

РАНЕВЫЕ ПОКРЫТИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

¹Парамонов Б.А., ¹Чмырёв И.В., ¹Хоанг Х.Т., ¹Савинков И.Ю.

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова», Санкт-Петербург,
e-mail: huytoanhoang@gmail.com

Целью настоящего обзора является обсудить тенденцию развития современных раневых покрытий, их структурные характеристики и особенности применения в практике лечения трофических язв и ожогов. При проведении анализа использовали информационно-поисковые и электронные библиотечные базы данных (eLIBRARY, PubMed, Scopus, Scholar Google, ResearchGate и CINAHL за временной интервал с 2000 по 2025 гг.); архивы журналов «Wound Repair and Regeneration» и «Advances in Wound Care» (с 1994 по 2025 гг.); патентно-информационные базы (freepatent.ru, ntpo.com, fips.ru). В ходе исследования были проанализированы 68 источников, 47 из них были включены в список литературы. В обзоре рассматриваются терминология, классификация и современное состояние рынка перевязочных средств для местного лечения ран, в частности раневых покрытий. Также обсуждаются их состав, структурные особенности и возможности применения в лечении трофических язв и ожогов. На сегодняшний день в медицине существует огромное количество различных видов перевязочных материалов и раневых покрытий, и их число продолжает расти. Это связано со стремлением улучшить результаты местного лечения различных видов ран. В первую очередь, это касается сложных длительно незаживающих ран, среди которых основное место занимают трофические язвы, а также в меньшей степени – ожоги. Современные раневые покрытия отличаются множеством параметров. Они могут быть изготовлены из различных природных и синтетических полимеров, нередко представляют собой сложные композиции, включающие лекарственные вещества. Это значительно расширяет лечебные возможности и улучшает результаты лечения трофических язв и ожогов. Однако остается много теоретических и практических вопросов, для решения которых необходимо продолжать разработку и совершенствование средств местного лечения.

Ключевые слова: местное лечение; раны, ожоги; перевязочный материал; полимерные материалы; раневое покрытие; трек мембраны.

WOUND DRESSINGS: MODERN FEATURES AND APPLICATION OPPORTUNITIES

¹Paramonov B.A., ¹Chmyrev I.V., ¹Hoang H.T., ¹Savinkov I.Yu.

¹Kirov Military medical academy, Saint-Petersburg, e-mail: huytoanhoang@gmail.com

The aim of this review is to discuss the trends in the development of modern wound dressings, their structural characteristics, and features of their application in the practice of treating wounds and burns. The analysis utilized information retrieval and library databases (eLIBRARY, PubMed, Scopus, Google Scholar, ResearchGate, and CINAHL) covering the period from 2000 to 2025; archives of the journals “Wound Repair and Regeneration” and “Advances in Wound Care” (from 1994 to 2025); and patent databases (freepatent.ru, ntpo.com, fips.ru). During the study, 68 sources were analyzed, 47 of them were included in the list of references. The review discusses the terminology, classification, and current state of the market for wound dressings used in local wound treatment, particularly wound coverings. It also covers their composition, structural features, and potential applications in the treatment of trophic ulcers and burns. Today, there is a vast variety of wound dressings and coverings available in medicine, and their number continues to grow. This is due to the ongoing efforts to improve the results of local treatment for different types of wounds. Primarily, this concerns complex «slow-healing wounds», among which trophic ulcers occupy a central place, along with burns to a lesser extent. Modern wound coverings vary across numerous parameters. They can be made from different natural and synthetic polymers, often representing complex compositions that include active medicinal substances. This significantly expands therapeutic possibilities and improves the treatment outcomes for trophic ulcers and burns. However, many theoretical and practical questions remain, and the development and improvement of local treatment methods need to continue.

Keywords: local treatment; wounds, burns; dressing material; polymeric materials; wound dressing; wound coverage; track membranes.

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно примерно 11 млн человек обращаются за медицинской помощью по поводу ожогов кожи, из которых летальным исходом заканчиваются около 180 тысяч случаев [1]. В России, согласно данным Росстата за 2022 год, ожоги занимают седьмое место среди всех видов травм, составляя 1,6% от их общего количества. Это число соответствует более чем 300 тысячам пострадавших ежегодно [2]. Термическая травма сопровождается большим количеством осложнений (местных и общих, ранних и отдаленных). Исходом травмы являются рубцовые деформации различной степени выраженности, требующие выполнения реконструктивных операций [3, с. 455; 4, с. 199; 5].

В зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия повреждения могут иметь разную глубину. Так называемые поверхностные ожоги (I–IIA степени) способны заживать самостоятельно и нуждаются только в местном консервативном лечении. Для этого существует много средств (растворы антисептиков; мазевые препараты; раневые покрытия), которые должны применяться исходя из фазы раневого процесса и клинической картины. В случае глубоких ожогов возникает необходимость выполнения операций, которые условно можно разделить на два типа: удаление омертвевших тканей и оперативное восстановление кожного покрова. При выполнении аутодермопластики возникает также необходимость местного консервативного лечения ран донорских участков кожи [6, 7]. В связи с этим не теряет актуальности направление науки, связанное с совершенствованием имеющихся и разработкой новых средств лечения [8–10]. Совершенствование средств и методов местного лечения – это путь к улучшению исходов травмы, когда пациент возвращается к активной жизни без выраженных дефектов и обезображиваний.

