

на основе поливинилиденфторида // Теоретическая и прикладная экология // теоретическая и прикладная экология Учредители: Вятский государственный университет, ООО Издательский Дом «КАМЕР-ТОН». – №. 4. – С. 64–70. doi:10.25750/1995-4301-2021-4-064-070.

5. Fomin, S., Shirokova, E., Kraeva, I., Tolstobrov, I., Bushuev, A., Yuzhanin, K., Ananchenko, B., Vetcher, A.A., Iordanskii, A. Effect of Polyvinylidene Fluoride Membrane Production Conditions on Its Structure and Performance Characteristics. *Polymers* 2022, 14, 5283. doi:10.3390/polym14235283.

УДК 678.7

В.А. Паль; Е.Н. Черезова, д-р хим. наук, проф.  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань, Российская Федерация)

### **ЭПОКСИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ВКЛЮЧАЮЩИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛЫЕ СТЕКЛЯННЫЕ МИКРОСФЕРЫ**

Эпоксидные полимерные материалы широко применяют в различных областях промышленности [1]. Повышение требований к эпоксидным полимерным материалам и расширение областей их использования активизировало работы по поиску модификаторов, способных повысить прочностные свойства, водостойкость, снизить плотность [2].

Анализ литературных данных показал, что решением проблемы повышения прочности при ударе и снижения плотности является использование полых стеклянных микросфер. Для повышения трещиностойкости и прочности при изгибе, а также совместимости полимерной матрицы и наполнителя часто используются кремнийорганические соединения.

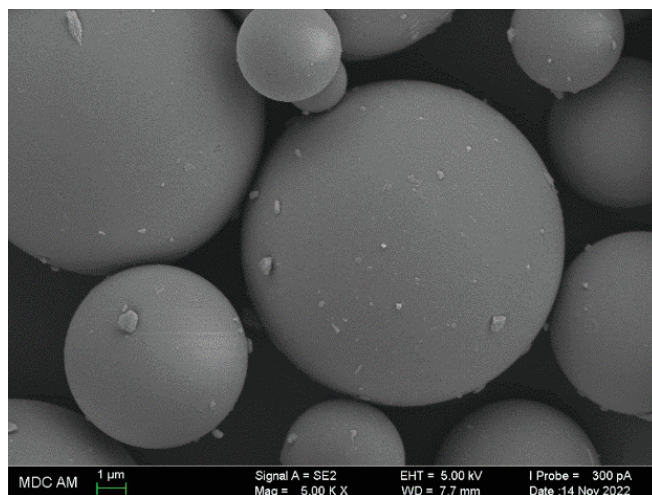
В данной работе в качестве компонентов полимерной матрицы использованы эпоксидная смола дианового типа марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-84) и аминифенольный отвердитель марки АФ-2 (ТУ 2494-052-00205423-2004). В качестве наполнителя использованы полые стеклянные микросферы марки ПСМ-МШ с диаметром 10-80 мкм и плотностью 0,61 г/см<sup>3</sup>. В качестве кремнийорганического соединения был выбран продукт деструкции силоксановых резин производства ООО «Весто» (г. Казань) [3], модифицированный моноэтаноламинол. Эпоксидные полимеры испытывались на прочность при ударе (ГОСТ 4765-73), прочность при изгибе (ГОСТ 6806-73), адгезионную прочность к стальной подложке методом решетчатого надреза (ГОСТ 31149-2014), горючесть (ГОСТ 28157-2018, ГОСТ 30244-94).

Степень водопоглощения в технической воде рассчитывалась по формуле [4].

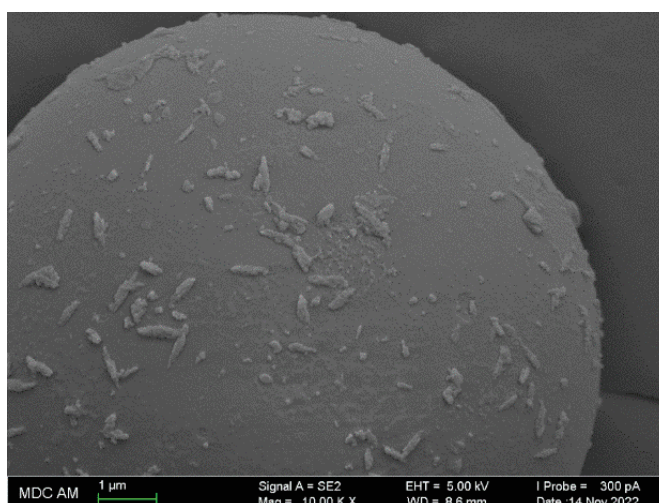
Модифицирование силоксанового олигомера моноэтаноламином проводили по методике, описанной в патенте [5]. Соотношения олигосилоксана к моноэтаноламину составляли 20:1 и 10:1, соответственно.

Полученным аminosиланом были апретированы полые стеклянные микросферы (рисунок. 1, 2). Известно, что кремнийорганический апрет ориентируется на поверхности микросфер и образует с ней водородные связи [6, 7].

Далее были получены композиции эпоксидного полимера. Отверждение проходило при 2025°C в течение 48 ч. Составы композиций и их свойства приведены в таблице.



**Рисунок 1 – Микрофотография необработанных полых стеклянных микросфер**



**Рисунок 2 – Микрофотография обработанных аminosиланом полых стеклянных микросфер**

**Таблица – Составы эпоксидных композиций и их свойства**

Наименование компонента	Количество, мас.ч.			
	1	2	3	4
Эпоксидная смола ЭД-20	100	100	100	100
Отвердитель АФ-2	30	30	30	30
Полые стеклянные микросферы ПСМ-МШ	–	5	5	5
Модификатор аminosилановый (олигосилоксан :моноэтаноламин), % 20:1 10:1	–	–	0,15	0,15
<i>Свойства эпоксидных композиций</i>				
Прочность при ударе, см	30	40	50	60
Прочность при изгибе, мм	150	140	120	120
Адгезия к стали, балл	0	1	1	1
Водопоглощение, %	0,5	0,7	1,0	1,4
Группа горючести	Г1	Г1	Г1	Г1

Эпоксидный материал, включающий обработанные полые стеклянные микросферы, характеризуется повышенными прочностью при изгибе и прочностью при ударе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хозин В. Г. Полимеры в строительстве: границы реального применения, пути совершенствования // Строительные материалы. 2005. №11. С. 8-10.
2. Чеботарева Е. Г., Огрель Л. Ю. Современные тенденции модификации эпоксидных полимеров // Фундаментальные исследования. 2008. №4. С. 102–104.
3. Патент РФ № 2572786 (2013). Войлошников В. М., Тарамова Д. Р., Ежов М. В. и др. Способ получения циклосилоксанов и низкомолекулярного полидиметилсилоксана.
4. В. Г. Иванов, О. Н. Гева, Ю. Г. Гаверова. Практикум по органической химии. Москва: Издательский центр «Академия», 2002. 288 с.
5. Патент РФ № 2196784 (2003). Лузгарев С. В., Шевелева Ю. А., Пивень П. А. и др. Способ модификации полидиметилсилоксанового каучука.
6. Jia L. Y., Zhang C., Du Z. J., Li C. J., Li H. Q. A novel approach to interpenetrating networks of epoxy resin and polydimethylsiloxane// J. Appl. Polym. Sci. 2007. Vol. 105. P. 2663–2669.
7. Нгуен Ван Нган. Разработка композиционных материалов на основе эпоксисодержащих олигомеров с повышенной химической и биологической стойкостью: дисс. ... канд. хим. наук. М: РХТУ, 2019. 152 с.