Научная статья
УДК 616-001.4-089.193.4

Экспериментально-функциональная оценка ранозаживляющей активности гидрогеля на основе карбоксиметилцеллюлозы с биологически активными веществами из гидробионтов Тихого океана при термическом ожоге

Анна Анатольевна Климович[1, 2], Екатерина Александровна Чингизова[1, 2], Евгений Александрович Пислягин[1, 2], Владимир Николаевич Котельников[2, ✉], Игорь Алексеевич Шперлинг[2]

[1] Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, Владивосток, Российская Федерация
[2] Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины, Владивосток, Российская Федерация
✉ kotelnikov.vn@dvfu.ru

Аннотация. Постоянное совершенствование местного лечения ожоговых ран и разработка новых раневых покрытий неразрывно связаны с гидрогелями из карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и биологически активных веществ из гидробионтов Тихого океана. ***Цель исследования*** – получение научных сведений о ранозаживляющей активности гидрогеля на основе КМЦ и фукоидана на модели ожоговой раны. ***Материалы и методы***. Эксперимент был проведён на 32 самцах белых мышей линии BALB/C весом 25±3 г, возрастом 8 недель, которым контактным способом моделировали ожоговую рану в дорса-каудальной области и планиметрическим способом мониторировали ранозаживляющий эффект. ***Результаты***. В группе, пролеченной гидрогелем с фукоиданом, на 7 сутки было зарегистрировано достоверное повышение индекса и скорости заживления ран на фоне сокращения её площади, по сравнению с контрольной группой. При этом пролиферация характеризовалась активным разрастанием грануляций с последующей круговой эпителизацией и постепенным отслаиванием струпа по мере роста новой ткани, что является результатом замещения грануляционной ткани соединительной и эпителизацией раневой поверхности. Таким образом, при функциональной оценке регенеративных свойств гидрогеля на основе КМЦ с фукоиданом у мышей при термическом ожоге была выявлена способность заметно ускорять заживление.

Ключевые слова: заживление ожоговых ран, гидрогели, карбоксиметилцеллюлоза, фукоидан
Для цитирования: Климович А.А., Чингизова Е.А., Пислягин Е.А., Котельников В.Н., Шперлинг И.А. Экспериментально-функциональная оценка ранозаживляющей активности гидрогеля на основе карбоксиметилцеллюлозы с биологически активными веществами из гидробионтов Тихого океана при термическом ожоге // Клиническая и фундаментальная медицина. 2025. Т. 1, № 2. С. 5–12.

Original article

Experimental and functional evaluation of the wound-healing activity of a hydrogel based on carboxymethylcellulose with biologically active substances from Pacific Ocean aquatic organisms in thermal burns

Anna A. Klimovich[1, 2], Ekaterina A. Chingizova[1, 2], Evgeny A. Pislyagin[1, 2], Vladimir N. Kotelnikov[2, ✉], Igor A. Shperling[2]

[1] G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Vladivostok, Russian Federation
[2] Far-Eastern branch of the State Research Testing Institute of Military Medicine, Vladivostok, Russian Federation
✉ kotelnikov.vn@dvfu.ru

© Климович А.А., Чингизова Е.А., Пислягин Е.А., Котельников В.Н., Шперлинг И.А., 2025

