

# Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 2(26)

2021 г.

## Учредитель

Государственное учреждение  
«Республиканский научно-  
практический центр  
радиационной медицины  
и экологии человека»

**Журнал включен в** Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)

**Журнал зарегистрирован**  
Министерством информации  
Республики Беларусь,  
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 30.09.21  
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.  
Гарнитура «Times New Roman».  
Печать цифровая. Тираж 130 экз.  
Усл. печ. л. 21,75. Уч.-изд. л. 13,99.  
Зак. 81.

Издатель ГУ «Республиканский  
научно-практический центр  
радиационной медицины и  
экологии человека»  
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в КУП  
«Редакция газеты  
«Гомельская праўда»  
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

## Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

## Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор, зам. гл. редактора),  
В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), К.Н. Буздакин (к.т.н., доцент), Н.Г. Власова (д.б.н., профессор, научный редактор), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веякин (к.б.н., доцент), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н.), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.В. Зыблева (к.м.н., отв. секретарь), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н., доцент), А.Н. Лызинов (д.м.н., профессор), А.В. Макарич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), В.М. Мицура (д.м.н., доцент), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская (к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н., доцент), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силян (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), И.О. Стома (д.м.н., доцент), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (к.м.н., доцент)

## Редакционный совет

Е.Л. Богдан (МЗ РБ, Минск), А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), О.В. Алейникова (д.м.н., чл.-кор. НАН РБ, Минск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), Л.А. Бокерия (д.м.н., академик РАН и РАМН, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), В.И. Жарко (Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (МЗ РБ, Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Д. Тронько (д.м.н., чл.-кор. НАН, акад. НАМН Украины, Киев), А.Л. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (к.м.н., доцент, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

## Технический редактор

С.Н. Никонович

**Адрес редакции** 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,  
ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала  
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97  
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: [mbp@rcrm.by](mailto:mbp@rcrm.by)

© Государственное учреждение  
«Республиканский научно-практический центр  
радиационной медицины и экологии человека», 2021

№ 2(26)

2021

# Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

**Founder**

Republican Research Centre  
for Radiation Medicine  
and Human Ecology

Journal registration  
by the Ministry of information  
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre  
for Radiation Medicine  
and Human Ecology

**ISSN 2074-2088**

**Обзоры и проблемные статьи**

- А.В. Величко, С.Л. Ачинович, Ю.В. Бондарева**  
Морфологические аспекты в диагностике аденомы и гиперплазии паращитовидных желез (обзор литературы) 6
- Б.О. Кабешев**  
Серебро и нанотехнологии при профилактике развития инфекции области хирургического вмешательства 13
- В.М. Мицура**  
Последствия перенесенной инфекции COVID-19 и возможности реабилитации пациентов с пост-ковидным синдромом 22
- Е.В. Молчанова, Л.М. Габдрахманов, Ю.И. Рожко, А.В. Куроедов, И.Р. Газизова, Н.А. Бакунина, Ю.П. Сотникова**  
Сахарный диабет и глаукома: взаимосвязи патогенетических механизмов развития заболеваний 28

**Медико-биологические проблемы**

- О.Е. Клементьева, А.С. Лунёв, К.А. Лунёва, Г.Г. Шимчук**  
Дифференциальная визуализация злокачественных и доброкачественных процессов с использованием фторированного тимидина у лабораторных животных 38
- В.А. Лемеш, В.Н. Кипень, М.В. Богданова, А.А. Буракова, А.Г. Булгак, А.В. Байда, О.В. Зотова, М.А. Кругликова, О.И. Добыш, В.И. Сакович**  
Метилирование ДНК в образцах буккального эпителия человека в связи с определением возраста 44
- В.П. Невзоров, Т.М. Буланова, В.В. Пырву**  
Математическая модель изменения состояния здоровья населения и демографии в едином территориально-временном пространстве 53
- Е.С. Пашинская**  
Экспрессия сурвивина (*BIRC5*), эпидермального фактора роста (*ErbB-2/HER2-Neu*), фактора роста эндотелия сосудов (*VEGF*) и антионкогена *TP53* при токсоплазмозе во время развития экспериментальной глиомы 63

**Reviews and problem articles**

- A.V. Velichko, S.L. Achinovich, Y.V. Bondareva**  
Morphological aspects in the diagnosis of adenoma and parathyroid hyperplasia (literature review) 6
- B. Kabeshev**  
Silver and nanotechnologies in modification of suture material for prevention of surgical site infection 13
- V.M. Mitsura**  
Long-term consequences of COVID-19 infection and the rehabilitation options for patients with post-covid syndrome 22
- E.V. Molchanova, L.M. Gabdrakhmanov, Yu.I. Razhko, A.V. Kuroyedov, I.R. Gazizova, N.A. Bakunina, Yu.P. Sotnikova**  
Diabetes mellitus and glaucoma: interrelations of pathogenetic mechanisms of disease development 28

**Medical-biological problems**

- O.E. Klement'eva, A.S. Lunev, K.A. Luneva, G.G. Shimchuk**  
Differential visualization of malignant and benign processes using fluorinated thymidine in laboratory animals 38
- V.A. Lemesh, V.N. Kipen, M.V. Bahdanava, A.A. Burakova, A.G. Bulgak, A.V. Bayda, O.V. Zotova, M.A. Kruglikova, O.I. Dobysh, V.I. Sakovich**  
DNA methylation in human buccal epithelium samples in determining age 44
- V.P. Nevzorov, T.M. Bulanova, V.V. Pyrvu**  
Mathematical model of change of a state of health of the population and demography in uniform territorial and time space 53
- E.S. Pashinskaya**  
Expression of survivin (*BIRC5*), epidermal growth factor (*ErbB-2/HER2-Neu*), vascular endothelial growth factor (*VEGF*) and anti-oncogene *TP53* in toxoplasmosis during the development of experimental glioma 63

