

© ЗЛОБИНА О. В., БУГАЕВА И.О., ГЛУХОВА И.В., ГЛУХОВА А.В., ПИЧХИДЗЕ С.Я.

УДК 616-001.4-002

DOI: 10.20333/25000136-2023-1-51-56

## Экспериментальная модификация и исследование антибактериального хирургического шовного материала

О. В. Злобина<sup>1</sup>, И.О. Бугаева<sup>1</sup>, И.В. Глухова<sup>1</sup>, А.В. Глухова<sup>1</sup>, С.Я. Пичхидзе<sup>2</sup><sup>1</sup>Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Саратов 410012, Российская Федерация<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., Саратов 410054, Российская Федерация

**Цель исследования.** Изучить антибактериальные свойства и технические характеристики разработанного модифицированного шовного материала с противомикробным эффектом.

**Материал и методы.** Для изучения технических характеристик оценивали распределение частиц гидроксиапатита кальция (ГА) (ГА - сорбирующий компонент состава для модификации, замещенный ионами металлов с целью придания антибактериальных свойств), разрывная нагрузка в простом узле и показатель удлинения при разрыве шовного материала. Для изучения антибактериальных свойств в отношении *S. aureus*, *E. coli* проводили бактериологическое исследование экспериментальных нитей. Опытные образцы разделили на 5 групп: в первую включен шовный материал, модифицированный ГА с арговитом, во вторую - Zn замещенный ГА с арговитом, в третью - Ag замещенный ГА с арговитом, в четвертую - Cu замещенный ГА с арговитом, в пятую - немодифицированный шовный материал (контроль).

**Результаты.** Полученные данные разрывной нагрузки и показателя удлинения при разрыве находятся в допустимых пределах и соответствуют ГОСТ 31620-2012. В результате исследований антибактериальных свойств модифицированного шовного материала по отношению к культурам микроорганизмов *S. aureus* и *E. coli* обнаружено, что наиболее высокие показатели диаметра зоны задержки роста регистрировались у нитей, модифицированных Zn-замещенным гидроксиапатитом кальция  $22.42 \pm 0.2718$  мм ( $p < 0,05$ ) (для *S. aureus*). При этом регистрируется статистически значимое увеличение антибактериального потенциала нитей во всех экспериментальных группах по сравнению с контролем.

**Заключение.** Разработанная технология модификации шовного материала позволяет сохранить технические характеристики нитей и обеспечить антибактериальный эффект. В связи с этим актуально изучение эффективности действия нитей *in vivo* и проведение дальнейших исследований антибактериального шовного материала.

**Ключевые слова:** гидроксиапатит, хирургические нити, шовный материал, послеоперационная рана, бактериальная адгезия, противомикробные средства.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Злобина ОВ, Бугаева ИО, Глухова ИВ, Глухова АВ, Пичхидзе СЯ. Экспериментальная модификация и исследование антибактериального хирургического шовного материала. *Сибирское медицинское обозрение*. 2023;(1):51-56. DOI: 10.20333/25000136-2023-1-51-56

## Experimental modification and investigation of antibacterial surgical suture material

O. V. Zlobina<sup>1</sup>, I.O. Bugaeva<sup>1</sup>, I.V. Glukhova<sup>1</sup>, A.V. Glukhova<sup>1</sup>, S.Ya. Pichkhidze<sup>2</sup><sup>1</sup>Saratov State Medical University named after V.I. Razumovskii, Saratov 410012, Russian Federation<sup>2</sup>Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov 410054, Russian Federation

**The aim of the research.** To study antibacterial properties and technical characteristics of the developed modified suture material with antimicrobial effect.

**Material and methods.** Studying of technical characteristics employed evaluation of the distribution of particles of calcium hydroxyapatite (HA) (a sorbent component of the composition for modification, replaced by metal ions to impart antibacterial properties), the breaking load in a simple knot and the elongation at break of the suture material. To study the antibacterial properties against *S. aureus* and *E. coli*, a bacteriological study of experimental threads was carried out. The test specimens were divided into 5 groups: the first included suture material modified with HA with argovit, the second included Zn-substituted HA with argovit, the third included Ag-substituted HA with argovit, the fourth included Cu-substituted HA with argovit, the fifth group was unmodified suture material (control).

