества являются токсичными и соответственно, требуются определенные меры предосторожности при их использовании.

В связи с этим целью настоящего исследования является разработка безопасных методов получения сополимеров на основе бетулина и бутиллактатом, проводили в расплаве в атмосфере инертного газа при 180 °С в течение 3, 15 и 24 часов. В качестве катализатора был использован  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а инициатора – трет-бутилгидропероксид (ТБГП). Молекулярная масса и структура сополимеров были подтверждены методами гель-проникающей хроматографии (ГПХ) и  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  ЯМР. Результаты синтеза сополимеров представлены в таблице 1.

Впервые были успешно получены сополимеры бетулина с производными оксикарбоновых кислот. Было установлено, что с увели-

чением времени синтеза молекулярная масса и число мономерных звеньев увеличиваются. Максимальная среднечисловая молекулярная масса была получена для сополимера бетулина с бутиллактатом в присутствии инициатора ТБГП через 24 часа синтеза и составила 6800 а.е.м. Без инициатора максимальная молекулярная масса составляет 3300 а.е.м. Молекулярные массы полученных сополимеров, а также их выход (до 90 %) сопоставимы с результатами, полученным с использованием оловоорганического катализатора и пиридина [1], что свидетельствует о возможности использования  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  в качестве безопасного катализатора сополимеризации бетулина.

Таблица 1. Молекулярная масса сополимеров бетулина в отсутствии и присутствии инициатора

Сономер	Время, ч	Без инициатора		С инициатором	
		$M_n$	$M_w$	$M_n$	$M_w$
Лактид	3	800	900	1000	1300
Лактид	15	1200	2200	1300	2300
Лактид	24	1600	3100	1600	3100
Бутиллактат	3	500	700	1500	1900
Бутиллактат	15	3000	4100	5300	11800
Бутиллактат	24	3300	5100	6800	7200

### Список литературы

1. Curia S. et al. *Betulin-Based Thermoplastics and Thermosets through Sustainable and Industrially Viable Approaches: New Insights for the Valorization of an Underutilized Resource // ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2019. – Vol. 7. – №19. – P. 16371–16381.*

## ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА БЫЧИЙ СЫВОРОТОЧНЫЙ АЛЬБУМИН

К.В. Доне<sup>1,2</sup>

Научный руководитель – к.х.н., с.н.с. А.Л. Бычков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный университет  
630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1

<sup>2</sup>Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН  
630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18, domekarina@ya.ru

Механическая обработка неорганических и органических соединений является одним из перспективных физических методов изменения свойств, при котором не используются реагенты биологической и химической природы, а также практически не образуются продукты побочных реакций. Также механическая обработка показала свою эффективность при обработке растительного сырья: продукты переработки облада-

ли большей удельной площадью поверхности и, как следствие, реакционной способностью [1]. Однако механическая обработка – чрезвычайно энергозатратный процесс, поэтому для определения её эффективности необходимо учитывать количество затрачиваемой энергии.

Целью данной работы является изучение механической деструкции белковых молекул в индивидуальном виде.