В медицинской промышленности создание новых средств местного лечения ран (включая новые виды перевязочных материалов и раневые покрытия) получило развитие во второй половине прошлого века [11–13]. При этом, помимо природных полимеров, широкое применение нашли вновь синтезированные материалы, появились новые типы медицинских изделий. В настоящее время известно более 300 видов коммерческих и экспериментальных раневых покрытий (РП), имеющих разное целевое предназначение [14–16].

Необходимо отметить существование двух основных тенденций – создание специализированных и разработка универсальных РП. При этом стоит подчеркнуть, что основное внимание исследователи и разработчики уделяют сложным ранам (трофическим язвам, пролежням), для лечения которых предназначено основное количество РП. В то же время специализированных средств лечения, разработанных непосредственно для лечения термических поражений, относительно мало. При этом вполне понятно, что в той или иной степени практически все РП могут быть применены для лечения ожоговых ран. Алгоритмы выбора и тактика применения РП при ожогах кожи в должной степени не отработаны.

Целью настоящего обзора является обсудить тенденцию развития современных раневых покрытий, их структурные характеристики и особенности применения в практике лечения трофических язв и ожогов.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования применялись информационно-поисковые и электронные библиотечные базы данных eLIBRARY, PubMed, Scopus, Scholar Google, ResearchGate за период с 2000 по 2024 гг.; архивы журналов «Wound Repair and Regeneration» и «Advances in Wound Care» (с 1994 по 2024 г.); патентно-информационные базы (freepatent.ru, npro.com, fips. ru). Глубина патентного поиска составила 40 лет. Исследование проведено по протоколу PRISMA [17], с использованием ключевых слов: «ожоги», «раны», «покрытия для ран», «лечение ожогов». В ходе исследования были проанализированы 68 источников, 45 из них были включены в список литературы.

Результаты исследования и их обсуждение

О терминологии и классификации средств местного лечения ран

В историческом аспекте раневые покрытия произошли от перевязочных материалов различного типа (повязок) в процессе их совершенствования и придания им новых лечебных свойств [12, 18, 19]. Так, постепенно, помимо покровных свойств и способности дренировать раневой экссудат, вновь созданные изделия приобретали новые «способности».

В англоязычной литературе можно встретить две версии названия: wound coverage и wound dressing. Разница между ними несколько условна. В первом случае (wound coverage) подразумевается, что материалы изделия непосредственно участвуют в раневом процессе, оказывая на него то или иное специфическое действие. Wound dressing по смыслу ближе к отечественным понятиям «повязка» или «перевязочные средства» [19, 20]. Где пролегает граница между ними?

С точки зрения законодательства, и те и другие средства местного лечения ран – это «изделия медицинского назначения» (ИМН), предназначенные, как следует из названия, для лечения ран различного генеза. Матрица современных перевязочных средств (ПС) может быть изготовлена из одного (или нескольких видов) материала (текстиля; синтетических или природных волокнистых полимеров). ПС могут иметь разные конструктивные решения (в виде «устройств фиксации», «активной зоны» и т.д.) и содержать те или иные лекарственные вещества, внесенные и иммобилизованные тем или иным способом.

Итак, РП представляют собой специальные материалы, которые защищают рану от микроорганизмов, создают оптимальные условия для заживления и регенерации тканей, не раздражают кожу и область раны [21].

Разработка средств лечения привела к появлению нового класса медицинских изделий – биоинженерных заменителей кожи. Некоторые из них имеют черты раневых покрытий и разрабатывались непосредственно для лечения ожогов.

Рынок перевязочных средств для местного лечения ран

По оценке MarketResearch.com, в 2009 г. объем мирового рынка перевязочных материалов составил 14 млрд долл. США с тенденцией роста 6% в год на следующие 5 лет. Этот прогноз оправдался, и в 2016 г. рынок достиг 24,1 млрд долл. США, но что было дальше, не известно достаточно точно. В мире произошли события, повлиявшие не только на промышленность, но и на состояние медицины: пандемия COVID, экономический кризис, локальные войны. Кроме того, доступные статистические данные представлены по градациям типов продуктов для лечения ран, и их достаточно сложно свести вместе. При этом объемы рынков для разных типов продукции изменяются неравномерно: имеет место как уменьшение (для ваты), так и увеличение (для пленочных покрытий) производства и продаж.