**Results.** The data obtained on the breaking load and on the elongation at rupture are within the permissible limits and comply with the GOST 31620-2012 National Standard. As a result of studies of antibacterial properties of the modified suture material against cultures of microorganisms *S. aureus* and *E. coli*, it has been found that the highest values of the diameter of the growth retardation zone were registered in threads modified with Zn-substituted calcium hydroxyapatite  $22.42 \pm 0.2718$  mm ( $p < 0.05$ ) (for *S. aureus*). Therewith, a statistically significant increase in the antibacterial potential of the threads was registered in all experimental groups compared with the control.

**Conclusion.** The developed technology of suture material modification makes it possible to preserve the technical properties of the threads and provide antibacterial effect. In this regard, it is important to study the effectiveness of filaments *in vivo* and conduct further studies of antibacterial suture material.

**Key words:** hydroxyapatite, surgical sutures, suture material, postoperative wound, bacterial adhesion, anti-infective means.

**Conflict of interest.** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

**Citation:** Zlobina OV, Bugaeva IO, Glukhova IV, Glukhova AV, Pichkhidze SYa. Experimental modification and investigation of antibacterial surgical suture material. *Siberian Medical Review*. 2023;(1):51-56. DOI: 10.20333/25000136-2023-1-51-56

## Введение

В современном мире существует множество вариантов лечения различных заболеваний, но не всегда удается устранить патологию консервативным путем, в этих случаях применяются хирургические методы лечения. Следует отметить, что одним из важных этапов лечения пациентов хирургического профиля является послеоперационный период, так как от течения данного периода зависят сроки выздоровления пациента, эффективность лечения и его дальнейшее состояние здоровья. Самая частая причина развития осложнений данного периода связана с образованием инфекции в области хирургического вмешательства. Частота возникновения хирургических инфекций кожи и мягких тканей на данный момент достигает 36% [1, 2, 3, 4]. Осложнения такого вида приводят к повторным госпитализациям, увеличивают длительность стационарного лечения и ухудшают косметический результат [5,6]. В связи с этим целесообразно проведение профилактики возникновения хирургических раневых инфекций [3,4].

Для решения данной проблемы в медицинской практике применяется шовный материал, обладающий противовоспалительным действием. В качестве антибактериального агента часто используют антибиотики, например, гентамицин (в нитях «Капрогент»), доксициклин, эритромицин; хлоргексидина биглюконат; триклозан, серебросодержащие компоненты и другие. Представленные препараты обладают антимикробными свойствами, но зона распространения их действия обусловлена областью непосредственного контакта шовного материала с тканями организма. Поэтому проведение разработки и изучения хирургических нитей, обладающих расширенной зоной антимикробного действия за счет наличия в составе для модификации антибактериальных элементов и компонентов, способных сорбировать патогенные микроорганизмы в области хирургического вмешательства, тем самым увеличивая зону требуемого эффекта, представляется актуальной задачей.

Целью исследования была разработка технологии модификации хирургических нитей и изучение антибактериальных свойств и технических характеристик полученного материала.

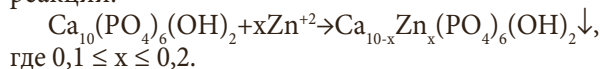
## Материал и методы

Для модификации шовного материала был использован обладающий сорбционными свойствами биогенный гидроксиапатит кальция, являющийся основной неорганической частью костной и зубной ткани человека. Данный материал применяется во многих областях медицины – косметологии, стоматологии, ортопедии и травматологии [7,8]. Используемый для разработки пропиточного состава для нитей гидроксиапатит кальция, синтезированный по ТУ 9398-001-00882879-2016, соответствует стандартам ГОСТ Р ИСО 10993 «Оценка биологического действия медицинских изделий», ГОСТ Р 51148-98 «Изделия медицинские. Требования к образцам и документации, представляемым на токсикологические,

санитарно-химические испытания, испытания на стерильность и пирогенность», ГН 2.3.3.970-00 «ПДК химических веществ из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами» по протоколу токсикологических испытаний местнораздражающего действия и гемолитической активности медицинских изделий (материалов), устанавливающих их биологическую безопасность №616.016Р от 13 сентября 2016 г.

