



## Гистологические аспекты применения биологических покрытий в комбустиологии

©С.Б. Богданов<sup>1,2\*</sup>, А.В. Каракулов<sup>1</sup>, И.М. Афанасов<sup>3</sup>, М.Л. Муханов<sup>1,2</sup>, К.И. Мелконян<sup>2</sup>,  
А.С. Сотников<sup>2</sup>, И.В. Гилевич<sup>1,2</sup>, С.Л. Зайцева<sup>1,2</sup>, Д.А. Афаунов<sup>2</sup>, В.С. Дутов<sup>2,4</sup>, Л.М. Хайитов<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар, Россия

<sup>2</sup>Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

<sup>3</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>4</sup>Городская клиническая больница № 1, Краснодар, Россия

<sup>5</sup>Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Узбекистан

\* С.Б. Богданов, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, 350086, Краснодар, ул. 1-го Мая, 167, [bogdanovsb@mail.ru](mailto:bogdanovsb@mail.ru)

Поступила в редакцию 20 января 2025 г. Исправлена 28 апреля 2025 г. Принята к печати 19 мая 2025 г.

### Резюме

**Актуальность:** В современном мире проблема лечения ожогов остается актуальной и сложной. Это связано с широким распространением ожоговых травм. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, ожоговая травма занимает 2–3 место среди всех видов травматизма населения. В Российской Федерации ожоговые поражения составляют примерно 3–4% от всех травм.

**Цель:** Исследовать гистоморфологические особенности течения раневого процесса при использовании биологических раневых покрытий.

**Материалы и методы:** В рамках исследования проанализировано течение раневого процесса на тканевом уровне у 14 пациентов, нуждавшихся в раннем хирургическом лечении. Критерии включения: наличие пограничных и глубоких ожоговых ран, требующих некрэктомии, возраст от 18 до 45 лет и площадь раны от 2 до 12%. Исключались пациенты, поступившие более чем через 5 дней после получения ожога или с раневой площадью более 15%.

**Результаты:** Исследование продемонстрировало преимущество биологического раневого покрытия перед синтетическим покрытием в терапии ожоговых повреждений. Гистоморфологический анализ выявил различия в реакции организма при применении и без применения таких покрытий. Биологические покрытия, такие как ХитоПран, способствуют образованию многослойного плоского ороговевающего эпителия и разрастанию дермального слоя. Особое значение имеет стимулирование формирования рыхлой соединительной ткани на дне раны, что способствует более эффективному её заживлению.

**Выводы:** Гистологический анализ подтверждает, что использование биологических раневых покрытий при лечении пограничных и глубоких ожогов способствует созданию оптимальных условий для реконвалесценции. Это ведёт к сокращению количества койко-дней, уменьшению числа перевязок и, как следствие, снижению экономических затрат.

**Ключевые слова:** кожная пластика, аутотрансплантат, биологические раневые покрытия

**Цитировать:** Богданов С.Б., Каракулов А.В., Афанасов И.М. и др. Гистологические аспекты применения биологических покрытий в комбустиологии. *Инновационная медицина Кубани*. 2025;10(4):34–41. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-4-34-41>

## Histological Aspects of the Use of Biological Dressings in Combustiology

©Sergey B. Bogdanov<sup>1,2\*</sup>, Anton V. Karakulev<sup>1</sup>, Ivan M. Afanasov<sup>3</sup>, Mikhail L. Mukhanov<sup>1,2</sup>,  
Karina I. Melkonyan<sup>2</sup>, Alexander S. Sotnichenko<sup>2</sup>, Irina V. Gilevich<sup>1,2</sup>,  
Sophia L. Zaitseva<sup>1,2</sup>, David A. Afaunov<sup>2</sup>, Viktor S. Dutov<sup>2,4</sup>, Laziz M. Khayitov<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1, Krasnodar, Russian Federation

<sup>2</sup> Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> City Clinical Hospital No. 1, Krasnodar, Russian Federation

<sup>5</sup> Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

\* Sergey B. Bogdanov, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1, ulitsa 1 Maya 167, Krasnodar, 350086, Russian Federation, [bogdanovsb@mail.ru](mailto:bogdanovsb@mail.ru)

Received: January 20, 2025. Received in revised form: April 28, 2025. Accepted: May 19, 2025.



**Abstract**

**Background:** Currently, burn treatment remains highly relevant and complex issue in modern medicine due to the widespread prevalence of burn injuries. According to the World Health Organization, burn injuries rank second to third among all types of injuries worldwide. In the Russian Federation, burns account for approximately 3-4% of all injuries.

**Objective:** To analyze the histomorphological features of the wound healing process when using biological wound dressings.

**Materials and Methods:** This study analyzed the wound healing process at the tissue level in 14 patients who required early surgical treatment. Inclusion criteria were the presence of borderline or deep burn wounds requiring necrectomy, age between 18 to 45 years, and wound surface area of 2% to 12%. Exclusion criteria included patients admitted more than 5 days after the burn injury or those with a wound area exceeding 15%.

**Results:** The study demonstrated the advantages of biological wound dressings compared to synthetic ones in the treatment of burn wounds. Histomorphological analysis revealed differences in tissue response with and without the use of such dressings. Biological wound dressings, such as "ChitoPran", promote the formation of multilayered keratinizing stratified squamous epithelium and the proliferation of the dermal layer. Particularly important is the stimulation of loose connective tissue formation at the base of the wound, which contributes to more effective wound healing.

