

ISSN 1814-6023 (Print)

ISSN 2524-2350 (Online)

УДК 615.468.21.011.4:[546.57:546.56]:616.5-001.17-092

<https://doi.org/10.29235/1814-6023-2026-23-2-167-176>

Поступила в редакцию 10.03.2026

Received 10.03.2026

А. В. Глуткин¹, В. Г. Богдан²

¹*Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Республика Беларусь*

²*Отделение медицинских наук Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ И АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ СОРБЦИОННОЙ РАНЕВОЙ ПОВЯЗКИ, СОДЕРЖАЩЕЙ СЕРЕБРО И МЕДЬ

Аннотация. В работе представлены результаты экспериментального изучения поглотительной и адсорбционной способности сорбционной раневой повязки, содержащей серебро и медь, производства Республики Беларусь. Установлено, что поглотительная способность исследуемой повязки через 1 и 24 ч нахождения ее в плазме сохраняется стабильной и превосходит в 2,1 раза ($p = 0,000183$) и 1,99 раза ($p = 0,000174$) соответствующие показатели перевязочного материала на основе целлюлозы в указанные сроки. Адсорбционная способность повязки через 24 ч увеличивалась на 18,87 % ($p = 0,005$) по отношению к исходному уровню, что в 4,5 раза ($p = 0,000142$) больше по отношению к значениям контрольного перевязочного материала. Установлено, что заявляемая раневая повязка эффективно сорбирует и удерживает раневую экссудат за счет системы переплетения многочисленных волокон сорбента, объемной капиллярно-пористой структуры и высокого показателя удельной поверхности, что снижает риск мацерации (повреждения) окружающих тканей, поддерживает оптимальную среду для благоприятного заживления ран.

Ключевые слова: раневая повязка, серебро, медь, ожоговая рана, поглотительная способность, адсорбция

Для цитирования: Глуткин, А. В. Экспериментальная оценка поглотительной и адсорбционной способности сорбционной раневой повязки, содержащей серебро и медь / А. В. Глуткин, В. Г. Богдан // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сeryя медыцынскіх навук. – 2026. – Т. 23, № 2. – С. 167–176. <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2026-23-2-167-176>

Aliaksandr V. Hlutkin¹, Vasily G. Bogdan²

¹*Grodno State Medical University, Grodno, Republic of Belarus*

²*Department of Medical Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE ABSORPTION AND ADSORPTION CAPACITY OF A SORPTION WOUND DRESSING CONTAINING SILVER AND COPPER

Abstract. The paper presents the results of an experimental study of the absorption and adsorption capacity of a silver- and copper-containing sorption wound dressing manufactured in the Republic of Belarus. It was found that the absorption capacity of the studied dressing remained stable after 1 and 24 hours of exposure to plasma, and was 2.1 times ($p = 0.000183$) and 1.99 times ($p = 0.000174$) higher than the corresponding indicators of a cellulose-based dressing at the specified time points. The adsorption capacity of the dressing after 24 hours increased by 18.87 % ($p = 0.005$) compared to the initial level. This increase corresponds to a 4.5-fold rise ($p = 0.000142$) compared to the values of the control dressing material. It has been established that the claimed wound dressing effectively absorbs and retains wound exudate due to the interweaving system of numerous sorbent fibers, a voluminous capillary-porous structure, and a high specific surface area, which reduces the risk of maceration (damage) of surrounding tissues and maintains an optimal environment for favorable wound healing.

Keywords: wound dressing, silver, copper, burn wound, absorption capacity, adsorption

For citation: Hlutkin A. V., Bogdan V. G. Experimental evaluation of the absorption and adsorption capacity of a sorption wound dressing containing silver and copper. *Vesti Natsyonal'noi akademii nauk Belarusi. Seryya medytsynskikh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2026, vol. 23, no. 2, pp. 167–176 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2026-23-2-167-176>

Введение. Ожоги – распространенный механизм травматизации у детей, а быстрая и точная оценка состояния ребенка, получившего ожоговую травму, имеет решающее значение для достижения наилучших результатов. Лечение ожогов носит мультимодальный характер, и различные методы не имеют единого клинического мнения, что приводит к тому, что многие области остаются открытыми для исследований [1].

Течение ожоговой раны подчиняется общим закономерностям раневого процесса и последовательно проходит все его классические фазы. Непосредственно после воздействия термического агента манифестирует первая фаза – воспаление, которая в условиях ожоговой травмы характеризуется выраженным изменением структуры клеток и тканей, вызванным нарушением их жизнедеятельности, и обширными микроциркуляторными нарушениями. Первая фаза раневого процесса представляет собой каскад взаимосвязанных стадий, включающих альтерацию, экссудацию и начальную пролиферацию клеточных элементов [2–4].

Альтерация как инициальный этап повреждения ткани обуславливает запуск воспаления. Деструкция клеток и дегрануляция тучных клеток сопровождаются выбросом широкого спектра медиаторов. Ключевую роль играет активация калликреин-кининовой системы, XII фактора свертывания, системы комплемента, а также эффекторных клеток. Базофилы и тромбоциты секретируют вазоактивные амины (гистамин, серотонин); нейтрофилы продуцируют лейкокины; макрофаги – монокины; лимфоциты – лимфокины. Эндотелиоциты, активируясь, инициируют синтез метаболитов арахидоновой кислоты, потенцирующих сосудистую реакцию [2, 5].

