**Заморозка полимерных растворов на основе хитозана: физика процесса, структура и свойства получаемых материалов**

***Базылева К.Ю.1, 2, Шарикова Н.А.2, Малахов С.Н. 2, Григорьев Т.Е. 2***

*Студент, 2 курса магистратуры*

*1Московский государственный университет имени М.В Ломоносова,*

*физический факультет, Москва, Россия*

*2НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия*

*E–mail: bazyleva.ki18@physics.msu.ru*

Высокопористые трехмерные полимерные каркасы находят широкое применение в различных областях биомедицины, в том числе, в тканевой инженерии. При разработке таких материалов архитектура пор каркаса должна имитировать структуру и свойства нативного матрикса [1]. Одним из распространенных методов получения высокопористых материалов является лиофилизация. На первом этапе данной методики полимерные растворы замораживаются для создания ледяного шаблона архитектуры будущих материалов. Меняя скорость охлаждения, можно управлять зародышеобразованием и кинетикой роста кристаллов льда, что отражается на конечной структуре пор [2]. Таким образом, целью данной работы является исследование процесса заморозки полимерных растворов на основе хитозана для получения высокопористых материалов для конкретного применения и исследования их структуры и свойств.

Для исследования процесса заморозки в полимерных растворах нами была спроектирована и собрана замораживающая ячейка на основе элемента Пельтье TB-127-1.0-1.3. Для отвода тепла с горячей стороны мы использовали кулер (DEEPCOOL AG500 ARGB). В процессе замораживания образцов зависимость температуры от времени фиксировали с помощью сенсора Termodat-1,3M.

Для приготовления материалов использовался 2% раствор хитозана (43040 СhitoClear) в 2% растворе уксусной кислоты (ООО «Компонент-Реактив»). В исследовании также использовались растворы с добавлением технического углерода (ТУ, Vulcan XC 72R) как модельный объект в следующих весовых концентрациях (от массы полимера): 1, 5, 7.5, 10, 15, 20, 40, 60 масс.%. Далее приготовленные растворы замораживали на собранной нами ячейке в диапазоне мощностей от 43 Вт до 12 Вт. Затем образцы лиофилизировали в сушке Martin Christ Alpha 2-4LSC в течение 72 ч при глубине вакуума 0,250 мбар для исследования полученной морфологии материалов. Исследование морфологии образцов проводили при помощи растрового электронного микроскопа Phenom XL (ThermoFisher Scientific, США).

В результате работы была исследована кинетика полимерных растворов на основе хитозана в зависимости от температурных условий заморозки и концентрации наполнителя. Было выявлено, что с уменьшением скорости заморозки степень переохлаждения росла. В ходе исследования морфологии полученных материалов была подтверждена гипотеза, сформулированная во время исследования кинетики заморозки растворов. Зарождение ядер льда происходит у основания кюветы, т.е. в области начала фронта заморозки. Далее по объему преобладает механизм роста кристаллов льда от образовавшихся ядер. Таким образом, мы наблюдали слой пор, образовавшихся из сотовидных кристаллов у основания, размер которого определяется условиями заморозки, а также перколяцией ТУ в зависимости от его концентрации в растворе. Также в ходе работы материалы испытывали при одноосном сжатии на универсальной разрывной машине Instron 5965.

*Работа выполнена при поддержке государственного задания НИЦ «Курчатовский институт»*

**Литература**

1. Sharikova N. A. et al. Chitosan‐Based Porous Composites for Bone Tissue Engineering //Macromolecular Symposia. – 2022. – Т. 404. – №. 1. – С. 2100398.
2. Pawelec K. M. et al. Understanding anisotropy and architecture in ice-templated biopolymer scaffolds //Materials Science and Engineering: C. 2014. V. 37. P. 141-147.