**Conclusions:** Histological analysis confirms that the use of biological wound dressings in the treatment of borderline and deep burns contributes to creation of optimal conditions for wound healing. This leads to a reduction in hospital bed-days, a decrease in the number of dressings changes and, consequently, a reduction in economic costs.

**Keywords:** skin grafting, autograft, biological wound dressings

**Cite this article as:** Bogdanov SB, Karakulev AV, Afanasov IM, et al. Histological aspects of the use of biological dressings in combustiology. *Innovative Medicine of Kuban*. 2025;10(4):34–41. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-4-34-41>

## Введение

В современной комбустиологии разработано значительное число методов, способствующих сокращению сроков и улучшению качества регенерации повреждённой кожи. Особое внимание уделяется применению различных видов раневых покрытий, ускоряющих восстановление ожоговых ран [1–3]. Рана при ожоге последовательно проходит три стадии – воспалительную, пролиферативную и ремоделирующую кожу. Учитывая особенности каждой фазы, выделяют ключевые факторы, влияющие на эффективность компонентов раневых покрытий [4–7]: минимизация объёма нежизнеспособных тканей, поскольку некротические участки затрудняют миграцию клеток и усиливают воспалительные реакции [8–10]; контроль над уровнем воспаления путём введения противовоспалительных соединений, снижающих концентрацию провоспалительных медиаторов (простагландинов) либо подавляющих их образование [11–15]; обеспечение оптимальной влажности раны, предотвращающей её высыхание или избыточное намокание посредством регулирования водонепроницаемости материала покрытия; балансирование процессов синтеза и разрушения коллагена для предупреждения формирования грубых гипертрофических и келоидных рубцов, достигая контроля активности матричных металлопротеиназ.

Цель использования раневого покрытия заключается в обеспечении быстрого заживления раны с минимальным дискомфортом для пациента и сокращением частоты перевязок. Кроме того, раневое покрытие должно обеспечивать защиту от возможной вторичной инфекции, легко наноситься и удаляться, не препятствовать дренажу раны (если это необходимо) и не быть токсичным для организма. С учётом этих критериев, подходящие материалы можно разделить на три основные группы: стандартные повязки,

синтетические раневые покрытия и биоматериалы на основе натуральных компонентов.

Одним из примеров биологически активного раневого покрытия является препарат ХитоПран. Основа препарата – натуральный полисахарид хитозан, выделяемый из панцирей морских ракообразных и некоторых видов насекомых [16]. Волокна хитозана обладают ценными свойствами: выраженным антимикробным качеством, способностью эффективно закрепляться на слизистых оболочках и тканях, быстро интегрироваться с клеточными элементами эпидермиса и дермы на микроскопическом уровне, активизируя регенеративные процессы [17]. Препарат ХитоПран имеет пористую структуру, обеспечивающую адекватную вентиляцию кожи и снижение дискомфорта при замене повязок, уменьшая болевые ощущения.

Примером синтетического раневого покрытия служит Воскопран – повязка, выполненная в виде полiamидной сетки на тканевой основе, пропитанной мазью повидон-йод. Сетчатая структура повязки облегчает отток экссудата с раневой поверхности и обеспечивает нормальную вентиляцию раны. Йод, содержащийся в составе синтетического покрытия Воскопран, химически связан с повидоном, что позволяет ему постепенно поступать в глубокие слои тканей, обеспечивая длительное антисептическое воздействие [18–20].

В настоящее время созданы новые методики пластики свободными кожными полнослойными аутотрансплантатами, совершаются методики общего ведения пострадавших от ожогов [21, 22].

Научные исследования последних лет доказывают, что биологические покрытия имеют значительные преимущества перед синтетическими аналогами. Они существенно снижают иммуногенность имплантатов, что повышает биосовместимость и уменьшает риск отторжения [23–26]. Таким образом, разработка раневых биологических покрытий отвечает

требованиям современной комбустиологии и представляется необходимым для широкого внедрения в клиническую практику.

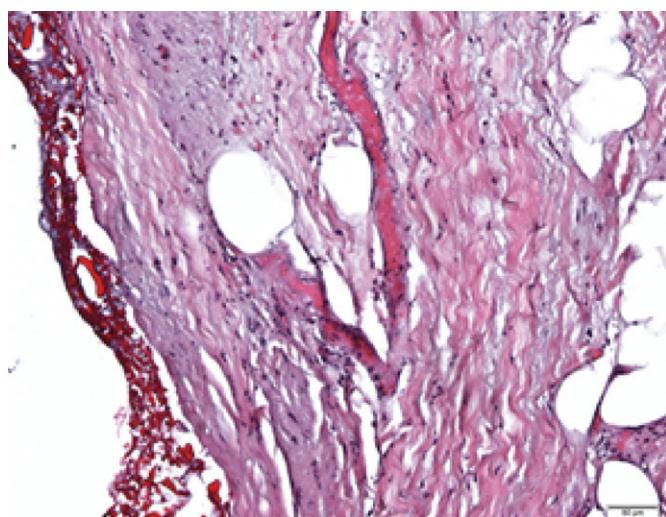
### Цель исследования

Изучение гистоморфологических изменений течения раневого процесса при использовании биологических и синтетических раневых покрытий с последующим сравнительным анализом результатов лечения.

