

**Таблица 1.** Поликонденсация гликолевой кислоты

Катализатор на поликонденсации ZnO, %	Выход гликолида, %	Температура плавления, °С
0,5	65	58–59
1,0	54	57–58
1,5	45	58–59

ние ZnO изменялось от 0,5–1,5% с шагом 0,5%, а на стадии деполимеризации олигомера соотношение Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> к массе олигомера составляло 1%. В таблице 1 приведены данные по синтезу гликолида с изменением соотношения оксида цинка при поликонденсации гликолевой кислоты.

С увеличением соотношения ZnO и неизменным Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в соотношении 1% к олигомеру гликолевой кислоты выход гликолида уменьшается. А температура плавления характерно не различается.

В таблице 2 приведены данные по синтезу гликолида с изменением соотношения оксида сурьмы(III) при деполимеризации гликолевой кислоты.

С увеличением соотношения Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и неизменным ZnO в соотношении 1% к олигомеру

**Таблица 2.** Деполимеризация гликолевой кислоты

Катализатор на деполимеризации Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Выход гликолида, %	Температура плавления, °С
0,5	58	60–61
1,0	50	59–60
1,5	40	60–61

гликолевой кислоты выход гликолида уменьшается. А температура плавления характерно не различается.

После, гликолид перекристаллизовывали в обезвоженном этаноле и сушили в эксикаторе под вакуумом. Вторая отчистка проходила в ацетоне, так как при использовании данного растворителя температура гликолида после очистки составляет 82 °С. Что соответствует справочным данным. Структуру гликолида подтверждали и ИК спектроскопией.

Подводя итоги проделанной работы можно утверждать, что увеличение соотношений катализаторов на стадиях поликонденсации и деполимеризации только уменьшает выход гликолида.

### Список литературы

1. Bala I., Hariharan S., Kumar M.N.V.R. PLGA nanoparticles in drug delivery: the state of the art // *Critical Reviews™ in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 2004. – Vol.21. – №5.
2. Pillai C.K.S., Sharma C.P. Review paper: absorbable polymeric surgical sutures: chemistry, production, properties, biodegradability, and performance // *Journal of biomaterials applications*, 2010. – Vol.25. – №4. – P.291–366.
3. Jain R.A. The manufacturing techniques of various drug loaded biodegradable poly (lactide-co-glycolide)(PLGA) devices // *Biomaterials*, 2000. – Vol.21. – №23. – P.2475–2490.
4. Бабкина О.В. и др. Способ получения гликолида из гликолевой кислоты с высокой степенью конверсии // *Вестник Томского государственного университета*, 2013. – №366.
5. Алексеенко К.В. и др. Разработка методов исследования характеристик полупродуктов и конечных веществ при синтезе лактидов и гликолидов // *Вестник Томского государственного университета*, 2013. – №368.

## ОКИСЛЕНИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ НЕФТЕПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ МОНОЭТАНОЛАМИНОМ

И.А. Лыжина

Научный руководитель – к.х.н., доцент Л.И. Бондалетова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Ir-mA95@mail.ru

Нефтеполимерные смолы (НПС) – это синтетические углеводородные олигомеры, полученные из побочных продуктов нефтепереработки, содержащих непредельные углеводороды [1]. Все нефтеполимерные смолы объединяются

по типу сырья, из которого они получены. Выделяют, алифатические смолы C<sub>5</sub>, которые получают полимеризацией фракции C<sub>5</sub>, в основном состоящей из, циклопентадиена, пиперилена, пентанов и изомерных пентенов. Ароматиче-

Таблица 1. Результаты исследования стандартными методами

Образец	Адгезия, балл	Твердость, кг	Прочность при ударе, см	Прочность при изгибе, мм	Водопоглощение, %	Адгезия, МПа
НПС <sub>C<sub>9</sub></sub>	4	0,4	3	20	10,0	1,3
ЭНПС <sub>C<sub>9</sub></sub>	3	0,8	4	12	8,2	1,5
АНПС <sub>C<sub>9</sub></sub>	2	0,8	2	12	6,8	1,7