Обширные ожоги кожи являются основным показанием для применения РП в виде пленок. В отношении пленочных покрытий в 2023 г. был опубликован большой (158 страниц) аналитический отчет, из которого следует, что совокупный годовой темп роста в стоимостном выражении составляет 11,6%. При этом объем мирового рынка только пленочных раневых покрытий с 896,9 млн долл. США (в 2023 г.) возрастет до 1929,2 млн долл. США. Произошло это или нет – данных нет. Авторы отметили, что значительное развитие получили и другие весьма дорогие изделия (гидроколлоиды, гидрофибры и пр.) [9, 15, 16], которые в определенной степени также применимы для лечения ожогов.

Итак, в настоящее время на рынке происходит смена ассортимента продаваемых и используемых продуктов: выпуск и продажа традиционных перевязочных материалов (таких как марля, вата, бинты) снижаются, в то время как оборот (производство и продажа) «продвинутых» (т.е. созданных на современных принципах) перевязочных материалов (включая раневые покрытия) возрастает. По оценке экспертов, большая часть рынка современных раневых покрытий всех типов приходится на Европу (41% рынка) и США (39%). Причин этому много: экономическое состояние стран; уровень подготовки врачей; активность компаний по продвижению собственной продукции и т.д.

Таким образом, разработка изделий медицинского назначения является одним из наиболее быстро развивающихся направлений медицинской промышленности.

К вопросу о регистрации средств местного лечения ран

Система оценки материалов и самих раневых покрытий постоянно изменяется. Меняется и сама «разрешительная» система. Ранее в России регистрацию раневых покрытий производили в Комитете по новым медицинским технологиям Минздрава России и в Комитете по шовным и

перевязочным материалам. В настоящее время этим занимается Росздравнадзор на основании Постановлений Правительства РФ № 430 и № 552 [22, 23].

В настоящее время оценка биологического действия компонентов РП проводится на основании ГОСТ ISO 10993-5-2011. Данный стандарт, в свою очередь, был подготовлен на основе применения ГОСТ Р ИСО 10993-5-2009. Протокол предусматривает проведение качественных и, желательно, количественных тестов на цитотоксичность. Основанием является приложение международного стандарта ISO 10993-5:2009 – ANSI/AAMI/ISO 10993-5:2009. Существует стандарт классификации перевязочного материала в зависимости от потенциального риска применения по ГОСТ 51509, определяющему объемы и правила контроля их качества. В соответствии с делением ИМН «по степени риска», процедура проверки и выдача регистрационного удостоверения происходят по-разному.

В настоящее время выделяют 7 основных групп перевязочных средств (ПС) по классификации [11] по целевому назначению с последующим делением их на подгруппы, исходя из природы исходных соединений и формы изделий:

- 1) *операционные ПС;*
- 2) *перевязочные средства для операционных ран;*
- 3) *повязки для оказания первой медицинской помощи;*
- 4) *лечебные повязки;*
- 5) *фиксирующие перевязочные средства;*
- 6) *компрессионные перевязочные средства;*
- 7) *иммобилизирующие перевязочные средства.*

Значительная часть ПС создана на основе *текстильных материалов*. При этом используются волокна природного происхождения (из хлопка, льна и т.д.) или синтетического происхождения, полученные в результате различных технологических цепочек (от выделения и формования до плетения). В частности, так называемые *нетканые материалы* вполне заслуженно нашли применение при создании средств лечения ран. Разнообразие вариантов используемых волокон (по происхождению и способу), медикаментозной пропитки, конкретных вариантов композиций и технологических подходов чрезвычайно велико [24].

Недостатком ПС на основе производных целлюлозы является то, что такие повязки нередко сильно прилипают к раневой поверхности и при их удалении повреждается неокрепший эпителий [25]. Для уменьшения этих явлений разработаны многочисленные варианты *атравматических повязок*, которые обычно представляют собой сетчатую структуру из того или иного полимера, пропитанную гидрофобными веществами, такими как парафин, глицерин, силикон. Принцип действия таких покрытий заключается в *отведении* экссудата, что позволяет *дренировать* рану. Тем не менее, для предотвращения развития микробного воспаления антибактериальные

компоненты необходимы [26]. Однако эти повязки обладают низкой сорбционной способностью, что ограничивает сферы их применения [16, 27].

По степени развития технологии и количества разработанных образцов на втором месте находятся *сорбирующие материалы* [14, 19, 20]. Среди последних видное место занимают производные целлюлозы, хитина (и хитозана) и альгиновые кислоты. В наибольшей степени отработаны алгоритмы применения РП для лечения гнойных ран и трофических язв [26, 28, 29].

Классификация раневых покрытий

Единой общепризнанной классификации РП в настоящее время не существует. Многое определяется тем, какие классификационные признаки используются [12, 30].

По происхождению РП можно разделить на *природные; синтетические; комбинированные; композиционные*.

По физико-химическим свойствам покрытия их можно разделить на *проницаемые для газов и непроницаемые, твердые, мягкие, полимеризующиеся на ране, гелеобразующие* и т.д.

По способности к биодegradации раневые покрытия делят на *биодеструктирующие* и *биоинертные*.