### Материалы и методы

Исследование проводилось путем анализа результатов лечения 14 пациентов, ранее перенесших хирургические вмешательства вследствие ожоговых травм. Исследование выполнено в полном соответствии с действующими законодательными нормами и нормативно-правовыми актами, регулирующими порядок проведения научно-исследовательских работ, и предварительно получило одобрение независимого этического комитета при ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава РФ. Критерии включения в исследование определялись следующими условиями: участие принимали пациенты с пограничными и глубокими ожоговыми ранами площадью от 2 до 12%, требовавшими выполнения некрэктомии. Чтобы исключить влияние сопутствующих заболеваний и возрастных особенностей состояния кожи, в исследование были включены исключительно молодые и лица среднего возраста (от 18 до 45 лет).

Критерии исключения: пострадавшие, доставленные в медицинское учреждение позднее 5-го дня



*Рисунок 1. Некротические изменения, диффузный воспалительный инфильтрат, полнокровные сосуды, фрагментация коллагеновых волокон образец взят на 6-е сут. после обработки раны у пациента группы I. Гематоксилин-эозин. Увеличение: об. ×20*

*Figure 1. Necrotic changes, diffuse inflammatory infiltrate, congested vessels, fragmentation of collagen fibers. The sample was taken on the 6th day after wound treatment in a patient from group I. Hematoxylin-eosin. Magnification: obj. ×20*

с момента травмы, наличие обширных ожогов площадью более 15%.

Пациенты были распределены на 2 группы, в зависимости от применяемого типа раневого покрытия:

Группа I (n=7) включала 3 пациента с пограничными ожогами и 4 пациента с глубокими ожогами. Всем пациентам выполнялась ранняя некрэктомия. Рваные дефекты закрывались следующим образом:

- У пациентов с пограничными ожогами раны покрывались повязками с биологическим раневым покрытием ХитоПран.

- У пациентов с глубокими ожогами производилась свободная аутодермопластика с наложением свободных кожно-эпителилизированных трансплантатов, защищенных повязками с покрытием ХитоПран.

Группа II (n=7) включала также 3-х пациентов с пограничными ожогами и 4-х пациентов с глубокими ожогами. Им выполняли аналогичные этапы лечения, но с использованием другого раневого покрытия:

- У пациентов с пограничными ожогами раны закрывались повязками с биологическим покрытием Воскопран.

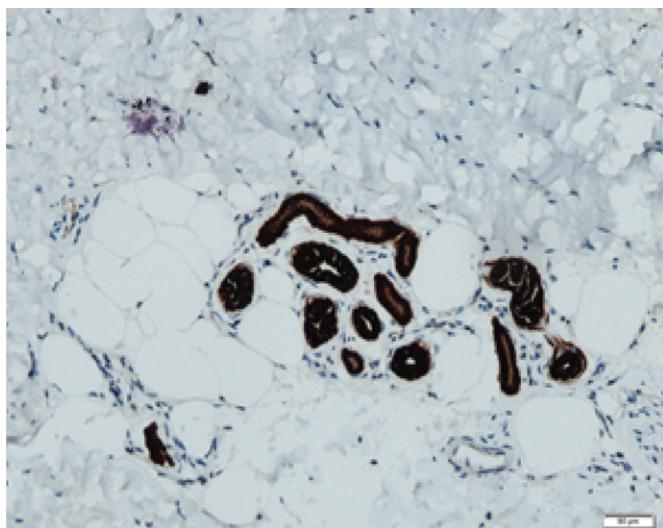
- У пациентов с глубокими ожогами также проводилась свободная аутодермопластика с нанесением свободного кожного трансплантата, закрытого сверху повязками с покрытием Воскопран.

В связи с малым количеством наблюдений статистические методы не использовались.

После некрэктомии и на перевязках производили забор образцов для биопсии. Полученные биоптаты были использованы для гистологической оценки. В соответствие со стандартной гистологической обработкой проводили предварительную фиксацию тканевых фрагментов в 10%-м забуференном растворе формалина, после чего выполняли гистологическую проводку в изопропиловом спирте с использованием гистологического процессора STP-120 Microm (Thermo Fischer Scientific, Германия), заливку биоптатов гистомиксом в пластиковые кассеты с использованием заливочной станции Microm. Резка материала с приготовлением тонких парафиновых срезов осуществлялась ротационным микротомом Microm HM 340E. Окраска препаратов проводилась по стандартной методике гематоксилин-эозином. Микроскопическое исследование с фотоархивированием производилось с помощью микроскопа Nikon Eclipse (Nikon Corporation, Япония) с системой визуализации Nikon DS-FI 2 при увеличении  $\times 200$ . Иммуногистохимический анализ был выполнен с использованием антител к рецептору макрофагов (CD68) и антител к маркеру клеток эпителиального происхождения (цитокератину AE).