Модифицированный шовный материал предлагается для наложения кожно-апоневротических и мышечных швов, ушивания ран передней брюшной стенки.

Получение материала, замещенного ионами металлов  $Ag^{+}$ ,  $Zn^{+2}$  и  $Cu^{+2}$  проводили методом растворения и осаждения гидроксиапатита в кислой среде при рН равном 3 - 5 в присутствии уксусной кислоты по реакции:



Внедрение других металлов проводилось аналогично, из азотнокислых солей.

Ранее нами были проведены первичные разработки и исследования модифицированного шовного материала [9] в результате чего была предложена одноэтапная технология нанесения пропиточного состава. При дальнейшем изучении материала была разработана описанная далее двухфазная методика модификации нитей, обеспечивающая более выраженный антибактериальный эффект и пролонгированность действия.

В качестве основы для модификации были использованы плетеные синтетические рассасывающиеся стерильные хирургические нити VICRYL Plus (Викрил Плюс) из сополимеров гликолида и L – лактида. Нить содержит Иргакэр МР (Триклозан) – антисептическое покрытие. Хирургическая нить метрического размера М2 диаметром 0,200-0,249 мм полностью погружалась в пропиточный состав частично замещенного металлами гидроксиапатита кальция (ГА) с арговитом ООО НПЦ «Вектор-Вита» в соотношении компонентов 0,2/0,8 вес.% объемом 2 мл выдерживалась 2-3 мин., извлекалась пинцетом и вывешивалась для сушки при температуре 15-17 °С в течение 60-75 мин. Далее вторым этапом модификации высушенную нить погружали в арговит объемом 2 мл и выдерживали в течение 1-1,5 мин после чего сушили при температуре 15-17 °С в течение 45-50 мин.

Арговит представляет собой коллоидный раствор наночастиц серебра. Поэтому присутствие арговита в составе для модификации нитей обеспечивает более выраженный антибактериальный эффект.

При исследовании технических характеристик нитей изучалось распределение частиц гидроксиапатита по размерам на лазерном анализаторе размера частиц Analysette 22 Micro Tec plus фирмы Fritsch (Германия) в водной дисперсии в диапазоне 0,01 – 2000 мкм после предварительного диспергирования с использованием УЗ мощностью 50 Вт в трех пробах с пересчетом по теории Фраунгофера, также применяли анализатор

изображения микроструктур АГПМ-6М ФУЛК. При изучении механической прочности использовали универсальную испытательную машину ИР 5082-100. Оценивались разрывная нагрузка в простом узле и показатель удлинения при разрыве шовного материала в простом узле. Для получения одной экспериментальной точки проводили серию из 12 экспериментов.

Антибактериальные свойства исследовали в соответствии с European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing- EUCAST 2021 [10, 11, 12, 13, 14]. Нити подвергались бактериологическому исследованию в отношении музейных штаммов *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*. Тест-культуру микроорганизмов высевали в виде газона на плотную питательную среду агар Гурьева-Васильева в чашках Петри, куда далее помещали образцы размером 3-4 см экспериментальных нитей и контрольные немодифицированные нити. Далее материал инкубировали в термостате при температуре 37 °С в течение 24 – 48 ч. Степень антибактериального действия [15] экспериментальных образцов нитей оценивали по размеру зоны задержки роста культуры микроорганизмов вокруг нити. Экспериментальные образцы были разделены на 5 групп - в первую включен шовный материал, модифицированный ГА с арговитом, во вторую - Zn замещенный ГА с арговитом, в третью - Ag замещенный ГА с арговитом, в четвертую - Cu замещенный ГА с арговитом, в пятую - немодифицированный шовный материал (контроль). В каждой группе проводилось по 10 исследований.