По структурным особенностям и используемым материалам можно выделить: *пленочные раневые покрытия; гидроколлоидные покрытия; гидрофибры; альгинаты; коллагеновые раневые покрытия; гидроцеллюлярные покрытия; гидрогелевые покрытия; атравматичные раневые покрытия; сорбирующие покрытия*.

Стоит подчеркнуть, что классификации позволяют систематизировать знания, но при этом они не играют ведущей роли при определении тактики лечения. Накопленный к настоящему времени опыт показывает, что РП надо применять с учетом фазы и особенностей течения раневого процесса. Использование РП, эффективных для первой стадии раневого процесса, может оказаться бесполезным, а иногда и вредным на стадиях регенерации и эпителизации, и наоборот.

Современные многофункциональные раневые покрытия в значительной степени повышают эффективность лечения, что доказано, главным образом, при лечении трофических язв [24]. Однако ожоги кожи нередко бывают обширными. Стоимость лечения при использовании таких средств может быть очень большой, особенно при условии их частой смены.

Состав и структурные элементы раневых покрытий

Обсуждать раневые покрытия в сравнительном аспекте достаточно сложно, это связано с обилием возможных вариантов. Для начала рассматриваются некоторые их конструктивные особенности. По своему составу и строению РП могут быть *мономерными* и *композиционными*. Условно можно выделить несколько частей, выполняющих различную функцию: *биоактивный слой*, который непосредственно контактирует с раневой поверхностью; *матрицу* (основу, обеспечивающую «механические свойства» РП); *поверхностный слой* (наружный или защитный

слои) [31]. При этом наличие всех частей не является обязательным. В частности, существуют *пленочные* РП, в которых невозможно выделить отдельные части, а сама пленка выполняет все функции.

Основная часть практически всех (за исключением небольшой группы полимеризующихся на ране изделий) – это условная *матрица*, которая состоит из тех или иных полимеров. Для ее изготовления используются полимеры природного или синтетического происхождения. Среди первых видное место занимают фибриллярные белки: коллаген и его производные, эластин. Значительно шире представлены полисахариды, которые, заметим, и в природе выполняют структурную функцию. Наиболее широко используются различные производные целлюлозы; хитин и хитозан; альгиновые кислоты; гликозаминогликаны; агар-агар; каррагинаны; и др. [32].

Спектр синтетических полимеров, применяемых для изготовления *матрицы*, также чрезвычайно широк. Из них наиболее распространенными являются поливиниловый спирт; силиконы; производные молочной кислоты; полиэтилентерфталат и т.д. Если все природные полимеры способны к биодegradации, то синтетические – не все, и это является одной из проблем. Еще надо упомянуть *биоискусственные* материалы, получаемые сочетанием биодеструктурируемых природных и синтетических материалов [33]. *Матрица* современных РП нередко *насыщается* лекарственными веществами.

В обзоре Кудряшовой и соавторов (2021 г.) обоснованно выполнено разделение всех видов ПС (включая РП) на три типа: *традиционные* (марля, вата и др.), *интерактивные* (пленочные, гидроколлоидные, губчатые, гидрогелевые) и *биоактивные* (на основе молекул, обладающих способностью влиять на репаративные процессы, – коллаген, хитозан, альгинаты) [31]. Соответственно, наиболее важным является так называемый *биоактивный слой*.

Биоактивный слой, непосредственно соприкасающийся с раневой поверхностью, есть несколько абстрактное понятие, объединяющее большое количество конкретных вариантов его исполнения. Этот слой становится *биоактивным* за счет введения в его состав лекарственных средств (ЛС) и биологически активных молекул различного типа, обладающих различными видами активности. *Антибактериальное действие* достигается за счет введения антисептиков (пронтосана; генцианвиолета; калия йодида; повидон-йода); антибиотиков (таких как гентамицин, фузидин натрия, левомицетин); металлов (серебра, цинка, меди); катионных полимеров (полигексаметиленбигуаниды и др.). *Обезболивающее действие* реализуется за счет введения лидокаина, новокаина. Для воздействия на различные аспекты воспалительного процесса в состав РП вводят: антиоксиданты (мексидол; ацетилцистеин); сорбенты (активированный уголь; диалкилкарбамоилхлорид; эфирные масла чайного дерева, корицы и др.); мед; ферменты (коллагеназу; трипсин; химотрипсин; лизоцим); ростовые факторы (PDGF; EGF; FGF); пептиды (SIKVAV; LIVAV; aCT1) [31]. Помимо перечисленных, могут использоваться и другие вещества,

которые придают РП *биологическую активность* (супероксиддисмутаза; интерлейкин-1 β ; антагонист рецептора интерлейкина 1).

