

УДК 616.9:691.77:615.37

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/118/30>

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ НАНОПРЕПАРАТОВ МЕДИ ПРОТИВ СТРЕПТОКОККОВЫХ ИНФЕКЦИЙ

- ©Жакыпова Г. М., ORCID: 0009-0007-4042-5627, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, zhakypovag214@mail.ru
©Сулайманкулова С. К., ORCID: 0000-0002-7930-6285, д-р хим. наук, Институт химии и фитотехнологий НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан, satoba@mail.ru
©Сатиев М. О., ORCID: 0009-0007-6847-9272, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, msatiev@oshsu.kg
©Исакова К. С., ORCID: 0009-0001-6132-096X, SPIN-код: 6741-1879, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, kisakova1970@gmail.com
©Камарова А. М., Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан,

ANTIBACTERIAL EFFECTS OF COPPER NANOMEDICATIONS AGAINST STREPTOCOCCAL INFECTIONS

- ©Zhakypova G., ORCID: 0009-0007-4042-5627, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, zhakypovag214@mail.ru
©Sulaimankulova S., ORCID: 0000-0002-7930-6285, Dr. habil., Institute of Chemistry and Phytotechnology National Academy of Sciences, Bishkek, Kyrgyzstan, satoba@mail.ru
©Satiev M., ORCID: 0009-0007-6847-9272, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, msatiev@oshsu.kg
©Isakova K., ORCID: 0009-0008-6143-5574, SPIN-code: 6741-1879, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, kisakova@oshsu.kg
©Kamarova A., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan

Аннотация. Наночастицы меди имеют свойства для применения в стоматологии и в других отраслях медицины для борьбы с бактериальными инфекциями как стрептококковый фарингит, кожные инфекции и такие как абсцессы и флегмона. В связи с этим изучение антибактериальных эффектов нано препаратов меди является актуальной задачей. Цели исследования: систематизировать современные сведения о нанопрепаратах меди и механизме действия наночастиц меди на бактерии. Произведен литературный обзор по антибактериальному эффекту наночастиц и нанопрепаратов меди против бактериальных и стрептококковых инфекций. Многочисленные исследования подтверждают эффективность медных наночастиц против стрептококковых инфекций. В ходе экспериментов была установлена минимальная ингибирующая концентрация Cu NPs для различных штаммов стрептококков. Результаты показывают, что медные нанопрепараты могут быть использованы в качестве альтернативы традиционным антибиотикам, особенно в условиях растущей антибиотикорезистентности. Нанопрепараты меди могут быть использованы в различных формах: в зубных пастах, покрытиях для зубов и медицинских устройствах. Их применение может значительно снизить риск инфекций и улучшить результаты лечения.

Abstract. Copper nanoparticles possess properties suitable for application in dentistry and other fields of medicine to combat bacterial infections such as streptococcal pharyngitis, skin infections, and conditions like abscesses and phlegmon. In this regard, studying the antibacterial effects of copper nanomedications is a relevant task. To systematize recent information about the copper nanomedications and the mechanism of action of copper nanoparticles against bacteria. A

literature review was conducted on the antibacterial effect of nanoparticles and copper nanomedications against bacterial and streptococcal infections. Numerous studies confirm the effectiveness of copper nanoparticles against streptococcal infections. Experiments have established the minimum inhibitory concentration (MIC) of Cu NPs for various strains of streptococci. The results show that copper nanomaterials can be used as an alternative to traditional antibiotics, especially in the context of increasing antibiotic resistance. Conclusions: copper nanomaterials can be utilized in various forms, such as in toothpastes, dental coatings, and medical devices. Their application can significantly reduce the risk of infections and improve treatment outcomes.

Ключевые слова: антибактериальный эффект, наночастицы меди, нано препараты меди, применение, стрептококковые инфекции

Keywords: optimization, antibacterial effect, copper nanoparticles, copper medications, application, streptococcal infection

В последние годы наблюдается значительный интерес к наноматериалам в различных областях науки и медицины. Одним из наиболее перспективных направлений является использование медных наночастиц (Cu NPs) благодаря их уникальным физико-химическим свойствам и выраженной антибактериальной активности. Нанопрепараты меди находят применение в стоматологии, дерматологии и других медицинских областях для борьбы с бактериальными инфекциями. Исследованы воздействие наночастиц меди на микробиологические показатели отдельных видов почв, активность почвенных ферментов, а также изменения физических, химических и агрохимических свойств почв и в целом на плодородие и процессы самоочищения от загрязняющих веществ. Производство и применение наночастиц. Промышленный синтез наноматериалов организован таким образом, чтобы получить частицы с заданными физико-химическими свойствами. С учетом широкого спектра коммерческой, экологической и медицинской пользы наночастиц их производство достигает значительных промышленных масштабов [1].

