

## ВЛИЯНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА РОСТ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ

И.С. ВАТЛИН, Р.В. ЧЕРНОЗЕМ, М.А. СУРМЕНЕВА, Р.А. СУРМЕНЕВ

Томский политехнический университет

E-mail: [Vatlin.i@mail.ru](mailto:Vatlin.i@mail.ru)

По данным всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), выявлено широкое распространение резистентности к противомикробным препаратам [1]. Недавно, на примере пьезоэлектрической керамики, впервые был продемонстрирован антибактериальный эффект пьезоэлектричества [2].

Пьезокерамика хрупкий материал, применение которого ограничено в регенеративной медицине, в отличие от полимеров. Полигидроксibuтират (ПГБ) является одновременно не токсичным, биodeградируемым и пьезоэлектрическим полимером [3]. На данный момент влияние пьезоэлектричества на роста бактерий является слабо изученным. Исследования оказываемого воздействия пьезоэлектрических свойств ПГБ, на рост бактерий, ранее не проводились.

Таким образом, цель данной работы — исследование влияния, генерируемого ПГБ пьезоэлектричества на рост бактерий. Для сравнения использовался не пьезоэлектрический и биodeградируемый поликапролактон (ПКЛ), нашедший широкое применение в тканевой инженерии [4]. Полимерные пленки на основе ПГБ и ПКЛ были получены методом выливания из раствора, содержащем хлороформ в качестве растворителя.

Морфология поверхности полученных образцов была исследована методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе Zeiss NEON 40 EsB-3511, рисунок 1. Морфология поверхности полученных ПГБ и ПКЛ пленок является идентичной.

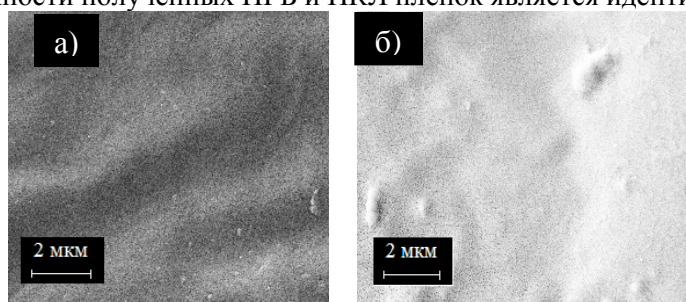


Рисунок 1 – СЭМ изображения поверхности полимерных пленок: а) ПКЛ; б) ПГБ

В таблице 1 представлены значения пьезоэлектрической константы  $d_{33}$  (Wide-Range  $d_{33}$  Tester Meter) образцов. Измерение потенциала поверхности проводилось на установке с усилением 1 ГОм [3]. Полученные значения  $d_{33}$  и потенциала поверхности пленок соответствуют представленным в литературе [3] для волокнистых скэффолдов.

Таблица 1 – Значения константы  $d_{33}$  и потенциала поверхности пленок

Полимер		ПКЛ	ПГБ
$d_{33}$ , пКл/Н		0	$1,77 \pm 0,09$
Потенциал поверхности, В	Частота, Гц	5	$0,65 \pm 0,07$
		7	$0,68 \pm 0,05$
		9	$1,01 \pm 0,10$

Исследование токсичности образцов проводилось в пробирках, содержащих питательную среду Лурия-Бертани и бактериальный штамм *E. coli* ATCC25922. Прирост оценивался при помощи спектрофотометра OD600 DiluPhotomete. Исследование токсичности представлено на рисунке 2. Кривые имеют аналогичный характер наклона по сравнению с контролем, что говорит об отсутствии токсичности образцов.