<b>Н.Л. Проскурякова, А.В. Симаков, Т.М. Алферова</b> К вопросу сочетанного действия ионизирующей радиации и вредных факторов на организм человека	70	<b>N.L. Proskuryakova, A.V. Simakov, T.M. Alferova</b> To the question of the combined effect of ionizing radiation and harmful factors on the human body	
<b>М.Н. Стародубцева, И.А. Челнокова, А.Н. Шклярора, Е.В. Цуканова, О.В. Шаховская, Н.И. Егоренков, Н.Н. Веялкина</b> Наноархитектоника и наномеханические свойства поверхности эритроцитов человека и мыши линии BALB/c после облучения цельной крови рентгеновским излучением в дозе 0,5 Гр	77	<b>M.N. Starodubtseva, I.A. Chelnokova, A.N. Shklyarova, A.U. Tsukanava, O.V. Shakhovskaya, N.I. Yegorenkov, N.N. Veyalkina</b> Nanoarchitectonics and nanomechanical properties of the surface of human and mouse erythrocytes of the BALB/c line after irradiation of whole blood with x-ray radiation at a dose of 0,5 Gy	
<b>Д.А. Чечетин</b> Динамика антропометрических показателей позвоночника и стоп в процессе реабилитационных мероприятий при нарушениях осанки у детей	85	<b>D.A. Chechetin</b> Dynamics of anthropometric indicators of spine and feet during the process of rehabilitation measures for children posture disorders	
<b>Клиническая медицина</b>		<b>Clinical medicine</b>	
<b>О.Н. Василькова, И.Ю. Пчелин, В.К. Байрашева, Я.А. Боровец, Ю.И. Ярец, Я.Л. Навменова, Е.П. Науменко, Т.В. Мохорт</b> Кардиопротективные эффекты эмпаглифлозина и вилдаглиптина: клинико-инструментальная оценка структурно-функциональных показателей сердца и сердечных маркеров у пациентов с СД 2 типа	91	<b>V.N. Vasilkova, I.Yu. Pchelin, V.K. Bayrasheva, Ya.A. Borovets, Yu.I. Yarets, Ya.L. Navmenova, E.P. Naumenka, T.V. Mokhort</b> Cardioprotective effects of empagliflozin and vildagliptin: clinical and instrumental assessment of structural and functional parameters of the heart and cardiac markers in patients with diabetes type 2	
<b>В.В. Гарькавенко</b> Клинико-демографическая характеристика пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и эффективность их хирургического лечения в Красноярском крае	99	<b>V.V. Gar'kavenko</b> Clinical and demographic characteristics of patients with primary open-angle glaucoma and the efficiency of their surgical treatment in Krasnoyarsk region	
<b>С.Л.Зыблев, С.В.Зыблева, Л.Е.Коротаева</b> Цитокиновый профиль реципиентов почечного трансплантата в раннем послеоперационном периоде	105	<b>S. Zyblev, S. Zybleva, L. Korotaeva</b> Cytokine profile in kidney transplant recipients in the early postoperative period	
<b>Н.А. Метляева, А.Ю. Бушманов, И.А. Галстян, А.А. Давтян, В.В. Кореньков, О.В. Щербатых</b> Психофизиологическая адаптация двух пациентов с острой лучевой болезнью и лейкозом, пострадавших в аварии на ЧАЭС	111	<b>N.A. Metlyaeva, A.Yu. Bushmanov, I.A. Galstyan, A.A. Davtyan, V.V. Korenykov, O.V. Shcherbatykh</b> Psychophysiological adaptation of two patients with acute radiation sickness and leukemia affected in the accident at Chernobyl NPP	

**Е.А. Полякова, С.А. Берестень, М.В. Стёганцева, И.Е. Гурьянова, Д.В. Луцкович, М.В. Белевцев**

Оценка влияния перинатальных и интранатальных факторов на количество копий ТРЭК/КРЕК у недоношенных новорожденных

121

**В.В. Татчихин**

Клинические результаты хирургического лечения пациентов при раке оррофарингеальной области

128

**Ю.И. Ярец, Н.И. Шевченко, В.Н. Мартинков**  
Биологические свойства *Staphylococcus aureus*-продуцентов биопленки, выделенных из раневого отделяемого пациентов

134

### **Обмен опытом**

**Н.А. Бакунина, Ю.П. Сотникова, Ю.И. Рожко, А.В. Куроедов, И.Р. Газизова, Е.В. Молчанова, Л.М. Габдрахманов**

Современный взгляд на эпидемиологию, классификацию и генетику закрытоугольной глаукомы

144

**А.Ю. Бушманов, Н.А. Богданенко, В.А. Ратников**

Метрологическое обеспечение и стандартизация основных направлений деятельности ФГБУ «ГНЦ РФ – ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА России в области радиобиологии, радиационной и химической защиты и безопасности, радиационного и дозиметрического контроля, медико-биологической безопасности неионизирующих излучений

153

**Л.П. Зайцева, В.Н. Беляковский, Д.М. Лось, В.В. Похожай**

Способы стандартизации цитологического исследования клеточного осадка мочи

159

**Ю.И. Рожко, И.А. Глушнёв, Н.А. Ребенок, А.В. Куроедов, А.Ю. Брежнев**

Оригинальные авторские идеи в сфере лечения глаукомы (обзор изобретений по базам патентов)

165

**E.A. Polyakova, S.A. Beresten, M. V. Stegantseva, I.E. Guryanova, D.V. Lutsckovich, M.V. Belevtsev**

Assessment of the Influence of Perinatal and Intranatal Factors on the Number of TREC/KREC Copies in Premature Infants

**V.V. Tatchikhin**

Clinical results of surgical treatment of patients with oropharyngeal cancer

**Y.I. Yarets, N.I. Shevchenko, V.N. Martinkov**

Biological properties of *Staphylococcus aureus* – biofilm producers isolated from wound swabs from patients