Abstract. Continuous improvement of local treatment of burn wounds and development of new wound dressings are inextricably linked with hydrogels from carboxymethylcellulose (CMC) and biologically active substances from Pacific Ocean aquatic organisms. The aim of the study is to obtain scientific information on the wound-healing activity of a hydrogel based on CMC and fucoidan on a burn wound model. ***Materials and methods.*** The experiment was conducted on 32 male white mice of the BALB/C line weighing 25±3 g, aged 8 weeks, which were modeled with a burn wound in the dorso-caudal region by contact and the wound-healing effect was monitored by planimetric method. ***Results.*** In the group treated with hydrogel with fucoidan, on the 7th day, a reliable increase in the index and rate of wound healing was recorded against the background of a decrease in its area, compared with the control group. In this case, proliferation was characterized by active growth of granulations with subsequent circular epithelization and gradual peeling of the scab as new tissue grows, which is the result of the replacement of granulation tissue with connective tissue and epithelization of the wound surface. Thus, during the functional assessment of the regenerative properties of a hydrogel based on CMC with fucoidan in mice with a thermal burn, the ability to significantly accelerate healing was revealed.
Keywords: burn wound healing, hydrogels, carboxymethylcellulose, fucoidan
For citation: Klimovich A.A., Chingizova E.A., Pislyagin E.A., Kotelnikov V.N., Shperling I.A. Experimental and functional evaluation of wound-healing activity of hydrogel based on carboxymethylcellulose with biologically active substances from Pacific Ocean aquatic organisms in thermal burns. *Clinical and Fundamental Medicine*, 2025, vol. 1, no. 2, pp. 5–12. (In Russ.).

Введение

В структуре травматических повреждений ожоговые раны, являющиеся следствием боевых и небоевых причин и приводящие к физическим и психологическим последствиям, попрежнему остаются наиболее серьёзной проблемой для здравоохранения развитых и развивающихся стран [1]. В России среди травм мирного времени ожоговые раны занимают 4-е место, составляя 400–450 тыс. пострадавших в год, из которых на стационарном лечении находятся до 100 тыс. человек [2]. Постоянное совершенствование местного лечения ожоговых ран и разработка новых раневых покрытий является актуальным. Ожоговая травма является одной из наиболее тяжёлых и сложных форм травм и одной из основных причин инвалидности [3, 4]. Тяжёлые ожоги требуют длительной госпитализации, что приводит к огромным экономическим затратам на уход за пациентом и может сопровождаться рядом смертельных осложнений (шоком, метаболическим дисбалансом, дыхательной недостаточностью, сепсисом) [5]. Ключевым компонентом местного лечения ожоговых ран является использование раневых повязок (покрытий). Показано, что гидрогели из карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) обладают высокой биосовместимостью, механической прочностью, гибкостью, пористостью, стабильностью и биодеградируемостью, кроме того, эти гидрогели обладают пролонгированным действием [6, 7]. Высокая ранозаживляющая эффективность полисахридов из морских водорослей, в том числе и сульфатированного полисахарида фукоидан, обоснована такими их ключевыми свойствами, как антиоксидантные, иммуномодулирующие, противовоспалительные, антикоагулянтные, антибактериальные [8].

Цель исследования – получение научных сведений о ранозаживляющей активности гидрогеля на основе КМЦ и фукоидана на модели ожоговой раны.

Материалы и методы

Исследование проведено на самцах белых мышей линии BALB/C весом 25±3 г, возрастом 8 недель. Животных содержали в стандартных условиях в соответствии с правилами

СП 2.2.1.3218-14 по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических вивариев и в соответствии с ГОСТ 33216-2014 «Методические указания по содержанию и уходу за животными». Животные содержались в пластиковых клетках размера МАС3 (S пола = 825 см^2), по 10 голов в каждой. Клетки укомплектованы стерилизованным подстилом – гранулятом из древесины, металлическими решётками с углублением для корма и стеклянными бутылочками с металлическими крышками-носиками для поения. Животные постоянно находились в оптимальных для грызунов контролируемых параметрах окружающей среды: температура – 22±3 ºС, влажность – 50%, 12-часовой цикл освещения. Животные имели постоянный доступ к сбалансированному корму для лабораторных животных Delta feeds и фильтрованной воде.

Вся экспериментальная работа с животными проводилась в соответствии с Европейской директивой 2010/63/ЕС «О защите животных, использующихся для научных целей» и правилами ГОСТ 33044-2014 «Принципы надлежащей лабораторной практики». Перед началом эксперимента животные находились на 14-дневном периоде адаптации в экспериментальной комнате. Во время адаптации проводился мониторинг состояния животных, при обнаружении каких-либо отклонений животное не было включено в экспериментальную группу.

