

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-97

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОРИСТЫХ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОТЕМПЛАТОВ*****FORMATION OF POROUS ORGANOSILICON MATERIALS USING BIOTEMPLATES**

Е. А. Ланцова, Д. А. Колыхалов

Тульский государственный университет

E. A. Lantsova, D. A. Kolykhalov

Tula State University

✉ e.a.lantsova.tsu@gmail.com

Аннотация

В работе сформированы 2 типа материалов на основе аминопропилтриэтоксисилана и тетраэтоксисилана в объемном соотношении 5 : 95 % — с использованием дрожжей *Ogataea polymorpha* ВКМ У-2559 и дальнейшим их удалением N-метилпирролидоном и без использования клеток дрожжей. С помощью УФ-спектроскопии установлено, что биотемплаты позволяют улучшить загрузку и десорбцию октенидина.

Abstract

In the work, 2 types of materials based on aminopropyltriethoxysilane and tetraethoxysilane in a volume ratio of 5 : 95 % were formed: using *Ogataea polymorpha* VKM Y-2559 yeast and their subsequent removal with N-methylpyrrolidone and without the use of yeast cells.

Постоянное развитие резистентности микроорганизмов к антибиотикам и антисептикам требует развития новых методов борьбы [1]. Одними из эффективных средств могут стать антибактериальные материалы с различными механизмами действия, например с высвобождением четвертичных аммониевых соединений (ЧАС) [2]. Октенидин дигидрохлорид относится к ЧАС с двумя положительно заряженными четвертичными атомами азота, обладает широкой антибактериальной активностью и безопасен для человека. Одним из методов формирования загрузочного материала является технология золь-гель [3]. Для получения пор внутри материала вместо традиционных шаблонов — мицелл поверхностно-активных веществ — возможно использование биотемплатов. Клетки микроорганизмов характеризуются экологичностью и экономичностью при получении их биомассы, схожестью форм и размеров среди клеток одного штамма. Достаточно большой размер клеток позволит сформировать крупные поры для сорбции антисептического вещества и его дальнейшего высвобождения без диффузионных затруднений.

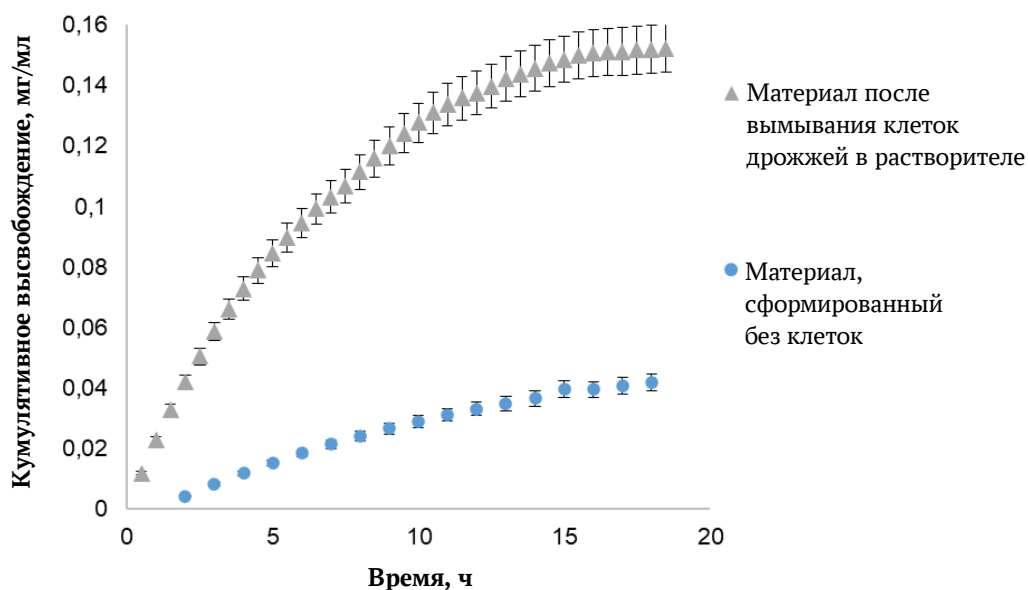
В исследовании были сформированы материалы I типа с использованием клеток дрожжей *Ogataea polymorpha* ВКМ У-2559 и силановых предшественников аминопропилтриэтоксисилана и тетраэтоксисилана в объемном соотношении 5 : 95 об.%. Для удаления клеток применялся растворитель N-метилпирролидон, осуществлялся нагрев при 165 °С в течение 2 ч. Полученный материал промывали дистиллированной водой и ацетоном. Кроме того, для сравнения был синтезирован материал II типа без использования клеток с таким же соотношением силановых предшественников. Затем в высушенные образцы был загружен октенидин с концентрацией 20 мг/мл, после чего были изучены сорбционные и десорбционные свойства материалов методом УФ-спектроскопии.

При постоянном разбавлении исследуемой пробы с материалом I типа, из которого высвобождается октенидин (ОКТ), установлено, что высвобождение активного вещества проходит в две стадии (см. рисунок). Первая стадия длится около 5 ч, происходит активное высвобождение антисептического вещества с поверхности материала. Затем наступает фаза пролонгированного высвобождения, в течение 15 ч происходит высвобождение ОКТ из внутренних пор матрицы. Для материала II типа характерна практически линейная зависимость высвобождения вещества.

Материал I типа, сформированный с использованием клеток дрожжей, удаленных N-метилпирролидоном, обладает лучшими свойствами, поскольку характеризуется сорбцией 78,9 мкг/мл и высвобождением 30,4 мкг/мл октенидина из 1 мг образца. В то же время материал II типа сорбирует 25,3 мкг/мл и десорбирует 8,4 мкг/мл октенидина из 1 мг образца.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-23-00410).

© Е. А. Ланцова, Д. А. Колыхалов, 2025



Зависимость высвобождения октенидина из матриц I и II типа от времени

Таким образом, применение клеток дрожжей в процессе формирования золь-гель-матрицы и при дальнейшем удалении растворителем позволяет получить материал с большей сорбционной емкостью по сравнению с материалом, синтезированным без использования клеток. Дальнейшие изучения материала будут связаны с возможностью сшивки с триазольными фрагментами, обладающими фунгицидными свойствами, для получения биоцидного материала с возможностью действия против бактерий и грибов.

Литература

1. Huang L., Liu C.-J. Progress for the development of antibacterial surface based on surface modification technology // *Supramol. Mater.* 2022. Vol. 1. P. 100008.
2. Nouredine A. et al. Future of Mesoporous Silica Nanoparticles in Nanomedicine: Protocol for Reproducible Synthesis, Characterization, Lipid Coating, and Loading of Therapeutics (Chemotherapeutic, Proteins, siRNA and mRNA) // *ACS Nano*. American Chemical Society. 2023. Vol. 17, No. 17. P. 16308–16325.
3. Şen Karaman D. et al. Core@shell structured ceria@mesoporous silica nanoantibiotics restrain bacterial growth in vitro and in vivo // *Biomater. Adv.* 2022. Vol. 133. P. 112607.