

1 : 1. Концентрации выбранного в качестве катализатора  $\text{SnCl}_4$  равнялись 0; 0,8; 1,3 % мас. Продолжительность времени реакции составляла 260 часов.

Анализ состава реакционной массы осуществлен обработкой ЯМР  $^1\text{H}$ -спектров на ЯМР-Фурье спектрометре «AVANCE AV 300».

Зависимость выхода целевого продукта от времени реакции при различных концентрациях

катализатора представлена на рисунке.

Из представленных результатов следует, что увеличение концентрации катализатора приводит к повышению выхода целевого продукта, то есть реакция эффективно катализируется кислотами Льюиса. Поэтому целесообразно его применение для получения продуктов, механизм реакций которых основан на реакциях Дильса-Альдера.

### Список литературы

1. Вассерман А. Реакция Дильса-Альдера. – М.: Мир, 1968. – 136с.
2. Бондалетов В.Г. и др. // Известия Томского политехнического университета, 2007. – Т.311. – №3. – С.107–110.

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ДИМЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ БИЦИКЛО[2.2.1]ГЕПТ-5-ЕН-2,3-ДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ

О.О. Брагина

Научный руководитель – м.н.с. Г.С. Боженкова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, belovo199696@mail.ru

Интенсивное развитие органической химии привело к большому многообразию веществ, способных выступать в качестве мономеров, пригодных для получения полимеров различного назначения. Одним из самых новых, современных и универсальных способов получения полимеров является метатезисная полимеризация с раскрытием цикла (Ring Opening Metathesis Polymerization–ROMP). В качестве мономеров для ROM-полимеризации используют циклические олефины, такие как норборнен, дициклопентадиен, циклооктен и др. С появлением наиболее активных и устойчивых к кислороду и влаге воздуха рутениевых катализаторов, стало возможным использовать мономеры, имеющие функциональные группы [1].

В настоящее время особый практический интерес представляют полимеры на основе норборнена и его функциональных производных, в силу уникальности их свойств, таких как прозрачность, химическая устойчивость, высокие адгезионные и диэлектрические свойства [2]. Одними из таких функциональных производных норборнена являются диметилловые эфиры бицикло[2.2.1]гепт-5-ен-2,3-дикарбоновой кислоты (ДМЭ), получаемые по реакции Дильса-Альдера из побочного продукта нефтяного пиролиза-дициклопентадиена и диметилмалеата. В результа-

те реакции образуется смесь изомеров экзо,экзо- и эндо,эндо-ДМЭ в количестве 40 и 60 мас. % соответственно. Полимер на основе смеси ДМЭ имеет нестереорегулярное линейное строение полимерной цепи. В связи с чем, материал имеет недостаточно высокие физико-механические свойства, и растворим в хлороформе и ацетоне. Для повышения прочности полимера, температурной стабильности и стойкости к агрессивным средам к ДМЭ можно добавлять би-функциональные сомономеры, имеющие в своей структуре два норборненовых фрагмента, которые в процессе ROMP раскрываются и образуют сетчатую структуру полимера.

Целью данной работы явилось получение сополимеров на основе диметилловых эфиров бицикло[2.2.1]гепт-5-ен-2,3-дикарбоновой кислоты и изучение их физико-механических свойств.

В качестве би-функционального сомономера использовали экзо, экзо-N,N'-гексилден-ди(норборнен-2,3-дикарбоксимид) (ехо-С6D) [3].

Ехо-С6D добавляли к ДМЭ в количестве от 1 до 3,5 мол. %. Сополимеризацию проводили в массе мономеров, в качестве катализатора использовали оригинальный катализатор типа Ховейды-Граббса II поколения [4] в массовом соотношении катализатор:мономер равному 1 : 15000. Физико-механические свойства сопо-

Таблица 1.

