

УДК 678.046.3

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

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ КОМПОЗИЦИИ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИБУТИЛЕНАДИПАТ ТЕРЕФТАЛАТА/ПОЛИБУТИЛЕНСУКЦИНАТА

Важное значение в сфере новых материалов медицинского назначения занимают композиции на биорезорбируемых полимерных материалах, ввиду того что гидрофильная природа данных полимеров влияет на биодеградацию биоразлагаемых имплантатов, среди которых в качестве примера можно привести билиарные стенты или костные пластины.

Принимая во внимание, что регулировка скорости процесса биодеградации, механической прочности в сочетании с гибкостью может осуществляться путем сочетания разных материалов: от низкомолекулярных до высокомолекулярных, выполняющих функции пластификатора, ускорителя биодеградации и т.п. Для их оптимального совмещения рекомендуется учитывать близость температуры плавления. Это позволяет снизить степень деструкции отдельных компонентов в процессе многостадийной переработки.

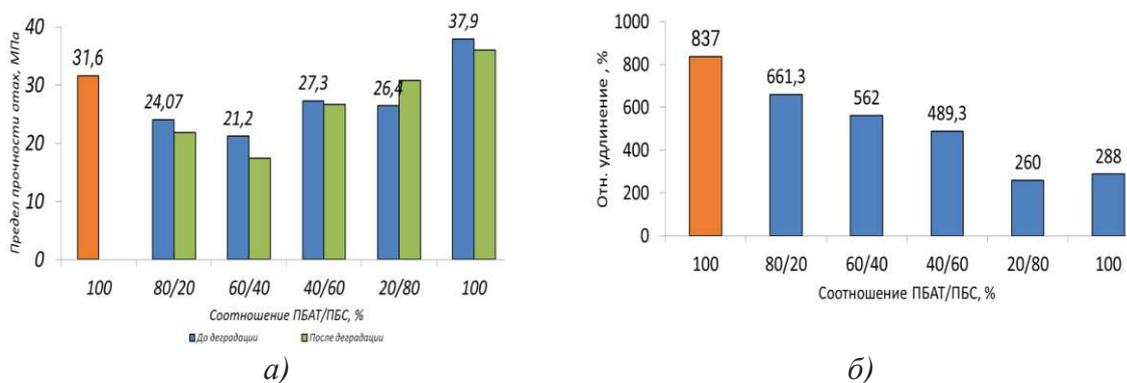
Биорезорбируемые полимеры являются актуальными также вследствие их способности выводиться из организма без хирургического вмешательства [1, 2]. Однако не все из перечня данных материалов оказываются подходящими для узкой специализации ввиду сильно отличающихся от оптимальных физико-механических и технологических характеристик для применения их в чистом виде. Например, ПБАТ [3] (полибутиленадипат терефталата) имеет высокую эластичность, но низкую прочность. ПБС [4] (полибутиленсукцинат) имеет большую прочность, но плохую эластичность.

Сочетание разных материалов позволяет получить оптимальные показатели [5]. В данной работе были исследованы композиции ПБАТ/ПБС для получения композиций с оптимальными физико-механическими свойствами для возможного использования изготовления билиарных стентов.

Композиции получали путем смешения полибутиленадипат те-

рефталата с полибутиленсукцинатом на лабораторном смесителе ЭНТ 350 Brabeder при температуре 145°C, поскольку она обеспечивала хорошее смешение ввиду приближенности к температуре плавления ПБАТ и ПБС, 130°C и 135°C соответственно. Далее производилось дробление полученных композитов и последующая экструзия с формированием лент. Температура экструзии по зонам 1–5 была установлена 150–180°C, что обеспечивало наилучшую формуемость ввиду высокой вязкости расплава ПБАТ. Из изготовленных лент вырубались образцы в виде двухсторонних лопаток и исследовалась прочность при разрыве до и после ускоренной биodeградации и относительное удлинение (ГОСТ Р 11262-80), а также показатель текучести расплава (ПТР) (ГОСТ 11645-2021) для определения технологических свойств материала.