В начале эксперимента всех животных рандомно распределили на 4 группы (3 контрольные и 1 опытная), по 8 животных в каждой. Группы: отрицательный контроль – животные с патологией без лечения; положительный контроль – лечение коммерческим ранозаживляющим препаратом «Ликозоль»; контроль основы – лечение гелевой основой без действующего вещества; опытная группа – лечение гелем с фукоиданом в составе в качестве действующего вещества. Основным критерием для распределения по группам являлась масса тела, то есть индивидуальное значение массы тела не должно отклоняться от среднего значения более чем на 10%. Каждому животному была присвоена индивидуальная метка, нанесённая нетоксичным красителем – фукарцином.

Моделирование термического ожога. За сутки до нанесения ожоговой раны у экспериментальных животных в дорса-каудальной области был удалён шерстяной покров с помощью ветеринарного триммера. Перед нанесением ожога животных вводили в состояние общей анестезии, вколов внутримышечно смесь золетила (20–40 мг/кг) и ксилазина (5–10 мг/кг). Две термические раны наносили медным стержнем с плоским торцом диаметром 6 мм, который нагревали на кипящей водяной бане в течение 15 сек., после чего на 5–6 сек. прижимали стержень торцом к выбритому участку кожи животного. После ожога животных возвращали в клетку содержания и вели наблюдение до выхода животного из наркоза.

Лечение начинали спустя сутки после нанесения ожога. В качестве положительного контроля был использован противоожоговый, обезболивающий, ранозаживляющий гидрогель «Ликозоль» («Фармзащита», Россия). Проводили ежедневные аппликации геля с фукоиданом, геля плацебо и препарата сравнения «Ликозоль», равномерно распределяя их по раневой поверхности шпателем. Аппликации проводили 1 раз в сутки до затягивания раны и её рубцевания.

Для оценки динамики заживления раны с 1-го дня лечения проводили мониторинг планиметрических параметров. 3 раза в неделю в каждой группе животных определяли изменение размера (площадь) повреждённого участка с помощью программного обеспечения ImageJ 1.53t. Расчёт скорости заживления производился по следующей формуле:

$$\%\ \text{заживления} = \frac{\text{S раны 1 сут.} - \text{S раны на текущие сут.}}{\text{S раны на 1 сут.}} \times 100\%\,.$$

Также ежедневно оценивали состояние раны: скорость формирования и состояние струпа, наличие периферической эпителизации, скорость заживления и рубцевания. Проводили мониторинг наличия воспалительного процесса: выраженность отёчности и гиперемии краёв раны, наличие некроза и гнойного воспаления.

Статистическая и графическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием статистического пакета Microsoft Excel 2010 и программы OriginPro 8.5. Достоверность различий определена с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с поправкой Тьюки. Различия считаются достоверными при уровне значимости $\leq 0{,}05$. Испытуемое средство можно считать перспективным для использования в качестве ранозаживляющего, если скорость ранозаживления и высевания инфекционного агента, все измеряемые параметры гематологического и гистологического анализа в опытных группах достоверно отличаются от контрольных.

Результаты и обсуждение

Раны обрабатывали 1 раз в день в течение 15 дней гидрогелевой основой, а также гидрогелем, содержащим фукоидан, и препаратом сравнения «Ликозоль». На 5, 7, 10, 14 и 16-й (терминация) дни эксперимента проводили планометрическую оценку, кроме того, раны всех опытных групп фотографировали, определяли площадь раневой поверхности для расчёта индекса ранозаживления, по которому оценивали скорость заживления раны. Раны, обработанные исследуемыми гидрогелями и препаратом сравнения «Ликозоль», сравнивали с необработанными контрольными ранами.