### **Experience exchange**

**N.A. Bakunina, Yu.P. Sotnikova, Yu.I. Razhko, A.V. Kuroyedov, I.R. Gazizova, E.V. Molchanova, L.M. Gabdrakhmanov**

Modern aspects of epidemiology, classification and genetics of angle-closure glaucoma

**A.Yu. Bushmanov, N.A. Bogdanenko, V.A. Ratnikov**

Metrological support and standardization of the main activities of State research center Burnasyan Federal medical biophysical center of Federal medical biological agency in the field of radiobiology, radiation and chemical protection and safety, radiation and dosimetric control, medical and biological safety of non-ionizing radiation

**L.P. Zaitsava, V.N. Belyakovski, D.M. Los, V.V. Pohozhay**

Ways to standardize the cytological examination of urine cell sludge

**Yu.I. Razhko, I.A. Glushnev, N.A. Rebenok, A.V. Kuroyedov, A.Yu. Brezhnev**

Original author's ideas in field of glaucoma treatment (review of inventions from patent databases)

УДК: 616.9-089:615.468:  
[546.57+539.2](048.8)

Б.О. Кабешев

## СЕРЕБРО И НАНОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ РАЗВИТИЯ ИНФЕКЦИИ ОБЛАСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

*ГУ «РНПЦ радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, Беларусь*

В статье представлен аналитический обзор литературы, касающийся использования серебра в медицинских целях для профилактики инфекции области хирургического вмешательства. Освещена актуальность проблемы профилактики инфекционных осложнений области хирургического вмешательства. Изучены способы использования лекарственных средств на основе серебра в медицине, в том числе для лечения пациентов с гнойной хирургической патологией. Показано, что серебро в наноразмерном состоянии обладает выраженной антибактериальной активностью. Освещено понятие «нанотехнология», которое позволило по-иному взглянуть на проблему и выявить новые свойства многих веществ и процессов, происходящих на атомарном и молекулярном уровне. Использование нанотехнологий в свою очередь обусловило возникновение некоторых вопросов, касающихся возможности получения и использования хирургического шовного материала с антибактериальным эффектом, обусловленным наночастицами серебра, в частности для лечения и профилактики инфекционных осложнений области хирургического вмешательства.

**Ключевые слова:** *наночастицы серебра, шовный материал, инфекция области хирургического вмешательства*

### **Введение**

Практически каждое оперативное вмешательство может быть отнесено к вмешательствам с оставлением инородных тел (шовного материала) – имплантатов [11]. От качества шовного материала и его структуры зависит и воспалительная реакция тканей [6]. Имплантированный шовный материал индуцирует и поддерживает воспалительную реакцию в тканях, которая может принимать хронический торпидный характер и иметь разнообразные клинические проявления. Так, осложнениями, обусловленными свойствами шовного материала, могут быть: нагноение, несостоятельность швов анастомоза, эвентрация, кровотечение, абсцессы, свищи, стриктуры области соустьев. На сегодня чётко определено значение хирургических шовных нитей в патогенезе инфекционных раневых осложнений [27].

Актуальность проблемы профилактики инфекционных осложнений области

хирургического вмешательства и антибиотикорезистентность микроорганизмов требуют разработки и поиска новых антиинфекционных агентов, которые могут быть использованы на разных этапах хирургического лечения в целях профилактики гнойно-септических осложнений [1]. Развитие нанотехнологий позволило по-иному взглянуть на проблему и выявить новые свойства многих веществ и процессов, происходящих на атомарном и молекулярном уровне. Закономерно возник интерес к использованию НЧС (наночастицы серебра) в медицине, в частности для лечения и профилактики инфекционных осложнений области хирургического вмешательства.

**Цель исследования:** провести аналитический обзор литературы, касающейся использования серебра в медицинских целях с целью профилактики инфекции области хирургического вмешательства.

В медицине серебро используется с лечебной целью уже несколько тысячелетий.

В древности для более быстрого и успешного заживления ран использовали специальные серебряные пластинки. В древних захоронениях III-IV тысячелетий до новой эры были обнаружены специальные ёмкости из серебра для заготовки, хранения и транспортировки воды. Подобные сосуды для воды описываются в древних летописях многих стран. С начала IV века новой эры стали изготавливаться предметы личного обихода, посуда, столовые приборы. В те времена считалось, что некоторые блюда лучше всего готовить и хранить в посуде из серебра. Так же с давних времён общеизвестно целебное действие так называемой серебряной воды. Так, вода одной из самых полноводных и длинных рек Южной Азии – знаменитой индийской реки Ганг – на протяжении многих веков считается целительной. Выяснилось, что водные потоки, формирующие русло реки, в некоторых регионах проходят через природные месторождения серебряной руды и обогащают водные массы Ганга ионизированным серебром, образующимся вследствие естественного электролитического процесса в природных месторождениях. Концентрация ионизированного серебра в таких водах достигает 0,4 мг/л [23]. Серебро является микроэлементом, который постоянно присутствует в организме млекопитающих, при этом доля серебра достигает 0,02 мг на 100 г сухой массы тела [14].

Начало научного исследования лечебного действия серебра относят к 70-м годам XIX века. Именно в это время немецкий гинеколог Карл Креде предложил использовать 1%-ный раствор соли азотной кислоты серебра в целях лечения гонорейного поражения в виде конъюнктивита новорождённых. Проведённые мероприятия способствовали практически полной ликвидации данной патологии в роддомах Германии, что послужило началом нового этапа профилактики и лечения инфекционных заболеваний. Исследование и разработку лекарственных препаратов на основе серебра продолжил Бене Креде – сын Карла Креде. На XII международном съезде врачей в Рос-

сии он сделал доклад об использовании лекарственных средств на основе серебра для лечения пациентов с гнойной хирургической патологией и их внутривенном введении при генерализованной инфекции. Тогда же им вместе с группой учёных-химиков были разработаны и предложены к использованию препараты колларгол и протаргол, которые в различных формах широко применялись в разных отраслях медицины более сотни лет. В работах многих исследователей подтверждена антиинфекционная активность серебра в отношении более 600 видов патогенных бактерий, вирусов, грибов [20, 30, 36, 40].