Фаза экссудации развивается вторично и реализуется посредством последовательных патофизиологических механизмов. Первично наблюдается кратковременный рефлекторный спазм артериол и прекапилляров, который быстро сменяется стойкой вазодилатацией всех отделов сосудистого русла зоны воспаления. Наибольшей выраженности дилатация достигает в посткапиллярах и венулах, что сопровождается замедлением кровотока, формированием зон стаза и развитием микротромбозов. Параллельно, под воздействием провоспалительных медиаторов, происходит критическое повышение проницаемости сосудистой стенки микроциркуляторного русла, следствием чего является экссудация жидкой части крови и эмиграция форменных элементов с формированием воспалительного клеточного инфильтрата.

Описанные выше молекулярные и микроциркуляторные нарушения в совокупности формируют уникальный фенотип ожоговой раны, характеризующийся гипергидратацией тканей, выраженной плазмореей, наличием зон некроза и высоким риском инфекционных осложнений [2, 5, 6].

Детализация данных патогенетических механизмов имеет принципиальное значение для оптимизации местной терапии ожоговой раны. Понимание последовательности сосудистых реакций и особенностей экссудации позволяет патогенетически обосновать выбор раневых повязок. Необходимость постоянного дренирования обильного раневого отделяемого, предотвращение мацерации окружающих тканей, создание влажной среды без риска вторичного инфицирования и защиты зон микротромбозов от усугубления ишемии – все это определяет приоритетное использование высокоадсорбирующих атравматичных повязок. Подобные перевязочные средства обеспечивают адекватный дренаж и газообмен, не нарушая при этом физиологические процессы клеточной пролиферации и репарации [3, 7, 8].

К традиционным вариантам перевязочных материалов для местного лечения ожоговых ран относят марлевые салфетки, пропитанные антисептиками или мазевыми формами. Основным предназначением данных средств является механическая защита раневой поверхности и абсорбция экссудата. Вместе с тем соответствующие материалы не отвечают современным принципам раневого заживления, а их применение часто сопряжено с травматизацией раны в процессе перевязок и дегидратацией раневого ложа [9].

Правильный выбор раневых изделий позволяет ускорить процессы регенерации, снизить риск развития инфекции, травматизации, сократить количество перевязок и сроки нахождения в стационаре, минимизировать образование рубца и сохранить функцию поврежденной части тела, улучшить качество жизни пациентов [10].

В настоящее время не существует универсальной раневой повязки, которую можно было бы использовать с первых минут от момента ожогового повреждения до окончания заживления. На стадии обильной экссудации целесообразно применение сорбционных повязок, задачей которых является эффективное впитывание раневого отделяемого, которое является хорошей питательной средой для активного размножения бактерий, что может приводить к инфицированию ожоговой поверхности. Сорбционные раневые повязки создают умеренную влажную

среду, поглощают избыток экссудата, снижают бактериальную обсемененность и защищают рану от внешних воздействий и загрязнения, препятствуют обратной сорбции бактерий и токсинов [10–12].

В современных публикациях подтверждается приоритет критерия сорбционной способности современных раневых покрытий, который, как правило, становится ключевым параметром для дифференциации продуктов в рамках одной товарной группы. Данная характеристика определяет важные клинические исходы, включая продолжительность ношения повязки, уровень гидратации раневого ложа, риск развития мацерации окружающих тканей и частоту перевязок, а указанные факторы, в свою очередь, оказывают влияние на общую стоимость лечения. Учитывая разнообразие доступных материалов и технологий, исследование сорбционной способности представляет собой актуальную задачу, способствующую улучшению качества ухода за ранами и оптимизации клинических результатов [13].

Целлюлоза является наиболее распространенным биополимером в природе, который считается перспективным в качестве основы для раневых повязок из-за своей хорошей структуры и механической стабильности. Они создают условия для увлажнения области вокруг раны, поглощают избыток экссудата, обладают биосовместимостью, низкой токсичностью, структурным сходством с внеклеточной матрицей, а добавление в повязку активных элементов помогает ускорить заживление ран с помощью антимикробных и антиоксидантных механизмов [3].

Учитывая вышеизложенное, разработка и производство отечественных медицинских изделий – перевязочных материалов, отвечающих современным требованиям, является актуальной научной и практической задачей.

Цель работы – оценка в эксперименте поглотительной и адсорбционной способности отечественной сорбционной раневой повязки, содержащей серебро и медь.

Материал и методы исследования. Экспериментальная часть работы выполнена на базе научно-исследовательской лаборатории Гродненского государственного медицинского университета. Проведено сравнительное изучение поглотительной и адсорбционной способности сорбционной раневой повязки, содержащей серебро и медь, и марли медицинской целлюлозной (контроль).

Сорбционная раневая повязка, содержащая серебро и медь, соответствовала ТУ ВУ 100144378.007-2021 (регистрационное удостоверение № ИМ-7.110814, производство – Республика Беларусь).

Марля медицинская представляет собой легкую гигроскопичную хлопчатобумажную ткань простого полотняного плетения и производится специально для медицинских целей как основа для перевязочных материалов (бинты, салфетки, повязки, тампоны). Марля медицинская по поверхностной плотности соответствовала ГОСТ 9412-2021¹.

Структуру раневой повязки исследовали с помощью электронной микроскопии. Полутонкие срезы (толщина – около 350 нм) изготавливали на ультрамикротоме MT-7000 (RMC, США) и вырезали лезвием необходимые для изучения участки. Ультратонкие срезы (толщина – около 35 нм) изготавливали на этом же приборе, собирали на опорные сеточки. Полученные препараты изучали под электронным микроскопом JEM-1011 (JEOL, Япония), фотографировали цифровой камерой Olympus MegaView III (Olympus Soft Imaging Solutions, Германия).