### Результаты

При морфологическом анализе препаратов, полученных с раневых поверхностей пациентов из группы I,



*Рисунок 2. Скопления AE-позитивных клеток в толще соединительной ткани – на 6-е сут. после операции. Увеличение: об. ×20*

*Figure 2. Clusters of AE-positive cells in the connective tissue thickness – on the 6th day after surgery. Magnification: obj. ×20*

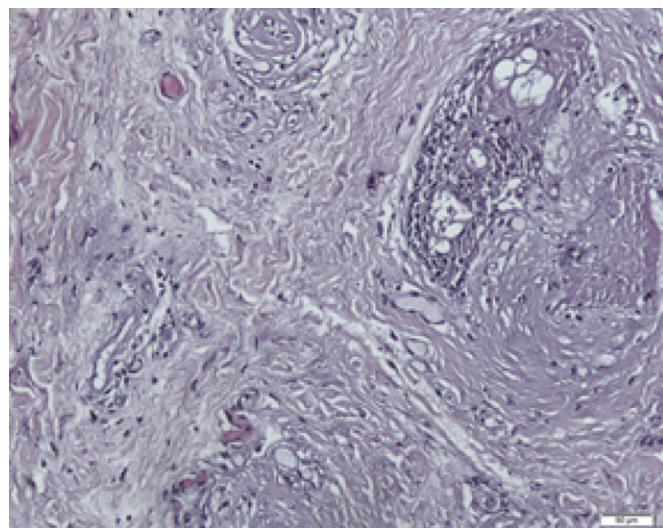
были выявлены выраженные некротические изменения, признаки диффузного воспаления, наличие полнокровия и тромбоза сосудов дна раны (рис. 1).

На поздних этапах раневого процесса была отмечена эпителизация ран, наличие на поверхности раны тонкого слоя фибринозно-гнойного экссудата, с отсутствием пластов эпидермиса на поверхности раны в препаратах на 6-е сут. В микропрепаратах эпителиальные клетки присутствовали только в виде мелких кластеров в дермальном и гиподермальном слоях кожи, что было подтверждено экспрессией эпидермального цитокератина AE (рис. 2).

В группе I, где пациентам была выполнена свободная аутодермопластика, уже на 4-е сут. послеоперационного периода отмечалось значительное уменьшение воспалительных проявлений в дерме. Наблюдался умеренный периваскулярный воспалительный процесс, сопровождающийся появлением большого количества тонких новообразованных капилляров (рис. 3).

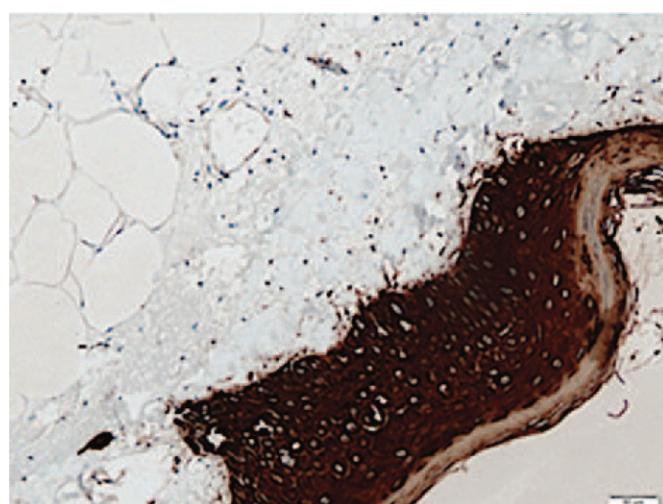
На 11-е сут. гистологическое изучение препаратов показало формирование полноценного многослойного плоского эпителия, активно развивающегося как поверхностным слоем над раневой поверхностью, так и в виде мелких островков внутри рубцовой ткани, служащих началом роста будущих придатков кожи (рис. 4).

Гистологический анализ образцов, полученных с раневых поверхностей пациентов из группы II, показал противоположные результаты. Микроскопические препараты отличались значительным отёком и полнокровием кровеносных сосудов дермы, а также присутствием толстого слоя фибринозно-гнойного экссудата на поверхности раны.



*Рисунок 3. Умеренная периваскулярная воспалительная инфильтрация, обнаружение многочисленных тонкостенных новообразованных капилляров на 4-е сут. после операции. Гематоксилин-эозин, увеличение: об. ×20*

*Figure 3. Moderate perivascular inflammatory infiltration, detection of numerous thin-walled newly formed capillaries on the 4th day after surgery. Hematoxylin-eosin. Magnification: obj. ×20*



*Рисунок 4. Иммуногистохимическая реакция с антителами к цитокератину AE. Сформировавшийся пласт эпидермиса в образцах, взятых на 11-е сут. после обработки раны у пациента группы I. Увеличение: об. ×20*

*Figure 4. Immunohistochemical reaction with AE cytokeratin antibodies. Formed epidermal layer in samples taken on the 11th day after wound treatment in a patient from group I. Magnification: obj. ×20*

При изучении образцов, взятых у пациентов, прошедших лечение методом свободной аутодермопластики, обнаружены значительные признаки воспаления в ранние сроки после операции, проявлявшиеся диффузным воспалительным инфильтратом. Грануляционная ткань характеризовалась активным ростом сосудистой сети, состоящей из множественных тонкостенных капилляров с открытым просветом,