Швейцарским учёным К. Наджели был доказан бактерицидный эффект серебра в концентрации в растворе не более 0,01 мг/л. Кульский А.Л. своими исследованиями подтвердил, что бактерицидное действие серебра в 1750 раз сильнее, чем действие такой же концентрации раствора фенола (карболовой кислоты), и в 3,5 раза – чем действие раствора сулемы [20]. Медикаментозные лекарственные средства на основе серебра широко применяются в комплексном лечении раневых инфекционных процессов, стафилококковой деструкции лёгких у детей, термических травм, отморожений и стоматологических заболеваний [4, 22, 29, 34]. В эксперименте показано, что внутрисуставное введение серебросодержащего препарата повиаргол значительно снижает степень выраженности местных признаков воспаления и тормозит дегенерацию суставных тканей на фоне снижения метаболических нарушений [7]. При сопоставлении экспериментальных клинических и профпатологических данных можно было заключить, что рекомендованное к использованию количество серебра для лечебных целей не может быть причиной токсических реакций [38].

Выраженная антиинфекционная активность серебра, отсутствие резистентности к нему у микроорганизмов, вызывающих патологические процессы, низкие токсикологические свойства и отсутствие аллергических реакций плюс хорошая пере-

носимость пациентами – факторы, обусловившие высокий интерес специалистов к серебру во всём мире [30, 44].

В связи с развитием органической химии, открытием и разработкой антибактериальных, сульфаниламидных препаратов интерес к серебросодержащим средствам закономерно снизился. Однако прогрессирующая меняющаяся антибиотикорезистентность патогенных штаммов микроорганизмов, увеличение числа аллергических реакций антиинфекционной химиотерапии, токсическое и иммуносупрессивное действие антибиотиков, оппортунистические грибковые инфекционные процессы и дисбактериоз стали причиной новой волны интереса к антиинфекционным свойствам серебра [3].

Сомнительно, что микроорганизмы способны вырабатывать резистентность в отношении серебра [29, 33, 43]. С начала XX века было выдвинуто множество теорий, разъясняющих возможные механизмы антиинфекционного эффекта серебра. Но только ионная теория на сегодня сохранила актуальное значение. В соответствии с данной теорией антибактериальный эффект серебра обусловлен его ионизированной формой, то есть от концентрации ионов серебра зависит выраженность антибактериального эффекта, и, следовательно, все те условия и факторы, которые усиливают растворимость этого металла, будут закономерно приводить к усилению антиинфекционного действия. Данная теория подтверждена экспериментально – во всех случаях растворы с большей концентрацией ионов серебра, при прочих равных условиях, обладали более выраженной антибактериальной активностью. Наиболее вероятными непосредственными механизмами антиинфекционного действия серебра названы: феномен изменения проницаемости клеточных мембран, прежде всего для протонов, что нарушает их градиент в ядре и цитоплазме, взаимодействие с тиольными группами аминокислот и повреждение дыхательной цепи, ведущие к необратимым изменениям клеточного метаболизма [29, 23].

Начало XXI века охарактеризовалось развитием прогрессивной отрасли науки – нанотехнологии. Внимание исследователей было обращено на свойства веществ в наноразмерном состоянии, в том числе на свойства серебра [32, 42].

В настоящее время учёные не пришли к однозначному мнению об определении понятия «нанотехнология». По этому поводу до сих пор ведутся обсуждения, так как эта новая научная отрасль касается не только технической, инженерной стороны вопроса, но и политических, и этических аспектов. Первое употребление термина «нанотехнология» связывают с докладом японского учёного Норио Танигучи из университета Токио на симпозиуме Японского общества точного машиностроения в 1974 году «Об основной концепции и нанотехнологии». Однако большинство учёных во всём мире сходятся в мнении, что первенство идеи остаётся за Ричардом Фейманом, лауреатом Нобелевской премии, известным американским учёным-физиком, основателем квантовой электродинамики. В 1959 году он высказал идею в своей знаменитой лекции «Там внизу полным-полно места».

Сегодня наиболее понятное и распространённое определение слова «нанотехнология» следующее – «это общий термин, применяющейся к техническим разработкам, которые проводятся на атомарном или молекулярном уровне, то есть в наномасштабе» [15, 19, 20].

Под наночастицами и наноструктурами подразумевают образования, которые хотя бы в одном из размеров равняются от 1 до 100 нм. Уже общеизвестно, что характеристики веществ с такими размерами отличаются от свойств тех же веществ в виде атомов или ионов, а также веществ с массивными размерами. Так, у металлов в наноразмерном состоянии значительно меняются их физико-химические свойства, при определённом анализе и подходе это даёт возможность изменять в необходимой плоскости качества исходного металла и соответственно создавать принципиально новые вещества и композитные материалы



с уникальными, прежде не изученными, свойствами [30].

Новые, иногда очень привлекательные, характеристики наноматериалов и возможность их широкого использования во многих отраслях жизнедеятельности привлекли внимание учёных стран мира и стали мощным двигателем развития нанотехнологий. Весьма показательны объёмы финансовых инвестиций в нанотехнологии в США и Японии. Инвестиции достигли 3,7 и 3 млрд. долл. США соответственно в период 2006-2008 гг. В Европе объём инвестиций составил около 1,7 млрд. долл. США в 2002-2006 гг., в Китае – 600 млн. долл. США в 2003-2007 гг. В соответствии с предварительными расчётами специалистов Национального научного фонда США инвестиции в нанотехнологии в США могут достигать 1 трлн. долл. в мировом масштабе [8, 16].