Таким образом, введение тех или иных компонентов в *биоактивный слой* придает РП желаемые свойства. От этого, в свою очередь, зависит и целевое предназначение изделия. РП могут иметь достаточно сложные конструкции. Например, *биоактивный слой* выполнен из гидрофильных компонентов (желатин), всасывающих раневой экссудат. *Матрица* изготовлена из «*сшитых*» полимеров, обеспечивающих стабильность биомеханических свойств и одновременно сорбирующую активность. *Поверхностный слой*, обеспечивающий водный баланс и защиту самого раневого покрытия, выполнен из искусственных полимеров (полиуретана и др.). К этому стоит добавить, что сам *биоактивный слой* может быть многослойным, что делается преднамеренно: вначале работают одни компоненты контактного слоя, а потом включаются другие. Существует обилие собственно лекарственных компонентов, введенных в состав тех или иных слоев РП. В относительно простых вариантах изделий разные слои могут быть выполнены по-разному.

Основные требования к раневым покрытиям включают: непроницаемость для микроорганизмов; обеспечение обмена паров воды и газов (O_2 , CO_2); поддержание оптимальной влажной среды в ране, наличие высокой абсорбционной способности. К дополнительным требованиям относятся механические свойства (прочность и эластичность); удобство и безопасность применения; прозрачность и др. [34].

Требования к раневым покрытиям можно разделить на две основные категории. Первая касается *безопасности применения* ИМН (отсутствие токсических, раздражающих компонентов, выраженной антигенности и способности вызывать пирогенные реакции). Вторая есть выраженность *специфической (лечебной) эффективности*. Как и в случае фармакологических средств, *специфическая* активность должна выверяться в ходе доклинических и клинических испытаний среди однородных групп и, желательно, быть выражена количественно.

Корректное проведение таких исследований представляет собой отдельную проблему. В зависимости от конкретного предназначения изделия к раневым покрытиям могут предъявляться дополнительные требования, например: заданные параметры пористости, паропроницаемость, время биодеструкции, способность к пролонгированному выходу лекарственных веществ и т.д. Многие из перечисленных требований зависят от свойств материалов для создания РП. Однако параметры РП определяются не только химическим составом, но и способом изготовления.

Часть из указанных параметров может быть измерена и выражена количественно. Для других применимы качественные параметры. Например, *паропроницаемость* – важный физический параметр РП, который влияет на водный баланс ран, можно различными методами измерить в г/(м²×24 ч) или г/(м²×час). А другой параметр – *прозрачность* – есть физическое

свойство, позволяющее свету проходить через материал. *Прозрачность* покрытия можно определить на измерительном стенде, но это сделать на ране сложно, тем более что измерения должны проводиться на определенной длине волны и необходимо учитывать прочие оптические явления. Другие параметры могут оцениваться в градациях «*абсолютная*» и «*относительная*» или «*частичная*». Например, сплошные пленочные покрытия надежно «*абсолютно*» защищают рану от попадания микроорганизмов из окружающей среды, а *сетчатые* и *губки* – только в определенной степени.

Механические свойства раневых покрытий (прочность на разрыв, плотность, сжимаемость, упругость и др.) тоже важны, но играют второстепенную роль. Измерить эти параметры не составляет каких-либо проблем, в методическом плане эти методы хорошо отработаны. Точность определения тех или иных физико-химических параметров РП во многом определяется тем, насколько правильно выбраны методы измерений. Для некоторых параметров эти критерии не отработаны. Другие, наоборот, активно изучаются.

Итак, *функциональные свойства* РП можно разделить на группы: *защитные* (от проникновения инфекции извне и от механического действия); *сорбционные*; *лечебные* (обезболивание; гемостатическое действие; препятствие развитию раневой инфекции; стимулирование заживления); *транспортные* (газо- и влагопроницаемость); *технологические* (доступность материалов, приемлемая стоимость производства, простота технологии; возможность стерилизации) и др. [3, с. 177; 16, 35].

Применение раневых покрытий для лечения трофических язв

Следует признать, что основная часть РП была создана для лечения *длительно незаживающих ран*, среди которых преобладают *трофические язвы*. Исходя из патогенеза данного вида патологии, можно выделить две основные задачи лечения, которые определяют выбор раневого покрытия: *удаление избыточного раневого экссудата* и *стимуляция репаративных процессов*. Обе эти задачи могут решаться одновременно за счет заложенных в РП технических решений. Например, абсорбция экссудата достигается за счет *создания пористой структуры*, а стимуляция репаративных процессов – за счет *используемого химического состава*. При этом обе цели могут достигаться одновременно, в частности за счет использования коллагена, которому придана форма губки.

Соответственно, в состав *биоактивного слоя* вводились вещества, стимулирующие процессы регенерации. Эта группа изделий достаточно многочисленна, она включает изделия, относящиеся к разным типам РП: пленки, губки, комбинированные и т.д. Это несколько не удивительно – имеется возможность применения в качестве структурного материала фибриллярных молекул. При этом стоит отметить, что такие РП достаточно хорошо сорбируют раневой экссудат, но при этом быстро теряют структурную прочность, утрачивая как

абсорбирующие, так и дренажные свойства. Поэтому для стабилизации структуры в состав некоторых покрытий были введены полисахариды (альгинаты, хитозан, натрий карбоксиметилцеллюлоза). Данные препараты иногда выделяют в особую группу – *белково-полисахаридные покрытия* [27]. Из полисахаридов наиболее часто используются альгиновые кислоты. Производные хитина, среди которых на первом месте по популярности стоит хитозан, также часто служат основой РП. Таких изделий довольно много.