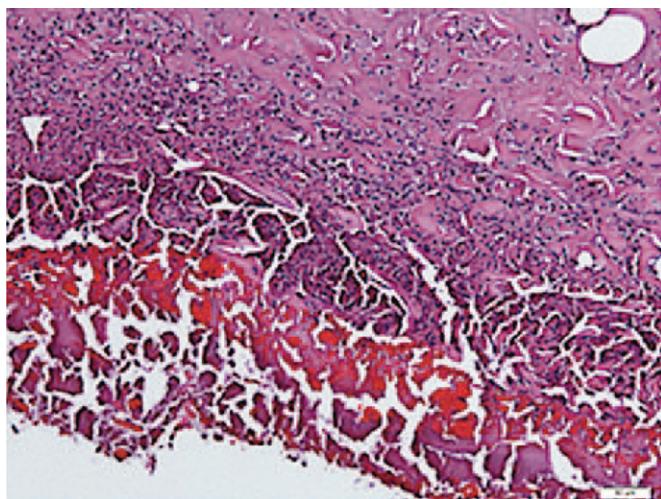


Рисунок 5. Гистологические препараты пациентов II группы на 4-е сут. после операции. Фибринозно-гнойный экссудат на поверхности ткани, полнокровие сосудов, набухание и фрагментация коллагеновых волокон и диффузная лимфомакрофагальная инфильтрация. Гематоксилин-эозин, увеличение: об.  $\times 20$

Figure 5. Histological specimens from patients in group II on the 4th day after surgery. Fibrinopurulent exudate on the tissue surface, vascular congestion, swelling and fragmentation of collagen fibers and diffuse lymphomacrophage infiltration. Hematoxylin-eosin. Magnification: obj.  $\times 20$ .

что свидетельствует о развитии интенсивного процесса ангиогенеза и неоваскуляризации (рис. 5).

### Обсуждение и результаты

Применение биологических раневых покрытий (ХитоПран) у пациентов группы I способствовало существенному улучшению течения восстановительного периода, сокращению длительности стационарного лечения и повышению эффективности терапии. Средняя продолжительность нахождения пациентов в больнице в группе, где использовались биологические покрытия, составила  $14,3 \pm 5,1$  дня, тогда как в группе с синтетическими покрытиями этот показатель достигал  $22,3 \pm 9,0$  и  $22,3 \pm 9,0$  дня.

Наше исследование позволило выявить различия в результатах лечения ожоговых повреждений, в зависимости от характера используемых раневых покрытий. Основные отличия касались выраженности фибринозно-гнойного воспаления в верхних слоях раны, а также наличия либо отсутствия симптомов паракератоза при образовании нового эпидермального слоя.

Анализ указанных параметров наглядно демонстрирует преимущество биологических покрытий. Так, при применении биологического покрытия ХитоПран раны отличаются меньшей выраженностью гнойного воспаления, отсутствием значительных разрывов волокон дермы и большим диаметром скоплений регенерирующих эпителиальных клеток, формирующих новый слой эпидермиса.

Важно подчеркнуть, что использование биологических покрытий стимулирует образование многослойного неороговевающего эпителия и увеличение толщины дермального слоя кожи. Покрытия обеспечивают развитие рыхлой соединительной ткани, способствующей эффективному процессу заживления.

### Заключение

Результаты гистоморфологического анализа, полученные при лечении ран с применением биологических раневых покрытий, подтвердили значительную интенсивность репарации тканей у пациентов, использующих подобные покрытия. Использование биоразлагаемых покрытий приводит к заметному снижению уровня воспалительной инфильтрации в раннем постоперационном периоде, к стимуляции процессов пролиферации в коже и быстрому восстановлению поврежденных тканей.

Покрытия такого типа создают оптимальные условия для эффективного заживления ран, что подтверждается как клиническими наблюдениями, так и результатами гистологического исследования материала, полученного непосредственно с места повреждения. Таким образом, применение биологических раневых покрытий не только улучшает качество лечения, но и уменьшает срок госпитализации пациентов, снижая экономические затраты на медицинскую помощь.

### Вклад авторов

Сбор, анализ и интерпретация данных: С.Б. Богданов, А.В. Каракулов, А.С. Сотников, М.Л. Муханов

Обзор публикаций: М.Л. Муханов, С.Л. Зайцева, Д.А. Афаунов, В.С. Дутов

Проведение статистического анализа: М.Л. Муханов, С.Л. Зайцева, Д.А. Афаунов, В.С. Дутов

Подготовка текста: М.Л. Муханов, С.Л. Зайцева, Д.А. Афаунов, В.С. Дутов

Критический пересмотр текста с внесением ценного интеллектуального содержания: С.Б. Богданов, И.М. Афанасов, К.И. Мелконян, Л.М. Хайитов, И.В. Гилевич

Утверждение окончательной версии: С.Б. Богданов, А.В. Каракулов, И.М. Афанасов, М.Л. Муханов, К.И. Мелконян, А.С. Сотников, И.В. Гилевич, С.Л. Зайцева, Д.А. Афаунов, В.С. Дутов, Л.М. Хайитов

### Author contributions

Acquisition, analysis, or interpretation of data: Bogdanov, Karakulev, Sotnichenko, Mukhanov

Literature review: Mukhanov, Zaitseva, Afaunov, Dutov

Statistical analysis: Mukhanov, Zaitseva, Afaunov, Dutov

Manuscript drafting: Mukhanov, Zaitseva, Afaunov, Dutov

Critical revision of the manuscript for important intellectual content: Bogdanov, Afanasov, Melkonyan, Khayitov, Gilevich

Final approval of the version to be published: Bogdanov, Karakulev, Afanasov, Mukhanov, Melkonyan, Sotnichenko, Gilevich, Zaitseva, Afaunov, Dutov, Khayitov