Для исследования поглотительной и адсорбционной способности в каждой группе было подготовлено по 10 одинаковых образцов материала (0,1 г). Массу образцов определяли путем их взвешивания на аналитических весах.

Для оценки поглотительной способности навески испытуемых материалов массой 0,1 г выдерживали в плазме в соотношении 1 : 100 при температуре 17–20 °С в течение 1 и 24 ч. По разнице массы образцов до и после сорбции определяли первое значение – процент привеса, который считали поглотительной способностью [14, 15].

Для определения адсорбционной способности после взвешивания образцы помещали в специально разработанное устройство [16], состоящее из внешней полой цилиндрической емкости

¹ Марля медицинская. Общие технические условия: ГОСТ 9412-2021. – Взамен ГОСТ 9412-93; введ. 01.01.2023. – Мн.: Госстандарт: Бел. ин-т стандартизации и сертификации, 2022. – III, 12 с.

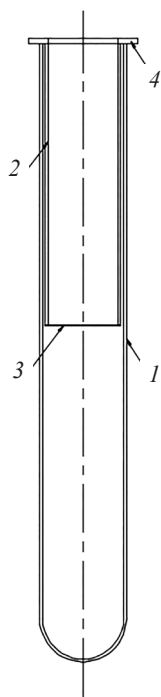


Рис. 1. Устройство для определения адсорбционной способности исследуемого материала: 1 – полая цилиндрическая емкость; 2 – внутренний незамкнутый металлический цилиндр; 3 – металлическая сетка; 4 – опорное кольцо

Fig. 1. Device for determining the adsorption capacity of the test material: 1 – hollow cylindrical container; 2 – inner open metal cylinder; 3 – metal mesh; 4 – support ring

с полукруглым дном и внутреннего незамкнутого металлического цилиндра, имеющего дно в виде металлической сетки снизу (рис. 1), и центрифугировали в течение 45 мин.

По разнице массы образцов до сорбции и после центрифугирования определяли процент привеса, что являлось адсорбционной способностью [14].

Статистический анализ выполняли с использованием программы Statistica 10.0. Для проверки гипотезы о нормальности распределения признака применялся критерий Шапиро – Уилка. При распределении, отличающемся от нормального, данные репрезентированы в виде: $Me (25\%_0-75\%_0)$, где Me – медиана, $(25\%_0-75\%_0)$ – (25 перцентиль–75 перцентиль). При попарном сравнении независимых выборок применялся критерий Манна – Уитни, при сравнении зависимых выборок – критерий Вилкоксона. За уровень статистической значимости принимали значение $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Предлагаемая сорбционная раневая повязка, содержащая серебро и медь, состоит из двух слоев. Наружный – ламинированный слой, представляет собой полипропилен, на котором имеются перфорационные отверстия для контакта с воздухом, импрегнированный смесью серебра и меди. Внутренний – мягкий влагопитывающий атравматичный слой, состоящий из прессованной натуральной древесной целлюлозы с волокнами суперабсорбента из

расчета $5\,000\text{ г/м}^2$, благодаря которому происходит быстрое впитывание и удержания экссудата и безболезненное удаление повязки из раны. Внутренний слой импрегнирован смесью серебра и меди (частицы равномерно распределяются на повязке) (рис. 2).

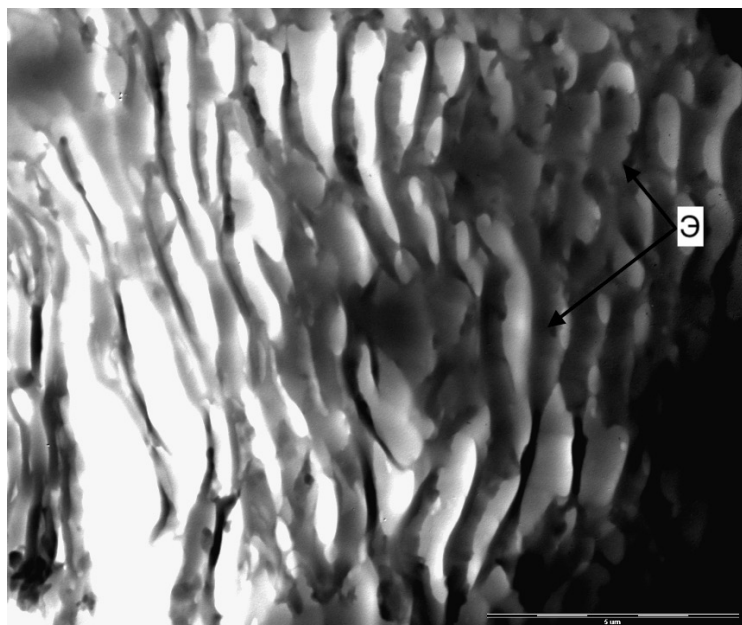


Рис. 2. Сорбционная раневая повязка, содержащая серебро и медь. Э – элементы серебра и меди. Увеличение – $\times 50\,000$.
Электроннограмма

Fig. 2. Sorption wound dressing containing silver and copper. Э – silver and copper elements. Magnification – $\times 50,000$.
Electron diffraction pattern

При максимальном впитывании внутренней влаговпитывающий слой сохраняет четкие границы краев повязки за счет верхнего ламинирующего полипропиленового слоя на протяжении длительного ее нахождения на ране и поддерживает оптимальную влажную среду. Наличие слоя, обработанного смесью элементов серебра и меди, предотвращает инфицирование раневой поверхности, что влияет на ее положительное заживление. Повязка не деформируется от экссудата, удерживает его внутри и обеспечивает только вертикальный дренаж, не теряет эстетичный вид.

