

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 2. Химия

Сборник научных трудов
XIX Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых
26–29 апреля 2022 г.

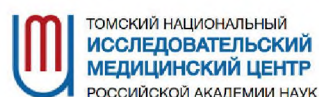
PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Volume 2. Chemistry

Abstracts
XIX International Conference of students, graduate students
and young scientists
April 26–29, 2022



Национальный
исследовательский
**Томский
государственный
университет**



Томск 2022

УДК 546.41 + 547-31/-39

**СИНТЕЗ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОСОВМЕСТИМЫХ КРИОГЕЛЕЙ
ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА НАПОЛНЕННЫХ ГИДРОКСИАПАТИТОМ**

Д.Н. Лыткина, Р.Т. Садыков, А.А. Чернышев

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. И.А. Курзина

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: darva-lvtkina@vandex.ru

**SYNTHESIS AND PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF BIOCOMPATIBLE POLYVINYL
ALCOHOL CRYOGELS FILLED WITH HYDROXYAPATITE**

D.N. Lvtkina, R.T. Sadykov, A.A. Chernyshev

Scientific Supervisor: Prof., Dr. I.A. Kurzina

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenina ave., 36, 634050

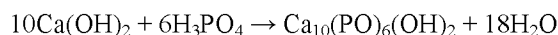
E-mail: darva-lvtkina@vandex.ru

***Abstract.** The influence of establishing the influence of the concentration of PVA and hydroxyapatite obtained in the presence of PVA on the properties of the cryogel of the HA-PVA composite cryogel is considered. As a result of the studies, it was found that the melting temperature and elastic modulus of HA-PVA composite cryogels are affected not only by the concentration of the polymer component, but also by the time of mixing the reaction mixture.*

Введение. Одна из ключевых практических задач регенеративной медицины – создание материалов-заменителей тканей, с соответствующими механическими свойствами, микроструктурой, способствующей прикреплению, росту клеток и образованию новой костной ткани. Используемые на сегодняшний день имплантаты для восстановления костной ткани в основном изготавливаются из металлических и керамических нерезорбируемых материалов, которые требуют повторного оперативного вмешательства для их удаления. Отсутствие биосовместимости вызывает дискомфорт для пациента, и, более того, может приводить к остеолитису, снижая качество жизни носителя имплантата. Несмотря на прогресс в развитии биомедицинского материаловедения, на сегодняшний день в клинической практике отсутствуют резорбируемые имплантаты для реконструкций костной ткани с прогнозируемыми физико-химическими свойствами [1]. Одним из вариантов решения этой задачи может стать разработка новых материалов на основе гидроксиапатита, который стимулирует остеосинтез, включенного в полимерную матрицу. Гидроксиапатит является одним из самых подходящих веществ для использования его в качестве основного компонента материала для восстановления костной ткани, его в составе кости содержится от 50 до 95 % [2]. Полимерной матрицей может выступать криогель на основе поливинилового спирта (ПВС), т.к. он обладает всеми требуемыми свойствами для таких материалов – он биосовместим, обладает упругостью, может принимать форму дефекта. Криогели являются одними из биоматериалов с трехмерной каркасной структурой, в которые могут быть включены клетки в соответствии с потребностями в клинических исследованиях тканевой инженерии. Благодаря их макропористости, криогели обеспечивают подходящую среду для передачи клеток, инфильтрации и неоваскуляризации [3].

Целью работы является установление влияния концентрации ПВС и гидроксиапатита, полученного в присутствии ПВС, на свойства криогеля композиционного криогеля ГА-ПВС.

Экспериментальная часть. Композиционные материалы были получены добавлением раствора фосфорной кислоты в суспензию, состоящую из гидроксида кальция в растворе поливинилового спирта с последующими стадиями перемешивания реакционной смеси и дальнейшим замораживанием-оттаиванием в температурном интервале $-20...+20$ °С. Компоненты для получения гидроксиапатита использовались в стехиометрическом соотношении согласно уравнению реакции:



Количество гидроксиапатита составляет 4 масс.% от массы всей смеси. Концентрация раствора поливинилового спирта варьировалась в пределах 5-15 масс.%.

Измерение прочности на сжатие и расчёт модуля упругости производили на установке, собранной на базе Arduino Board Mega 2560 и тензодатчика при деформации образца 20 %. Измерение температуры плавления определяли как момент, когда металлическая сфера, помещенная на гель, уходила в расплав.