## Литература/References

1. Абугалиев К.Р. Хирургическая обработка длительно незаживающих ожоговых ран. В: *Сборник научных трудов II съезда комбустиологов России 2–5 июня 2008 года*. Всероссийское общественное объединение комбустиологов «Мир без ожогов», ФГУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского Росмедтехнологий»; 2008:241–242.
2. Abugaliev KR. Surgical treatment of chronic nonhealing burn wounds. In: *Proceedings of the II Congress of Combustiologists of Russia, June 2-5, 2008*. Vserossiiskoe obshchestvennoe obyedinenie kombustiologov «Mir bez ozhogov», FGU «Institut khirurgii im. A.V. Vishnevskogo Rosmedtehnologii»; 2008:241–242. (In Russ.).
3. Биктимиров Е.Е., Крылов П.К. Вариант оптимизации результатов аутопластики у пострадавших с обширными глубокими ожогами. В: *IV съезд комбустиологов России 13–16 октября 2013 г.: сборник научных трудов*. Общероссийская общественная организация «Объединение комбустиологов «Мир без ожогов»». 2013;132–133.
4. Biktimirov EE, Krylov PK. Option for optimizing autografting outcomes in patients with extensive deep burns. In: *IV Congress of Combustiologists of Russia, October 13-16, 2013: Proceedings*. Obshcherossiiskaya obshchestvennaya organizatsiya «Obyedinenie kombustiologov «Mir bez ozhogov»». 2013;132–133. (In Russ.).
5. Богданов, С. Б. Пластика лица полнослойными кожными аутотрансплантатами у детей. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2016; 6(2): 86–91.
6. Bogdanov, S. B. Plastika litsa polnosloynymi kozhnymi autotransplantatami u detey. *Rossiyskiy vestnik detskoy khirurgii, anestziologii i reanimatologii*. 2016; 6(2): 86-91. (In Russ.).
7. Богданов С.Б., Гилевич И.В., Федоренко Т.В., Коломийцева Е.А., Поляков А.В. Возможности применения клеточной терапии в кожно-пластиических операциях. *Инновационная медицина Кубани*. 2018;(3):16–21.
8. Bogdanov SB, Gilevich IV, Fedorenko TV, Kolomytseva EA, Polyakov AV. Cell therapy application in skin grafting surgery. *Innovative Medicine of Kuban*. 2018;(3):16–21. (In Russ.).
9. Вагнер Д.О., Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Чувашев Н.С. Ожоговая травма в результате курения в постели: особенности клиники и лечения. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2020;(1):12–20. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2020-0-1-12-20>
10. Vagner DO, Zinovьев EV, Soloshenko VV, Chuvashev NS. Burn injury due to smoking in bed: clinical features and treatment. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2020;(1):12–20. (In Russ.). <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2020-0-1-12-20>
11. Вагнер Д.О., Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Шаповалов С.Г. Опыт применения метода вакуумной терапии в отделе термических поражений. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021;(3):26–34. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2021-0-3-26-34>
12. Vagner DO, Zinovьев EV, Soloshenko VV, Shapovalov SG. Experience of using vacuum therapy in the burn department. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021;(3):26–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2021-0-3-26-34>
13. Гилевич И.В., Федоренко Т.В., Коломийцева Е.А., Богданов С.Б., Семенченко А.А., Иващук Ю.В. Достижения клеточной терапии в комбустиологии. *Инновационная медицина Кубани*. 2017;(2):6–14.
14. Gilevich IV, Fedorenko TV, Kolomytseva EA, Bogdanov SB, Senchenko AA, Ivaschuk YV. Cell therapy advances in combustion. *Innovative Medicine of Kuban*. 2017;(2):6–14. (In Russ.).
15. Алмазов И.А., Зиновьев Е.В. Экспериментальное обоснование выбора методик хирургической дермабразии дермальных ожогов. В: *Современные аспекты лечения термической травмы: материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию первого ожогового центра России, Санкт-Петербург, 23–24 июня 2016 года*. ООО Альта Астра; 2016:6–7.
16. Almazov IA, Zinoviev EV. Experimental justification of the choice of methods for surgical dermabrasion of dermal burns. In: *Modern Aspects of Thermal Injury Treatment: Proceedings of the Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 70th Anniversary of the First Russian Burn Center, Saint Petersburg, June 23-25, 2016*. ООО Alta Astra; 2016:6–7. (In Russ.).
17. Алексеев А.А., Крылов К.М. Классификация глубины поражения тканей при ожогах. В: *III съезд комбустиологов России 15–18 ноября 2010: сборник тезисов*. Всероссийское общественное объединение комбустиологов «Мир без ожогов», ФГУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского Минздравсоцразвития РФ»; 2010:3–4.
18. Alekseev AA, Krylov KM. Classification of burn depth. In: *III Congress of Combustiologists of Russia, November 15-18, 2010: Collection of Abstracts*. Vserossiiskoe obshchestvennoe obyedinenie kombustiologov «Mir bez ozhogov», FGU «Institut khirurgii im. A.V. Vishnevskogo Minzdravssotsrazvitiya RF»; 2010:3–4. (In Russ.).
19. Хунафин С.Н., Зинатуллин Р.М., Гизатуллин Т.Р., Гизатуллин Р.Х. Способ аутодермопластики расщепленными перфорированными трансплантатами при ожогах. В: *III съезд комбустиологов России 15–18 ноября 2010 г.: сборник тезисов*. Всероссийское общественное объединение комбустиологов «Мир без ожогов», ФГУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского Минздравсоцразвития РФ»; 2010:217.
20. Khunafin SN, Zinatullin RM, Gizatullin TR, Gizatullin RKh. Technique of using split-thickness meshed skin grafts in burns. In: *III Congress of Combustiologists of Russia, November 15-18, 2010: Collection of Abstracts*. Vserossiiskoe obshchestvennoe obyedinenie kombustiologov «Mir bez ozhogov», FGU «Institut khirurgii im. A.V. Vishnevskogo Minzdravssotsrazvitiya RF»; 2010:217. (In Russ.).
21. Крылов К.М., Крылов П.К. Современные возможности местного лечения ожогов. *Амбулаторная хирургия*. 2010;(1):30–35.
22. Krylov KM, Krylov PK. Modern possibilities of local treatment of burns. *Ambulatornaya khirurgiya*. 2010;(1):30–35. (In Russ.).
23. Hudson DA, Grob M. Optimising results with tissue expansion: 10 simple rules for successful tissue expander insertion. *Burns*. 2005;31(1):1-4. PMID: 15639357. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2004.08.008>
24. Kubo K, Kuroyanagi Y. The possibility of long-term cryopreservation of cultured dermal substitute. *Artif Organs*. 2005;29(10):800-805. PMID: 16185341. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1594.2005.00132.x>
25. Li X, Li A, Feng F, et al. Effect of the hyaluronic acid-polyoxamer hydrogel on skin-wound healing: in vitro and in vivo studies. *Animal Model Exp Med*. 2019;2(2):107–113. PMID: 31392303. PMCID: PMC6600631. <https://doi.org/10.1002/ame2.12067>
26. Zhang R, Li X, He K, et al. Preparation and properties of redox responsive modified hyaluronic acid hydrogels for drug release. *Polymers for Advanced Technologies*. 2017;28(12):1759–1763. <https://doi.org/10.1002/pat.4059>

