

Въглеродни материали с антибактериален и антивирусен ефект

Във връзка с повишения интерес към мерките спрямо вирусни и бактериални инфекции, решихме да насочим вниманието си към антибактериалното приложение на въглеродни композити и материали. Интерес представлява изследването на антибактериалните свойства на метали, въглеродни композити и някои органични съединения [1]. Антибактериалната активност на наночастиците от метални оксиди напоследък получава значително внимание на учените по света, тъй като те могат да бъдат синтезирани насочено и често проявят значителна токсичност спрямо бактериите. Ефективният инхибиращ ефект срещу широк спектър от бактерии на наноразмерни монометални оксиди (Fe_3O_4 , TiO_2 , CuO , ZnO) е добре известен, докато изследванията на този ефект при полиметални оксиди се нуждаят от по-задълбочени проучвания.

Смята се, че сребърните наночастици са ново поколение антибактериални средства [2] – те имат голям потенциал да бъдат използвани в антибактериални повърхностни покрития за медицински изделия и хранителни опаковки. Наночастиците от цинков оксид [3] също проявяват антимикробна активност и намаляват растежа на бактериалните биофилми с около 80%. Изследвана е антибактериалната ефективност на наноразмерен цинков оксид спрямо *Streptococcus sobrinus*, отглеждан както планктонно, така и като биофилми върху композити [3]. Изследван е антибактериалният потенциал на няколко наноразмерни метални оксиди срещу резистентни на антибиотици бактериални патогени, напр. *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella* sp., *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* и *Streptococcus* sp. [4,5]. Резултатите показват, че наночастиците MgO са показали максимална активност спрямо *Streptococcus pneumoniae* и минимална активност спрямо *Klebsiella* sp. Нито един от изследваните наноразмерни оксиди не проявява активност спрямо *Streptococcus* sp. Данните показват, че наночастиците MgO проявяват максимално инхибиране при доза от 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ срещу *Streptococcus pneumoniae*. Нещо повече, анализът разкрива, че бактериалният растеж се инхибира след втория час при концентрация от 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Също така са изучени антибактериалните свойства на пет наноразмерни метални оксиди (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CeO_2 , ZrO_2 и MgO) срещу патогени инфектиращи пикочните пътища – *Pseudomonas* sp., *Enterobacter* sp., *Klebsiella* sp., *Escherichia coli* (*E. coli*), *Proteus morganii* (*P. morganii*) и *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) [4,5]. Наночастиците Al_2O_3 показват максимална активност спрямо *E. coli*. Нито един от четирите наноразмерни оксиди не проявява активност спрямо *Pseudomonas* sp. Резултатите разкриват, че наночастиците Al_2O_3 показват максимално инхибиране при концентрация от 5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ спрямо *E. coli*, и съответно при 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ срещу *Klebsiella* sp. и *P. morganii*. Освен това, анализът показва, че растежът на бактериите е максимално инхибиран при концентрация от 5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ след втория час. Наноразмерни Al_2O_3 , Fe_3O_4 , CeO_2 , ZrO_2 и MgO бяха подложени на оценка на антибактериалния им потенциал срещу офталмологични патогени като *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter* sp., *Klebsiella pneumoniae*, *E. coli*, *Streptococcus viridans* и *Streptococcus viridnes* [4,5]. Наноразмерният Fe_3O_4 показва максимална активност срещу *Pseudomonas aeruginosa*, а минималната активност има MgO .

Нито един от наноразмерните оксиди не проявява активност срещу *Acinetobacter* sp. Резултатите разкриват, че наночастиците Fe_3O_4 показват максимално инхибиране срещу *Pseudomonas aeruginosa* при концентрация 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$, последвано от *Klebsiella pneumoniae* и *Streptococcus pyogenes* при концентрация 30 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Антибактериалната активност на композитите от сребърно-цинков оксид са тествани спрямо грам-отрицателни бактерии *Escherichia coli* и грам-положителни бактерии *Enterococcus faecalis* [6]. Hou и др. [7] синтезират

мезопорести сферични частици от SiO_2 , покрити с наночастици Ag_2O , Cu_2O , CeO_2 и NiO , охарактеризират ги и ги използват за антибактериално приложение. Бактерицидните ефекти на композитите са тествани спрямо *Staphylococcus aureus* на тъмно или при светодиодно осветяване [7]. Резултатите показват, че растежът на *Staphylococcus aureus* е силно инхибиран от фотокаталитичната активност на $\text{SiO}_2/\text{Ag}_2\text{O}$ и $\text{SiO}_2/\text{Cu}_2\text{O}$ композитите, за разлика от тези на $\text{SiO}_2/\text{CeO}_2$ и SiO_2/NiO композитите. Установено е, че евтиният $\text{SiO}_2/\text{Cu}_2\text{O}$ композит е изключително ефективен антибактериален материал, който може да замени скъпия $\text{SiO}_2/\text{Ag}_2\text{O}$ композит [7].

Графеновите производни бързо се превръщат в изключително обещаващ клас антимикробни материали, поради разнообразните си бактерицидни механизми и сравнително ниската цитотоксичност спрямо клетките на бозайниците. Чрез комбиниране на производни на графена с използваните понастоящем антибактериални метални и метал-оксидни наноструктури могат да се получат композитни материали с изключителна бактерицидна активност [8]. Нанокompозит зеолит/ ZnO-CuO е получен и охарактеризиран с инфрачервена спектроскопия (FTIR), рентгенова дифракция (XRD), адсорбция на азот при ниска температура, сканираща електронна спектроскопия, XPS. Полученият композит е тестван за антибактериална активност срещу грам-положителни (*Bacillus subtilis* B29) и грам-отрицателни бактерии (*Escherichia coli* E266) [9].