Медные наночастицы обладают свойствами, которые делают их эффективными против различных патогенных микроорганизмов, включая стрептококки, которые являются причиной таких заболеваний, как стрептококковый фарингит, кожные инфекции, абсцессы и флегмона [2].

Изучение антибактериальных эффектов медных нанопрепаратов становится важной задачей для разработки новых методов лечения инфекционных заболеваний. Антибактериальная активность медных наночастиц обусловлена несколькими механизмами [3-5]. CuNPs могут вызывать окислительный стресс у бактерий, что приводит к повреждению клеточных мембран и ДНК. Медь может взаимодействовать с клеточными компонентами бактерий, нарушая их метаболические процессы. Эти механизмы делают медные наночастицы эффективными против широкого спектра микроорганизмов.

Материалы и методы исследования

Нанопрепараты меди были приготовлены на основе наночастиц меди синтезированных методом импульсной плазмы в жидкой среде. Использование электроимпульсной технологии позволяет получать наночастицы с поверхностным электрическим зарядом, возникающем при диспергировании металлов и образованием свежих поверхностей, способных испускать потоки электронов [6].

Установка приспособления для синтеза наночастиц меди представлена на Рисунке.

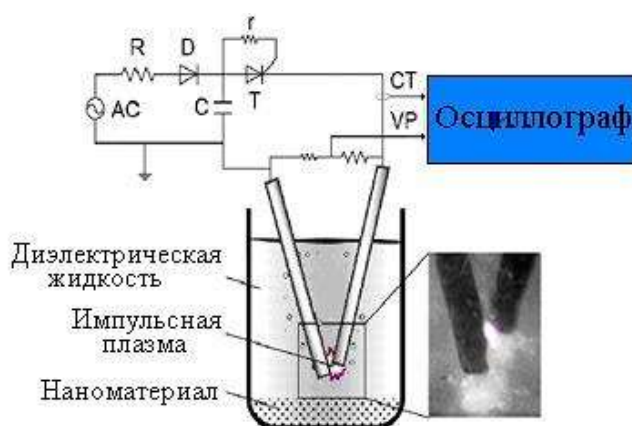


Рисунок. Установка приспособления для синтеза наночастиц меди при помощи импульсной плазмы

Результаты и обсуждение

Нанопрепараты меди (CuNPs) — это частицы меди размером от 1 до 100 нм, обладающие уникальными физико-химическими свойствами, отличающимися от макроскопической меди. Они широко применяются в медицине, сельском хозяйстве, водоочистке и других областях благодаря своим антимикробным свойствам. Размер обычно варьируется от 10–100 нм, формы наночастиц меди бывают сферические, кубические, палочковидные. Известны различные методы синтеза наночастиц меди. Наночастиц меди были синтезированы при помощи химического восстановителя, например, восстановление с помощью NaBH_4 [7].

Зеленый синтез наночастиц меди — это экологически чистый и безопасный метод получения наночастиц меди (CuNPs) с использованием природных биоматериалов, таких как растительные экстракты, микроорганизмы или биополимеры. Такой подход позволяет избежать применения токсичных химикатов и высоких температур, что делает процесс более устойчивым и безопасным.

Основные принципы зеленого синтеза наночастиц меди. Восстановление и стабилизация. Растительные экстракты содержат биологически активные вещества (фенолы, флавоноиды, алкалоиды, сахара), которые восстанавливают ионы меди Cu^{2+} до металлической меди Cu^0 и одновременно стабилизируют образующиеся наночастицы [8].

Механизм действия наночастиц меди на бактерии. Генерация реактивных форм кислорода (ROS). Наночастицы меди катализируют образование ROS (например, супероксидных анионов, гидроксильных радикалов). ROS повреждают клеточные мембраны, белки и ДНК бактерий.

