

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-88

## КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОРИСТЫХ БИОПОЛИМЕРНЫХ КАРКАСОВ МЕТОДОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ДЛЯ ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ И РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

### FORMING POROUS BIOPOLYMER SCAFFOLDS BY LEACHING FOR TISSUE ENGINEERING AND REGENERATIVE MEDICINE

А. А. Комаров, А. Е. Дудаев, Е. И. Шишацкая

Сибирский федеральный университет, Красноярск

A. A. Komarov, A. E. Dudaev, E. I. Shishatskaya

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

✉ komarovart911@gmail.com

#### Аннотация

В данной работе представлено исследование по разработке пористых биополимерных каркасов из ПЗГБ и его сополимера с ПЗГБ/ЗГВ методом литья из растворителя и выщелачивания твердых частиц. Исследовано влияние размера частиц и типа порообразователя (NaCl, сахароза). Результаты показали, что каркасы из ПЗГБ и сахарозы в качестве порообразователя ведут к большему влагопоглощению, а ПЗГБ/ЗГВ и NaCl повышают гидрофильность поверхности.

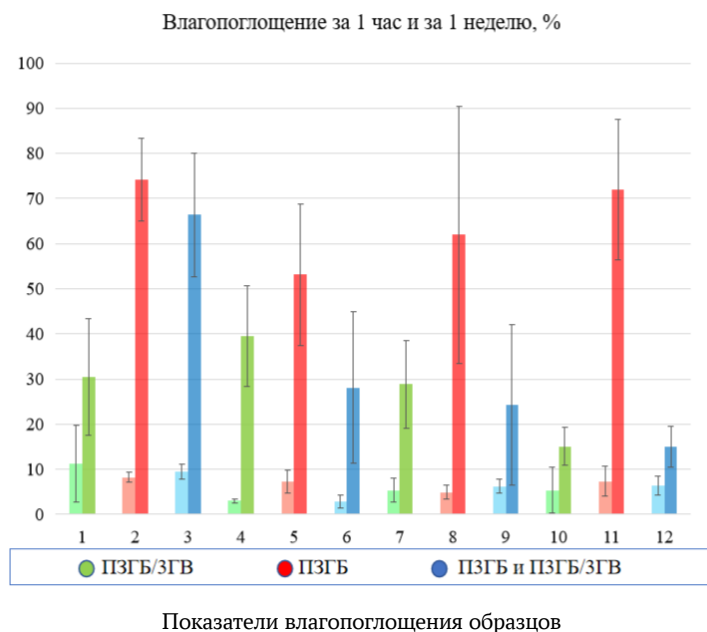
#### Abstract

This study presents the development of porous biopolymer scaffolds made of P3HB and its copolymer with P3HB/3HV using solvent casting and particulate leaching method. The influence of particle size and type of porogen (NaCl, sucrose) was investigated. The results showed that scaffolds made of P3HB and sucrose as a porogen lead to greater water absorption, while P3HB/3HV and NaCl increase the hydrophilicity of the surface.

#### Введение

Тканевая инженерия — это междисциплинарная область, в которой используются клетки, биоматериалы, биохимические сигналы, например факторы роста и физические сигналы, например механическая нагрузка. А также их комбинации для создания тканеподобных структур.

Цель тканевой инженерии — создание биологических заменителей, способных поддерживать, восстанавливать или улучшать функции поврежденных тканей, а также создание тканевых структур для исследований *in vitro*.



#### Материалы и методы

Объектом исследования были биополимеры поли(3-гидроксibuтират) (ПЗГБ) и сополимер поли(3-гидроксibuтирата) с поли(3-гидроксивалератом) (ПЗГБ/ЗГВ). Биополимеры были получены в лаборатории биотехнологии новых биоматериалов СФУ. В качестве растворителя использовался хлороформ. В качестве порообразователей были использованы хлорид натрия (NaCl) и сахароза ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ).

Методика работы заключалась в растворение ПЗГБ и ПЗГБ/ЗГВ в хлороформе при 50 °C с получением 10%-х растворов биополимеров. Полученные растворы охлаждали до комнатной температуры. Затем вносили 15 % по массе биополимера NaCl или сахарозы (фракции 40–63 и 80–100 мкм). Скаффолды были сформированы путем отливки 40 мл раствора в чашки Петри ( $d = 6$  см) и последующим высушиванием в вытяжном шкафу.

Выщелачивание производилось погружением образцов в дистиллированную воду при 75 °С. Смена дистиллированной воды происходила каждый час. Выщелоченные образцы сушились 24 ч при 60 °С. Окончательный этап подготовки характеризовался нарезкой на фрагменты  $S = 1$  см (для анализа влагопоглощения) и на полоски  $1 \times 5$  см (для анализа гидрофильности).

Анализ способности поглощать воду проводился путем экспозиции образца в дистиллированной воде. Измерения массы производились спустя 1 ч и спустя 7 сут нахождения в воде. Результаты представлены в табл. 1 и 2 и на рисунке.