Тем не менее, более целесообразным является дифференцированное применение раневых покрытий в разные фазы раневого процесса. Так, при наличии обильной экссудации, что нередко бывает при венозной патологии, применяют РП с более выраженной сорбционной активностью.

Сорбция (от лат. *sorbeo* – «поглощаю») – это способность твердого тела или жидкости поглощать различные вещества, жидкости или газы из окружающей среды. В реальных условиях одновременно происходят два физических процесса, среди которых превалирует абсорбция – удаление экссудата в объеме РП. Адсорбция – поглощение и удержание на границе фаз (в поверхностном слое адсорбента) – в случае РП имеет меньшее значение, за исключением случаев целенаправленной сорбции, например устранения цитокинов или каких-либо провоспалительных молекул. Сорбирующая способность зависит, в основном, от свободного объема пор, а скорость впитывания жидкости – от природы полимера. Сорбция экссудата – сложный процесс, включающий как набухание гидрофильного полимера в воде, так и капиллярное всасывание. Набухание РП происходит из-за сольватации макромолекул и продолжается до предельного объема, который зависит от степени сшивки и природы полимера. РП из несшитых полимеров могут полностью раствориться и стекать с раны. Оптимальная сорбирующая способность для РП пока не определена [32].

Для удаления избыточной влаги из ран пригодно несколько видов РП. Первая группа – это *гидроцеллюлярные покрытия*. Их основным компонентом является губка из синтетического материала. Обычно это пена из полиуретана или из полидиметилсилоксана. Разветвленная система пор позволяет гидроцеллюлярным покрытиям абсорбировать и дренировать раневой секрет, который испаряется во внешнюю среду с наружной стороны покрытия [27].

Второй тип – это *гидрогелевые покрытия*. Как правило, они состоят из полимеров с *гидрофильными центрами*, благодаря чему они способны абсорбировать и удерживать в своей структуре значительное количество воды. Варианты технического исполнения могут быть разными, они могут быть представлены в виде *пластин* или *аморфной массы*. Структура гидрогеля представлена трехмерной сетью полимера (например, полиакриламида, полиэтиленоксида и др.), который обычно составляет 4–10% массы изделия. Остальная часть приходится на воду, заключенную внутри этой сети. Несмотря на большое содержание воды, ее невозможно выжать из пластины. Часть гидрофильных центров в полимере остаются

свободными, что определяет возможность абсорбции раневого секрета. При этом покрытия могут незначительно увеличиваться в объеме [27].

Существуют еще *сорбирующие раневые покрытия*, по сути являющиеся разновидностью комбинированных РП. Нередко они состоят из нескольких слоев (чаще всего – трех). *Контактный* слой изготавливают из материалов с низкой адгезивностью со способностью пропускать через себя раневой экссудат. Второй слой – это сорбирующая прокладка, которая аккумулирует экссудат. Наружный слой (защитный) может быть выполнен из разных материалов и нередко имеет дополнительные устройства фиксации (адгезивные края для приклеивания к коже вокруг раны). Такие изделия весьма многочисленны, они отличаются по выраженности сорбционной способности.

Применение раневых покрытий для лечения ожогов

Специализированных ожоговых раневых покрытий разработано относительно мало. В определенной степени обилие вариантов термической травмы обусловлено разнообразием конкретных сочетаний этиопатогенетических факторов, что накладывает определенный отпечаток и создает дополнительные трудности. Кроме того, каждый такой вариант имеет особенности клинического течения, что обусловлено спецификой анатомического строения кожи (и подлежащих тканей), степенью термического воздействия и правильностью оказания помощи в ранние сроки после травмы. Среди пригодных для лечения ожогов РП можно условно выделить две категории.

Первые из них пригодны для применения в качестве *первичного покрытия* и для лечения *поверхностных* поражений кожи: ожогов II и IIIА степени и ран донорских участков. Вторые более пригодны для лечения ран, образовавшихся после хирургического иссечения омертвевших тканей (в том числе поверх пересаженных кожных трансплантатов). Свойства таких покрытий будут разными, даже внутри одного класса РП.

В России на протяжении почти 20 лет для лечения ожогов использовался перевязочный материал (DDB и DDB-M), выполненный из полиэтиленовой пленки с нанесенной на ее поверхность смесью талька и лекарственных препаратов (антибиотиков) [36]. Известны попытки его применения на разных фазах раневого процесса. Вместе с тем, недостатком изделия является возможность аллергизации пациента из-за присутствия сразу нескольких антибактериальных веществ. Отечественные комбустиологи ранее применяли РП «*Suspuserm*» (в виде двухслойной полиуретановой губки с разными размерами пор в виде пластины), обладающее выраженной сорбционной способностью и способствующее регенерации тканей. К недостаткам покрытия относится способность грануляций прорасти в поры, что приводило к травматизации тканей при смене повязок.

В США и в Европе более 30 лет применяется специально созданное для лечения ожогов РП «*Biobrane*», которое в настоящее время относят к группе *искусственных заменителей кожи (ИЗМ)*, оно состоит из нейлоновой сетки, силикона и коллагена (получаемого из свиной кожи) [37, 38]. Именно в отношении этого РП накоплен основной клинический опыт. В настоящее время разработано большое количество «*заменителей кожи*», созданных на разных принципах [38–40].

Упомянутые продукты («*заменители кожи*») весьма разнообразны по технике изготовления и природе используемых материалов. Их можно условно разделить на группы: *бесклеточные* и *содержащие живые клетки* (кератиноциты, фибробласты); *на основе компонентов тканей* (децеллюлированной кожи, амниотической оболочки, кишечника и т.п.) или же *композиций, включающих компоненты внеклеточного матрикса*. Известны деления на подгруппы в зависимости от состава: *эпидермальные, дермальные, полнослойные заместители кожи* [41]. Несмотря на потенциальную значимость исследований в данном направлении и наличие ряда преимуществ, необходимо обозначить главные ограничения в отношении этой группы изделий: крайне высокая стоимость, жесткие требования к режимам хранения, транспортировки, применения. Первоначально они созданы, прежде всего, для лечения обширных глубоких ожогов кожи, когда имеет место дефицит донорских ресурсов и, стало быть, не хватает возможностей традиционных методов кожной пластики. Кроме этого, они не имеют регистрационных удостоверений, позволяющих применять их на территории РФ. Отечественных изделий данного класса (кроме наиболее простых – на основе децеллюлированной дермы) нет.

Таким образом, для большей части пациентов такие средства лечения недоступны. В практическом отношении нужны более простые средства.

На протяжении последних 20 лет в России развивается направление по использованию *трековых мембран* из полиэтилентерефталата в качестве пленочного раневого покрытия [42–44]. Такие мембраны обладают микропористой структурой и по своей сути являются микробным фильтром благодаря высокой селективности, обусловленной однородными заданными размерами пор. После их аппликации на поверхностные ожоги и раны донорских участков не требуется замены покрытия. Иными словами, реализуется принцип: «положил и забыл». Лечебный эффект реализуется посредством ряда механизмов: предотвращается внешнее инфицирование, за счет чего воспаление имеет характер асептического; оптимизация водного баланса раны предотвращает «*углубление*» ожога в зоне паранекроза и создает благоприятную влажную среду под пленкой для процесса регенерации. Первые версии РП на основе трековых мембран «*Фоллидерм*» выпускались с порами размером 0,18–0,23 мкм и были предназначены только для лечения поверхностных ожогов. Были отработаны также последующие версии с гидрогелевым слоем [43]. Впоследствии, в процессе совершенствования были отработаны варианты РП с порами диаметром 0,4–0,6 мкм для лечения поверхностных ожогов и с порами диаметром 4,0–6,0 мкм для

применения на раны с явлениями экссудации (в том числе после хирургической некрэктомии; на грануляции и поверх пересаженных кожных лоскутов) и, кроме того, с порами диаметром 12,0–14,0 мкм для лечения трофических язв [44].

Построению алгоритмов выбора и применения тех или иных раневых покрытий при разных видах патологии (включая ожоги) посвящено относительно немного работ [9, 16]. В руководящих документах имеется только указание на использование при лечении поверхностных ожогов *повязок и раневых покрытий*, без детализации конкретных рекомендуемых типов изделий [34, 45].

Итак, по состоянию на сегодняшний день основным методом местного лечения является применение привычных *традиционных* ПС. Под это понятие подпадают такие ПС, как марля, вата, пластыри, салфетки и т.п. Они являются наиболее популярным видом повязок из-за своих доступности, простоты использования и низкой цены [15, 46, 47]. Однако местное лечение ран, проводимое в условиях стационара, должно реализовываться дифференцированно в зависимости от местного статуса, при этом могут использоваться раневые покрытия, относящиеся к разным классам.

Заключение

Совершенствование методов и средств местного лечения остается актуальной задачей медицины. Современные материалы и технологии позволили значительно улучшить их функциональные характеристики, такие как высокая абсорбционная способность, наличие биоактивных компонентов и способность поддерживать влажную среду, что создает оптимальные условия для заживления и защиты от инфекций. В последнее время в этой области наблюдается значительный прогресс, обусловленный появлением большего количества раневых покрытий из различных материалов и созданных по различным принципам. Это действительно значительно расширяет лечебные возможности и улучшает результаты лечения. В то же время выбор и применение конкретного типа покрытия должны быть обоснованными, учитывать фазу раневого процесса и клинические особенности раны. Однако, несмотря на достигнутые успехи, остается много нерешенных вопросов. Это касается как теоретических аспектов, так и практических особенностей их применения. Кроме того, учитывая разнообразие структурных характеристик и требований к раневым покрытиям, будущие исследования должны быть направлены на оптимизацию состава и параметров раневых покрытий с целью повышения их эффективности, доступности и улучшения клинических исходов местного лечения ран.