Результаты. На рисунке 1 показано, что с ростом концентрации поливинилового спирта в материале, происходит значительное увеличение модуля упругости от 18,85 кПа для 5 % ПВС до 395 кПа для 15 % ПВС соответственно, т.е. возрастает в \square 21 раз.

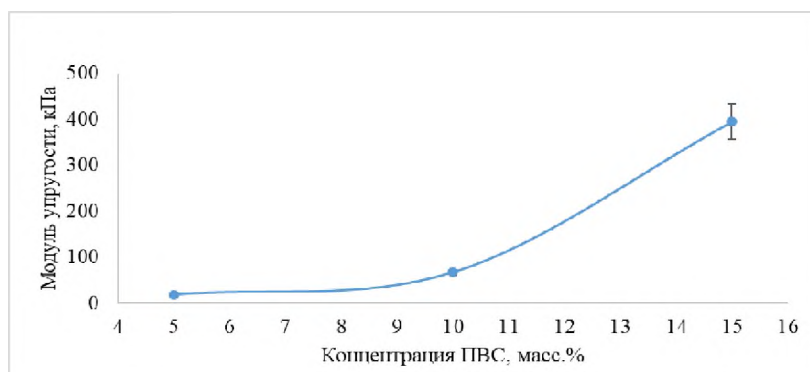


Рис. 1. Влияние концентрации ПВС на модуль упругости композиционных материалов ГА-ПВС

Также установлено, что концентрация поливинилового спирта оказывает существенное влияние на температуру плавления материала (рисунок 2). С ростом концентрации ПВС температура плавления повышается от 67 °С для 5 % ПВС до 85 °С для 15 % ПВС соответственно. Что объясняется усиление межмолекулярных взаимодействий между гидроксильными группами поливинилового спирта в процессе синтеза материала.

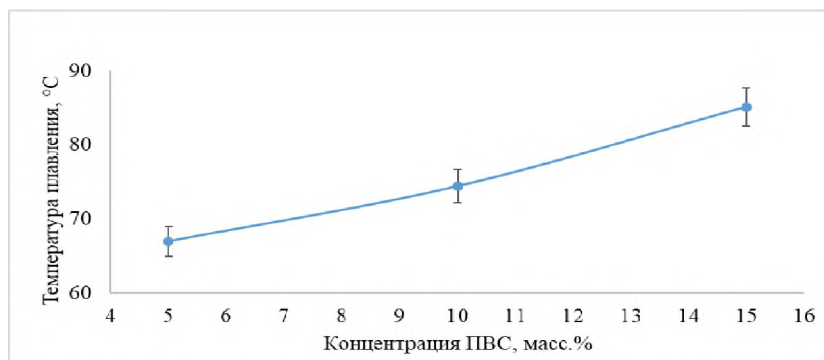


Рис. 2. Влияние концентрации ПВС на температуру плавления композиционных материалов ГА-ПВС

При увеличении времени синтеза от 2 до 20 часов показало увеличение модуля упругости и температуры плавления материала ГА-ПВС (10 %), что может свидетельствовать о том, что на данные свойства влияет не только концентрация макромолекул (таблица 1). Ориентация функциональных групп макромолекул ПВС происходит уже в процессе перемешивания с формирующимся гидроксипатитом, а не только в процессе замораживания/оттаивания.

Таблица 1

Влияние времени синтеза на модуль упругости и температуру плавления материала ГА-ПВС (10%)

| Время синтеза, ч | Модуль упругости, кПа | $T_{\text{пл}}$, °C |
|------------------|-----------------------|----------------------|
| 2 | 180 ± 9 | $78,0 \pm 0,3$ |
| 20 | 395 ± 19 | $85,1 \pm 0,4$ |

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что на температуру плавления и модуль упругости композиционных криогелей ГА-ПВС оказывает влияние не только концентрация полимерной компоненты, но и время перемешивания реакционной смеси.

Работа выполнена при поддержке грантов президента российской федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук мк-2182.2022.1.3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lytkina D.N. Fedorishin D.A. Kalachikova P.M. Plyaskina A.A. Babeshin A.R. Kurzina I.A. Cryo-Structured Materials Based on Polyvinyl Alcohol and Hydroxyapatite for Osteogenesis // Journal of Functional Biomaterials. – 2021, – Vol. 12, – P. 18.
2. Hench L.L. Bioceramics // Journal of the American Ceramic Society. – 1998. – Vol. 81. – P. 1705–1728.
3. Nixon K.R.; Lu T.; Sell S.A. A comprehensive review of cryogels and their roles in tissue engineering applications // Acta Biomaterialia. – 2017. – Vol. 62, – P. 29–41.