На 2-й день после воспроизведения ожога у животных всех групп рана покрывалась плотным струпом коричневого или бежевого цвета, спаянным с подлежащими тканями. Струп заходил за края раны, наслаиваясь на кожу на расстояние примерно 2 мм. Следует отметить, что гидрогелевая основа (сама по себе и с добавлением фукоидана) и препарат сравнения «Ликозоль» увлажняли и размягчали корочку струпа и создавали окклюзию (тонкую плёнку) на поверхности раны. Размягчение струпа способствует более быстрому очищению раны от омертвевшей ткани, препятствует сокращению струпа, тем самым уменьшая тканевое давление и препятствуя местной ишемии сосудов. Окклюзия раны позволяет поддерживать барьерные функции кожи, препятствуя инфицированию раны и потере жидкости, что, в свою очередь, ускоряет процесс грануляции, эпителизации и затягивания раны.

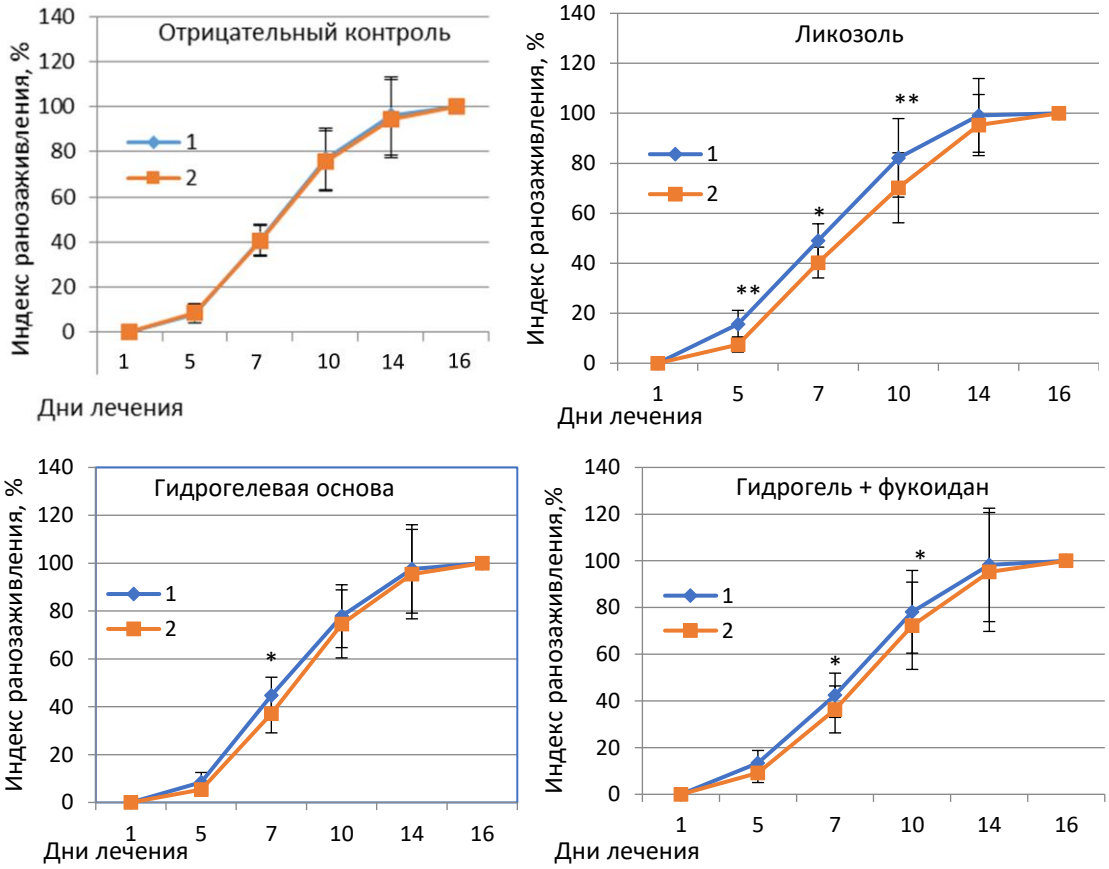
На 5-й день в каждой группе были обнаружены значительные внешние изменения, наблюдалось начало стадии пролиферации (грануляции). В нелеченных ранах было отмечено потемнение струпа, также мёртвая ткань становилась более жёсткой и сухой. В ранах, обработанных исследуемыми гелями и препаратами сравнения, струп был по-прежнему размягчённым, но плотно прилегающим к ране без признаков инфицирования. По краям раны была чётко видна ярко-красная грануляционная ткань, что говорит о процессе восстановления повреждённых структур кожи.