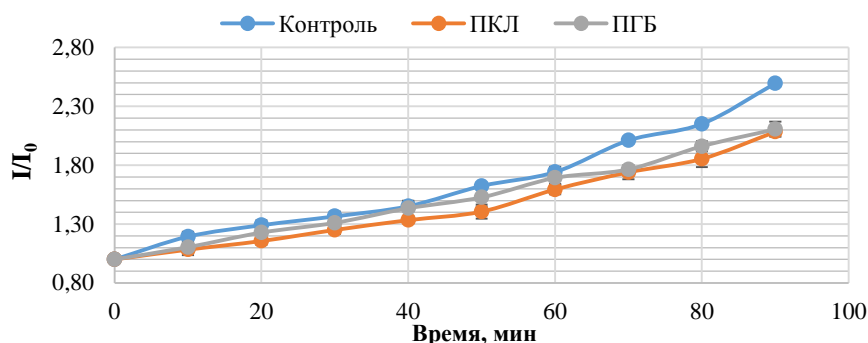


Рисунок 2 – Кривые роста *E. coli* в среде без и с полимерными пленками

Исследование влияния генерируемого пьезоэлектричества на рост *E. coli* проводилось в динамических механических условиях, рисунок 3, а именно, под воздействием ультразвука (УЗ) с интенсивностью  $9,6 \text{ Вт/см}^2$  (Branson 1510), что в 4 раза меньше, чем применяемая в литературе для керамического пьезоматериала [2].

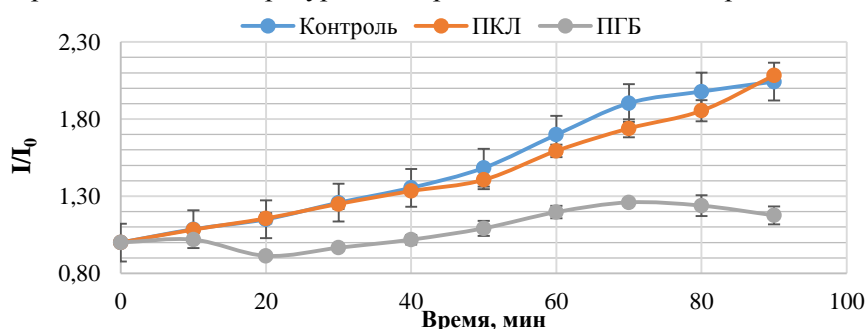


Рисунок 3 – Кривые роста *E. coli* под механическим воздействием УЗ в среде без и с ПКЛ и ПГБ пленками

Наклон кривой изменения оптической плотности в среде с ПГБ значительно отличается. Полученные результаты сопоставимы с данными, установленными для пьезокерикой, электроактивность которой на порядок выше [2]. Наблюдается бактериостатический эффект ПГБ. Влияние пьезоэлектричества на рост бактерий объясняется двумя возможными механизмами: электропорацией и активными формами кислорода (АФК) [2].

Таким образом, видно, что ПГБ является перспективным пьезоэлектрическим материалом, который способен, ингибировать рост бактерий без использования антибиотиков. В дальнейшем, планируется проведение экспериментов для исследования антибактериальной активности АФК групп от ПГБ по отношению к патогенным микроорганизмам.

#### Список литературы

1. Глобальная стратегия ВОЗ по сдерживанию устойчивости к противомикробным препаратам, 2001. – 168 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.who.int/drugresistance/surveillance/ru/> (Дата обращения: 25.07.2018)
2. Feng J. et al. Significant Improvement and Mechanism of Ultrasonic Inactivation to *Escherichia coli* with Piezoelectric Effect of Hydrothermally Synthesized t-BaTiO<sub>3</sub> //ACS Sustainable Chemistry & Engineering. – 2018. – Т. 6. – №. 5. – С. 6032-6041.
3. Chernozem R. V., Surmeneva M. A., Surmenev R. A. Hybrid biodegradable scaffolds of piezoelectric polyhydroxybutyrate and conductive polyaniline: Piezocharge constants and electric potential study //Materials Letters. – 2018. – Т. 220. – С. 257-260.
4. Batool F. et al. Synthesis of a Novel Electrospun Polycaprolactone Scaffold Functionalized with Ibuprofen for Periodontal Regeneration: An In Vitro and In Vivo Study //Materials. – 2018. – Т. 11. – №. 4. – С. 580.