

## Пористые гидрогели на основе природных полимеров

Антипова К.Г., Луканина К.И., Григорьев Т.Е.

НИЦ «Курчатовский институт»

Создание пористых гидрогелевых материалов на основе биосовместимых материалов синтетического и природного происхождения – предмет интереса множества исследователей. Изменяя содержание полимеров, можно влиять на физико-механические, биологические свойства получаемых образцов. Данное исследование посвящено многокомпонентным пористым гидрогелям основе хитозана, коллагена и поливинилового спирта (ПВС). Была поставлена задача получения серий гидрогелей из указанных полимеров, изучение формирования гидрогелей и губчатых материалов, их способности к набуханию и прочностных свойств.

В рамках проведенной работы предложены две технологии получения пористых гидрогелей на основе поливинилового спирта (30-70 кДа, Sigma-Aldrich), хитозана (ChitoClear-43040) и коллагена со сшивкой глутаровым альдегидом (ГА). Предварительно были выявлены условия получения устойчивых гидрогелей из ПВС. Для этого были приготовлены 2%, 3% и 5% растворы ПВС в 2% уксусной кислоте(УК)/H<sub>2</sub>O. В качестве сшивки использовали 2,5% раствор ГА в 2% УК в присутствии 1% раствора соляной кислоты. В результате проведенных исследований было установлено, что 3% и 5% растворы ПВС формируют устойчивые гидрогели в случае сшивки глутаровым альдегидом в присутствии соляной кислоты до 2%.

Для изучения свойств многокомпонентных губок предварительно был приготовлен раствор ПВС в 2% УК/H<sub>2</sub>O и проведена сшивка 2,5% ГА в течение разных промежутков времени (5 или 15 минут) в присутствии 1% соляной кислоты. Далее полученный раствор ПВС добавляли в готовые растворы хитозана и коллагена в 2% УК/H<sub>2</sub>O. Предварительно растворы хитозана и коллагена были сшиты ГА в концентрации 2%.

Полученные гели замораживали при температуре -25° в течение 4 часов, затем сушили в сублимационной сушке в течение суток с глубиной вакуума 0,250 mbar. Перед извлечением готовых изделий использовали режим с глубиной вакуума 0,001 mbar в течение 2 часов. Все полученные губчатые образцы также формировали гидрогели при контакте с водной средой.

Для выявления влияния каждого из компонентов на прочностные характеристики материалов на основе разработанных методик были получены пористые гидрогели поливинилового спирта с содержанием ПВС в образцах 2%(вес.) и 4%. Также были получены губки из коллагена (1% от массы образца), хитозана (1%), ПВС (2%, 4%) и их комбинации. Рецепт приготовления образцов приведена в таблице 1. Были проведены механические исследования полученных образцов.

Было обнаружено, что прочностные свойства геля из ПВС и набухшей губки из того же материала близки. Это отражено на кривой зависимости напряжения при сжатии от относительной деформации на рис. 1.

Так же были посчитаны модули Юнга для соответствующих губчатых образцов в набухшей и сухой форме. Их значения приведены в таблице 2.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-03-01132)

Таблица 1.

Название образца	ПВС	Хитозан	Коллаген	Примечания
<b>4%ПВС</b>	4%	-	-	Губка + гель
<b>ПВС+Хит+Кол-1</b>	2%	1%	1%	
<b>ПВС+Хит+Кол-2</b>	0,75%	0,75%	0,75%	
<b>ПВС+Хит+Кол-3</b>	0,75%	0,75%	0,75%	Предварительная сшивка ПВС
<b>ПВС+Хит+Кол-4</b>	0,98%	0,65%	0,65%	
<b>ПВС+Хит+Кол-5</b>	0,98%	0,65%	0,65%	Предварительная сшивка ПВС

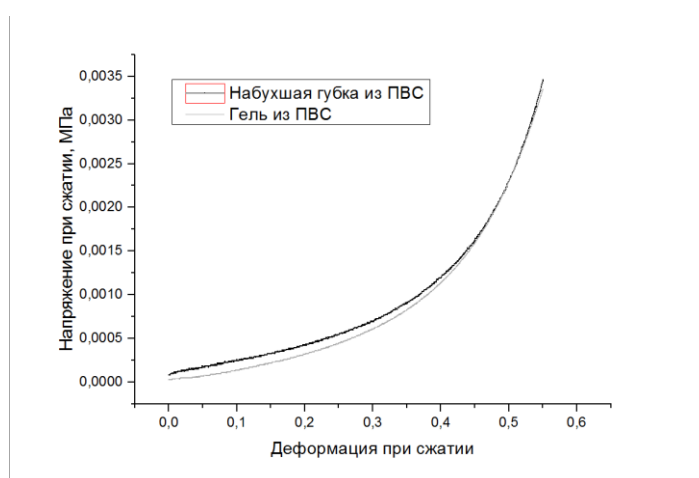


Рис. 1. Поведение геля и набухшей губки из ПВС при сжатии

Таблица 2.

№ образца	Модуль Юнга, кПа	
	сухая губка	набухшая губка
<b>4%ПВС</b>	1125,9	1,6
<b>4%ПВС (гель)</b>	1,2	
<b>ПВС+Хит+Кол-1</b>	402,6	32,6
<b>ПВС+Хит+Кол-2</b>	141,2	9,3
<b>ПВС+Хит+Кол-3</b>	197,1	9,7
<b>ПВС+Хит+Кол-4</b>	118,5	12,1
<b>ПВС+Хит+Кол-5</b>	246,6	4,1