16. Грибань П.А., Усов В.В., Терехов С.М. и др. Организация оказания специализированной помощи тяжелоожженным в приморском крае. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2022;2(88):11-14. <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2022-2-11-14>
- Griban PA, Usov VV, Terehov SM, et al. Organization of specialized assistance to the patients with seriously thermal burn in primorsky region. *Pacific Medical Journal*. 2022;2(88):11-14. (In Russ.). <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2022-2-11-14>
17. Богданов С.Б., Афаунова О.Н. Использование раневых покрытий при раннем хирургическом лечении пограничных ожогов конечностей в функционально активных областях. *Врач-астирант*. 2016;79(6):4-9.
- Bogdanov SB., Afaunova ON. Use of wound coverings in early surgical treatment of borderline burns of the extremities in functionally active areas. *Postgraduate doctor*. 2016;79(6):4-9. (In Russ.).
18. Порханов В.А., Богданов С.Б., Гилевич И.В., Федоренко Т.В., Коломийцева Е.А., Богданова Ю.А. Новые подходы к выполнению пластики кожи лица полнослойными аутотрансплантатами. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2017;5(4):68–73. <https://doi.org/10.17816/ptors5468-73>
- Porhanov VA, Bogdanov SB, Gilevich IV, Fedorenko TV, Kolomiyceva EA, Bogdanova YA. New approaches for full-thickness grafting of the face. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2017;5(4):68–73. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/ptors5468-73>
19. Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Костяков Д.В., Гогония Т.З., Коуров А.С., Пятаков С.Н. Прогноз результата кожной пластики по параметрам микроциркуляции в ожоговой ране. *Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского*. 2022; 11(3): С. 412-418. (In Russ.).
- Zinoviev EV, Soloshenko VV, Kostyakov DV, Gogokhia TZ, Kourov AS, Pyatakov SN. Estimation of Microcirculation Parameters in a Burn Wound for Prediction of Skin Grafting Outcomes After Tangential Necrectomy. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2022;11(3):412–8. (In Russ.). <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2022-11-3-412-418>
20. Богданов СВ, Гилевич ИВ, Мелконян КІ, Сотников АС, Алексенко СН, Порханов ВА. Total full-thickness skin grafting for treating patients with extensive facial burn injury: A 10-year experience. *Burns*. 2021;47(6):1389-1398. PMID: 33358397. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2020.12.003>
21. Богданов С.Б. Хирургические аспекты выполнения пластики лица цельным полнослойным кожным аутотрансплантатом. *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии*. 2016;1:12-20.
- Bogdanov SB. Surgical aspects of performing skin graft by full thickness transplant. *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine*. 2016;1:12-20. (In Russ.).
22. Юрова Ю.В., Зиновьев Е.В. Обширные травматические отслоики мягких тканей после дорожно-транспортного происшествия: опыт лечения в многопрофильном стационаре. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2023;2:63-74. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2023-0-2-63-74>
- Yurova YV, Zinoviev EV. Extensive traumatic detachment of soft tissue after accident: clinical experience of a multidisciplinary hospital. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2023;2:63-74. (In Russ.). <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2023-0-2-63-74>
23. Вагнер Д.О., Зиновьев Е.В., Солошенко В.В. Модели пациентов с обширными ожогами горячими жидкостями (общение второе). *Скорая медицинская помощь*. 2023;24(4):17-24. <https://doi.org/10.24884/2072-6716-2023-24-4-1724>
- Vagner DO, Zinoviev EV, Soloshenko VV. The models of patients with severe hot liquids scald (message two). *EMERGENCY MEDICAL CARE*. 2023;24(4):17-24. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2072-6716-2023-24-4-1724>
24. Митряшов К.В., Усов В.В., Шаркова В.А. Сравнительное исследование эффективности раневых покрытий на основе гиалуроновой кислоты и атравматических повязок в местном лечении пограничных ожогов. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2021;10(4):695-701. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-695-701>
- Mitryashov KV., Usov VV., Sharkova VA. The Comparative Study of Efficiency of Hyaluronic Acid Based Dressings and Atraumatic Dressings in Local Treatment of Partial-Thickness Burns. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2021;10(4):695-701. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-695-701>
25. Богданов С.Б., Афаунова О.Н. Пути совершенствования хирургического лечения пограничных ожогов конечностей. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2016;(3):154-159.
- Bogdanov SB, Afaunova ON. Ways of improving the surgical treatment of borderline limb burns. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2016;(3):154-159. (In Russ.).
26. Богданов С.Б., Поляков А.В., Марченко Д.Н., Бабичев Р.Г., Филипченко Н.А., Гилевич И.В., Ираклионова Н.С. Современные аспекты пластического восстановления кожного покрова у детей младшей возрастной группы с критическими ожогами. *Пластическая хирургия и эстетическая медицина*. 2025;(3):22-29. <https://doi.org/10.17116/plast.hirurgia202503122>
- Bogdanov SB, Polyakov AV, Marchenko DN, Babichev RG, Filipchenko NA, Gilevich IV, Iraklionova NS. Modern aspects of plastic restoration of the skin in younger children with critical burns. *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine*. 2025;(3):22-29. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/plast.hirurgia202503122>