Для обработки полученных в ходе исследования данных использовали систему MatLab R2018b с помощью пакета Statistics Toolbox. Проверка на соответствие нормальности выборочных данных проводилась с помощью теста Лиллиефорса при уровне

значимости  $\alpha = 0,05$ . В качестве критерия для проверки гипотезы о равенстве дисперсий для совокупности выборок 1-4 групп и контрольной группы использовали критерий Кочнера. Для проверки гипотезы о равенстве средних значений диаметра зоны задержки роста каждой из выборок 1-4 гр. и контрольной выборки использовали t-критерий Стьюдента при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ . Гипотезу о равенстве дисперсий выборки для относительного удлинения модифицированного материала и контрольного материала при одинаковом напряжении оценивали критерием Фишера при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ . Все выборки данных по антибактериальным свойствам имели одинаковый объем  $n=10$ . Статистика критерия Кочнера равна  $G_{stat} = 0,2942$ . Критическое значение при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и числе степеней свободы 9, будет  $G_{kr} = 0,4241$ . Поскольку  $G_{stat} < G_{kr}$ , то гипотезу о равенстве дисперсий принимаем. Далее можно считать, что дисперсии всех выборок равны. Аналогично проводился анализ равенства дисперсий для *S. aureus* – дисперсии выборок равны.

### Результаты и обсуждение

В результате изучения распределения частиц металл-замещенного гидроксиапатита кальция установлено присутствие видимых структур размером 1,1-20,3 мкм, средний их размер составил  $9,9 \pm 0,2$  мкм (рис.1). Также зарегистрировано преобладание частиц размером менее 8 мкм и частиц в диапазоне 9-11 мкм. Частицы расположены неупорядоченно, их количество увеличивается к центральной части нити.

При изучении зависимости между напряжением и деформацией материала, выявлено статистически значимое увеличение величины относительного удлинения с ростом величины напряжения (табл.1). В случае напряжения 65 Мпа наблюдается минимальное

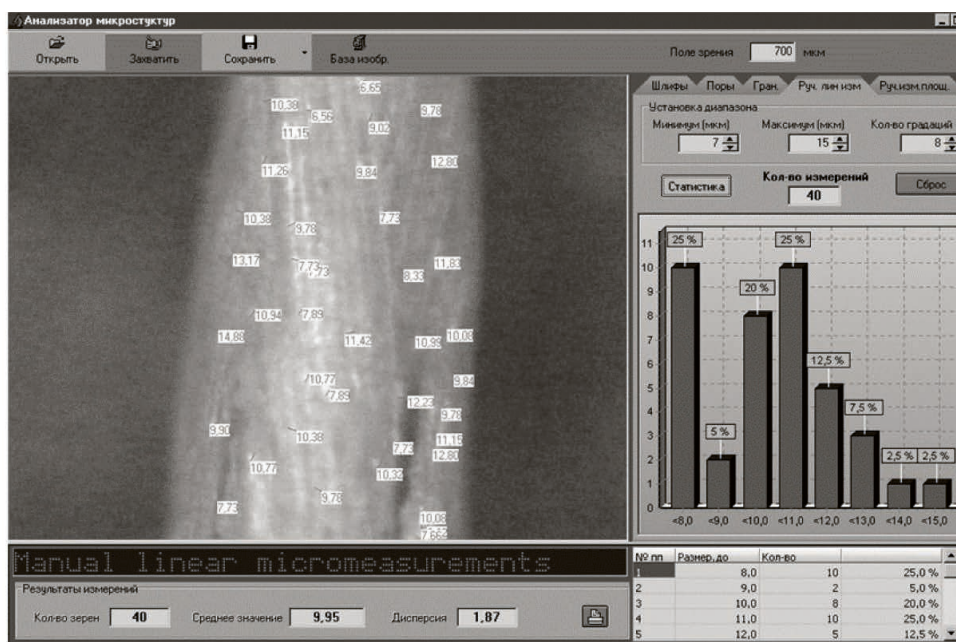


Рисунок 1. Распределение частиц гидроксиапатита кальция на материале.  
Figure 1. Distribution of calcium hydroxyapatite particles in the material.

