

И. А. Шарафиев, асп.; Д. Р. Хисамиева, асп.;
Р. Ю. Галимзянова, доц., канд. техн. наук;
А. А. Никифоров, доц., канд. техн. наук;
Ю. Н. Хакимуллин, проф., д-р техн. наук;
С. И. Вольфсон, зав. кафедрой ХТПЭ, д-р техн. наук
(ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань, Российская Федерация);
А. В. Касперович, зав. кафедрой ПКМ, канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ КАК СОВМЕСТИТЕЛЬ В КОМПОЗИЦИЯХ НА ОСНОВЕ ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ И ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО КРАХМАЛА

Особое внимание в сфере новых материалов медицинского назначения занимают композиции на основе термопластичного крахмала (ТПК), ввиду того что гидрофильная природа термопластичного крахмала влияет на биodeградацию биоразлагаемых имплантатов, таких как билиарные стенты и костные пластины. Принимая во внимание необходимость обеспечения механической прочности, актуальным является использование прочных биоразлагаемых материалов, таких как полимолочная кислота (ПМК) [1].

Полимолочная кислота имеет гидрофобную природу, что ухудшает совместимость с термопластичным крахмалом, что приводит к плохой межфазной адгезией между ПМК и ТПК. Поэтому наблюдается падение прочности при растяжении для композиции ПМК/ТПК по сравнению с чистой полимолочной кислотой, особенно при высоких концентрациях крахмала.

Известно, что для получения термопластичного крахмала используются различные добавки, такие как глицерин, сорбит. Однако низкомолекулярная природа пластификаторов, содержащихся в ТПК, способствует их миграции на поверхность полученных композиций, что является негативным фактором для дальнейшего применения полученных материалов, например, в области тканевой инженерии [2].

Для решения этой проблемы предлагается использование полиэтиленгликоля (ПЭГ-400) в качестве совместителя в композициях на основе ПМК и ТПК. ПЭГ также способствует улучшению процессов формования и обработки композиций ПМК/ТПК. Он может использоваться в качестве пластификатора, улучшающего текучесть смеси и способствующего получению более однородных и гладких изделий. Кроме того, ПЭГ обладает биосовместимостью и биорезорбируемостью [3], что позволяет использовать композиции на основе ПМК/ТПК в различных медицинских приложениях, включая создание костных имплантатов и швейных материалов. Полиэтиленгликоль

можно вводить в композицию в виде отдельного компонента или в качестве добавки к основным компонентам ПМК и ТПК. Оптимальные концентрации ПЭГ в композиции зависят от требуемых свойств конечного продукта и могут быть определены путем проведения соответствующих испытаний и экспериментов [4]. ПЭГ не вызывает токсических или иммунных реакций в организме и может быть разлагаемым продуктом обмена веществ. Это позволяет использовать композиции ПМК/ТПК на основе ПЭГ в медицинских изделиях, где требуется временное замещение тканей или имплантация биорезорбируемых материалов. Композиции на основе ПЭГ могут быть применены в различных медицинских изделиях, в том числе при стентировании билиарных протоков и в костной инженерии, где необходим биорезорбируемый материал с требуемыми свойствами [5].

Композиции получали путем смешения полимолочной кислоты и термопластичного крахмала в соответствии с рецептурой: 100 мас. ч. ТПК (кукурузный крахмал 60%, глицерин 27%, сорбит 13%), 100 мас. ч. ПЛА с добавлением ПЭГ-400 в количестве 2 мас. ч., 4 мас. ч., 8 мас. ч., 10 мас. ч., 13 мас. ч., 20 мас. ч. и 30 мас. ч. соответственно на роторном смесителе Brabender Mixer 350 ЕНТ с использованием роликовых роторов при температуре 180°C в течение 5 минут. Далее, полученные компаунды формовались в виде лент на лабораторном одношнековом экструдере 19/25 при 60 оборотах в минуту и температуре 180°C на плоскощелевой головке шириной 50 мм.

