

## НАНЕСЕНИЕ БАКТЕРИЦИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕДИЦИНСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ С ПОМОЩЬЮ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ \*)

Гребенщикова М.М., Желтухин В.С.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет  
им. А.Н. Туполева, Казань, Россия, [grebenshikova.marina@yandex.ru](mailto:grebenshikova.marina@yandex.ru);  
[vzheltukhin@gmail.com](mailto:vzheltukhin@gmail.com)*

Для снижения числа осложнений при установке имплантатов суставов в травматологии перспективно применение титано-гафниевых нитридных покрытий металлических конструкций [1]. Покрытие обладает бактерицидными свойствами и совместимо с тканями живого организма.

Процесс нанесения покрытия основан на конденсации соединений из металлической плазмы электродугового разряда в среде реакционного газа. В конденсированных покрытиях и на их поверхности присутствуют кластеры металла и нанокпельная фаза совместного нитрида титана и гафния  $TiHfN_2$ . Механизм воздействия покрытия на бактерии может быть связан с миграцией наночастиц нитридов с поверхности покрытия и их токсического воздействия микрофлору [2].

С целью повышения выхода наночастиц с покрытия поверхность обрабатывали потоком низкоэнергетичных ионов высокочастотного емкостного разряда (ВЧЕ) пониженного давления при давлении 15–30 Па. При этом плотность ионного тока составляла 0,6–0,8 А/м<sup>2</sup> и с энергией ионов 50–70 эВ в диапазоне вкладываемой в разряд мощности 750–1000 Вт [3]. Ионы приобретают такую энергию в слое положительного заряда у поверхности образца толщиной 1,0–3,0 мм. При столкновении с поверхностью кинетическая энергия иона трансформируется в энергию колебаний атомов поверхности.

Для определения механизма воздействия ВЧЕ разряда требуется разработка математической модели взаимодействия ионного потока с титано-гафниевым нитридным покрытием. Модель описывается системой уравнений классической молекулярной динамики на основе полноатомной модели (all atom model) с потенциалом Леннард-Джонса (LJ) для бомбардирующего иона и многочастичного оптимизированного по заряду потенциала (СОМВ) для совместно конденсированной системы TiN и HfN.

Первичная оценка воздействия низкоэнергетических ионов на поверхность показала уменьшение количества адсорбированных на поверхности покрытия капельных конденсатов и уменьшению размеров наночастиц мигрировавших с поверхности покрытия с 200–1500 до 8–10 нм и зарегистрированных анализатором NanoBrook 90Plus ZetaParticleSizeAnalyzer.

Результаты позволяют выдвинуть гипотезу об определяющей роли воздействия наночастиц титано-гафниевого нитридного покрытия-конденсата на контактное угнетение жизнедеятельности болезнетворной микрофлоры по ионно-кластерному механизму.

### Литература

- [1]. Гребенщикова М.М., Миронов М.М., Стародумова Е.В. Исследование миграции ионов металлов с защитных наноструктурированных покрытий для имплантатов // Вестник технологического университета. 2016. Т. 16, № 17. С. 49-50.
- [2]. Мамонова И.А. Влияние наночастиц переходной группы металлов на антибиотико-резистентные штаммы микроорганизмов: специальность 03.02.03 "Микробиология": автореф. дисс. канд. биол. наук / Мамонова Ирина Александровна. – Москва, 2013. – 24 с.
- [3]. Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Кашапов Н.Ф. Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов. Теория и практические приложения. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 2000.

\*) [DOI – тезисы на английском](#)