Таблица 1

**Показатель удлинения при разрыве модифицированного шовного материала**

Table 1

**Elongation index in rupture of the modified suture material**

Напряжение, МПа	Среднее относительное удлинение, % ( $\bar{x}$ )		Стандартное отклонение, % (S)		Значение выборочной статистики распределения Фишера ( $F_{start}$ )	Уровень значимости тестовой статистики Стьюдента (P)
	Модиф.	Контр.	Модиф.	Контр.		
65	2,5250	2,5000	0,1215	0,1128	0,5372	0,6068
150	4,2083	4,2250	0,1084	0,1215	0,5571	0,7263
200	12,7000	12,6917	0,1128	0,1084	0,5201	0,8553
300	21,1917	21,2000	0,1084	0,1128	0,5201	0,8553
400	25,5000	25,5000	0,1128	0,1128	0,5000	1,0000
600	35,2750	35,3250	0,1215	0,1215	0,5000	0,3246
650	37,3000	37,3083	0,1128	0,1084	0,5201	0,8553

**Примечание:**

$L_{kr}$  – критическое значение тестовой статистики Лиллиефорса,  $L_{kr} = 0,262$

$F_{kr}$  – критическое значение тестовой статистики Фишера,  $F_{kr} = 3,18$ ;

$t_{kr}$  – критическое значение тестовой статистики Стьюдента,  $t_{kr} = 1,73$

**Note:**

$L_{kr}$  – critical value of Lilliefors test statistics,  $L_{kr} = 0.262$

$F_{kr}$  – critical value of Fischer's test statistics,  $F_{kr} = 3.18$ ;

$t_{kr}$  – critical value of Student's test statistics,  $t_{kr} = 1.73$

относительное удлинение нити 2,5250 % ( $p = 0,6068$ ). При максимальном напряжении 650 МПа величина относительного удлинения составила  $37,30 \pm 0,11\%$  ( $p = 0,8553$ ). Максимальное увеличение удлинения наблюдалось при повышении напряжения со 150 до 220 Мпа. Также следует отметить, что во всех экспериментальных группах величина удлинения не превышает 40%. Разрывная нагрузка в простом узле составила  $18,6 \pm 0,5$  Н ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольным немодифицированным шовным материалом.

По результатам изучения антибактериальных свойств модифицированного шовного материала (табл.2) в отношении к штамму *S. aureus* в образцах второй опытной группы наблюдалось значимое увеличение диаметра зоны задержки роста  $22,42 \pm 0,2718$  мм ( $p < 0,01$ ), что превосходит значения контрольных образцов  $2,03 \pm 0,2003$  мм. Увеличение показателей также регистрируется в первой и четвертой группах, однако они менее выражены по сравнению с показателями второй группы. Подавляемость роста культуры микроорганизмов второй группы в 11 раз превышает контрольные результаты. Результаты антибактериальной деятельности образцов первой группы в 2,3 раза ниже значений второй группы, что связано с отсутствием в составе образцов первой группы металлов с антибактериальным эффектом. Данные диаметра зоны задержки роста третьей и четвертой группы на 10 и 16% соответственно ниже показателей второй опытной группы, что показывает лучшую антибактериальную эффективность цинка среди исследуемых металлов в отношении *S. aureus*.

Антибактериальная активность в отношении *E. coli* четвертой опытной группы  $6,02 \pm 0,2530$  мм ( $p < 0,01$ ) характеризуется наименьшим значением из экспериментальных групп. Однако значения показателей четвертой группы в 4 раза превосходят значения контрольных данных. Регистрируется максимальное в сравнении с контролем достоверное увеличение диаметра зоны задержки роста во второй опытной группе  $8,44 \pm 0,2366$  мм ( $p < 0,01$ ). Значимое увеличение показателей наблюдается в первой и третьей опытных группах. Данные первой и третьей групп на 12 и 7% ниже результатов второй опытной группы, что также показывает повышенную противомикробную активность цинка в отношении *E. coli*.