На 7-й и 10-й дни пролиферация характеризовалась активным разрастанием грануляционной ткани с последующей круговой эпителизацией и постепенным отслаиванием струпа по мере роста новой ткани. Края раны с восстанавливающейся тканью у животных всех групп

были утолщены и возвышались над струпом, что является результатом замещения грануляционной ткани соединительной и эпителизацией раневой поверхности. В этот момент было отмечено заметное уменьшение площади раны.

На 14-й день эксперимента во всех группах у большинства животных было отмечено полное отслоение струпа. В самом центре раны располагался оставшийся незатянувшийся участок ярко-красного цвета, заполненный грануляционной тканью, с уплотнёнными краями вокруг за счёт сформировавшейся рубцовой ткани после эпителизации. На 16-й день эксперимента (день терминации) во всех группах было отмечено 100%-ное заживление раны с образованием тонкого рубца.

В опытных группах (гель с фукоиданом и гель плацебо) скорость заживления ран визуально была выше по сравнению с контрольной группой (без лечения), хотя все исследуемые гели уступали по эффективности коммерческому ранозаживляющему гелю «Ликозоль». Однако достоверной разницы в скорости ранозаживления между всеми группами отмечено не было (рис. 1).



Примечание. Ряд 1 – индекс ранозаживления обработанной раны, ряд 2 – индекс ранозаживления необработанной раны. Звёздочка означает достоверность отличия * – $p \leq 0{,}05$.

Рис. 1. Скорость заживления ран в различных группах животных
Fig. 1. The rate of wound healing in different groups of animals

При этом следует отметить, что мышам наносили две ожоговые раны, на одну рану проводили аппликации исследуемыми гелями и препаратом сравнения, вторую оставляли без лечения (контрольная рана), в контрольной группе обе раны оставались без лечения. Как

видно из представленных графиков, в контрольной группе скорость заживления обеих ран была одинаковой, одновременно в группе, получавшей гель с фукоиданом, и в группе с Ликозолем скорость заживления леченой раны была заметно выше, чем у контрольной (рис. 1 и 2). Достоверные отличия в скорости ранозаживления между леченой и контрольной ранами были отмечены на 5, 7 и 10-е сутки эксперимента (рис. 2). В группе, пролеченной гидрогелевой основой, достоверные отличия были выявлены только на 7-е сутки. Начиная с 14-х суток во всех группах отличий в индексе заживления раны между леченой и контрольной ранами отмечено не было, что, вероятно, связано с завершением репаративных процессов в коже.

Рис. 2. Динамика изменения состояния ожоговой раны
в экспериментальных группах
Fig. 2. Dynamics of changes in the condition of the burn wound in experimental groups

Таким образом, в результате планиметрической оценки была выявлена способность заявленной гидрогелевой основы ускорять заживление ожоговых ран у мышей. Добавление фукоидана к основе улучшало ранозаживляющие свойства гидрогеля. Следовательно, использование гидрогелей для заживления ожоговых ран целесообразно, так как они сохраняют нормальный воздухообмен на поверхности раны и способствуют поддержанию баланса влажности (пересушивание раны замедляет её заживление, а чрезмерная влажность повышает риск инфицирования). Поддержание умеренно влажной среды поверхности раны важно для её заживления, так как способствует росту новых клеток кожи, грануляции и эпителизации тканей. Также процесс ранозаживления ускоряется, если рана очищена, поэтому присутствие фукоидана, обладающего антибактериальной, антивирусной и противовоспалительной активностью, дополняет ранозаживляющие и защитные функции геля.

Выводы

1. Планиметрический метод позволяет объективно мониторировать ранозаживляющий эффект при термических ожогах.

