

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бригаднова Кирилла Андреевича

### «Синтез и свойства фосфазенсодержащих эпоксидных олигомеров»

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям: 05.17.06 Технология и переработка полимеров и композитов, 02.00.06 Высокомолекулярные соединения

**Целью работы** является разработка новых и модификация существующих методов синтеза фосфазенсодержащих эпоксидных олигомеров с повышенным содержанием фосфора, установление строения, оценка свойств образующихся олигомеров, а также выявление возможных путей их практического применения.

**Актуальность темы.** Эпоксидные олигомеры (ЭО) являются одними из важнейших промышленных продуктов, широко применяемых в различных областях техники. Недостатком ЭО является горючесть, которую пытаются уменьшить введением в их состав различных инертных наполнителей и модификаторов. Так же можно использовать введение в состав исходных для синтеза ЭО полифенолов атомов фосфора в виде фосфазеновой компоненты. Отвержденные композиции на основе фосфазенсодержащих эпоксидных олигомеров (ФЭО) содержали до 3 мас.% фосфора и обладали пониженной горючестью (кислородный индекс  $>27$ ).

В настоящей работе были использованы два подхода для повышения содержания фосфора в ФЭО: уменьшение избытка диана при синтезе фосфазенсодержащих дифенолов и использование дифенола с меньшей молекулярной массой – резорцина.

**Научная новизна.** Найден оптимальные условия синтеза эпоксициклофосфазенов пониженной функциональности на основе частично замещенных хлорциклофосфазенов. Разработан новый метод синтеза гидроксиарилоксифосфазенов реакцией хлорциклофосфазенов с резорцином в системе несмешивающихся растворителей циклогексан + пиридин. На основе этих полифенолов получены ФЭО с эпоксидным числом до 20 % и содержанием фосфора до 8 %.

**Степень обоснованности и достоверности результатов работы и выводов по работе.** Достоверность полученных результатов обеспечена использованием современных экспериментальных методов исследования, применением сертифицированного оборудования, необходимой повторяемостью экспериментальных данных. Обоснованность результатов научных положений и выводов диссертационного исследования подтверждается согласованностью полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации неоднократно докладывались на международных и всероссийских научных конгрессах и конференциях, среди которых XI международный конгресс по поликонденсации «Polycondensation 2016» (Москва, Санкт-Петербург, Россия, 2016), Международная конференция-школа по химии и физикохимии олигомеров «Олигомеры-2015» (Волгоград, Россия, 2015) и на VII Всероссийской Каргинской конференции «Полимеры-2017» (Москва, Россия, 2017).

По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе 6 статей в научных журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России.

**Соответствие диссертации и автореферата требованиям ВАК России.** Автореферат изложен достаточно понятным научным языком и по изложению основных результатов научных исследований отвечает требованиям «Положения о порядке при-

суждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

**Личный вклад соискателя.** В целом, автореферат позволяет сделать вывод о том, что соискатель внес достаточно важный вклад в выполнение всех этапов диссертационной работы: определение целей, задач и программы исследований, составление обзора литературы, проведение синтеза и изучение состава фосфазенсодержащих эпоксидных олигомеров.

Также, личное участие соискателя подтверждается подготовкой и выпуском ряда публикаций в ведущих Российских изданиях и активной апробацией результатов исследований.

#### **Практическая значимость работы.**

Синтезированные фосфазенсодержаще эпоксиолигомеры при отверждении образуют композиции с пониженной горючестью: они не поддерживают распространение пламени и самозатухают после его удаления (кислородный индекс  $>27\%$ ). Наличие в модифицированном связующем около 40 мас.% эпоксифосфазеновой компоненты приводит к понижению на 20 % усадки при отверждении, уменьшению остаточных напряжений на 25 % и способствует повышению температуры стеклования в среднем на  $30^{\circ}\text{C}$ . Синтезированный опытный образец ФЭО и передан на испытание в ОАО «Авангард».

#### **Замечание по автореферату диссертации.**

На стр. 5 указано, что реакцию частичного аммонолиза пентахлорида фосфора хлористым аммонием в среде хлорбензола ведут в присутствии катализатора металлического цинка. При этом продолжительность реакции сокращается с 50 до 3 часов. Было бы интересным изучить влияние каталитических добавок других металлов, например магния, на данную реакцию.

Представленное замечание не снижает достоинства диссертации.

Работа соответствует требованиям п. 8 Положения ВАК Минобрнауки России о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Бригаднов Кирилл Андреевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальностям: 05.17.06 Технология и переработка полимеров и композитов, 02.00.06 Высокомолекулярные соединения.

Кандидат химических наук  
(02.00.15 «Химическая кинетика и катализ»)

Доцент каф. Химия МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Телефон: 84986873963 (служебный)  
E-mail: [verevkin@mgul.ac.ru](mailto:verevkin@mgul.ac.ru)

Веревкин Алексей Николаевич

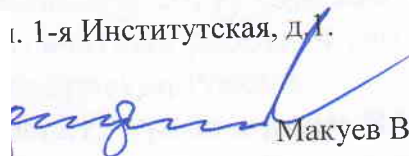


ФГ БОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
Мытищинский филиал, кафедра «Химия»

Россия, Московская область

г. 1-я Институтская, д.1.

Подпись А.Н. Веревкин



Макуев Валентин Анатольевич  
меститель директора МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана