

*С.В. Белов, С.В. Гудков, Ю.К. Данилейко, В.И. Луканин, А.Б. Егоров, Е.Л. Алтухов, М.В. Петрова, А.А. Яковлев, Э.Г. Османов, А.М. Шулуток, Е.А. Коган, О.В. Кытько, И.А. Мартынов, В.П. Середин*

### Устройство для активации репаративных процессов разрядами низкотемпературной плазмы у больных с пролежнями: оптимизация параметров и оценка эффективности

#### Аннотация

Описано специализированное экспериментальное устройство для воздействия на биологические ткани холодной плазмой тлеющего разряда, работающее на частоте 6,78 МГц. Показано, что активация репаративных процессов в тканях зоны пролежней разрядами холодной плазмы на частоте 6,78 МГц более эффективна, чем на частотах 2,64 и 0,11 МГц. При использовании в процедуре активации игольчатого электрода диаметром 0,3 мм и длиной 6 мм оптимальные параметры воздействия составляли: мощность –  $(5,0 \pm 1,5)$  Вт, время – 1,0...3,0 с. Выраженный эффект активации формировался за период от 14 до 21 дня. Эффективность метода по критерию скорости заживления раны составляла 15...17 % в зависимости от этиологии пролежневой раны. Морфологический анализ процесса активации проводился методом сопоставления гистологических проб материала декубитальной язвы у пациентов экспериментальной и контрольной групп. Сделано заключение о том, что терапия пролежней методом активации репаративных процессов плазмой тлеющего разряда, инициируемой током оптимизированной частоты, является эффективным звеном комплексного лечения пролежней.

#### Введение

Причинами возникновения пролежней являются результат длительного воздействия давления на мягкие ткани, а также последствия различных системных заболеваний, таких как инсульт, инфаркт, сахарный диабет, болезнь Паркинсона, паралич и др. [1]-[3]. Пролежневые язвы, начиная со второй стадии, являются главным источником хирургических инфекций, приводящих к развитию дистрофических, дисфункциональных и септических состояний [4]-[7]. Учитывая, что пациенты этой категории, как правило, ослаблены основной болезнью, раневое истощение часто приводит к сепсису с вероятным летальным исходом. Согласно литературным данным, количество летальных исходов у таких больных может достигать 80 % [4], [5]. В подобных случаях при лечении тяжелых пролежневых язв часто прибегают к радикальным хирургическим методам [1], [8]. Наряду с хирургическими методами лечения применяют широкий круг терапевтических мероприятий, включающих в себя использование специальных перевязочных средств, антисептиков, мазей, раневых покрытий и физико-химических технологий [4], [9]-[11]. Однако следует признать, что эффективность подобных методик не всегда соответствует клиническим задачам, а их высокая стоимость и трудоемкость не добавляет им практической значимости. Кроме того, большинство лечебных препаратов способны вызывать аллергическую реакцию [12]-[18], что значительно ограничивает возможности применения медикаментозных средств. По этой причине поиск немедикаментозных методов терапии как составной части комплексного лечения пролежневых или декубитальных язв (ДЯ) является чрезвычайно актуальным.

Перспективным методом немедикаментозной составляющей комплексного лечения пролежневых раневых процессов может оказаться активация репаративных процессов (РП) в тканях проблемной зоны разрядами низкотемпературной плазмы (ЛТР), инициируемой током высокой частоты (ВЧ). Подобный эффект активации РП с использованием токов радиочастотного диапазона имеет клиническое подтверждение. Например, обработка гнойных ран радиочастотным током при помощи игольчатого электрода успешно использовалась как послеоперационная терапия при хирургическом лечении свищей прямой кишки и эпителиального копчикового хода [19], [20]. Клиническая проверка эффекта активации РП разрядами ЛТР в кожных и мышечных тканях зоны пролежней впервые была проведена на пациентах в хроническом критическом состоянии (ХКС) церебральной этиологии в Федеральном научно-клиническом центре реаниматологии и реабилитологии (ФКНЦ РР) [21]. Обработка пролежневой язвы выполнялась при помощи игольчатого электрода, который вводили в ткань в зоне пролежня. Выраженный эффект активации наблюдался при воздействии плазмы, инициируемой током с частотой 2,64 МГц и мощностью воздействия от 4,0 до 6,0 Вт с экспозицией 3,0...5,0 с. Результаты предварительной апробации метода активации РП разрядами ЛТР подтвердили актуальность разработки нового подхода к комплексному лечению пролежней.

**Цель исследования:** разработка и апробация экспериментального специализированного устройства для генерации разрядов ЛТР в электролитном матриксе биологических тканей; оценка эффективности малоинвазивной терапии пролежневых язв методом активации РП у пациентов в ХКС различной этиологии как составной части комплексного лечения пролежней.

## Материалы и методы

В зависимости от интенсивности воздействия ЛТР в тканях развиваются вторичные эффекты, представляющие собой комплекс адаптационных и компенсаторных реакций, отвечающих за стимуляцию репаративных процессов [22]-[24]. Исходя из подобного представления об активации пролиферативной активности клеток, первым шагом стало исследование процесса генерации ЛТР в электролитном матриксе биологической ткани.

### Характер активации РП в зависимости от параметров тока

Исследование генерации ЛТР проводили при помощи лабораторного стенда, представленного на рис. 1. Основные функциональные элементы стенда: 1 – кювета со слабоконцентрированным раствором сильного электролита; 2 – осциллограф; 3 – ВЧ-генератор. В кювету с электролитом помещали замыкающие электрическую цепь активный (АЭ) и нейтральный (НЭ) электроды. Заполняющий кювету физиологический раствор с добавлением 1 % растворенного в воде желатина пищевого представлял собой макроскопический аналог электролитного матрикса биоткани. Генерация ЛТР осуществлялась ВЧ-генератором, позволяющим инициировать разряды плазмы на частотах 0,11; 2,64 и 6,78 МГц. В качестве регистрирующего устройства использовался электронный осциллограф марки «LaCroy».

Разряды ЛТР, инициируемые в растворе электролита, регистрировали при помощи осциллографа путем записи осциллограмм тока и напряжения в цепи АЭ – электролит – НЭ. Осциллограммы тока и напряжения для разных частот генерации ЛТР представлены на рис. 2. Анализ осциллограмм показывает, что при увеличении частоты генерации ток становится более симметричным, а его постоянная составляющая, отвечающая за деструктивные процессы электролиза в электролитном матриксе ткани, уменьшается. На частоте тока 6,78 МГц происходит исчезновение постоянной составляющей. Одновременно уменьшается напряжение инициации разрядов плазмы и стабилизируется процесс ее образования по сравнению с частотами 0,11 и 2,64 МГц. Отмеченные факты указывают на то, что частота тока 6,78 МГц более эффективна.

С точки зрения активации пролиферации, увеличение частоты ионного тока свыше десяти мегагерц перестает влиять на формирование волны переноса ионов кальция, участвующих в процессах ионного транспорта внутри клетки [25]-[28]. Дальнейшее увеличение начинает блокировать транспорт ионов кальция в клетках [26], [29]. В связи с этим частота генерации 6,78 МГц также попадает в область оптимальных параметров по критерию снижения деструктивного влияния элект-

ролиза. Клинические исследования подтверждают преимущества частоты 6,78 МГц по сравнению с частотой 2,64 МГц.

### Устройство для активации РП

Для оптимизации параметров воздействия и клинической оценки эффективности метода разработано специализированное устройство (далее – устройство) для дозированного воздействия разрядов ЛТР, возбуждаемых током с частотой 6,78 МГц. Блок-схема устройства, состоящая из шести функциональных элементов, показана на рис. 3.

Особенностью ВЧ-генератора 1 является способность кратковременно выдавать высокую мощность, необходимую для инициации разрядов ЛТР на игольчатом электроде в электролитной составляющей биоткани. Блок формирования импульсов напряжения 2 обеспечивает генерацию коротких импульсов высокого напряжения на низкоомной нагрузке. Блок режимов воздействия 3 формирует 4 режима с величиной мощности в пределах 1,0...15,0 Вт и величиной скважности от 1,0 до 10,0 при частоте модулирующих импульсов 10 кГц. Блок дозирования 4 позволяет оператору выбрать один из четырех режимов воздействия и установить экспозицию в пределах 0,5...5,0 с. Органы активации 5 обеспечивают включение ВЧ-тока с установленными параметрами при помощи напольной педали или кнопки на аппликаторе. Аппликатор 6 представляет собой держатель сменных игольчатых электродов, в качестве которых использовались иглы для мезотерапии и микроинъекций «Mesoram RI.MOS 30G (0.3x6)». Нейтральным электродом на частоте 6,78 МГц являются внешние элементы цепи пациента.

Процедура активации РП проводилась методом обкалывания по границе патологических участков покровных тканей по описанной ранее методике [21].

### Клинические исследования

Оценку эффективности малоинвазивной терапии пролежневых язв методом активации РП при помощи разработанного устройства проводили в условиях клиники ФНКЦ РР. За период с апреля по октябрь 2021 года было проведено комплексное лечение 26 пациентов (16 мужчин и 10 женщин) в возрасте от 34 до 73 лет (в среднем 48,2 года). На момент начала комплексной терапии все пролежни имели вид открытых язвенных дефектов с умеренно выраженной воспалительной реакцией (налеты фибрина, некрозы, экссудация, гиперемия, отечность и т. п.). Общее состояние всех пациентов выборки расценивалось как тяжелое в связи с церебральной катастрофой [30], [31]. Причиной ЖКС были обширный инсульт по ишемическому типу, тяжелая черепно-мозговая травма, режерадикальные операции по удалению новообразований головного мозга.

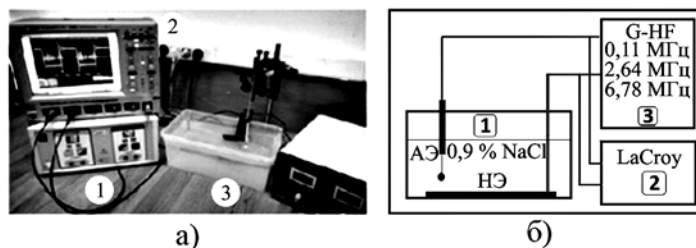


Рис. 1. Стенд для исследования генерации ЛТР: а) фотография; б) схема

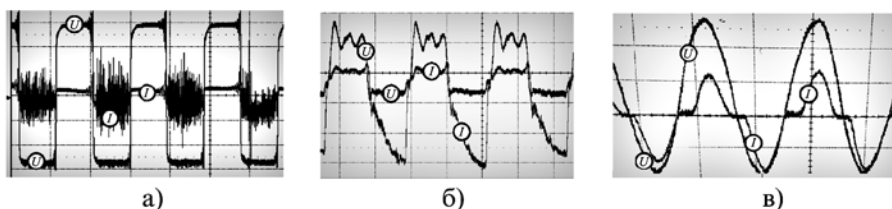


Рис. 2. Осциллограммы тока ( $I$ ) и напряжения ( $U$ ) в цепи АЭ – электролит – НЭ на частоте генерации: а) 0,11 МГц; б) 0,44 МГц; в) 6,78 МГц

Локальная терапия декубитальной язвы (ДЯ) носила комплексный характер, осуществлялась с учетом фазы осложненного раневого процесса и была ориентирована на ускоренное очищение (некролизис) пролежня, необходимое для заживления раневого дефекта. В рамках вышеизложенной концепции пациентам основной группы с момента начала лечения проводили активацию РП иглами «Mesoram RI.MOS 30G» длиной 6,0 мм и диаметром 0,3 мм, которые на всю длину вводили в заранее намеченные зоны (малоизмененная кожа вокруг ДЯ, гранулирующие участки в дне раны). Воздействие осуществляли с экспозицией 1,0...3,0 с и установленной мощностью ( $5,0 \pm 1,5$ ) Вт. Периодичность процедуры активации РП была следующей: стартовый сеанс активации РП, далее через каждые 3...4 суток помимо стандартного лечения. На следующий день после процедуры активации РП проводили цитологическое исследование соскоба с раневой поверхности, бактериологический контроль микробного пейзажа очага и раневую планиметрию. Рутинная оценка локального статуса проводилась путем визуального наблюдения за ДЯ и дополнялась фотографическим контролем. Динамика течения раневого процесса дополнительно оценивались при помощи шкалы Vates-Jensen (1992 г.), включающей в себя 13 критериев [32].

### Морфологические исследования

Тканевые биоптаты с краев и дна пролежневых дефектов (по 1 образцу из каждой зоны) фиксировали в 10%-ном формалине, а потом заливали в парафин. Срезы толщиной 3...4 мкм перед просмотром окрашивали гематоксилином и эозином. Объем выборки – 6 пациентов с ДЯ. Морфологическое исследование в каждом наблюдении выполняли трехкратно перед началом лечения – на 14-е и 28-е сутки с момента начала процедуры активации РП в зоне ДЯ. Результаты гистологического исследования образцов тканей краев пролежневых дефек-

тов пациентов основной и контрольной группы представлены на рис. 4, 5.

Изначально в препаратах края пролежневого дефекта пациентов основной (рис. 4) и контрольной (рис. 5) групп отмечалась зона фибриноидно-некротических изменений с подлежащим слоем незначительно выраженной грануляционной ткани, наблюдались явления отека межучточной ткани, рассеянная инфильтрация полиморфно-ядерными лейкоцитами с примесью эозинофилов. Новообразованных сосудов капиллярного типа не наблюдалось.

На 14-е сутки у пациента основной группы в зоне ДЯ наблюдаются заметные результаты активации РП. В зоне фибриноидно-некротических изменений отмечается активный неогенез в виде фрагментов грануляционной ткани (рис. 4, белые стрелки). Наблюдаются элементы полиморфно-ядерных лейкоцитов межучточной ткани. У пациента контрольной группы гистологическая картина соскоба практически не изменилась. Пролиферация фибробластов была выражена крайне слабо, массивные фибриноидно-некротические изменения сохранялись.

На 28-е сутки лечения у пациентов основной группы гистологическая картина препаратов краев и дна ДЯ указывает на то, что в зоне исследования преобладают участки созревающей грануляционной ткани и зрелой соединительной ткани. Наблюдаются выраженные регенераторные изменения покровного многослойного плоского эпителия с явлениями акантоза и усилением неогенеза капилляров (рис. 4, белые стрелки). Наблюдается созревающая грануляционная ткань, замещающая очаги фибриноидно-некротических изменений зрелой соединительной тканью (рис. 4, черные стрелки). У пациентов контрольной группы морфологическая картина медленно и постепенно переходила в фазу структуризации: просматривались грануляции, однако более вялые и скудные, чем в основ-

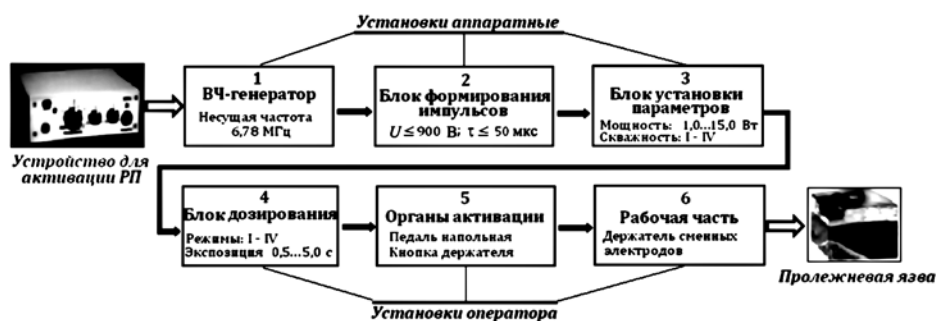


Рис. 3. Функциональная блок-схема устройства для активации репаративных процессов

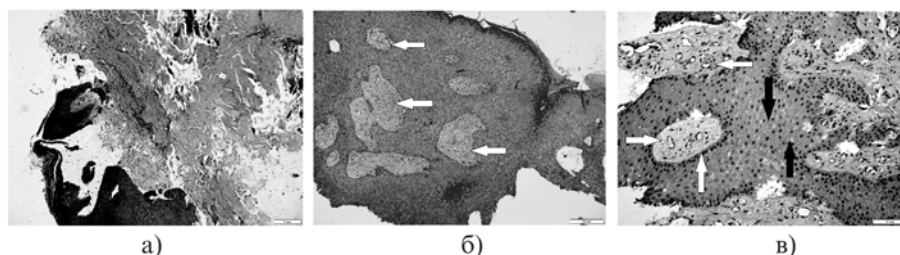


Рис. 4. Гистология края декубитальной язвы пациента основной группы: а) 1-е сутки (увеличение 1:300); б) 14-е сутки (увеличение 1:400); в) 28-е сутки (увеличение 1:500)

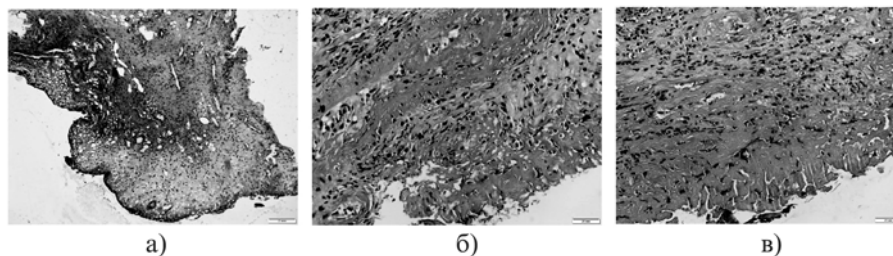


Рис. 5. Гистология края декубитальной язвы пациента контрольной группы: а) 1-е сутки (увеличение 1:300); б) 14-е сутки (увеличение 1:400); в) 28-е сутки (увеличение 1:500)

ной группе. Отмечалась слабая краевая эпителизация, преимущественно мелкоочагового характера, сохранялись зоны некроза. Таким образом, морфологические исследования подтвердили эффективную стимуляцию процесса заживления декубитальных язв методом активации РП разрядами ЛТР.

## Результаты и обсуждение

Использование инновационного способа активации РП благоприятствовало ускорению раневого некролиза, который протекал параллельно образованию грануляционной ткани в ДЯ. Для объективного анализа была выполнена сравнительная оценка ключевых параметров РП у пациентов основной и контрольной групп. В качестве контрольной группы ретроспективно проанализированы результаты лечения 29 человек в возрасте от 29 до 69 лет (в среднем 50,4 года) с пролежнями крестца площадью от 5 до 20 см<sup>2</sup>, пролеченные по традиционной методике. Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 1.

По ключевым макроскопическим параметрам заживления видно, что основная группа опережает контрольную примерно на 6...7 суток. Наиболее выражены межгрупповые различия по длительности некролиза (более чем 8 суток). Кроме того, активация РП благоприятствовала снижению раневой экссудации и купированию перифокального воспаления в более ранние сроки. На фоне регулярной обработки раневой зоны ДЯ разрядами ЛТР констатировали улучшение статуса ДЯ и по шкале Bates-Jensen, наиболее заметное к концу третьей недели комплексной терапии (табл. 1).

При оценке метода активации РП следует отметить следующие положительные моменты. У подавляющего большинства пациентов с ДЯ эта процедура не требовала дополнительного обезболивания. Нарушений сердечного ритма в процессе процедуры активации РП у лиц с кардиальной патологией при ЭКГ-мониторинге не наблюдали. Все элементы управления режимами устройства для активации РП не требовали специального обучения медицинского персонала. Использование одноразовых игольчатых электродов на основе инъекционных игл снимало вопросы, связанные со стерилизацией электродов.

## Выводы

1. Дозированное воздействие разрядов ЛТР на покровные ткани проблемных зон пролежней является эффективным методом активации восстановительных процессов. Процедура активации РП позволяет увеличить скорость восстановления тканей зоны пролежней на 15...17 % в зависимости от этиологии пролежневой раны.

2. Разработано специализированное устройство для малоинвазивной терапии пролежневых язв разрядами ЛТР. Показано, что при активации РП использование тока частотой 6,78 МГц является более эффективным, чем тока частотой 2,64 МГц.

3. Выраженный эффект регенерации в кожной и мышечной тканях зоны пролежней проявляется в период от 14-го до 21-го дня и зависит от параметров воздействия. Оптимальные

значения параметров при обработке пролежней средней тяжести составили: мощность – (5,0 ± 1,5) Вт, время – 1,0...3,0 с.

*Работа выполнена в рамках Соглашения о научном сотрудничестве между ФГБУ науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН и ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитации» при частичной поддержке Научно-исследовательского проекта «Физические методы в медицине и биологии» (№ 0024-2019-0003).*

## Список литературы:

1. Климашвили А.Д. Профилактика и лечение пролежней // Медицина неотложных состояний. 2007. Т. 12. № 5. С. 99-103.
2. Coleman S. et al. Patient risk factors for pressure ulcer development: Systematic review // Int. J. Nurs. Stud. 2013. Vol. 7. № 50. PP. 974-1003.
3. Cao Y. Risk factors for mortality after spinal cord injury in the USA // Spinal Cord. 2013. Vol. 51. № 5. PP. 413-821.
4. Дибиров М.Д. Пролежни: профилактика и лечение // Амбулаторная хирургия. 2016. № 1. С. 55-63.
5. Ayello E., Sibbald R. From Decubitus and Pressure Ulcers to Pressure Injuries // Adv. Skin Wound Care. 2019. Vol. 32. № 3. P. 101.
6. Sumarno A. Pressure ulcers: The core, care and cure approach // Br. J. Community Nurs. 2019. Vol. 1. № 24. PP. 38-42.
7. Boyko T., Longaker M., Yang G. Review of the Current Management of Pressure Ulcers // Adv. Wound Care (New Rochelle). 2018. Vol. 7. № 2. PP. 57-67.
8. Сонис А.Г., Фомин А.В., Ладонин С.В., Сефединова М.Ю., Безрукова М.А., Алексеев Д.Г. Современный подход к лечению декубитальных язв IV стадии // Наука и инновации в медицине. 2020. Т. 5. № 3. С. 204-209.
9. Damert H., Meyer F., Altmann S. Therapeutic options for pressure ulcers // Zentralbl. Chir. 2015. Vol. 140. № 2. PP. 193-200.
10. Westby M., Dumville J., Soares M., Stubbs N., Norman G. Dressings and topical agents for treating pressure ulcers // Cochrane Database Syst. Rev. 2017. Vol. 22. № 6.
11. Басков А.В. Хирургическое лечение пролежней у больных со спинномозговой травмой // Вопросы нейрохирургии. 2000. № 1. С. 30-33.
12. Demoly P., Adkinson N.F., Brockow K., Castells M. et al. International Consensus on drug allergy // Allergy. 2014. Vol. 4. № 69. PP. 420-437.
13. Simons F.E., Ebisawa M., Sanchez-Borges M., Thong B.Y., Worm M., Tanno L.K., Lockey R.F., El-Gamal Y.M., Brown S.G., Park H.S., Sheikh A. 2015 update of the evidence base: World Allergy Organization anaphylaxis guidelines // World Allergy Organ J. 2015. Vol. 1. № 8. P. 32.
14. Stone S.F., Phillips E.J., Wiese M.D., Heddle R.J., Brown S.G. Immediate-type hypersensitivity drug reactions // Br. J. Clin. Pharmacol. 2014. Vol. 1. № 78. PP. 1-13.