Концентрация сомономера С6D, мол. %	$E_{изг}$ , МПа	$E_{раст}$ , МПа	$\sigma_{рт}$ , МПа	$\epsilon_{pp}$ , %	$\sigma_{pp}$ , МПа	KCV, КДж/м <sup>2</sup>	Tg, °C	Степень сшивки, %
PDME	1785±83	1725±5	44,0±0,4	163±19	28,2±1,2	5,5±0,2	100	0
1	1813±16	1897±65	44,1±0,3	90±26	29,9±0,3	5,2±0,1	104	91
1,5	1801±8	1975±12	44,3±0,4	56±9	31,0±0,5	5,2±0,3	113	92
2	1823±110	2003±22	44,5±0,2	36±8	31,8±0,1	5,4±0,5	115	93
2,5	1816±5	2020±10	44,3±0,1	21±9	31,7±1,0	5,5±0,3	116	95
3	1943±5	2040±47	44,7±0,6	14±6	31,9±1,0	5,4±0,8	134	97
3,5	1939±116	2083±50	44,6±0,3	11±2	32,0±2,2	5,6±0,3	145	96

Пимечание:  $E_{изг}$  – модуль упругости при изгибе;  $E_{раст}$  – модуль упругости при растяжении;  $\sigma_{рт}$  – предел текучести при растяжении;  $\epsilon_{pp}$  – относительное удлинение при разрыве;  $\sigma_{pp}$  – прочность при разрыве; KCV – ударная вязкость по Изоду с надрезом при +23 °C; Tg – температура стеклования.

лимеров представлены в таблице 1.

Из табличных данных видно, что введение би-функционального сомономера привело к увеличению модулей упругости при изгибе и растяжении, температуры стеклования. Это связано с образованием сшитой структуры сополимеров и увеличением степени сшивки, что также подтверждается снижением относительного удлинения при разрыве. Предел текучести при растяжении и прочность при разрыве не изменяются с увеличением концентрации вводимого ехо-С6D. Неожиданно было обнаружить, что

ударная вязкость по Изоду сшитых сополимеров не изменялась на всей концентрационной линейке ехо-С6D. Это очевидно связано с большей длиной линкера и, следовательно, большей подвижностью сшитых маркромолекул данных сополимеров. Также по этой же причине, в процессе полимеризации ехо-С6D способен вступать в метатезисную полимеризацию с раскрытием цикла не только сшивая полимерные цепи, но и взаимодействуя сам с собой, образовывать линейный полимер с циклическими фрагментами.

### Список литературы

1. Trnka T.M. // *Acc.Chem.Res*, 2001. –Vol.– 34.– P.18–29.
2. Bielawski C.W., Grubbs R.H. // *Prog. Polym. Sci.*, 2007.– Vol.32.– P.1–29.
3. Гуревич П.А., Боженкова Г.С., Земляков Д.И., Аширов Р.В. // *Вестник Казанского технологического университета*, 2015.– Т.18.– №2.– С.227–230.
4. Пат. 2436801 RU.

## СИНТЕЗ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ Pd-Cu-КОМПОЗИТОВ ПОИАНИЛИНА

Я.А. Висурханова, Е.А. Соболева

Научный руководитель – д.х.н., зав. лабораторией Н.М. Иванова

Институт органического синтеза и углекислоты

100008, Казахстан, г. Караганда, ул. Алиханова 1, yakhashovda@mail.ru

Стабилизацией кластерных и наноразмерных частиц металлов полимерами получают полимер-металлические материалы, обладающие специфическими свойствами, в том числе и каталитическими, активность которых зависит не только от взаимодействия атомов металлов друг с другом, но и с функциональными группами полимера, который служит и стабилизатором, и носителем каталитических наночастиц [1, 2].

Использование в качестве стабилизирующих полимерных матриц электропроводящих полимеров придаёт полимер-металлическим системам дополнительные свойства, которые важны при получении микро- и наноразмерных электрокатализаторов.

В данной работе биметаллические Pd-Cu-композиты полианилина (ПАни) были получены введением хлоридов металлов в про-