Нарушение целостности клеточной мембраны. CuNPs взаимодействуют с липидами мембраны, вызывая её перфорацию. Это приводит к утечке внутриклеточного содержимого и гибели клетки.

Взаимодействие с белками и ферментами. Ионы меди связываются с тиольными группами белков, нарушая их структуру и функцию. Ингибирование ферментов жизненно важных метаболических путей.

Внедрение в клетку и повреждение ДНК. Наночастицы или высвобождаемые ионы Cu^{2+} проникают внутрь клетки. Вызывают окислительное повреждение нуклеиновых кислот, что ведет к мутациям и гибели бактерий.

Особенности действия наночастиц меди на разные типы бактерий обусловлено тем, что грамположительные бактерии более устойчивы из-за толстой пептидогликановой стенки. Грамотрицательные бактерии более чувствительны из-за тонкой клеточной стенки и наличия внешней мембраны. Современные исследования и перспективы повышения эффективности при комбинации наночастиц меди с другими металлами для синергетического эффекта основаны на модификации поверхности наночастиц меди для целенаправленного действия на патогены.

Биосовместимость и токсичность нанопрепаратов меди. Исследования направлены на снижение токсичности для человека при сохранении антимикробной активности с использованием биосовместимых оболочек, например, хитозана. Нанопрепараты меди представляют собой перспективное средство борьбы с бактериальными инфекциями благодаря комплексному механизму действия: генерации ROS, повреждению мембран, взаимодействию с белками и ДНК бактерий. Современные исследования направлены на оптимизацию их свойств для повышения эффективности и безопасности применения. Бактерии *Streptococcus mutans*, *Streptococcus pyogenes* вызывают стрептококковые инфекции. Патогенез и клинические проявления стрептококковых инфекций. Стрептококковые бактерии способствуют развитию кариеса и других заболеваний полости рта.

Исследования антибактериальной активности. Произведен обзор научных исследований, посвященных эффектам медных наночастиц на стрептококковые инфекции. Результаты экспериментов показали эффективность, минимальную ингибирующую концентрацию наночастиц меди (МИС) и другие параметры. Применение нанопрепаратов меди. Возможные формы применения нанопрепаратов меди в стоматологии (например, в зубных пастах, пломбах, покрытиях для зубов). Преимуществами использования медных наночастиц по сравнению с традиционными методами лечения являются низкая токсичность меди по сравнению с другими металлами, так как в низких концентрациях медь участвует в метаболических процессах. Также медь используется иммунной системой хозяина для уничтожения бактерий, так как способна усиливать окислительный стресс в макрофагах, а дефицит меди приводит к угнетению иммунитета [9].

Нанопрепараты меди представляют собой многообещающую область исследований с потенциалом для применения в борьбе с бактериальными инфекциями. Дальнейшие исследования необходимы для более глубокого понимания механизмов действия Cu NPs и их безопасности при использовании в клинической практике.

Список литературы:

1. Цицуашвили В. С., Минкина Т. М., Невидомская Д. Г., Раджпут В. Д., Манджиева С. С., Сушкова С. Н., Бурачевская М. В. Воздействие наночастиц меди на растения и почвенные микроорганизмы (обзор литературы) // Вестник аграрной науки Дона. 2017. Т. 3. №39. С. 93-100.
2. Sarıtaş B. M., Yiğit A., Tunç A. K., Kolaylı F. Antimicrobial and antibiofilm effects of silver-copper nanoparticles obtained by green synthesis against *Streptococcus mutans* // Cureus. 2024. V. 16. №4. <https://doi.org/10.7759/cureus.58368>