Chen и др. [11] получават активирани въглеродни влакна от агаве чрез импрегниране с ZnCl_2 и последващо нагряване при 800°C в инертна среда от N_2 . Част от въглеродните влакна са били допълнително импрегнирани с разтвор на $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2$ и последващо нагряване. Получените въглеродни влакна [11] са тествани за антибактериална активност спрямо *E. coli* and *S. aureus*.

Медно-оксидни наночастици с въглеродно покритие [12] са синтезирани чрез двустадийна процедура. Водни разтвори на глюкоза и CuCl_2 (в съотношение 1:5, 1:2 and 1:1) са хомогенизирани и получената смес се нагрява при 80°C във въздушна атмосфера в продължение на 24 ч. Получената черна смес се нагрява при 700°C за 6 ч. в Ar атмосфера.

Получените композити са охарактеризирани чрез TEM, рентгенофазов анализ, BET.

Композитът получен от глюкоза и CuCl_2 (в съотношение 1:5) има специфична повърхност $420 \text{ m}^2/\text{g}$, и показва много по-висока антибактериална активност спрямо различни бактерии (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*), в сравнение с чистия наноразмерен CuO .

Целта на настоящия проект е разработване на метод за синтезиране на въглеродни материали и композити на базата на каменовъглен пек, нефтен кокс и др. и изучаване на възможностите за включване на различни активни добавки от метали (Fe , Zn и др.) повешаващи тяхните антивирусни и антибактериални свойства. За целта ще бъдат използвани различни методи (импрегниране, йонен обмен и др.). Ще бъдат изследвани възможностите за тяхното успешно приложение са обезвреждане на микроорганизми (бактерии и вируси) във води и въздух.

1. S. Stankic, S. Suman, F. Haque, J. Vidic, Pure and multi metal oxide nanoparticles: synthesis, antibacterial and cytotoxic properties, *Journal of Nanobiotechnology*, 14 (2016) 1-20, Article No 73. <https://jnanobiotechnology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12951-016-0225-6>
2. L. Guo, W. Yuan, Zh. Lu, Ch. M. Li, Polymer/nanosilver composite coatings for antibacterial applications, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 439 (2013) 69-83. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2012.12.029>
3. B. A. Sevinç L. Hanley, Antibacterial activity of dental composites containing zinc oxide nanoparticles, *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 94B (2010) 22-31.

<https://doi.org/10.1002/jbm.b.31620>

4. R. Gokulakrishnan, S. Ravikumar, J. Anandha Raj, In vitro antibacterial potential of metal oxide nanoparticles against antibiotic resistant bacterial pathogens, Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 2, 5 (2012) 411-413.

[https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(12\)60089-9](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(12)60089-9)

5. S. Ravikumar, R. Gokulakrishnan, P. Boomi, In vitro antibacterial activity of the metal oxide nanoparticles against urinary tract infectious bacterial pathogens, Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 2, 2 (2012) 85-89.

[https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(12\)60022-X](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(12)60022-X)

6. S. C. Motshekga, S. S. Ray, M. S. Onyango, M. N. B. Momba, Microwave-assisted synthesis, characterization and antibacterial activity of Ag/ZnO nanoparticles supported bentonite clay, Journal of Hazardous Materials, 262 (2013) 439-446.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.08.074>

7. Y.-X. Hou, H. Abdullah, Dong-Hau Kuo, Sy-Jye Leu, N. S. Gultom, Chi-Hung Su, A comparison study of SiO₂/nano metal oxide composite sphere for antibacterial application, Composites Part B: Engineering, 133 (2018) 166-176.

<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.09.021>

8. M. D. Rojas-Andrade, G. Chata, D. Rouholiman, J. Liu, Ch. Saltikov, Sh. Chen, Antibacterial mechanisms of graphene-based composite nanomaterials, Nanoscale, 9, 3 (2017) 997-1006.

<https://pubs.rsc.org/---/content/articlelanding/2017/nr/c6nr08733g/unauth#!divAbstract>

<https://doi.org/10.1016/j.colcom.2016.12.003>

9. A. Azam, A. S. Ahmed, M. Oves, M. S. Khan, S. S. Habib, A. Memic, Antimicrobial activity of metal oxide nanoparticles against Gram-positive and Gram-negative bacteria: a comparative study, International Journal of Nanomedicine, 7(2012) 6003-6009.

<https://dx.doi.org/10.2147%2FIJN.S35347>

10. S. Ravikumar, R. Gokulakrishnan, K. Selvanathan, S. Selvam, Antibacterial activity of metal oxide nanoparticles against ophthalmic pathogens, International journal of pharmaceutical research and development, 3, 5 (2011) 122-127.

https://www.researchgate.net/profile/Dr_Samayanan_Selvam/publication/267299085_Antibacterial_activity_of_metal_oxide_nanoparticles_against_opthalmic_pathogens/links/5522a2050cf2a2d9e145c379/Antibacterial-activity-of-metal-oxide-nanoparticles-against-opthalmic-pathogens.pdf

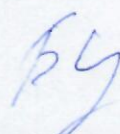
11. Chen, S., Liu, J., and Zeng, H., *New Carbon Materials*, 17, 26, 2002.

12. H. Chen, J. Wu, M. Wu, H. Jia, Preparation and antibacterial activities of copper nanoparticles encapsulated by carbon New Carbon Materials, Volume 34, Issue 4, August 2019, Pages 382-389.

25.01.2021



Асистент магистър Георги Георгиев



Рък.лаб. ХТГ доц. д-р Бойко Цинцарски