

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИКАТОРОВ ПОЛИОЛЕФИНОВ СО  
 СШИТОЙ СТРУКТУРОЙ, УСТОЙЧИВЫХ К АГРЕССИВНЫМ СРЕДАМ**

**Н. О. Кухленкова**

Научный руководитель, профессор В. Г. Бондалетов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

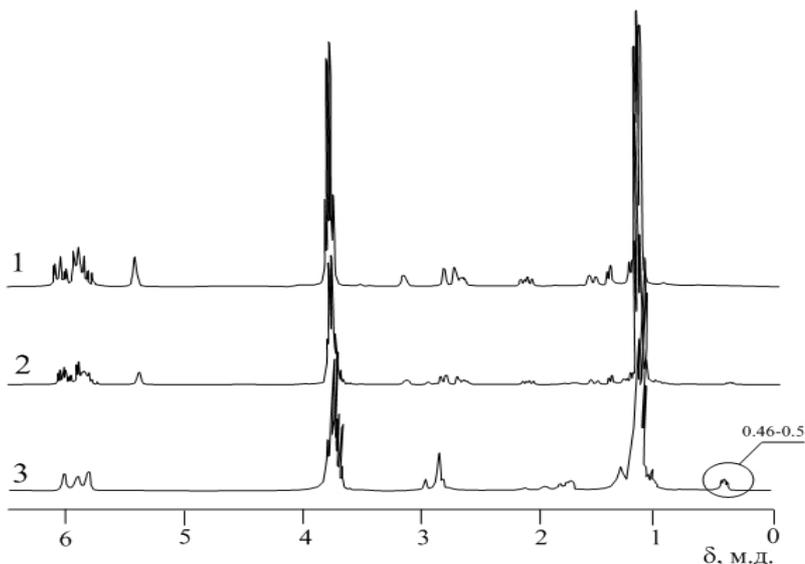
Во время эксплуатации многих нефтяных скважин возникает проблема парафиногидратообразования, которая традиционными средствами не всегда решается (например, применение поверхностно-активных веществ). Одним из вариантов профилактики образования парафиновых отложений является подогревание содержимого скважины до температуры, исключающей выпадение твердой фазы. Для подогрева можно использовать греющие кабели, расположенные внутри или снаружи трубы. В основном нефтяные предприятия используют силовые кабели для питания электродвигателей погружных насосов или геофизические кабели, но они имеют параметры не полностью удовлетворяющие оптимальному режиму подогрева скважин [2].

Для улучшения свойств кабелей используют различные композиции на основе полиолефинов со сшитой структурой. В качестве сшивающих агентов используют полифункциональные кремнийорганические соединения – винилсиланы. Введение в структуру мономера дополнительных функциональных групп, в частности, силоксановых, позволяет получать полимеры на их основе обладающих такими физико-химическими свойствами, как низкое влагопоглощение, устойчивость к перепадам температур, УФ-излучению, улучшение коррозионно-химических свойств. Поэтому данное направление исследований представляется перспективным для производства изделий из сшитых полиолефинов и композиций на их основе [4].

Следует добавить, что диены в настоящее время являются актуальными объектами исследования, так как они используются для получения полимеров со специальными свойствами. Сочетание непредельных связей с силоксановыми группами позволяет использовать их как аппретирующие, адгезионные компоненты для получения минералонаполненных композиционных изолирующих покрытий [3].

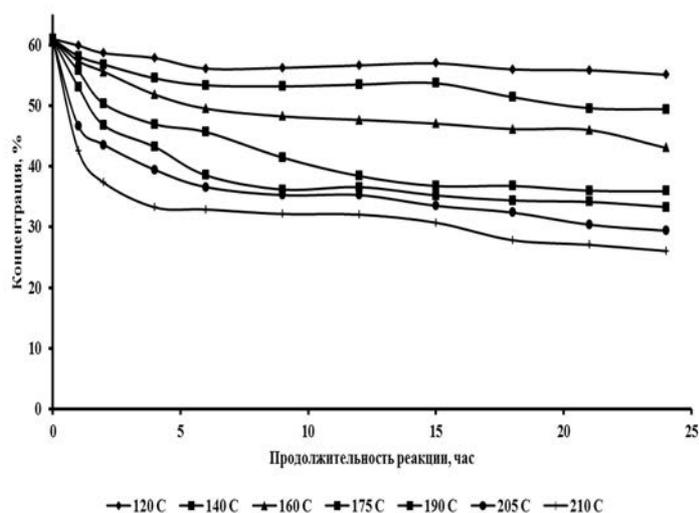
Целью настоящей работы является поиск методов синтеза новых сшивающих агентов на основе винилтриэтоксисилана (ВТЭС) и дициклопентадиена (ДЦПД). Синтез кремнийорганического производного норборнена проводили при температурах от 120 °С до 210 °С. Соотношение исходных компонентов ДЦПД и ВТЭС составляло 0,75:2 (моль). Анализ полученных продуктов осуществляли с помощью хромато-масс-спектрометрии (ГХМС) с ионизацией электронным ударом при использовании газового хроматографа с масс-селективным детектором, капиллярной колонкой HP-INNOWAX (полярная полиэтиленгликолевая фаза).