При анализе результатов исследования распределения частиц установлено наличие идентифицируемых частиц ГА фиксированных размеров  $9,9 \pm 0,2$  мкм на поверхности нити. Зарегистрированные данные разрывной нагрузки и показатели удлинения при разрыве находятся в допустимых пределах согласно ГОСТ 31620-2012<sup>1</sup>. Таким образом, по результатам приведенных исследований процесс модификации шовного материала не снижает его технические характеристики.

Данные анализа антибактериальных исследований модифицированного шовного материала по отношению к культурам микроорганизмов

Межгосударственный стандарт Российской Федерации ГОСТ 31620-2012 от 01 ноября 2012 «Материалы хирургические шовные. Общие технические требования. Методы испытаний». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200101113>. Дата обращения: 12.05.2022

## Антибактериальная эффективность модифицированного шовного материала

Table 2

## Antibacterial efficacy of modified suture material

№ гр. (n=10)	Диаметр зоны задержки роста, мм (Выборочная средняя $\bar{x}$ ) ± Стандартное отклонение (S)	Уровень значимости для статистики Лиллиефорса, (P)	Значение выборочной тестовой статистики Лиллиефорса ( $L_{start}$ )	Значение выборочной статистики Стьюдента ( $t_{start}$ )	Уровень значимости для критерия Стьюдента (P)
Staphylococcus aureus					
1	9,41 ± 0,1792	0,4864	0,1777	108,5503	1,2128E-15
2	22,42 ± 0,2718	0,5000	0,1132	162,9607	3,1368E-17
3	20,29 ± 0,3035	0,2232	0,2131	149,4247	6,8442E-17
4	19,37 ± 0,2214	0,5000	0,1539	208,2467	3,4536E-18
Контроль	2,03 ± 0,2003	0,5000	0,1634		
Escherichia coli					
1	7,54 ± 0,2503	0,3396	0,1947	48,4269	8,0305E-21
2	8,44 ± 0,2366	0,5	0,1329	56,7775	4,6650E-22
3	7,89 ± 0,2183	0,4433	0,1817	53,8128	1,2185E-21
4	6,02 ± 0,2530	0,5	0,1241	36,2081	1,4307E-18
Контроль	1,44 ± 0,3098	0,5	0,1514		

## Примечание:

$L_{kr}$  - критическое значение тестовой статистики Лиллиефорса,  $L_{kr=0,262}$

$t_{kr}$  - критическое значение тестовой статистики Стьюдента,  $t_{kr=1,73}$

## Note:

$L_{kr}$  - critical value of Lilliefors test statistics,  $L_{kr=0,262}$

$t_{kr}$  - critical value of Student's test statistics,  $t_{kr=1,73}$

*Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* показывают, что наиболее высокие показатели диаметра зоны задержки роста регистрировались у нитей, модифицированных Zn- замещенным гидроксипатитом кальция. При этом статистически значимое увеличение антибактериального потенциала наблюдается во всех экспериментальных группах по сравнению с контролем. Наименее выраженными антимикробными свойствами обладают образцы, модифицированные Cu- замещенным гидроксипатитом 19,37±0,2214 мм ( $p<0,01$ ) для *S. aureus* и 6,02± 0,2530 мм ( $p<0,01$ ) для *E. coli*. Также следует отметить, что зона задержки роста, а, следовательно, и антибактериальное действие модифицированных нитей выше к штамму факультативных анаэробов *S. aureus* по сравнению с *E. coli*.

## Заклучение

Разработанная технология модификации шовного материала позволяет сохранить технические характеристики нитей и обеспечить антибактериальный эффект. По результатам анализа исследований, технические характеристики нитей после модификации не изменились, исследованные параметры соответствуют нормам ГОСТ. Модифицированный шовный материал обладает антибактериальными свойствами (в отношении *S. aureus* и *E. coli*), наибольшая эффективность обнаружена у нитей, модифицированных

Zn-замещенным ГА с арговитом. В связи с наличием антибактериального эффекта и отсутствием изменений исследуемых технических параметров актуально изучение эффективности действия нитей *in vivo* и проведение дальнейших исследований антибактериального шовного материала. Применение модифицированных нитей за счет поддержания антимикробного эффекта в зоне оперативного вмешательства может предупредить развитие гнойных послеоперационных осложнений.