2. Моделирование ожоговых ран контактным способом инициирует весь комплекс патофизиологических процессов, ассоциированных с термической альтерацией тканей.

3. Гидрогель на основе карбоксиметилцеллюлозы и фукоидана показал способность ускорять заживление раны при термическом ожоге.

Вклад авторов / *Contribution of the authors*

В.Н. Котельников – разработка концепции и дизайна исследования; А.А. Климович, Е.А Чингизова, Е.А. Пислягин, И.А. Шперлинг – сбор данных; Е.А. Чингизова – анализ и интерпретация результатов; подготовка и редактирование текста. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

V.N. Kotelnikov – development of the concept and design of the study, A.A. Klimovich, E.A. Chingizova, E.A. Pislyagin, I.A. Shperling – data collection; E.A. Chingizova – analysis and interpretation of results; preparation and editing of text. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Соблюдение этических стандартов / *Compliance with ethical standards*

Вся экспериментальная работа с животными проводилась в соответствии с Европейской директивой 2010/63/ЕС «О защите животных, использующихся для научных целей» и правилами ГОСТ 33044-2014 «Принципы надлежащей лабораторной практики». Исследование было одобрено локальным этическим комитетом Дальневосточного федерального университета (№ 15 от 16 мая 2025 г.).

All experimental work with animals was carried out in accordance with the European Directive 2010/63/EU "On the Protection of Animals used for Scientific Purposes" and the rules of GOST 33044-2014 "Principles of Good Laboratory Practice". The study was approved by the local ethics committee of the Far Eastern Federal University (No. 15, May 16, 2025).

Конфликт интересов / *Conflict of interest*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

Список источников / References

1. Aobuliaximu Y., Zhang J., Dong W., Song F., Dong J., Lu S. The epidemiological characteristic and trends of burns globally. *BMC Public Health*, 2022, no. 22, art. 1596. DOI: https://doi.org/10.1186/s12889-022-13887-2
2. Щепин В.О., Шишкин Е.В. Современные проблемы травматизма в Российской Федерации // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2020. Т. 28, № 5. С. 877–882. DOI: https://doi.org/10.32687/0869-866X-2020-28-5-877-882
   Shchepin V.O., Shishkin E.V. The actual problems of traumatism in the Russian Federation. *Probl Sotsialnoi Gig Zdravookhranenniiai Istor Med.*, 2020, vol. 28, no. 5, pp. 877–882. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32687/0869-866X-2020-28-5-877-882
3. Logsetty S., Shamlou A., Gawaziuk J. P., March J., Doupe M., Chateau D., Hoppensack M., Khan S., Medved M., Leslie W.D., Enns M.W., Stein M.B., Asmundson G.J.G., Sareen J. Mental health outcomes of burn: A longitudinal population-based study of adults hospitalized for burns. *Burns*, 2016, vol. 42, no. 4, pp. 738–744. DOI: https://doi.org/10.1016/j.burns.2016.03.006
4. Медведев Г.В., Родоманова Л.А., Тимирбаева О.Ю., Жогина М.А., Мельникова О.А., Мустафаев А.Ш., Черномырдин Н.А., Панасюк Э.И. Эпидемиология термической травмы кисти у взрослых // Сибирское медицинское обозрение. 2022. № 4. С. 89–97.
   DOI: https://doi.org/10.20333/25000136-2022-4-89-97
   Medvedev G.V., Rodomanova L.A., Timirbaeva O.Yu., Zhogina M.A., Melnikova O.A., Mustafaev A.Sh., Chernomyrdin N.A., Panasyuk E.I. Epidemiology of thermal hand injury in adults. *Siberian Medical Review*, 2022, no. 4, pp. 89–97. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.20333/25000136-2022-4-89-97
5. Тюкавин А.И. Основные аспекты местных патогенетических нарушений при ожогах кожи // Интерактивная наука. 2017. Т. 18, № 8. С. 22–24. DOI: https://doi.org/10.21661/Г-463256
   Tyukavin A.I. Main aspects of local pathogenetic disorders in skin burns. *Interactive Science*, 2017, vol. 18, no. 8, pp. 22–24. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21661/Г-463256
6. Чингизова Е.А., Котельников В.Н., Шперлинг И.А., Гельцер Б.И. Гидрогелевые раневые покрытия из синтетических полимеров: текущее состояние и ближайшие перспективы // Клиническая и фундаментальная медицина. 2025. Т. 1, № 1. С. 5–15.