### **Сведения об авторах**

**Богданов Сергей Борисович**, д. м. н., заведующий ожоговым отделением, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; профессор кафедры ортопедии, травматологии и ВПХ, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-9573-4776>

**Каракулов Антон Владимирович**, врач травматолог-ортопед, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-5477-5755>

**Афаанов Иван Михайлович**, к. х. н., ведущий научный сотрудник химического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-0229-261X>

**Муханов Михаил Львович**, к. м. н., врач-травматолог-ортопед, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; доцент кафедры ортопедии, травматологии и ВПХ, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-9061-6014>

**Мелконян Карина Игоревна**, к. м. н, проректор по инновационной деятельности, заведующая ЦНИЛ, доцент кафедры фундаментальной и клинической биохимии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-5406-6051>

**Сотниченко Александр Сергеевич**, к. м. н, доцент кафедры патологической анатомии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-7322-0459>

**Гилевич Ирина Валерьевна**, к. м. н., заведующий лабораторией разработки и изучения новых технологий лечения заболеваний, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; асистент кафедры онкологии с курсом торакальной хирургии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-9766-1811>

**Зайцева София Леонидовна**, врач функциональной диагностики, НИИ-ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; лаборант кафедры хирургии № 1 ФПК и ППС, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0009-0004-7119-8998>

**Афаунов Давид Аскерович**, студент 5-го курса лечебного факультета, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0009-0001-9432-3526>

**Дутов Виктор Сергеевич**, врач травматолог-ортопед, Городская клиническая больница № 1 г. Краснодара; ассистент кафедры ортопедии, травматологии и ВПХ, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0009-0006-6237-7702>

**Хайитов Лазиз Милионерович**, д. м. н., свободный соисполнитель кафедры хирургии и трансплантологии, Самаркандский государственный медицинский университет (Самарканд, Узбекистан). <https://orcid.org/0009-0001-8387-5026>

#### Конфликт интересов

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

#### Author credentials

**Sergey B. Bogdanov**, Dr. Sci. (Med.), Head of Burn Unit, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1; Professor, Department of Orthopedics, Traumatology and Military Field Surgery, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-9573-4776>

**Anton V. Karakulev**, Traumatologist-Orthopedist, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-5477-5755>

**Ivan M. Afanasov**, Cand. Sci. (Chem.), Leading Researcher, Faculty of Chemistry, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-0229-261X>

**Mikhail L. Mukhanov**, Cand. Sci. (Med.), Traumatologist-Orthopedist, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1; Associate Professor, Department of Orthopedics, Traumatology and Military Field Surgery, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-9061-6014>

**Karina I. Melkonyan**, Cand. Sci. (Med.), Vice-Rector for Innovative Activity, Head of the Central Research Laboratory, Associate Professor, Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-5406-6051>

**Alexander S. Sotnichenko**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Pathological Anatomy, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-7322-0459>

**Irina V. Gilevich**, Cand. Sci. (Med.), Head of Laboratory for Development and Study of Novel Treatment Technologies, Scientific Research Institute – Ochakovsky Regional Clinical Hospital No. 1; Assistant Professor, Oncology Department with a Thoracic Surgery Course, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-9766-1811>

**Sophia L. Zaitseva**, Functional Diagnostics Physician, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1; Laboratory Assistant, Surgery Department No 1, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0004-7119-8998>

**David A. Afaunov**, 5th-year Student, General Medicine Faculty, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0001-9432-3526>

**Viktor S. Dutov**, Traumatologist-Orthopedist, City Clinical Hospital No. 1; Assistant Professor, Department of Orthopedics, Traumatology and Military Field Surgery, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0006-6237-7702>

**Laziz M. Khayitov**, PhD, Independent application of the Department of Surgery and Transplantology, Samarkand State Medical University (Samarkand, Uzbekistan). <https://orcid.org/0009-0001-8387-5026>

**Conflict of interest:** *none declared.*