## Литература / References

1. Alganabi M, Biouss G, Pierro A. Surgical site infection after open and laparoscopic surgery in children: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric surgery International*. 2021; 37(8):973-981. DOI: 10.1007/s00383-021-04911-4
2. Fernandez-Moure JS, Wes A, Kaplan LJ, Fischer JP. Actionable Risk Model for the Development of Surgical Site Infection after Emergency Surgery. *Surgical Infections*. 2021; 22(2):168-173. DOI:10.1089/sur.2019.282
3. Голуб АВ. Новые возможности профилактики инфекций области хирургического вмешательства, *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2011; 13(1):56–66. [Golub, AV. New opportunities for the prevention of infections in the field of surgical intervention, *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2011; 13(1):56–66. (In Russian)]

4. Князюк АС. Профилактика инфекций области хирургического вмешательства путем использования антибактериального шовного материала, *Проблемы здоровья и экологии*. 2017; 1(51):13-19. [Knyazyuk AS. Prevention of infections of the surgical intervention area by using antibacterial suture material. *Problems of Health and Ecology*. 2017; 1(51):13-19. (In Russian)]

5. Reinbold J, Uhde AK, Müller I. Preventing Surgical Site Infections Using a Natural, Biodegradable, Antibacterial Coating on Surgical Sutures. *Molecules*. 2017; 22(9):1570. DOI:10.3390/molecules22091570

6. Багненко СФ, Баткаев ЭА, Белобородов ВБ, Богданец ЛИ, Войновский ЕА, Гельфанд БР, Гостищев ВК, Григорьев ЕГ, Дибиров МД, Ефименко НА, Зверев АА, Звягин АА, Земляной АБ, Козлов РС, Кубышкин ВА, Латышева ТВ, Проценко ДН, Сажин АВ, Сидоренко СВ, Хачатрян НН, Шестопалов АЕ, Шляпников СА, Яковлев СВ. Хирургические инфекции кожи и мягких тканей: российские национальные рекомендации. Москва, 2015. 109 с. [Bagnenko SF, Batkaev EA, Beloborodov WB, Bogdanets LI, Voynovsky EA, Gelfand BR, Gostishev VC, Grigoriev EG, Dibirov MD, Efimenko NA, Zverev AA, Zvyagin AA, Zemlyanoi AB, Kozlov RS, Kubyshkin VA, Latysheva TV, Protsenko DN, Sazhin AV, Sidorenko SV, Khachatryan NN, Shestopalov AE, Shlyapnikov SA, Yakovlev SV. Surgical infections of the skin and soft tissues: Russian national recommendations. Moscow, 2015, 109 p. (In Russian)]

7. Skochylo O, Mysula I, Ohonovsky R, Pohranychna K, Pasternak Yu. Evaluation of structural changes in the area of experimental mandibular defect when applying osteoplastic materials based on various component percentage of hydroxyapatite and polylactide. *Georgian Medical News*. 2019; (294):145-150.

8. Moradi A, Shirazi A, David R. Nonsurgical Chin and Jawline Augmentation Using Calcium Hydroxylapatite and Hyaluronic Acid Fillers. *Facial Plastic Surgery*. 2019; 35(2):140-148. DOI: 10.1055/s-0039-1683854

9. Глухова, ИВ, Глухова АВ, Исследование модифицированного хирургического шовного материала. *Forcipe*. 2022; 5(1): 51. [Glukhova, IV, Glukhova AV. Investigation of modified surgical suture material. *Forcipe*. 2022; 5(1): 51. (In Russian)]

10. Земко ВЮ, Окулич ВК, Дзядзько АМ. Структура микрофлоры и тренды антибиотикорезистентности в реанимационно-анестезиологическом отделении многопрофильного учреждения. *Новости хирургии*. 2022; 30(1):61-73. [Zemko VYu, Okulich VK, Dzyadz'ko AM. The structure of microflora and trends of antibiotic resistance in the intensive care and anesthesiology department of a multidisciplinary institution. *Surgery News*. 2022; 30(1):61-73. (In Russian)]