Поглотительная способность в исследуемой группе через 1 ч нахождения в плазме была в 2,1 раза больше ($p = 0,000183$) по отношению к контролю (табл. 1). Через 24 ч поглотительная способность внутри каждой группы изменялась незначительно: в исследуемой группе – на 0,54 % ($p > 0,05$), в контрольной – на 6,82 % ($p > 0,05$).

Т а б л и ц а 1. Характеристика поглотительной способности исследуемых изделий
Table 1. Characteristics of the absorption capacity of the studied products

Повязки медицинские	Временной промежуток	
	1 ч	24 ч
Повязка сорбционная, содержащая серебро и медь	1 860 [1 830; 1 880]*	1 870 [1 860; 1 910]*
Марля медицинская (контроль)	880 [860; 900]	940 [920; 950]

П р и м е ч а н и е. * – достоверная разница по отношению контролю.

Вместе с тем через 24 ч значение показателя поглотительной способности нахождения в плазме сорбционной повязки, содержащей серебро и медь, было в 1,99 раз выше ($p = 0,000174$) по отношению к контролю (марля медицинская).

Адсорбционная способность через 1 ч в исследуемой группе составила 530 [520; 540] %, что на 278,6 % ($p = 0,000142$) больше, чем при использовании марли медицинской – 140 [140; 150] % соответственно (рис. 3).

Через 24 ч адсорбционная способность в контрольной группе не увеличивалась, тогда как для сорбционной повязки установлен рост показателя на 18,9 % ($p = 0,005$). При сравнительном

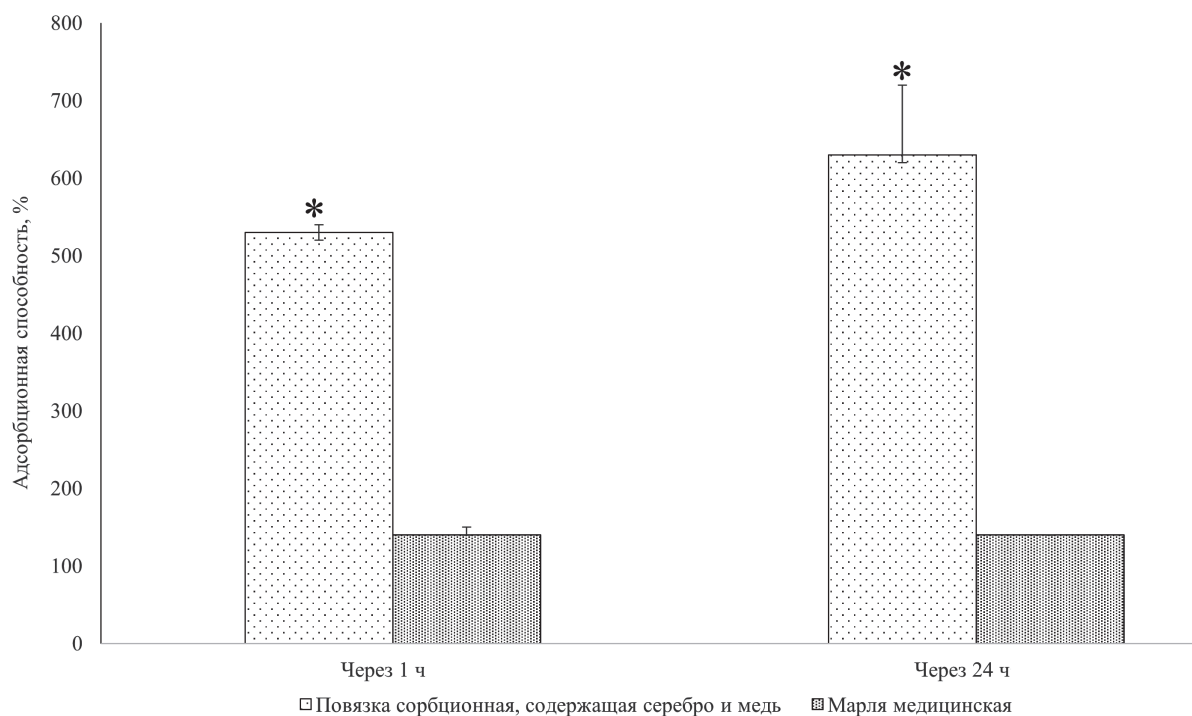


Рис. 3. Адсорбционная способность медицинских изделий через 1 и 24 ч (* – достоверная разница по отношению к марле медицинской)

Fig. 3. Adsorption capacity of medical devices after 1 and 24 hours (* – significant difference in relation to medical gauze)

анализе адсорбционная способность через 24 ч в исследуемой группе составила 630 [630; 720] %, что в 4,5 раза ($p = 0,000142$) больше по отношению к контролю (марля медицинская) – 140 [140; 140] % соответственно.

Известно, что марля, несмотря на такие очевидные преимущества, как простота и доступность, имеет ряд недостатков, которые могут негативно влиять на заживление раны: возможность наличия остатков волокон в ране, что может привести к развитию воспалительного процесса, характерная для марлевых повязок высокая влажность, которая способствует не только потере тепла, но и увеличению риска бактериальной контаминации раневой поверхности. Также высохшая марля обладает адгезивными свойствами, что может приводить к травматизации тканей при удалении повязки и вызывать болезненные ощущения у пациента [13, 17–19].