Нанотехнологии представлены минимум в 80 группах товаров и более чем в 800 продуктах. По оценкам экспертов, мировой рынок нанопродуктов к 2015 году должен превысить 3 трлн. долл. США, а, по некоторым оптимистичным оценкам, может достичь 4 трлн. долл. США. Беларусь и Россия входят в пул стран, которые стремятся проявить активность на данном рынке и в случае неизменной государственной политики, направленной на обеспечение финансирования наноразработок, уже в недалёком будущем смогут примкнуть к странам-доминантам в nanoиндустрии [15]. На стыке научных дисциплин сформировалась и стала стремительно развиваться новая научная отрасль – нанобиология. Отдельно выделено и сформировано понятие наномедицины – медицинского приложения нанотехнологий [19, 20]. Наномедицина уже сегодня богата практическими разработками.

Используя специальные наночипы, можно выполнять дифференциальную диагностику инфекционных заболеваний с идентификацией микроорганизмов по видам и типизацией токсинов. Разработаны и синтезированы в дрожжевых грибах рекомбинантные мембранные наносомы с

экспонированными на поверхности обонятельными рецепторами. Доказано, что при иммобилизации этих наносом в сенсорный чип происходит распознавание ими запахов, как у обонятельных клеток. Специальные нанозонды потенциально могут быть применены для изучения отдельных клеточных органелл.

Модификация поверхности наночастиц специфическими рецепторами позволяет использовать их как суперселективные лекарственные препараты или транспортные контейнеры с контролируемой фармакодинамикой и фармакокинетикой с доставкой к определённым клеткам-мишеням. Уже получены наночастицы, характеризующиеся высокой адгезией к пейеровым бляшкам в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ). Для селективной терапии вирусных заболеваний печени разработаны противовирусные наночастицы размером от 100 до 300 нм, в состав которых входят альфа интерферон и специфические рецепторы на основе гликанов, обеспечивающие адгезию к лектиновым рецепторам клеток печени. Сочетание наночастиц металлов с антибактериальными препаратами или антителами уже сегодня может использоваться в лечении инфекционных и онкологических заболеваний [19, 39].

Получены первые позитивные результаты использования наночастиц золота в комбинации с воздействием лазерного инфракрасного облучения для лечения опухолей. Большие магнитные наночастицы и их агрегаты используются *in vivo* как носители противоопухолевых лекарственных препаратов.

Применение композиционных наноструктур, для которых характерна фотосенсибилизация, перспективно для проведения фотодинамической терапии в комбинированном лечении онкологических заболеваний. Созданы и используются новые виды десмургических средств с антиинфекционными свойствами [2].

Благодаря модификации хирургического инструментария наноразмерным покрытием из гепарина и гиалуроновой кислоты последний приобретает полезные антикоа-

гулянтные свойства [17]. С использованием керамического наноматериала достигнут значительный успех в разработке костных имплантатов [16]. Практическое применение молекулярных нанотехнологий способствовало разработке наноустройств медицинского назначения – респироцитов, клеточитов. Респироцит – полая сфера, внутри которой содержится кислород, клеточит – искусственный аналог тромбоцита [26].

В перспективе – разработка медицинских нанороботов, которые будут исправлять патологические изменения в организме пациента путём дистанционно контролируемых нанохирургических вмешательств. Рассматривается возможность разработки искусственных органов в медицине [5].

Во многих публикациях есть информация о широком применении нанобиотехнологии для биологической идентификации и диагностики, селективной доставки лекарственных средств, лечения и профилактики заболеваний [8, 17].

Для наноконпозиций, предназначенных для медико-биологического использования, необходимы токсикологическая безопасность, биологическая совместимость и биodeградация, кроме вариантов целенаправленно создаваемой клеточной токсичности в форме противоопухолевых и антиминфекционных медикаментозных средств. Закономерно с развитием нанотехнологий возник вопрос о гигиенической безопасности наноматериалов [24].

Практический интерес представляют пути поступления наночастиц в организм, их кумуляция, экскреция, биологические эффекты. Основными путями возможного поступления наночастиц в организм человека являются: респираторный – через дыхательные пути и лёгкие, гастроинтестинальный – посредством желудочно-кишечного тракта, менее значим трансдермальный. Инспирация взвеси наночастиц будет способствовать их отложению в разных отделах системы органов дыхания и последующему их распространению посредством различных механизмов в другие органы и системы. Распространяясь по разным ор-

ганам и системам организма, наночастицы, по некоторым данным экспериментальных исследований, могут оказывать негативное влияние на их функции [25]. Это обусловило развитие отдельной области нанотехнологии и медицины – нанотоксикологии. Рутинным этапом токсикологической оценки наноматериалов, несомненно, является тестирование их мутагенной активности на основе существующих международных подходов к химическим соединениям с учётом специфичности органов [35]. Следствием развития данной области медицинской науки должно быть создание на основе наночастиц, с учётом всех их особенностей, высокоэффективных и нетоксичных медикаментозных препаратов, конечным итогом применения которых будет сохранение и укрепление здоровья человека. К сожалению, исследуется относительно небольшая часть негативных эффектов наноструктур, в то время как число разрабатываемых новых наноструктур велико, а их производство и практическое использование почти не регулируются. В немногих странах сегодня существуют гигиенические нормативы о распределении только некоторых видов наночастиц в объектах окружающей среды [10, 24].

Итак, определённо охарактеризовать разнообразные наночастицы с позиции их потенциально опасного использования для здоровья человека на современном этапе достаточно сложно [31]. В литературе часто можно встретить разноречивые сведения на основе немногочисленных экспериментальных исследований биоэффектов только некоторых видов наночастиц [10].