Испытания физико-механических свойств показали, что полученные композиции имеют низкий предел прочности при растяжении по сравнению с композицией ПМК/ТПК без добавления ПЭГ. Также, было замечено снижение предела прочности при растяжении по мере роста содержания ПЭГ в составе смесей (от 0 мас. ч до 30 мас. ч.) от 14,8 МПа до 4,84 МПа соответственно. В таблице показана динамика изменения физико-механических показателей в зависимости от содержания ПЭГ.

Таблица – Физико-механические свойства композиций с различным содержанием ПЭГ

Содержание компонентов ПЛА/ТПК/ПЭГ, мас. ч	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при растяжении, %	Прочность при разрыве, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
100/100/0	16,4	5,1	14,8	27,2
100/100/2	14,8	4,6	13,8	8,9
100/100/4	11,2	3,1	10,2	8,9
100/100/6	10,9	2,8	10,1	11,6
100/100/10	8,37	3,9	7,86	11,2
100/100/12	8,34	4,2	8,01	5,1
100/100/20	7,39	27,1	6,01	24,4
100/100/30	4,84	31,2	4,36	40,3

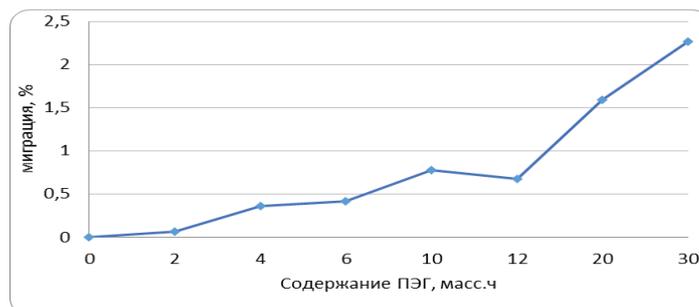


Рисунок 1 – Зависимость миграции пластификатора от содержания ПЭГ

Таким образом, добавление полиэтиленгликоля в качестве компатибилизатора не явилось эффективным для достижения цели улучшения межфазной адгезии ПМК/ТПК и физико-механических свойств композиций, а также снижения миграции пластификатора (глицерин, ПЭГ). Предположительная причина может быть связана с тем, что при концентрации ТПК близких к 50%, введение ПЭГ оказывает отрицательное влияние, которое повышается с увеличением его содержания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российские биополимеры поддержат экономику и сохраняют окружающую среду [Электронный ресурс]: Режим доступа <https://www.if24.ru/rossijskie-biopolimery-podderzhat-ekonomiku-i-sohranyat-okruzhayushhuyu-sredu/> (Дата обращения: 23.04.2023).

2. Хисамиева Д. Р. Применение термопластичного крахмала в тканевой инженерии / Д. Р. Хисамиева, Р. Ю. Галимзянова, Ю. Н. Хакимуллин // Наука. Наследие. Университет: сборник материалов Международной 56-й научной студенческой конференции. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2022. – С. 493–495.

3. Роговина С. З., Алексанян К. В., Дерябина Ю. И., Прут Э. В., Берлин А. А. Исследование механических свойств, морфологии и биоразлагаемости композиций полилактида с полисахаридами // Химия растительного сырья, 2015. – № 1. – С. 29–39.

4. Роговина С. З., Алексанян К. В., Горенберг А. Я., Прут Э. В. Влияние олигомеров полиэтиленгликоля на механические свойства и биоразлагаемость композиций на основе полилактида и полисахаридов // Известия ВолгГТУ, 2015. – № 7. – С. 68–71.

5. Патент РФ 2798568 МПК С08К 3/105. Антисептический полимерный композиционный материал конструкционного назначения с заданным комплексом механических свойств. ООО «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНА». Заявка: 2022109483, 11.04.2022. Опубликовано: 23.06.2023 Бюл. № 18.