ские смолы C<sub>9</sub>, получаемые из фракции C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub>, преимущественно из C<sub>9</sub>. Основные мономеры – это стирол, изомерные винилтолуолы, α-метилстирол. Смолы на основе дициклопентадиена (ДЦПД), получаемые из технического ДЦПД, смесей ДЦПД с вышеописанными фракциями или из фракций, содержащих значительное количество ДЦПД. Комбинированные C<sub>5</sub>-C<sub>9</sub> смолы, получают из смесей фракций C<sub>5</sub> и C<sub>9</sub>. Модифицированные смолы, производят сополимеризацией определённых фракций с некоторыми компонентами (малеиновым ангидридом, фенолом). Гидрированные после их получения смолы относят к этой же группе

НПС получают каталитической катионной полимеризацией, термической радикальной полимеризацией, иницирование радикальной полимеризацией. Таким образом, данная тема актуальна, так как нефтеполимерные смолы широко используются, чтобы получить синтетические олифы, масляно-смоляных лаки, а также используются в качестве добавок в различные лакокрасочные композиции. Также нефтеполимерные смолы используются для производства искусственных кож в строительной технике, резино-технических изделий, картона и бумаги. Путём модификации, улучшаются показатели качества и эксплуатационные характеристики, устраняются недостатки НПС. Модификация происходит путём внедрения различных функциональных групп в молекулу [2].

Цель работы заключается в модифицирование окисленной ароматической нефтеполимерной смолы моноэтаноломином. Объектом исследования выбрана ароматическая нефтеполимерная смола, полученная полимеризацией непредельных соединений фракции C<sub>9</sub> жидких продуктов пиролиза под действием каталитической системы TiCl<sub>4</sub>-Al(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Cl (НПС<sub>C<sub>9</sub></sub>) и далее

окисленная пероксидом водорода по реакции Прилежаева (ЭНПС<sub>C<sub>9</sub></sub>).

Расчет компонентов синтеза:

Учитывая, что в ЭНПС<sub>C<sub>9</sub></sub> 2% эпоксидных групп, количество взятого МЭА составляет 3,05 г.

На 98 г ЭНПС<sub>C<sub>5</sub></sub> в соотношении 2% эпоксидных групп, т.е 0,05 моль требуется 3,05 г МЭА.

$$98 - 3,05;$$

$$3 - x;$$

$$x = 0,09 \text{ г.}$$

Мольное соотношение ЭНПС<sub>C<sub>9</sub></sub>: МЭА

$$1) \text{ ЭНПС}_{C_9} = 3 \text{ г;}$$

$$2) \text{ C}_8\text{H}_{10} = 2,55 \text{ г; } p = 0,880 \text{ г/мл; } T_{\text{кип}} = 144 \text{ }^\circ\text{C.}$$

$$V = 2,55/0,880 = 2,9 \text{ мл;}$$

$$3) \text{ C}_4\text{H}_9\text{OH} = 0,45 \text{ г; } p = 0,81 \text{ г/мл;}$$

$$T_{\text{кип}} = 117,4 \text{ }^\circ\text{C.}$$

$$V = 0,45/0,81 = 0,56 \text{ мл;}$$

$$4) \text{ C}_2\text{H}_7\text{NO} = 0,09 \text{ г; } p = 1,012 \text{ г/мл;}$$

$$T_{\text{кип}} = 170 \text{ }^\circ\text{C; } T_{\text{плав}} = 10,3 \text{ }^\circ\text{C.}$$

$$V = 0,09/1,012 = 0,09 \text{ мл.}$$

Нанесение лакокрасочного материала осуществляют методом полива. Далее нефтеполимерные смолы исследовали стандартными методами в соответствии с ГОСТ: метод определения прочности покрытия (ГОСТ Р 52740-2007), метод определения адгезии (ГОСТ 15140-78), метод определения при ударе (ГОСТ 4765-73), метод определения влагопоглощения лакокрасочной пленки (ГОСТ 21513-76). Результаты исследования представлены в таблице.