Нами также было установлено, что марля медицинская после центрифугирования в течение 1 и 24 ч максимально «теряла» привес за счет «возвращения» абсорбированной плазмы в 6 и 6,71 раза соответственно. Соотношение показателей поглотительной и адсорбционной способности у исследуемой повязки составило 3,5 и 2,97 раза соответственно, что демонстрирует хорошее удержание биологической жидкости в материале.

В литературе представлено незначительное количество работ, посвященных изучению поглотительной и адсорбционной способности раневых повязок.

Так, А. И. Ославским с соавт. [20] проведено изучение поглотительной и адсорбционной способности медицинской марли, медицинского активированного углеволокнистого тканого сорбента марки АУТ-М2, углеволокнистого тканого сорбента «Бусофит», углеволокнистого нетканого сорбента «Карбопон-В-Актив» по отношению к желчи, моче, плазме и к инфицированной плазме. Установлено, что углеволокнистые сорбенты по продолжительности сорбции биологических жидкостей значительно превосходят стандартные перевязочные средства из марли медицинской, сорбционные свойства которой сохраняются только в течение 5 мин, а у углеволокнистых сорбентов – до 7 ч. Важно отметить: в данном исследовании выявлено, что при изучении поглотительной и адсорбционной способности перевязочных материалов по отношению к инфицированной плазме не обнаружено достоверных различий исследуемых углеволокнистых сорбентов по сравнению с неинфицированной плазмой [20].

При сравнительном изучении поглотительной и адсорбционной способностей, удельной площади поверхности раневой адсорбирующей повязки на основе наноструктурированного графита по отношению к другим перевязочным средствам (марля медицинская (Melolin, Великобритания); Torper (США); Comprigel (Германия); Medicomp Extra (Германия); материалы естественного происхождения на основе морских водорослей – «Альгипор-М» (Россия), коллагена – «Комбутек-2» (Россия), искусственного происхождения – Sys-pur derm (Германия); Steripore (Германия); TenderWet (Германия); DuoDERM (США); Ypsisan (Германия); MediSet (Германия); ALU-TEX (Германия); ETE (Германия); Standard (Дания), углеродные материалы – «Ваулен» (Беларусь) и АУТ-М (Украина)) выявлено, что при хороших показателях поглотительной способности раневые повязки обладают сравнительно невысокой адсорбционной способностью, за исключением препаратов монокарбоксицеллюлозы, адсорбирующих повязок Urgosorb и повязок на основе графита. При этом наибольшей удельной поверхностью обладают углеродные материалы [21].

В экспериментальном исследовании, проведенном в 2012 г. J. A. Fulton et al. [13], сравнивалась абсорбирующая способность различных типов повязок для ран (Tegaderm Alginate, Tegaderm Foam, Tegasorb Hydrocolloid (3M Health Care, Saint Paul, Minnesota); Biopad Collagen, Silverlon Calcium Alginate (Argentum Medical, LLC, Geneva, Illinois); Biatain Foam, Comfeel Plus Ulcer Dressing, Contreet Foam, Contreet Hydrocolloid, Seasorb, Seasorb Ag (Coloplast Corporation, Minneapolis, Minnesota); Aquacel Hydrofiber, DuoDERM CGF, DuoDERM Extra Thin, Kaltostat (Convatec Inc., Skillman, New Jersey); Conform, Curasorb Calcium Alginate, Curity, Kerlix, Tendersorb Wet-Pruf ABD (Covidien, Mansfield, Massachusetts); Algidex Ag, Kalginate, Multipad, Polyderm, Sof-sorb (DeRoyal Industries, Powell, Tennessee); PolyMem MAX, PolyMem Silver (Ferris Manufacturing Corporation, Burr Ridge, Illinois); Hydrofera Blue (Healthpoint, Ltd, Fort Worth, Texas); Restore Foam

(Hollister Wound Care, LLC, Libertyville, Illinois); Invacare Aquafiber, Invacare Calcium Alginate, Invacare Silver Alginate (Invacare Supply Group, Milford, Massachusetts); Exuderm OdorShield, Maxorb Extra, Maxorb Extra Ag, Optifoam, Optifoam Ag, Puracol Plus Ag (Medline Industries, Inc., Mundelein, Illinois); Melgisorb, Melgisorb Ag, Mepilex, Mepilex Ag (Mölnlycke Health Care US, LLC, Norcross, Georgia); Algisite M, Allevyn Foam, Allevyn Ag, Biostep Ag, ColActive, ColActive Ag (Smith & Nephew, Inc., Saint Petersburg, Florida); and Promogran, Promogran Prisma, SilverCel (Systagenix Wound Management, Warren, New Jersey) и был сделан вывод о том, что коллагеновые и альгинатные повязки являются наиболее абсорбирующими [13].

В работе E. Salmerón-González et al. [22] абсорбционную способность раневых повязок (полиуретановые пены, гидроколлоиды, гидроволокна и альгинаты (Biatain Ag, Mepilex, Mepilex Ag, Mepilex border, Allevyn, Aquacel Ag, Mepilex transfer, Biatain alginate, Kendall alginate, Comfeel)) определяли путем принудительного прохождения 20 мл 0,9%-го раствора NaCl через участок каждой повязки размером 4 × 4 см в течение 10 мин при скорости 120 мл/ч. Полиуретановые пены показали более высокую абсорбционную способность, чем альгинаты и гидроколлоиды, однако в данном исследовании использовалась не белковая жидкость, а изотонический раствор [22].