Смеси ПБАТ/ПБС были приготовлены в следующих соотношениях: 100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80 и 0/100 в % масс. Результаты определения прочности при разрыве до и после биodeградации показаны на рисунке 1а. Как видно из диаграммы прочность чистых полимеров в отдельности выше, чем их композиции, наиболее прочным и которых является соотношение 40/60. На рисунке 1б показаны значения относительного удлинения. Видно, что эластичность понижается по мере увеличения содержания ПБС.



- а) зависимость предела прочности от соотношения полимеров в композициях;
 б) зависимость относительного удлинения от соотношения полимеров в композициях

Рисунок 1 - Физико-механические показатели композиций на основе ПБАТ/ПБС

Для сравнения технологических характеристик были произведены испытания ПТР, данные по которым представлены на рисунке 2. Среди композиций наиболее текучим продемонстрировала себя смесь в соотношении 60/40. Также наблюдалось снижение ПТР по мере увеличения содержания ПБАТ в составе.

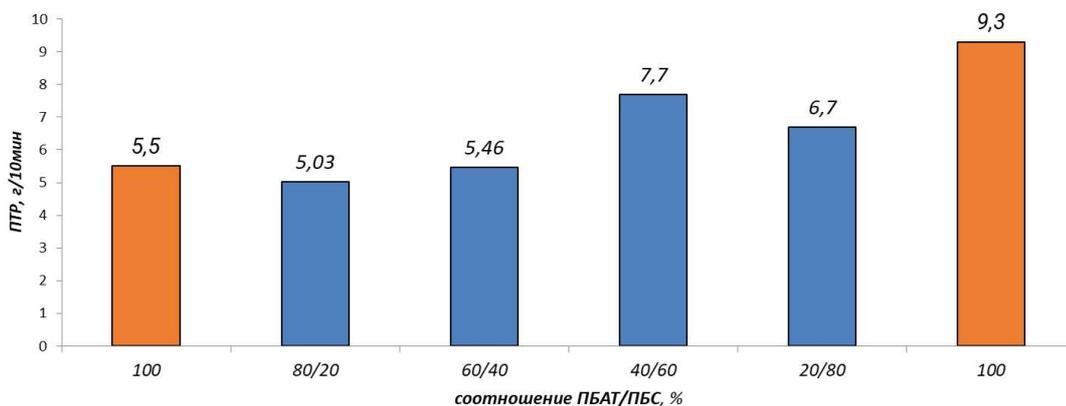


Рисунок 2 – Зависимость значения ПТР от соотношения полимеров в композициях ПБАТ/ПБС

По результатам анализа испытаний смесь ПБАТ/ПБС 40/60 показала оптимальное сочетание прочности и относительного удлинения при разрыве, а также ПТР. Таким образом для дальнейших испытаний было выбрано данное сочетание двух биорезорбируемых полимеров в качестве потенциально применимого в изготовлении библиарных стентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хисамиева Д. Р., Шарафиев И. А., Агатиева Э. А., Никифоров А. А., Галимзянова Р. Ю., Ксембаев С. С., Хакимуллин Ю. Н., Вольфсон С. И. // Вестник современной клинической медицины. – 2024. – Т. 17, №1. – С. 119–126.
2. Сайфутдинов И. М., Славин Л. Е., Галимзянов А. Ф., Зимагулов Р. Т. // Практическая медицина. – 2013. – Т. 2. – С. 67.
3. Mohamed Dammak, Yesmine Fourati // Industrial Crops and Products. – 2020. – Vol. 144. – P. 112061.
4. Massimiliano Barletta, Clizia Aversa // Progress in Polymer Science. – 2022. – Vol. 132. – P. 101579.
5. Роговина С. Б., Прут Э. В., Алексанян К. В., Крашенинников В. Г., Перепелицина Е. О., Шашкин Д. П., Берлин А. А. // Высокомолекулярные соединения. – 2019. – Серия Б. – Т. 61, №3. – С. 226–232.