Нанотехнология как область научных знаний раскрывает широкие многообещающие пути развития медицины, сельского хозяйства, информационных технологий и электроники, способов получения и обработки материалов, методов охраны окружающей среды, в энергетике, авиационной и космической индустрии [19].

В многочисленных исследовательских работах показано, что серебро в наноразмерном состоянии обладает выраженной

антибактериальной активностью. Благодаря наличию большой суммарной площади поверхности НЧС их бактерицидный эффект находится в обратной корреляционной связи от их размеров и увеличивается с их уменьшением [40]. Механизм, по которому последние проникают внутрь клетки, до конца не ясен, но исследователи указывают на сильные изменения в мембранной структуре бактерии, увеличение её проницаемости и гибели микроорганизма при взаимодействии с НЧС [36, 40]. В бактериальной стенке содержится большое количество серо- и фосфорсодержащих молекул, взаимодействующих с НЧС и теряющих свою активность. Внутри бактерии НЧС способны взаимодействовать с ДНК, которая утрачивает способность к репликации, что также вызывает её гибель. При исследовании установлено, что противогрибковый эффект НЧС 5-10 нм не уступает нистатину и тербинафину в отношении фитопатогенных грибов *Aspergillus niger*, *Fusarium spp.*, *Mucor spp.*, *Penicillium lividum*, *Botrytis cinerea*. Уже сегодня НЧС, в целях придания антиинфекционного эффекта, представлены более чем в 200 видах товаров. НЧС могут быть применены с целью придания новых свойств как уже известным материалам, так и разрабатываемым новым материалам, полимерным композитам, дезинфицирующим и моющим средствам, косметике [28]. Предложен способ получения и описаны свойства пищевых упаковочных материалов на основе природных полимеров, способных к биодegradации и обладающих антибактериальными свойствами в силу серебросодержащего нанокompозита. Многие исследователи занимаются вопросами пропитки текстильных изделий растворами НЧС в целях придания им антибактериальных свойств [33]. Установлено, что при пропитке волокна раствором НЧС его полная бактериостатическая активность по отношению к грамположительным *S. aureus* и грамотрицательным *E. coli* не исчезала на протяжении более чем десяти влажных обработок с применением моющих средств [41]. Исследованы лакокрасоч-

ные материалы с добавками растворов НЧС в органическом растворителе. Покрытия и материалы, содержащие НЧС, могут быть применены в целях профилактики как антибактериальное средство защиты в местах с повышенной опасностью распространения инфекционных заболеваний: на предприятиях общественного транспорта, в местах общественного питания населения, в образовательных, физкультурно-оздоровительных, медицинских учреждениях, в сельскохозяйственной и животноводческой сферах деятельности. НЧС также можно применять для дезинфекции воды в бассейнах, душах и других местах массового посещения, для уничтожения патогенных бактерий в фильтрационных системах для кондиционирования и очистки воздушного потока в быту и на промышленных производствах [10, 17]. Исследуются противоопухолевые свойства НЧС. Мировое производство НЧС в 2008 году составило 500 т [28].

Хотя механизмы антибактериального действия НЧС в настоящее время ещё недостаточно изучены, тем не менее, появилось значительное число публикаций об использовании бактерицидных свойств серебряных наночастиц для решения прикладных задач в медицине. Так, простая и дешёвая процедура создания биосовместимого полиэлектролитного слоя на органической основе, содержащего НЧС, привела к появлению материала, характеризующегося значительным антикоагуляционным и антибактериальным эффектом [44]. Введение НЧС в состав акриловых пластмасс, используемых в стоматологии, привело к их более глубокой полимеризации и полной блокаде остаточного мономера, который является основным токсическим агентом [13]. В результате экспериментального исследования раневых покрытий с НЧС подтверждена их эффективность как при первичном покрытии травматических повреждений, так и при лечении инфицированных ран. Покрытия с НЧС обладают антибактериальным эффектом, а также способствуют интенсификации заживления (репарации) вследствие уменьшения

выраженности воспаления тканей, стимуляции миграции и пролиферации клеток и более раннего созревания грануляционной ткани [2]. Также отмечено стимулирование пролиферации и миграции кератиноцитов в сочетании с дифференцировкой фибробластов в миофибробласты, что приводит к сокращению площади раны. Изучаются возможности получения конъюгатов НЧС с антимикробными пептидами, обладающими высоким сродством с бактериальными мембранами, что эффективно в отношении антибиотикорезистентных микроорганизмов [18]. Уже производятся дезинфицирующие средства с биоцидной активностью, обусловленной НЧС [12].

В настоящее время существует множество способов получения наночастиц серебра: 1) цитратный способ (Туркевича), 2) боргидридный метод, 3) синтез в двухфазных водно-органических системах, 4) использование органических восстановителей, 5) метод синтеза в обратных мицеллах, 6) метод лазерной абляции, 7) радиолитические методы, 8) вакуумное испарение металла и электроконденсационный метод Сведберга, 9) биотехнологические способы синтеза наночастиц серебра [23, 31, 40, 43]. Все способы позволяют получить наночастицы определённого размера. Однако малые частицы металлов при отсутствии каких-либо сил отталкивания коагулируют. Противодействие силам слипания может быть достигнуто двумя путями: электростатической и стерической стабилизацией – адсорбцией на поверхности больших молекул, таких как полимеры. Стабилизация НЧС приводит к большей устойчивости последних и пролонгированности их действия [20]. НЧС качественно определяются и визуализируются посредством проведения электронной сканирующей микроскопии и спектрофотометрии [21].

По сведениям Национального института безопасности на производстве и гигиене труда США (NIOSH), воздействию НЧС подвержено около 70 тыс. работающих [28]. Поэтому актуальны исследования возможного влияния НЧС на здоровье че-

ловека и окружающую среду [37]. В Российской Федерации существуют гигиенические нормативы о допустимых уровнях наночастиц, например, для НЧС размерами от 5 до 50 нм в воде водоёмов и питьевой воде определён уровень концентрации 0,05 мг/дм<sup>3</sup> [9].