Взаимодействие ДЦПД с ВТЭС протекает через стадию полимеризации дициклопентадиена с образованием ЦПД, который, в свою очередь, вступает в реакцию циклоприсоединения с ВТЭС (по Дильсу-Альдеру). Продуктами этой реакции являются моно и бициклические производные. Целевым продуктом реакции является бицикло[2.2.1]гепт-5-ен-2-ил (триэтокси) силан, который в реакционной смеси представлен в качестве экзо и эндо-изомеров, структура которых была подтверждена с помощью ЯМР <sup>1</sup>H-спектроскопии, рисунок 1. Группы сигналов в области 0,46–0,5 м.д. соответствуют метиновым протонам норборненового цикла, соседствующим с триэтоксисиланольной группой [1].



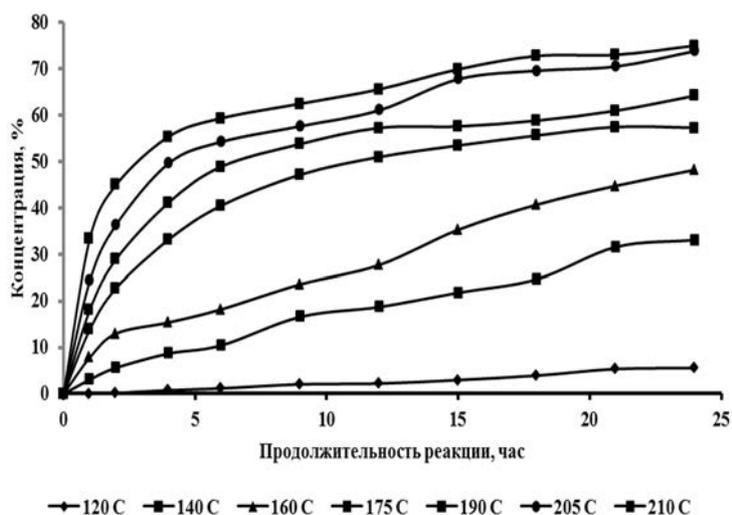
**Рис. 1 – ЯМР <sup>1</sup>H-спектры реакционных смесей, полученных при взаимодействии ДЦПД и ВТЭС при соотношении компонентов 0,75:2 моль, температуре процесса 210 °С и продолжительности реакции: 1) – 1 ч; 2) – 8 ч; 3) – 21 ч.**

На рисунке 2 представлен расход винилтриэтоксисилана в зависимости от продолжительности реакции при различных температурах.



**Рис. 2. Зависимость изменения концентрации ВТЭС в реакционных смесях от продолжительности реакции при различных температурах**

Из графиков, представленных на рисунке 2 видно, что оптимальной температурой является 205 - 210°C, что подтверждает рисунок 3, на котором показаны графики зависимостей концентрации бицикло[2.2.1]гепт-5-ен-2-ил (триэтоксид) силан (смесь экзо и эндо изомеров) в реакционной массе от продолжительности реакции.



**Рис. 3. Зависимость изменения концентрации суммы продуктов в реакционных смесях от продолжительности реакции**

Таким образом, процесс взаимодействия дициклопентадиена с винилтриэтоксисиланом при различных температурах процесса, соотношениях исходных реагентов и времени реакции, изучен не до конца. Рассмотрение взятых условий, показало, что оптимальной температурой для проведения реакции является 205-210°C. Суммарная концентрация экзо и эндо-аддуктов достигает 75%.

#### Литература

1. Bondaletov V.G.. Research of the formation of regularities siloxane norbornene derivatives by thermal Diels – Alder reaction // Procedia Chemistry. - 2015. - №15. –259-264p.
2. Буренков А.Е. Разработка и исследование кабелей нагревания для нефтяных скважин: Автореферат. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2003. – 20 с.
3. Нгуен В.Т. и др. Армированные композиционные материалы на основе полидициклопентадиена // Вестник Казанского технологического университета. 2014. – Т.17 - № 15. – С. 135 – 138.
4. Фризен А.Н. Обеспечение показателей надежности нефтегрузных кабелей на стадии изготовления и в процессе эксплуатации: Автореферат. дис. ...канд. техн. наук. – Томск, 2007. - 24с.