Таблица 1

Показатели раневого процесса при разных методах лечения ДЯ

Показатель*	Основная группа (n = 26)	Контрольная группа (n = 29)	p
Сроки полного очищения ДЯ (M ± m), сут.	11,2 ± 0,5	19,8 ± 0,01	< 0,05
Время появления первых грануляций в ране (M ± m), сут.	12,4 ± 0,2	19,0 ± 0,4	< 0,05
Заполнение ДЯ грануляционной тканью на 100 % (M ± m), сут.	32,4 ± 1,0	39,4 ± 0,1	< 0,05
Начало эпителизации ДЯ (M ± m), сут.	27,4 ± 0,8	34,0 ± 0,6	< 0,05
Купирование паравульнарного воспаления (M ± m), сут.	28,9 ± 0,3	34,7 ± 0,1	< 0,05
Скорость эпителизации ДЯ по тесту Л.Н. Поповой (1942 г.)	2,8 ± 0,2 %	2,0 ± 0,5 %	< 0,05
Баллы оценки ДЯ по шкале Bates-Jensen (1992 г.) на 14/21/28-е сутки, M	31/26/24	32/30/27	–
Сроки лечения, Ме [C <sub>25</sub> ; C <sub>75</sub> ]	36 [30; 53]	44 [37; 63]	< 0,05

\* – Приведены усредненные значения по каждому критерию.

15. Gómez E., Torres V.J., Mayorga C., Blanca M. Immunologic evaluation of drug allergy // *Allergy Asthma Immunol. Res.* 2012. Vol. 5. № 4. PP. 251-263.
16. Marzano A.V., Borghi A., Cugno M. Adverse drug reactions and organ damage: The skin // *Eur. J. Intern. Med.* 2016. № 28. PP. 17-24.
17. Zukiewicz-sobczak W.A., Wróblewska P., Adamczuk P., Zwoliński J., Oniszczyk A., Wojtyła-Buciora P., Silny W. Drugs as important factors causing allergies // *Postepy Dermatol. Alergol.* 2015. Vol. 5. № 32. PP. 388-392.
18. Uetrecht J., Naisbitt D.J. Idiosyncratic adverse drug reactions: Current concepts // *Pharmacol. Rev.* 2013. Vol. 2. № 65. PP. 779-808.
19. Фролов С.А., Сушков О.И., Максимова Л.В., Пиеленская А.И., Белов С.В., Данилейко Ю.К., Осико В.В. Высокочастотная электростимуляция раневого процесса у больных после хирургического лечения свищей прямой кишки и эпителиального копчикового хода // *Колопроктология.* 2010. № 3. С. 3-8.
20. Фролов С.А., Сушков О.И., Пиеленская А.И., Данилейко Ю.К., Салок В.А., Белов С.В. Экспериментальное обоснование параметров стимуляции процессов заживления открытых послеоперационных ран // *Колопроктология.* 2013. Т. 44. № 2. С. 9-18.
21. Belov S.V., Danyleiko Y.K., Egorov A.B., Lukanin V.I., Tsvetkov V.B., Osmanov E.G., Shulutko A.M., Altukhov E.L., Yakovlev A.A. Activation of Repair Processes in Patients with Bedsores Using Pulsed Radio-Frequency Currents // *Biomedical Engineering.* 2021. Vol. 55. № 3. PP. 169-174.
22. Ashurov M., Belov S., Gudkov S., Danyleiko Yu., Egorov A., Savranskii V., Temnov A. Effects of Low Temperature Plasma Glow Discharge on the Proliferative Activity of Cells and the Repair Functions of Tissues in Animals and Plants // *Biomedical Engineering.* 2020. Vol. 53. № 6. PP. 407-412.
23. Morozov A.M., Sergeev A.N., Sergeev N.A., Dubatolov G.A., Ryzhova T.S., Pakhomov M.A., Peltikhina O.V. Modern methods of stimulating process of postoperative wounds regeneration // *Siberian Medical Review.* 2020. № 3. PP. 54-60.
24. Zelickson B.D., Kist D., Bernstein E., Brown D.B., Ksenzenko S., Burns J., Kilmer S., Mehregan D., Pope K. Histological and ultrastructural evaluation of the effects of a radiofrequency based nonablative dermal remodeling device: A pilot study // *Arch. Dermatol.* 2004. Vol. 140. № 2. PP. 204-209.
25. Заводник И.Б. Митохондрии, кальциевый гомеостаз и кальциевая сигнализация // *Биомедицинская химия.* 2016. Т. 62. № 3. С. 311-317.
26. Pall M.L. Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects // *J. Cell. Mol. Med.* 2013. Vol. 17. № 8. PP. 958-960.
27. Weiger T.M., Hermann A., Levitan I.B. Modulation of calciumactivated potassium channels // *J. Comp. Physiol.* 2002. Vol. 188. PP. 79-87.
28. Lin J.C. Coupling of electromagnetic fields into biological systems / In: eBook. – Boca Raton. – New York: CRC Press. Taylor & Francis Group, 2012. PP. 1-69.
29. Weiger T.M., Hermann A., Levitan I.B. Modulation of calciumactivated potassium channels // *J. Comp. Physiol.* 2002. Vol. 188. PP. 79-87.
30. Fife C., Otto G., Capsuto E. Incidence of pressure ulcers in a neurologic intensive care unit // *Crit. Care Med.* 2001. Vol. 29. № 2. PP. 283-290.
31. Blackburn J., Ousey K., Taylor L., Moore B., Patton D., Moore Z., Avsar P. The relationship between common risk factors and the pathology of pressure ulcer development: A systematic review // *J. Wound Care.* 2020. № 3. Vol. 29. PP. 4-12.
32. Bates-Jensen B., Vredevoe D., Brecht M. Validity and reliability of the Pressure Sore Status Tool // *Decubitus.* 1992. Vol. 5. № 6. PP. 20-28.