Таким образом, не вызывает сомнений то обстоятельство, что НЧС обладают высокой биологической активностью в отношении всех живых объектов, начиная от вирусных частиц и заканчивая организмом человека. Растущее с каждым годом число работ по изучению свойств и эффектов НЧС ещё раз доказывает наличие повышенного интереса исследователей к этой проблеме как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения.

### **Выводы**

Остаются малоизученными вопросы, касающиеся возможности получения и использования хирургического шовного материала с антибактериальным эффектом, обусловленным наночастицами серебра. Не изучены изменения физических свойств хирургического шовного материала после его модификации наночастицами серебра. Недостаточно охарактеризованы антибактериальные и токсические свойства шовного материала, модифицированного наночастицами серебра. Не описаны изменения и степень выраженности воспалительной клеточной и тканевой реакции в органах и тканях после имплантации шовного материала, модифицированного наночастицами серебра.

### **Библиографический список**

1. Антибактериальная терапия и профилактика хирургической инфекции: справ.-информ. рук. для врачей / Ю.М. Гаин [и др.]; ред. Ю.М. Гаин, С.А. Алексеев, В.А. Стельмах. – М., 2002. – 894 с.
2. Антибактериальный и противогрибковый эффект перевязочного материала, содержащего наночастицы серебра / Р.И. Довнар [и др.] // Новости хирургии. – 2010. – Т. 18, № 6. – С. 3-11.
3. Афонина, И.А. Бактерицидная активность коллоидного серебра в отношении представителей грамположительных и грамотрицательных бактерий / И.А. Афонина, Л.А. Краева, Г.Я. Ценёва //

- Антибиотики и химиотерапия. – 2010. – Т. 55, №9-10. – С. 11-13.
4. Будкевич, Л.И. Применение серебросодержащей повязки Meriplex Ag в местном лечении детей с термической травмой / Л.И. Будкевич, Г.В. Мирзоян, Т.С. Астамирова // Хирургия. – 2010. – № 9. – С. 57-60.
5. Будущее нанотехнологий в медицине // Мед. новости. – 2011. – № 4. – С. 69-71.
6. Буянов, В.М. Хирургический шов / В.М. Буянов, В.Н. Егиев, О.А. Удотов. – М.: Мед-практика, 2001. – 111 с.
7. Влияние внутрисуставного введения смеси серебросодержащего препарата и никотиновой кислоты на воспалительную дегенерацию тканей сустава при адьювантном артрите / В.А. Митрофанов [и др.] // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 2005. – Т. 140, № 12. – С. 655-657.
8. Всемирный форум татарских учёных // Казан. мед. журн. – 2007. – Т. 88, №5. – С. 524-525.
9. Гигиенические нормативы содержания приоритетных наноматериалов в объектах окружающей среды: ГН 1.2.2633–10: утв. Гл. гос. санит. врачом Рос. Федерации 25.05.2010; введ. 25.07.2010. – М., 2011. – 7 с.
10. Глушкова, А.В. Нанотехнологии и нанотоксикология – взгляд на проблему / А.В. Глушкова, А.С. Радилов, В.Р. Рембовский // Токсиколог. вестн. – 2007. – № 6. – С. 4-8.
11. Голуб, А.В. Новые возможности профилактики инфекций области хирургического вмешательства / А.В. Голуб // Клинич. микробиология и антимикроб. химиотерапия. – 2011. – Т. 13, №1. – С. 56-66.
12. Изучение биоцидной активности дезинфицирующего препарата на основе нанокластеров серебра / К.И. Гурин [и др.] // Дезинф. дело. – 2011. – № 4. – С. 30-31.
13. Каливрадзян, Э.С. Введение наноразмерного серебра в полимер для изготовления базисов съёмных протезов / Э.С. Каливрадзян, В.И. Кукуева, А.В. Подопригора // Вестн. новых мед. технологий. – 2011. – Т. 18, №3. – С. 126-127.
14. Мембранотропные препараты катиона серебра в борьбе с лекарственно-устойчивыми микроорганизмами / Читин. гос. мед. ин-т; под ред. В.И. Иванова, Г.М. Ларионова, Н.И. Кулеша. – Чита, 1989. – 76 с.
15. Нано: вверх по лестнице, ведущей вниз / С.А. Усанов [и др.] // Рецепт. – 2013. – № 4. – С. 30-37.
16. Нанотехнологии в медицине // Биомед. химия. – 2009. – Т. 55, №2. – С. 221-225.
17. Нанотехнологии и перспективы их использования в медицине и биотехнологии / В.М. Лахтин [и др.] // Вестн. Рос. АМН. – 2008. – № 4. – С. 50-55.
18. Орлов, Д.С. Действие комплексов природных антимикробных пептидов и наночастиц серебра на микроорганизмы / Д.С. Орлов, О.В. Шамова // Цитокины и воспаление. – 2010. – Т. 9, №2. – С. 32-36.
19. Пальцев, М.А. Нанотехнологии в медицине и фармации / М.А. Пальцев // Главврач. – 2009. – № 3. – С. 63-65.
20. Раневой процесс: нанобиотехнологии оптимизации / П.Г. Алисов [и др.] ; под ред. В.А. Попова. – СПб. : СпецЛит, 2013. – 204 с.
21. Ржеусский, С.Э. Нанодиагностика фармацевтической субстанции высокодисперсного серебра / С.Э. Ржеусский, В.И. Фадеев // Вестн. фармации. – 2013. – № 1. – С. 32-36.
22. Ржеусский, С.Э. Экономические аспекты применения и антимикробная активность серебросодержащих лекарственных средств / С.Э. Ржеусский, В.В. Кугач, М.А. Валугева // Вестн. фармации. – 2013. – № 2. – С. 25-30.
23. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы / Ю. А. Крутяков [и др.] // Успехи химии. – 2008. – Т. 77, №3. – С. 242-269.
24. Сычёва, Л.П. Оценка генетической безопасности наноматериалов / Л.П. Сычёва, В.С. Журков // Вестн. Рос. АМН. – 2011. – № 9. – С. 72-76.
25. Токсичность наночастиц минералов для ткани печени / К.С. Голохваст [и др.] // Морфология. – 2011. – Т. 140, №5. – С. 80.
26. Улащик, В.С. Наночастицы и нанотехнологии в медицине / В.С. Улащик // Здравоохранение. – 2009. – № 2. – С. 4-10.
27. Хирургический шовный материал: метод. рекомендации / БГМУ; сост. С.И. Третьяк, Е.В. Маркевич, А.В. Буравский. – Минск, 2012. – 56 с.
28. Цитотоксичность наночастиц серебра в МТТ-тесте / Е.К. Власенко [и др.] // Актуальные проблемы медицины: сб. науч. ст., посвящ. 20-летию Гомел. гос. мед. ун-та, Гомель, 24-25 февр. 2011 г.: в 4 т. – Гомель, 2011. – Т. 1. – С. 102-104.
29. Эффективность лечения поверхностного кариеса у детей методом серебрения / Г.И. Скрипкина [и др.] // Современ. стоматология. – 2009. – № 2. – С. 57-58.
30. Bactericidal effect of zero-valent iron nanoparticles on Escherichia coli / C. Lee [et al.] // Environ Sci. & Technol. – 2008. – Vol. 42, №13. – P. 4927-4933.
31. Carotenuto, G. Spectroscopic study of the growth mechanism of silver microclusters / G. Carotenuto, S. DeNicola, L. Nicolais // J. of Nanoparticle Res. – 2001. – № 3. – P. 469-474.
32. Chen, X. Nanosilver: a nanoparticle in medical application / X. Chen, H.J. Schluesener // Toxicology Lett. – 2008. – Vol. 176, №1. – P. 1-12.
33. Dastjerdi, R. A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial properties / R. Dastjerdi, M. Montazer // Colloids and Surf. B: Biointerfaces. – 2010. – Vol. 79, №1. – P. 5-18
34. Effect of silver on burn wound infection control and healing: review of the literature / B.S. Atiyeh [et al.] // Burns. – 2007. – Vol. 33, №2. – P. 139-148.
35. Gorth, D.J. Silver nanoparticle toxicity in Drosophila: size does matter / D.J. Gorth, D.M. Rand,