В лечении кожных ран в стационарных и амбулаторных условиях раневые повязки остаются необходимыми изделиями, которые могут использоваться в комплексном подходе и как самостоятельные средства [12], поскольку для профилактики резорбции в организм токсичных продуктов распада некротических тканей в фазу обильной экссудации требуется дебридмент раны с целью удаления экссудата [10].

Данные, полученные в наших исследованиях, демонстрируют эффективность разработанной раневой повязки, содержащей серебро и медь, как современного раневого покрытия, обладающего хорошей поглотительной способностью (дренирование раневого отделяемого). Высокая адсорбционная способность исследуемой раневой повязки обеспечивается эффективной фиксацией сорбентом поглощенного раневого экссудата, которая сохраняется в течение 24 ч, что очень важно для уменьшения количества перевязок и предотвращения десорбции раневого отделяемого. Наличие содержания серебра и меди на волокнах исследуемого покрытия позволяет при фиксации раневого отделяемого повязкой предотвращать развитие вегетирования микрофлоры в ране.

Экспериментальное определение показателей поглотительной и адсорбционной способности раневых покрытий формирует объективную основу для выбора перевязочных средств. Руководство верифицированными данными позволяет минимизировать риски осложнений раневого процесса (экссудация, мацерация, гипергидратация), что напрямую коррелирует с повышением эффективности лечения, оптимизацией экономических затрат и является ключевым условием для персонализированного подхода в хирургии.

Заключение. Таким образом, установлено, что поглотительная способность сорбционной повязки, содержащей серебро и медь, при ее нахождении в плазме через 1 и 24 ч выше в 2,1 раза ($p = 0,000183$) и в 1,99 раза ($p = 0,000174$) соответствующих показателей перевязочного материала на основе марли медицинской. Адсорбционная способность повязки через 1 и 24 ч по отношению к марле медицинской больше на 278,6 % ($p = 0,000142$) и в 4,5 раза ($p = 0,000142$) соответственно. Как показали результаты проведенного экспериментального исследования, заявляемая раневая повязка по сравнению с марлей медицинской удерживает экссудат (плазму) за счет системы переплетения многочисленных волокон сорбента и высокого показателя удельной поверхности, что приводит к поглощению и сохранению экссудата в повязке, снижает риск мацерации (повреждения) окружающих тканей, поддерживает влажную среду раны для благоприятного заживления. Разработанная современная раневая повязка, обладающая выраженной поглотительной и адсорбционной способностью, может быть рекомендована для лечения ожоговых ран.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Partain, K. P. Pediatric burn care: new techniques and outcomes / K. P. Partain, R. Fabia, R. K. Thakkar // *Current Opinion in Pediatrics*. – 2020. – Vol. 32, N 3. – P. 405–410. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000902>
2. Лавров, В. А. Молекулярные механизмы воспаления у ожоженных / В. А. Лавров // *Комбустиология*. – 2003. – № 15. – URL: <http://combustiolog.ru/journal/molekulyarny-e-mehanizmu-vospaleniya-u-obozhzhenny-h/> (дата обращения: 10.01.2026).
3. Three-Dimensional Printed Cellulose for Wound Dressing Applications / F. Fahma, A. Firmanda, J. Cabral [et al.] // *3D Printing and Additive Manufacturing*. – 2023. – Vol. 10, N 5. – P. 1015–1035. <https://doi.org/10.1089/3dp.2021.0327>
4. Burns: Classification, Pathophysiology, and Treatment: A Review / W. Żwieręło, K. Piorun, M. Skórka-Majewicz [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2023. – Vol. 24, N 4. – Art. 3749. <https://doi.org/10.3390/ijms24043749>
5. Burn injury / M. G. Jeschke, M. E. van Baar, M. A. Choudhry [et al.] // *Nature Reviews Disease Primers*. – 2020. – Vol. 6, N 1. – Art. 11. <https://doi.org/10.1038/s41572-020-0145-5>
6. Burn Wound Healing: Clinical Complications, Medical Care, Treatment, and Dressing Types: The Current State of Knowledge for Clinical Practice / A. Markiewicz-Gospodarek, M. Koziół, M. Tobiasz [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2022. – Vol. 19, N 3. – Art. 1338. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031338>