Chingizova E.A., Kotelnikov V.N., Shperling I.A., Geltser B.I. Hydrogel wound coverings made of synthetic polymers: current status and immediate prospects. *Clinical and Fundamental Medicine*, 2025, vol. 1, no. 1, pp. 5–15. (In Russ.).

7. Andryukov B.G., Besednova N.N., Kuznetsova T.A., Zaporozhets T.S., Ermakova S.P., Zvyagintseva T.N., Chingizova E.A., Gazha A.K., Smolina T.P. Sulfated polysaccharides from marine algae as a basis of modern biotechnologies for creating wound dressings: current achievements and future prospects. *Biomedicines*, 2020, vol. 8, no. 9, art. 301. DOI: https://doi.org/10.3390/biomedicines8090301
8. Kuznetsova T.A., Andryukov B.G., Besednova N.N., Zaporozhets T.S., Kalinin A.V. Marine algae polysaccharides as basis for wound dressings, drug delivery, and tissue engineering: a review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 2020, vol. 8, no. 7, art. 481. DOI: https://doi.org/10.3390/jmse8070481

Информация об авторах / *Information about the authors*

Климович Анна Анатольевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной фармакологии и биомедицины, Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН (Владивосток, Российская Федерация),

✉ annaklim_1991@mail.ru; https://orcid.org/0000-0003-4477-4203

Anna A. Klimovich, *Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Molecular Pharmacology and Biomedicine, Pacific Institute of Bioorganic Chemistry named after G.B. Elyakova FEB RAS (Vladivostok, Russian Federation).*

Чингизова Екатерина Александровна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоиспытаний и механизма действия биологически активных веществ, Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН (Владивосток, Российская Федерация),

✉ martyyas@mail.ru; https://orcid.org/0000-0003-0093-5757

Ekaterina A. Chingizova, *Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Biotesting and the Mechanism of Action of Biologically Active Substances, Pacific Institute of Bioorganic Chemistry named after G.B. Elyakova FEB RAS (Vladivostok, Russian Federation).*

Пислягин Евгений Александрович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоиспытаний и механизма действия биологически активных веществ, Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН (Владивосток, Российская Федерация),

✉ pislyagin@hotmail.com; https://orcid.org/0000-0002-3558-0821

Evgeniy A. Pislyagin, *Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Biotesting and the Mechanism of Action of Biologically Active Substances, Pacific Institute of Bioorganic Chemistry named after G.B. Elyakova FEB RAS (Vladivostok, Russian Federation).*

Котельников Владимир Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, начальник Дальневосточного филиала Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины; профессор клинического департамента Школы медицины и наук о жизни, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Российская Федерация),

✉ kotelnikov.vn@dvfu.ru; https://orcid.org/0000-0001-5830-1322

Vladimir N. Kotelnikov, *Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Far Eastern Branch of the State Research Testing Institute of Military Medicine; Professor of the Clinical Department School of Medicine and Life Sciences, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russian Federation).*

Шперлинг Игорь Алексеевич – доктор медицинских наук, профессор, заместитель начальника научно-исследовательского испытательного центра, Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины (Санкт-Петербург, Российская Федерация),

✉ shperling1@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0002-7029-8602

Igor A. Shperling, *Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Head of the Research Testing Center, State Research Testing Institute of Military Medicine (St. Petersburg, Russian Federation).*

Статья поступила / Received: 25.04.2025.
Одобрена после рецензирования / Revised: 29.04.2025.
Принята к публикации / Accepted: 26.05.2025.