3. Chatterjee A. K., Chakraborty R., Basu T. Mechanism of antibacterial activity of copper nanoparticles // *Nanotechnology*. 2014. V. 25. №13. P. 135101. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/25/13/135101>
4. Oetiker N., Salinas D., Lucero-Mora J., Orellana R., Quiroz-Muñoz M., Bravo D., Pérez-Donoso J. M. Antimicrobial effect of copper nanoparticles on relevant supragingival oral bacteria // *Microorganisms*. 2024. V. 12. №3. P. 624. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12030624>
5. Sadia B. O., Cherutoi J. K., Achisa C. M. Optimization, characterization, and antibacterial activity of copper nanoparticles synthesized using senna didymobotrya root extract // *Journal of Nanotechnology*. 2021. V. 2021. №1. P. 5611434. <https://doi.org/10.1155/2021/5611434>
6. Электроискровая обработка металлов. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1957. 226 с.
7. Pricop A., Negrea A., Pascu B., Nemeş N. S., Ciopec M., Negrea P., Cristea I. M. Copper Nanoparticles Synthesized by Chemical Reduction with Medical Applications // *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. V. 26. №4. P. 1628. <https://doi.org/10.3390/ijms26041628>
8. Labaran A. N., Zango Z. U., Tailor G., Alsadig A., Usman F., Mukhtar M. T., Aldaghri O. A. Biosynthesis of copper nanoparticles using *Alstonia scholaris* leaves and its antimicrobial studies // *Scientific reports*. 2024. V. 14. №1. P. 5589. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56052-y>
9. Невежина А. В., Фадеева Т. В. Перспективы создания антимикробных препаратов на основе наночастиц меди и оксидов меди // *Acta Biomedica Scientifica*. 2021. Т. 6. №6-2. С. 37-50. <https://doi.org/10.29413/ABS.2021-6.6-2.5>

References:

1. Tsitsuashvili, V. S., Minkina, T. M., Nevidomskaya, D. G., Radzhput, V. D., Mandzhieva, S. S., Sushkova, S. N., ... & Burachevskaya, M. V. (2017). Vozdeistvie nanochastits medi na rasteniya i pochvennye mikroorganizmy (obzor literatury). *Vestnik agrarnoi nauki Dona*, 3(39), 93-100. (in Russian).
2. Sarıtaş, B. M., Yiğit, A., Tunç, A. K., & Kolaylı, F. (2024). Antimicrobial and antibiofilm effects of silver-copper nanoparticles obtained by green synthesis against *Streptococcus mutans*. *Cureus*, 16(4). <https://doi.org/10.7759/cureus.58368>
3. Chatterjee, A. K., Chakraborty, R., & Basu, T. (2014). Mechanism of antibacterial activity of copper nanoparticles. *Nanotechnology*, 25(13), 135101. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/25/13/135101>
4. Oetiker, N., Salinas, D., Lucero-Mora, J., Orellana, R., Quiroz-Muñoz, M., Bravo, D., & Pérez-Donoso, J. M. (2024). Antimicrobial effect of copper nanoparticles on relevant supragingival oral bacteria. *Microorganisms*, 12(3), 624. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12030624>
5. Sadia, B. O., Cherutoi, J. K., & Achisa, C. M. (2021). Optimization, characterization, and antibacterial activity of copper nanoparticles synthesized using senna didymobotrya root extract. *Journal of Nanotechnology*, 2021(1), 5611434. <https://doi.org/10.1155/2021/5611434>
6. Электроискровая обработка металлов (1957). Moscow. (in Russian).
7. Pricop, A., Negrea, A., Pascu, B., Nemeş, N. S., Ciopec, M., Negrea, P., ... & Cristea, I. M. (2025). Copper Nanoparticles Synthesized by Chemical Reduction with Medical Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(4), 1628. <https://doi.org/10.3390/ijms26041628>
8. Labaran, A. N., Zango, Z. U., Tailor, G., Alsadig, A., Usman, F., Mukhtar, M. T., ... & Aldaghri, O. A. (2024). Biosynthesis of copper nanoparticles using *Alstonia scholaris* leaves and its antimicrobial studies. *Scientific reports*, 14(1), 5589. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56052-y>

9. Nevezhina, A. V., & Fadeeva, T. V. (2021). Perspektivy sozdaniya antimikrobnnykh preparatov na osnove nanochastits medi i oksidov medi. *Acta Biomedica Scientifica*, 6(6-2), 37-50. <https://doi.org/10.29413/ABS.2021-6.6-2.5>

Работа поступила
в редакцию 02.07.2025 г.

Принята к публикации
12.07.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Жакыпова Г. М., Сулайманкулова С. К., Сатиев М. О., Исакова К. С., Камарова А. М. Антибактериальные эффекты нанопрепаратов меди против стрептококковых инфекций // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №9. С. 267-272. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/118/30>

Cite as (APA):

Zhakypova, G., Sulaimankulova, S., Satiev, M., Isakova, K., & Kamarova, A. (2025). Antibacterial Effects of Copper Nanomedications against Streptococcal Infections. *Bulletin of Science and Practice*, 11(9), 267-272. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/118/30>