11. Giske CG, Turnidge J, Cantón R, Kahlmeter G; EUCAST Steering Committee. Update from the European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). *Journal of Clinical Microbiology*. 2022; 60(3): DOI: 10.1128/JCM.00276-21

12. Martinez-Sobalvarro JV, Júnior AAP, Pereira LB, Baldoni AO, Ceron CS, Dos Reis TM. Antimicrobial stewardship for surgical antibiotic prophylaxis and surgical site infections: a systematic review. *International Journal of Clinical Pharmacy*. 2022; 44(2):301-319. DOI: 10.1007/s11096-021-01358-4

13. Li X, Nylander W, Smith T, Han S, Gunnar W. Risk Factors and Predictive Model Development of Thirty-Day Post-Operative Surgical Site Infection in the Veterans Administration Surgical Population. *Surgical Infections (Larchmont)*. 2018; 19(3):278-285. DOI:10.1089/sur.2017.283

14. Eidmann A, Ewald A, Boelch SP, Rudert M, Holzappel BM, Stratos I. In vitro evaluation of antibacterial efficacy of vancomycin-loaded suture tapes and cerclage wires. *Journal of Materials Science. Materials in Medicine*. 2021; 32(4):42. DOI: 10.1007/s10856-021-06513-x

15. Ofudje EA, Adeogun AI, Idowu MA, Kareem SO. Synthesis and characterization of Zn-Doped hydroxyapatite: scaffold application, antibacterial and bioactivity studies. *Heliyon*. 2019;5(5):e01716. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01716

### Сведения об авторах

Злобина Ольга Вячеславовна, к.м.н., доцент, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского; адрес: Российская Федерация, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья д.112, тел.: +7(845)2273370; e-mail: zlobinaow@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9506-7210>

Бугаева Ирина Олеговна, д.м.н., профессор, заведующая кафедрой гистологии, Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского; адрес: Российская Федерация, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья д.112, тел.: +7(845)2273370, e-mail: bugaeva@sgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0334-2471>

Глухова Иулиания Вячеславовна, студент, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского; адрес: Российская Федерация, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья д.112, тел.: +7(845)2273370; e-mail: iulianiya.g@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4840-4744>

Глухова Анна Вячеславовна, студент, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского; адрес: Российская Федерация, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья д.112, тел.: +7(845)2273370; e-mail: gluhovaaaanna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9945-2290>

Пичхидзе Сергей Яковлевич, д.т.н., профессор, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.; адрес: Российская Федерация, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, тел.: +7(845)2998603; e-mail: serg5761@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6513-9386>

### Author information

Olga V. Zlobina, Cand. Med. Sci., Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; Address: 112 Bolshaya Kazachya str., Saratov, Russian Federation 410012; Phone: +7(845)2273370; e-mail: zlobinaow@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9506-7210>

Irina O. Bugaeva, Dr.Med.Sci., Professor, Head of the Department of Histology, Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky; Address: 112 Bolshaya Kazachya str., Saratov, Russian Federation 410012; Phone: +7(845)2273370, e-mail: bugaeva@sgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0334-2471>

Iulianiya V. Glukhova, student, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; Address: 112 Bolshaya Kazachya str., Saratov, Russian Federation 410012, Phone: +7(845)2273370; e-mail: iulianiya.g@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4840-4744>

Anna V. Glukhova, student, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; Address: 112 Bolshaya Kazachya str., Saratov, Russian Federation 410012; Phone: +7(845)2273370; e-mail: gluhovaaaanna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9945-2290>

Sergey Ya. Pichkhidze, Dr.Tech.Sci., Professor, Saratov State Technical University. Gagarina Yu.A.; Address: 77 Politechnicheskaya str., Saratov 410054, Russian Federation; Phone: +7(845)2998603, e-mail: serg5761@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6513-9386>

Дата поступления 20.08.2022

Дата рецензирования 23.11.2022

Принята к печати 20.12.2022

Received 20 August 2022

Revision Received 23 November 2022

Accepted 20 December 2022