Таблица 1

## Показатели влагопоглощения образцов

Образец	Порообразователь	Влагопоглощение за 1 ч, %	Влагопоглощение за 7 сут, %
ПЗГБ/ЗГВ	NaCl 80–100	$11,31 \pm 8,5$	$30,55 \pm 12,93$
ПЗГБ	NaCl 80–100	$8,27 \pm 1,19$	$74,18 \pm 9,19$
ПЗГБ + ПЗГБ/ЗГВ (50 : 50)	NaCl 80–100	$9,4 \pm 1,67$	$66,34 \pm 13,72$
ПЗГБ/ЗГВ	NaCl 40–63	$3,08 \pm 0,44$	$39,57 \pm 11,13$
ПЗГБ	NaCl 40–63	$7,3 \pm 2,45$	$53,15 \pm 15,67$
ПЗГБ + ПЗГБ/ЗГВ (50 : 50)	NaCl 40–63	$2,89 \pm 1,41$	$28,09 \pm 16,76$
ПЗГБ/ЗГВ	Сахароза 80–100	$5,34 \pm 2,64$	$28,81 \pm 9,73$
ПЗГБ	Сахароза 80–100	$4,92 \pm 1,56$	$61,98 \pm 28,45$
ПЗГБ + ПЗГБ/ЗГВ (50 : 50)	Сахароза 80–100	$6,22 \pm 1,55$	$24,26 \pm 17,7$
ПЗГБ/ЗГВ	Сахароза 40–63	$5,34 \pm 5,11$	$15,05 \pm 4,22$
ПЗГБ	Сахароза 40–63	$7,34 \pm 3,28$	$71,97 \pm 15,47$
ПЗГБ + ПЗГБ/ЗГВ (50 : 50)	Сахароза 40–63	$6,39 \pm 2$	$21,3 \pm 4,52$

Таблица 2

## Значения краевых углов смачивания и поверхностной энергии полученных скаффолдов

№	Контактный угол смачивания		Общее поверхностное натяжение	Дисперсия поверхностного натяжения	Полярность поверхностного натяжения
	Вода	Дийодометан			
1	$65,4 \pm 3,9$	$47,6 \pm 4,8$	$47 \pm 1,5$	$35,6 \pm 1$	$11,4 \pm 0,5$
2	$76,4 \pm 9,9$	$60,4 \pm 7,8$	$36,6 \pm 2,2$	$28,3 \pm 1,4$	$8,3 \pm 0,8$
3	$104,8 \pm 9$	N/A	N/A	N/A	N/A
4	$58,7 \pm 9,4$	$47,4 \pm 4,7$	$50,9 \pm 1,9$	$35,7 \pm 1$	$15,1 \pm 0,9$
5	$74,2 \pm 2,6$	$69 \pm 6,3$	$34,7 \pm 1,6$	$23,4 \pm 1,1$	$11,3 \pm 0,5$
6	$61,3 \pm 5,8$	$57,3 \pm 6$	$46,1 \pm 1,9$	$30,1 \pm 1,1$	$16 \pm 0,7$
7	$83,9 \pm 10,4$	$59,3 \pm 4,9$	$33,8 \pm 1,5$	$29 \pm 0,9$	$4,8 \pm 0,5$
8	$72 \pm 3,3$	$57,9 \pm 9,2$	$39,8 \pm 2,4$	$29,8 \pm 1,7$	$10 \pm 0,7$
9	$59,8 \pm 8,8$	$41,1 \pm 9,7$	$52,3 \pm 3,14$	$39,1 \pm 2,1$	$13,3 \pm 1$
10	$83,8 \pm 7,8$	N/A	N/A	N/A	N/A
11	$88,3 \pm 4,9$	$26,1 \pm 16,8$	$46,7 \pm 4,3$	$45,8 \pm 4$	$0,9 \pm 0,3$
12	$85,5 \pm 3,3$	$61,5 \pm 5,8$	$32,3 \pm 1,4$	$27,7 \pm 1,1$	$4,5 \pm 0,3$

## Закключение

На основе результатов исследования можно сделать следующие выводы.

1. Скаффолды, изготовленные из ПЗГБ, демонстрируют наибольшую способность к влагопоглощению, равную  $6,96 \pm 1,5$  % (спустя 1 ч) и  $65,3 \pm 9,6$  % (спустя 1 нед).
2. Скаффолды из ПЗГБ/ЗГВ продемонстрировали меньшие значения влагопоглощения:  $6,27 \pm 3,3$  % (1 ч) и  $28,5 \pm 9,8$  % (1 нед).
3. Смешанные из ПЗГБ и ПЗГБ/ЗГВ скаффолды продемонстрировали промежуточный показатель в  $35 \pm 20$  %.
4. Сахароза в качестве порообразователя давала наибольшие значения способности влагопоглощения образца.
5. Наиболее гидрофильными были образцы, полученные методом выщелачивания с помощью NaCl в качестве порообразователя и ПЗГБ/ЗГВ в качестве основы скаффолда.