Сергей Владимирович Белов,  
д-р техн. наук, зав. отделом,  
ведущ. научный сотрудник,  
Сергей Владимирович Гудков,  
д-р биолог. наук, руководитель центра биофотоники,  
Юрий Константинович Данилейко,  
д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. лабораторией,  
Владимир Ильич Луканин,  
канд. физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник,  
Алексей Борисович Егоров,  
научный сотрудник,  
ФГБУН «Институт общей физики  
им. А.М. Прохорова» РАН,  
Евгений Леонидович Алтухов,  
врач-хирург,  
Марина Владимировна Петрова,  
д-р мед. наук, профессор, зам. директора  
по научно-клинической деятельности,  
Александр Алексеевич Яковлев,  
зам. руководителя,  
ФГБНУ «Федеральный научно-клинический  
центр реаниматологии и реабилитологии России»,  
д. Лыткино, Московская обл.,  
Эльхан Гаджиханович Османов,  
д-р мед. наук, профессор,  
Александр Михайлович Шулуток,  
д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой,  
кафедра факультетской хирургии № 2,  
лечебный факультет,  
ФГАОУ ВО «Первый МГМУ  
им. И.М. Сеченова»,  
Евгения Алтаровна Коган,  
д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой,  
кафедра патологической анатомии  
им. А.И. Струкова,  
врач-патологоанатом,  
Централизованное патологоанатомическое  
отделение,  
Институт клинической морфологии  
и цифровой патологии  
ФГАОУ ВО «Первый МГМУ  
им. И.М. Сеченова» МЗ РФ,  
Олеся Васильевна Кутько,  
канд. мед. наук, доцент,  
кафедра оперативной хирургии  
и топографической анатомии,  
Институт клинической медицины  
им. Н.В. Склифосовского,  
ФГАОУ ВО «Первый МГМУ  
им. И.М. Сеченова» МЗ РФ,  
Иван Андреевич Мартынов,  
ассистент,  
кафедра факультетской хирургии № 2,  
лечебный факультет,  
Виктор Петрович Середин,  
врач-патологоанатом,  
Централизованное патологоанатомическое  
отделение,  
Институт клинической морфологии  
и цифровой патологии,  
ФГАОУ ВО «Первый МГМУ  
им. И.М. Сеченова» МЗ РФ,  
г. Москва,  
e-mail: ser79841825@yandex.ru