

УДК 621.793

**ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АНТИМИКРОБНОЙ ПРОТЕКЦИИ**Иван Валерьевич Жидких <sup>(1)</sup>, Данила Юрьевич Ульянов <sup>(2)</sup>*Студент 3 курса <sup>(1)</sup>, студент 3 курса <sup>(2)</sup>,**кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Ю.В. Панфилов,**доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Распространение вредных микроорганизмов стало серьезную проблемой в здравоохранении, водоочистке, пищевой и текстильной промышленности. Разработка эффективных антимикробных методов является первостепенной задачей научных исследований. Применение нанотехнологий, в частности, тонких пленок и других противомикробных систем, является перспективным подходом к инактивации бактерий и предотвращению их адгезии к поверхностям.

По типу активных веществ противомикробные нанокompозитные тонкопленочные материалы можно разделить на следующие категории: на основе металлов, на основе оксидов металлов, на основе растительных экстрактов, на основе ферментов, на основе органических кислот, на основе бактерицидов и на основе полимеров. Более детально рассмотрим пленки на основе металлов и их оксидов.

Активные вещества могут быть нанесены на пористую или непористую поверхность в виде тонкого верхнего слоя (рис. 1А). Смешанные наноантимикробные структуры, в которых активные вещества включены непосредственно в матричный материал, являются ещё одним альтернативным вариантом (рис. 1В). Третий тип конструкций представляет собой многослойные структуры, в которых активные вещества удерживаются между двумя слоями (рис. 1С).

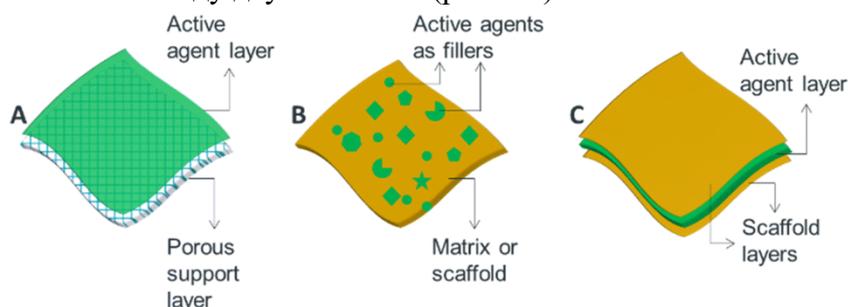


Рис. 1. Способы включения противомикробных активных веществ в тонкие пленки

Тонкопленочные мембраны на основе частиц серебра, полученные путем включения AgNPs в квантовую точку оксида графена обеспечивают высокую антибактериальную активность как в отношении вредных бактерий благодаря синергетическому эффекту.

Перспективным методом инактивации бактерий на поверхности является нанесение (посредством магнетронного распыления) наночастиц золота на полиэтилен (универсальный полимерный материал, который используется в хирургических инструментах, а также во временных и постоянных биомедицинских устройствах). Полиэтилен с золотым покрытием продемонстрировал высокую эффективность в подавлении образования биопленок.

Антибактериальные пленки (Cu-Ti-O) содержат оксид меди-титана. Медные комплексы могут образовывать радикалы, которые инактивируют вирусы. Барьерный антибактериальный слой меди получается методом магнетронного напыления.

Разработан ортопедический имплантат путём последующего нанесения диоксида тантала ( $Ta_2O_5$ ) и пористых слоёв из полиоксида магния–серебра (MgO–Ag) на сплавы магния.  $Ta_2O_5$  был нанесён на сплавы магния методом магнетронного распыления с использованием аргона в качестве рабочего газа.

Основным механизмом борьбы с бактериями в пленках оксидов металлов является образование активных форм кислорода, усиливающих окислительные процессы и вызывающих повреждение микробных клеток.

#### **Литература**

1. B. Khameneh, M. Iranshahy, V. Soheili and B. S. Fazly Bazzaz, Review on plant antimicrobials: a mechanistic viewpoint, *Antimicrob. Resist. Infect. Control*, 2019, 8, 118.
2. G.-L. Tan, D. Tang, D. Dastan, A. Jafari, Z. Shi, Q.-Q. Chu, J. P. B. Silva and X.-T. Yin, Structures, morphological control, and antibacterial performance of tungsten oxide thin films, *Ceram. Int.*, 2021, **47**(12), 17153–17160.
3. M. Sriubas, K. Bockute, P. Palevicius, M. Kaminskas, Z. Rinkevicius, M. Ragulskis, S. Simonyte, M. Ruzauskas and G. Laukaitis, Antibacterial Activity of Silver and Gold Particles Formed on Titania Thin Films, *Nanomaterials*, 2022, 12(7), 1–21.
4. D. Mitra, E. T. Kang and K. G. Neoh, Antimicrobial Copper-Based Materials and Coatings: Potential Multifaceted Biomedical Applications, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2020, 12(19), 21159–21182.