T.J. Webster // Int. J. of Nanomedicine. – 2011. – № 6. – P. 343-350.

36. Green fluorescent protein-expressing escherichia coli as a model system for investigating the antimicrobial activities of silver nanoparticles / S.K. Gogoi [et al.] // Langmuir. – 2006. – № 22. – P. 9322-9328.

37. Likus, W. Nanosilver – does it have only one face? / W. Likus, G. Bajor, K. Siemianowicz // Acta Biochim. Pol. – 2013. – Vol. 60, №4. – P. 495-501.

38. Nanosilver induces minimal lung toxicity or inflammation in a subacute murine inhalation model / L.V. Stebounova [et al.] // Part. and Fibre Toxicol. – 2011. – Vol. 8, №1. – P. 5.

39. Rizzello, L. Nanosilver-based antibacterial drugs and devices: Mechanisms, methodological drawbacks, and guidelines / L. Rizzello, P. P. Pompa // Chem. Soc. Rev. – 2014. – Vol. 43, №5. – P. 1501-1518.

40. Silver colloid nanoparticles: synthesis, characterization, and their antibacterial activity / A. Panacek [et al.] // The J. of Phys. Chem. B. – 2006. – Vol. 110, №33. – P. 16248-16253.

41. Sonochemical coating of silver nanoparticles on textile fabrics (nylon, polyester and cotton) and their antibacterial activity / H. Perelstein [et al.] // Nanotechnology. – 2008. – № 19. – P. 1-6.

42. Sotiriou, G.A. Engineering nanosilver as an antibacterial, biosensor and bioimaging material / G.A. Sotiriou, S.E. Pratsinis // Curr. Opin. in Chem. Eng. – 2011. – Vol. 1, №1. – P. 3-10.

43. Thermal decomposition as route for silver nanoparticles / S. Navaladian [et al.] // Nanoscale Res. Lett. – 2006. – Vol. 28, №2(1). – P.44-48.

44. Track membrane with immobilized colloid silver particles / A.Yu. Solov'ev [et al.] // Rus. J. of Applied Chem. – 2007. – Vol. 80, №3. – P. 440-444.

## B. Kabeshev

### SILVER AND NANOTECHNOLOGIES IN MODIFICATION OF SUTURE MATERIAL FOR PREVENTION OF SURGICAL SITE INFECTION

The article presents an analytical review of literature on the use of silver for medical purposes for the prevention of surgical site infection. The urgency of the issue of prevention of infectious complications in the area of surgical intervention is highlighted. We have studied the methods of using medicine based on silver including for the treatment of patients with purulent surgical pathology. It has been shown that nanoscale silver has a pronounced antibacterial activity. The concept of «nanotechnology» is highlighted, which made it possible to look at the problem in a different way and reveal new properties of many substances and processes occurring at the atomic and molecular level. Therefore, the use of nanotechnology has raised some issues regarding the possibility of obtaining and using surgical suture material with an antibacterial effect due to silver nanoparticles, in particular, for the treatment and prevention of infectious complications in the area of surgical intervention.

**Key words:** *silver nanoparticles, suture material, surgical site infection*

Поступила 18.08.21