7. Dobson, G. P. Pathophysiology of Severe Burn Injuries: New Therapeutic Opportunities From a Systems Perspective / G. P. Dobson, J. L. Morris, H. L. Letson // *Journal of Burn Care and Research*. – 2024. – Vol. 45, N 4. – P. 1041–1050. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irac049>
8. The development of a core outcome set for clinical effectiveness studies of bordered foam dressings in the treatment of complex wounds / C. Raepsaet, P. Alves, B. Cullen [et al.] // *Journal of Tissue Viability*. – 2023. – Vol. 32, N 3. – P. 430–436. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2023.04.008>
9. Разработка раневых покрытий для регенеративной медицины / И. С. Кудряшова, П. А. Марков, Е. Ю. Костромина [и др.] // *Вестник восстановительной медицины*. – 2021. – Т. 20, № 6. – С. 84–95.
10. Skin Wound Healing Process and New Emerging Technologies for Skin Wound Care and Regeneration / E. M. Tottoli, R. Dorati, I. Genta [et al.] // *Pharmaceutics*. – 2020. – Vol. 12, N 8. – Art. 735. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12080735>
11. Commercial wound dressings for the treatment of exuding wounds: an in-depth physico-chemical comparative study / M. Minsart, S. Van Vlierberghe, P. Dubruel, A. Mignon // *Burns and Trauma*. – Vol. 10. – Art. tkac024. <https://doi.org/10.1093/burnst/tkac024>
12. Wound dressings: Current advances and future directions / E. R. Ghomi, Sh. Khalili, S. N. Khorasani [et al.] // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2019. – Vol. 136, N 27. – Art. 47738. <https://doi.org/10.1002/app.47738>
13. Wound Dressing Absorption: A Comparative Study / J. A. Fulton, K. N. Blasiole, T. Cottingham [et al.] // *Advances in Skin and Wound Care*. – 2012. – Vol. 25, N 7. – P. 315–320. <https://doi.org/10.1097/01.asw.0000416003.32348.e0>
14. Абаев, Ю. К. Хирургическая повязка / Ю. К. Абаев. – Мн.: Беларусь, 2005. – 149 с.
15. Перспективы абсорбирующей повязки на основе наноструктурированного графита на рынке перевязочных средств России / В. М. Воробьев, А. В. Штейнле, А. В. Ратькин [и др.] // *Бюллетень сибирской медицины*. – 2010. – Т. 9, № 5. – С. 173–179.
16. Полезная модель ВУ13886, МПК А 61J 1/00 (2006.01). Устройство для определения адсорбционной способности исследуемого материала: № у 20250220: заявлено 06.10.2025: опубл. 05.01.2026 / Глуткин А. В., Богдан В. Г., Савчук С. В., Лукьянюк А. В. // *Официальный бюллетень. Полезные модели*. – 2026. – № 1. – URL: <https://publish.ncip.by/index.php?bul=inv&pref=mod&page=2&year=2026&publ=2026-01-05T00:00:00Z&num=1> (дата обращения: 10.10.2026).
17. Wound Healing Dressings and Drug Delivery Systems: A Review / J. S. Boateng, K. H. Matthews, H. N. E. Stevens, G. M. Eccleston // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2008. – Vol. 97, N 8. – P. 2892–2923. <https://doi.org/10.1002/jps.21210>
18. Modern Wound Dressings: Hydrogel Dressings / V. Brumberg, T. Astrelina, T. Malivanova, A. Samoilov // *Biomedicines*. – 2021. – Vol. 9, N 9. – Art. 1235. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9091235>
19. Emerging treatment strategies in wound care. / M. Mirhaj, S. Labbaf, M. Tavakoli, A. M. Seifalian // *International Wound Journal*. – 2022. – Vol. 19, N 7. – P. 1934–1954. <https://doi.org/10.1111/iwj.13786>
20. Ославский, А. И. Поглощительная и адсорбционная способности углеволокнистых сорбентов к биологическим жидкостям / А. И. Ославский, С. М. Смотрин // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. – 2012. – Т. 3, № 39. – С. 25–28.
21. Сорбционные свойства раневой повязки на основе наноструктурированного графита / П. С. Постников, К. В. Кутонова, В. И. Мазин, А. В. Штейнле // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. – 2010. – № 5. – С. 189–191.
22. Absorption Capacity of Wound Dressings: A Comparative Experimental Study / E. Salmerón-González, E. García-Vilariño, A. Ruiz-Cases [et al.] // *Plastic Surgical Nursing*. – 2018. – Vol. 38, N 2. – P. 73–75. <https://doi.org/10.1097/psn.0000000000000218>