Таким образом, введение полярных групп приводит к увеличению эластичности покрытий, твердости, адгезии и снижению водопоглощения.

## Список литературы

1. Думский Ю.В., Но Б.И. *Химия и технология нефтеполимерных смол.* – М.: Химия, 1999. – 312с.
2. Сланцы.– *Хим. [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.slantsy.spb.ru/> (дата обращения 15.04.2016г).*
3. Бондалетов В.Г., Бондалетова Л.И., Троян А.А., Фиттер Е.П. // *Журн. ползуновский вестник, 2004.* – №4. – 42–49с.
4. Бондалетов В.Г., Бондалетова Л.И., Старцева О.В. // *Журн. известие вузов, 2014.* – Т.57. – №11. – С.75–77.

# ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЦ СТРОНЦИЙСОДЕРЖАЩЕГО ГИДРОКСИАПАТИТА НА МОРФОЛОГИЮ ПОЛИМЕРНЫХ 3-Д СКЭФФОЛДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ

Е.В. Мельник, М.А. Сурменева, С.Н. Городжа  
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Р.А. Сурменев

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

## Введение

Разработка и синтез новых биоматериалов и специальных конструкций для лечения заболеваний и травм, связанных с нарушением функций костной ткани, является актуальной проблемой на сегодняшний день. В связи с этим, целью данной работы является разработка и исследование структуры и состава полимерных 3-Д скэффолдов, синтезированных из чистого поликапролактона (ПКЛ), а также с добавлением частиц стронцийсодержащего гидроксиапатита (Sr-ГА).

## Теоретическая часть

В настоящее время для замещения дефектов костных тканей используют трехмерные (3-Д) пористые скэффолды. В биоинженерии широкое применение нашли биodeградируемые синтетические полимерные материалы. Одним из представителей таких материалов является ПКЛ, обладающий длительным сроком биорезорбции (более 3 лет), остеоиндуктивными свойствами и низкой цитотоксичностью [1]. Sr-ГА является главным неорганическим компонентом костной ткани, который влияет на увеличение биоактивности гибридного скэффолда [2]. Для получения полимерных волокон использовался метод электроформования, позволяющий формировать волокна микронных и субмикронных размеров [3].

## Методика эксперимента

Для синтеза полимерных скэффолдов была использована лабораторная установка электроформования (ТПУ, Россия). Полимерный раствор был получен путем растворения гранулированного порошка ПКЛ (Sigma-Aldrich, Германия) в хлороформе (Sigma-Aldrich, Германия) с концентрацией 9 масс.%. Порошок Sr-ГА ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{SrO}_4)_x(\text{OH})_{2-x}$ ,  $x=0,8$ ) суспендировали в данном растворе с концентрацией 10 масс.%. Для получения волокон были подобраны следующие параметры: диаметр шприца – 0,58 мм, скорость потока 3,6 мл/ч, напряжение – 10 кВ. Морфология поверхности функционализированных 3-Д скэффолдов исследовалась методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (JEOL, JSM 7500F, Япония). Для получения инфракрасных (ИК) спектров образцов был использован инфракрасный спектрометр (Bruker Tensor 37, Bruker Optic GmbH, Германия).

## Результаты и их обсуждение

Анализ СЭМ изображений проводился при помощи программы ImageJ. Полученные значения диаметра волокон и размера частиц свидетельствуют о том, что по сравнению с однородной структурой волокон чистого ПКЛ, диаметр которых равен  $10,9 \pm 1,2$  мкм, ПКЛ с добавлением Sr-ГА, с диаметром волокон  $20,3 \pm 4,9$  мкм, обладает более изломанной и дефектной структурой. В гибридном скэффолде наблюдаются волокна с диаметрами от 589 нм до 30 мкм. Это