

**Таблица 1.** Основные свойства адсорбентов на основе технических лигнинов

Показатель	Продукты на основе гидролизованного лигнина			Продукты на основе сульфатного лигнина		
	ГЛ	ГЛ-УК	ГЛ-ПК	СЛ	СЛ-УК	СЛ-ПК
Адсорбционная активность по метиленовому голубому, мг/г	132	137	120	132	155	118
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	49,6	51,4	45,2	49,6	58,4	44,2

кислоты к пальмитиновой связано с гидрофобностью синтезированных производных лигнина с высшими карбоновыми кислотами.

### Список литературы

1. Алексеев Е.В. Физико-химическая очистка сточных вод.– М.: Ассоциации строительных вузов, 2007.– 248 с.
2. Ефрюшин Д.Д., Коньшин В.В. Ацилирование технических лигнинов системой «карбоновая кислота-тионилхлорид-серная кислота» в среде толуола. Materiały X Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka i inowacja – 2014» Volume 10. Matematyka. Fizyka. Nowoczesne informacyjne technologie. Budownictwo i architektura. Chemia i chemiczne technologie: Przemysł. Nauka i studia.– P.61–63.
3. ГОСТ 4453-74. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный.– М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988.– 22 с.

## Хроматографическое исследование процесса окисления стабилизированного дициклопентадиена

М.К. Заманова, В.И. Куцук, Д.А. Русаков  
 Научный руководитель – д.т.н., доцент В.Г. Бондалетов

*Томский политехнический университет  
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, m.k.zamanova@gmail.com*

Дициклопентадиен (ДЦПД), входящий в состав различных фракций жидких продуктов пиролиза, обладает системой двойных связей и напряженных циклов (норборненовый и пентеновый циклы) и является весьма реакционноспособным соединением. Двойная связь в норборненовом кольце более активно подвержена реакциям присоединения, в том числе с кислородом и пероксидами [1]. Присоединяя кислород, ДЦПД теряет свою способность к полимеризации метатезиса (ROMP) из-за насыщения двойных связей, вследствие этого необходимо хранение ДЦПД в инертной атмосфере либо введение специальных веществ,

предотвращающих процесс окисления – антиоксидантов (АО). Добавление антиоксидантов в мономерную композицию предотвращает образование окислов ДЦПД в процессе хранения, что положительно сказывается на физико-механических свойствах полимера [2, 3]. Традиционные системы стабилизации полиолефинов, как правило, основаны на комбинации фенольного антиоксиданта с фосфитным или сульфидным термостабилизатором.

Целью данной работы явилось исследование процесса окисления дициклопентадиена в присутствии различных рецептур стабилизации, состоящих из 0,25 % мас. первичного (№1 – Агидол-1, №2 – Ирганокс-1010, №3 – Ирганокс-3114, №4 – Ирганокс-1076) и 0,25 % мас. вторичного (Иргасос-168) антиоксиданта. Образцом сравнения был выбран нестабилизированный ДЦПД (№1).

Окисление проводили при нагревании 90 °С, в атмосфере воздуха. Пробы для хроматографического анализа отбирали каждые 24 часа. Концентрацию оксигенатов определяли методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии (ГХ-МС). Расход антиоксидантов контролировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Измеряли индекс желтизны (YI) мономера и проводили полимеризацию метатезиса (ROMP) для проб ДЦПД после термоокисления в течение 0, 98 и 148 часов (табл. 1). Полученные образцы полимеров проанализировали методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК).

Согласно данным ГХ-МС (базы масс-спектров NIST2008) в процессе окисления ДЦПД образуется четыре основных оксигената 1). 4-оксатетрацикло[6.2.1.0(2,7).0(3,5)]ундецен-9, 2). 3а,4,7,7а-тетрагидро-4,7-метано-1Н-инден-1-ол, 3). трицикло[5.2.1.0(2,6)]дека-4,8-диен-3-он и 4). 9-оксатетрацикло[5.3.1.0(2,6).0(8,10)]ундецен-3 в примерном массовом соотношении 2,2 : 2,4 : 1 : 9,5 соответственно,

Данные ВЭЖХ показали, что расход вторичного антиоксидан-

**Таблица 1.** Результаты эксперимента после 98 час. окисления

Рецептура стабилизации	Содержание оксигенатов, % мас.	Расход первичного АО, % мас.	Расход вторичного АО, % мас.	YI
№1	3,24	нет	нет	6,97
№2	0,89	29	32	0,84
№3	1,40	93	30	4,16
№4	1,21	65	24	3,85
№5	1,61	96	51	4,17

та Иргафос-168 идет в первую очередь. Иргафос-168, предотвращая окисление ДЦПД присоединяет кислород и переходит из фосфитной в фосфатную форму. В дальнейшем начинается расход и первичного антиоксиданта. Также выявлено, что при термоокислении ДЦПД стабилизационная система Агидол-1 с Иргафос-168 проявляет наиболее выраженный синергетический эффект и позволяет не только предотвратить, но и уменьшить содержание основного оксигената – 9-оксатетрацикло[5.3.1.0(2,6).0(8,10)]ундецена-3.

Результаты эксперимента РОМР полимеризации показали, что при содержании оксигенатов 2,52 % мас. и выше полимеризация не проходит (табл. 1). Согласно данным ДСК с увеличением содержания окислов в мономере пик, отвечающей дополнительной сшивке полимера возрастает, что свидетельствует о неполной конверсии мономера. Вероятно, такая закономерность связана с дезактивацией катализатора кислородсодержащими соединениями. Показатель  $\eta$  возрастает с увеличением концентрации оксигенатов, что может быть использовано для экспрессного контроля за качеством ДЦПД в технологии получения полимерных материалов на его основе.

### Список литературы

1. Rule J.D., Moore J.S. // *Macromolecules*, 2002.– Vol.35.– P.7878–7882.
2. Patent US4822839. Martin J. Paisner, 1989.
3. Кораблев А.И., Скрипачев А.В., Ефимов В.А. // *Известия вузов. Химия и химическая технология*, 2003.– Т.46.– Вып.9.– С.75–77.

---

## Получение лактида в инертной атмосфере

А.Л. Зиновьев, А.В. Яркова, А.А. Шкарин  
Научный руководитель – к.х.н., доцент В.Т. Новиков

*Томский политехнический университет*  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, AlexZin1243@gmail.com

В настоящее время активно ведутся исследования в области технологии лактида – циклического эфира молочной кислоты, являющимся сырьем для синтеза полилактида – биоразлагаемого полимера, используемого для производства экологической тары и упаковки, а также для получения имплантатов, резорбируемых организмом человека и не требующих последующего их удаления [1].

Синтез лактида обычно включает следующие стадии: концентрирование молочной кислоты (МК); процесс олигомеризации МК; синтез