References

1. Partain K. P., Fabia R., Thakkar R. K. Pediatric burn care: new techniques and outcomes. *Current Opinion in Pediatrics*, 2020, vol. 32, no. 3, pp. 405–410. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000902>

2. Lavrov V. A. Molecular mechanisms of inflammation in burn victims. *Combustiology*, 2003, no. 15. Available at: <http://combustiology.ru/journal/molekulyarny-e-mehanizmy-vozpалeniya-u-obo-zhzhenny-h/> (accessed 10.01.2026) (in Russian).
3. Fahma F., Firmanda A., Cabral J., Pletzer D., Fisher J., Mahadik B., Arnata I. W., Sartika D., Wulandari A. Three-Dimensional Printed Cellulose for Wound Dressing Applications. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 2023, vol. 10, no. 5, pp. 1015–1035. <https://doi.org/10.1089/3dp.2021.0327>
4. Żwiereko W., Piorun K., Skórka-Majewicz M., Maruszewska A., Antoniewski J., Gutowska I. Burns: Classification, Pathophysiology, and Treatment: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, vol. 24, no. 4, art. 3749. <https://doi.org/10.3390/ijms24043749>
5. Jeschke M. G., van Baar M. E., Choudhry M. A., Chung K. K., Gibran N. S., Logsetty S. Burn injury. *Nature Reviews Disease Primers*, 2020, vol. 6, no. 1, art. 11. <https://doi.org/10.1038/s41572-020-0145-5>
6. Markiewicz-Gospodarek A., Koziol M., Tobiasz M., Baj J., Radzikowska-Büchner E., Przekora A. Burn Wound Healing: Clinical Complications, Medical Care, Treatment, and Dressing Types: The Current State of Knowledge for Clinical Practice. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, vol. 19, no. 3, art. 1338. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031338>
7. Dobson G. P., Morris J. L., Letson H. L. Pathophysiology of Severe Burn Injuries: New Therapeutic Opportunities From a Systems Perspective. *Journal of Burn Care and Research*, 2024, vol. 45, no. 4, pp. 1041–1050. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irac049>
8. Raepsaet C., Alves P., Cullen B., Gefen A., Lázaro-Martínez J. L., Lev-Tov H., Najafi B., Santamaria N., Sharpe A., Swanson T., Woo K., Beeckman D. The development of a core outcome set for clinical effectiveness studies of bordered foam dressings in the treatment of complex wounds. *Journal of Tissue Viability*, 2023, vol. 32, no. 3, pp. 430–436. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2023.04.008>
9. Kudryashova I. S., Markov P. A., Kostromina E. Yu., Eremin P. S., Rachin A. P., Gil'mutdinova I. R. Development of Wound Dressing for Regenerative Medicine. *Vestnik vosstanovitel'noi meditsiny = Bulletin of Rehabilitation Medicine*, 2021, vol. 20, no. 6, pp. 84–95 (in Russian).
10. Tottoli E. M., Dorati R., Genta I., Chiesa E., Pisani S., Conti B. Skin Wound Healing Process and New Emerging Technologies for Skin Wound Care and Regeneration. *Pharmaceutics*, 2020, vol. 12, no. 8, art. 735. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12080735>
11. Minsart, M., Van Vlierberghe S., Dubrue P., Mignon A. Commercial wound dressings for the treatment of exuding wounds: an in-depth physico-chemical comparative study. *Burns and Trauma*, 2022, vol. 10, art. tkac024. <https://doi.org/10.1093/burnst/tkac024>
12. Ghomi E. R., Khalili Sh., Khorasani S. N., Neisiany R. E., Ramakrishna S. Wound dressings: current advances and future directions. *Journal of Applied Polymer Science*, 2019, vol. 136, no. 27, art. 4773. <https://doi.org/10.1002/app.47738>
13. Fulton J. A., Blasiolo K. N., Cottingham T., Tornero M., Graves M., Smith L. G., Mirza S., Mostow E. N. Wound Dressing Absorption: A Comparative Study. *Advances in Skin and Wound Care*, 2012, vol. 25, no. 7, pp. 315–320. <https://doi.org/10.1097/01.asw.0000416003.32348.e0>
14. Abaev Yu. K. *Surgical dressing*. Minsk, Belarus' Publ., 2005. 149 p. (in Russian).
15. Vorob'ev V. M., Shteinle A. V., Rat'kin A. V., Khandorin G. P., Khasanov O. L., Dubov G. I., Mazin V. I., Solodkova T. V., Ryazantseva N. V., Chechina O. E., Shteinle L. A. The outlooks for the adsorbent dressing based on nanostructural graphite on the bandage market of Russia. *Byulleten' sibirskoi meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine*, 2010, vol. 9, no. 5, pp. 173–179 (in Russian).
16. Glutkin A. V., Bogdan V. G., Savchuk S. V., Luk'yanyuk A. V. Utility model BY13886, MPK A 61J 1/00 (2006.01). Device for determining the adsorption capacity of a test material: № u 20250220: declared 06.10.2025: published 05.01.2026. *Official Bulletin. Utility Models*, 2026, no. 1. Available at: <https://publish.ncip.by/index.php?bul=inv&pref=mod&page=2&year=2026&publ=2026-01-05T00:00:00Z&num=1> (accessed 10.01.2026) (in Russian).
17. Boateng J. S., Matthews K. H., Stevens H. N. E., Eccleston G. M. Wound Healing Dressings and Drug Delivery Systems: A Review. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2008, vol. 97, no. 8, pp. 2892–2923. <https://doi.org/10.1002/jps.21210>
18. Brumberg V., Astrelina T., Malivanova T., Samoilo A. Modern Wound Dressings: Hydrogel Dressings. *Biomedicines*, 2021, vol. 9, no. 9, art. 1235. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9091235>
19. Mirhaj M., Labbaf S., Tavakoli M., Seifalian A. M. Emerging treatment strategies in wound care. *International Wound Journal*, 2022, vol. 19, no. 7, pp. 1934–1954. <https://doi.org/10.1111/iwj.13786>
20. Oslavskii A. I., Smotrin S. M. Absorbitive and adsorbitive capacities of carbon absorbent materials to biological fluids. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Journal of the Grodno State Medical University], 2012, vol. 3, no. 39, pp. 25–28 (in Russian).
21. Postnikov P. S., Kutonova K. V., Mazin V. I., Shteinle A. V. Sorption properties of nanostructured graphite-based wound dressing. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences], 2010, no. 5, pp. 189–191 (in Russian).
22. Salmerón-González E., García-Vilariño E., Ruiz-Cases A., Sánchez-García A., García-Sánchez J. Absorption Capacity of Wound Dressings: A Comparative Experimental Study. *Plastic Surgical Nursing*, 2018, vol. 38, no. 2, pp. 73–75. <https://doi.org/10.1097/psn.0000000000000021>

Информация об авторах

Глуткин Александр Викторович – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры детской хирургии. Гродненский государственный медицинский университет (ул. Горького, 80, 230009, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: glutkinalex@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-2058-7174>

Богдан Василий Генрихович – д-р мед. наук, профессор, академик-секретарь. Отделение медицинских наук НАН Беларуси (пр. Независимости, 66, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: medic@presidium.bas-net.by. <https://orcid.org/0000-0001-7849-6497>

Information about the authors

Aliaksandr V. Hlutkin – Ph. D. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pediatric Surgery. Grodno State Medical University (80, Gorkogo Str., 230009, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: glutkinalex@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2058-7174>

Vasily G. Bogdan – D. Sc. (Med.), Professor, Academician-Secretary of the Department of Medical Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus (66, Nezavisimosti Ave., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: medic@presidium.bas-net.by. <https://orcid.org/0000-0001-7849-6497>