Список литературы

1. Smolle C., Cambiaso-Daniel J., Forbes A.A., Wurzer P, Hundeshagen G., Branski L.K., Huss F., Kamolz L.P. Recent trends in burn epidemiology worldwide: A systematic review // *Burns*. 2017. Vol. 43(2). P. 249–257. DOI: 10.1016/j.burns.2016.08.013.
2. Здравоохранение в России 2023 // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdravooхран-2023.pdf> (дата обращения: 07.02.2025).
3. Парамонов Б.А., Порембский Я. О., Яблонский В. Г. Ожоги: Руководство для врачей. СПб: СпецЛит, 2000. 488 с.
4. Парамонов Б.А. Рубцы кожи с позиций пластической хирургии. СПб: Медиапепир, 2025. 456 с.
5. Kaddoura I., Abu-Sittah G., Ibrahim A., Karamanoukian R., Papazian N. Burn injury: review of pathophysiology and therapeutic modalities in major burns // *Ann Burns Fire Disasters*. 2017. Vol. 30(2). P. 95-102.
6. Крутиков М.Г., Рахаев А.М. Современные методы лечения пограничных ожогов IIIA степени и донорских ран // Объединение комбустиологов «Мир без ожогов». [Электронный ресурс]. URL: <http://combustiolog.ru/journal/sovremenny-e-metody-lecheniya-pogranichny-h-ozhogov-iiia-stepeni-i-donorskih-ran/> (дата обращения: 01.02.2025).
7. Подойницына М.Г. Цепелев В.Л., Степанов А.В. Применение физических методов при лечении ожогов кожи // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. №. 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22156> (дата обращения: 04.12.2024).
8. Rowan M.P., Cancio L.C., Elster E.A., Burmeister D.M., Rose L.F., Natesan S., Chan R.K., Christy R.J., Chung K.K. Burn wound healing and treatment: review and advancements // *Critical care*. 2015. Vol.19. P. 243. DOI: 10.1186/s13054-015-0961-2.
9. Rezvani Ghomi E., Khalili S., Nouri Khorasani S., Esmacely Neisiany R., Ramakrishna S. Wound dressings: Current advances and future directions // *Journal of Applied Polymer Science*. 2019. Vol. 136. № 27. P. 47738. DOI: 10.1002/app.47738.
10. Майорова А.В., Сысуев Б.Б., Ханалиева И.А., Вихрова И.В. Современный ассортимент, свойства и перспективы совершенствования перевязочных средств для лечения ран // *Фармация и фармакология*. 2018. Т. 6(1). С.4–32. DOI: 10.19163/2307-9266-2018-6-1-4-32.
11. Бледнов А.В. Перспективные направления в разработке новых перевязочных средств // *Новости хирургии*. 2006. Т.14. №1. С. 9–29.
12. Андреев Д.Ю., Парамонов Б.А., Мухтарова А.М. Современные раневые покрытия. Часть I // *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2009. Т. 168, № 3. С. 98-102.
13. Dhivya S., Padma V., Santhini E. Wound dressings – a review // *BioMedicine*. 2015. Vol. 5(4). P. 22. DOI: 10.7603/s40681-015-0022-9.

14. Kus K.J.B., Ruiz E.S. Wound dressings—a practical review // *Current Dermatology Reports*. 2020. Vol.9. P. 298-308. DOI: 10.1007/s13671-020-00319-w.
15. Mohiuddin A.K. A Thoroughgoing Detail of Surgical Dressings // *Journal of Orthopaedics and Sports Medicine*. 2019. Vol. 1(1). P.1-17 DOI: 10.26502/josm.5115001.
16. Noor A., Afzal A., Masood R., Khaliq Z., Ahmad S., Ahmad F., Irfan M. Dressings for burn wound: a review // *Journal of Materials Science*. 2022. Vol. 57(12). P.6536-6572. DOI: 10.1007/s10853-022-07056-4.
17. Белобородов В.А., Воробьев В.А., Семинский И.Ж. Калягин А.Н. Порядок выполнения систематического обзора и мета-анализа по протоколу PRISMA // *Система менеджмента качества: опыт и перспективы*. 2023. Т. 12. С. 5–9.
18. Jones M.L. A short history of the development of wound care dressings // *British Journal of Healthcare Assistants*. 2015. Т. 9. №. 10. P. 482–485. DOI: 10.12968/bjha.2015.9.10.482.
19. Rezvani Ghomi E., Niazi M., Ramakrishna S. The evolution of wound dressings: From traditional to smart dressings // *Polymers for Advanced Technologies*. 2023. Vol. 34(2). P. 520-530. DOI: 10.1002/pat.5929.
20. Sood A., Granick M. S., Tomaselli N. L. Wound dressings and comparative effectiveness data // *Advances in wound care*. 2014. Vol. 3(8). P. 511-529. DOI: 10.1089/wound.2012.0401.
21. Храмова Н.В., Холматова М.А., Мунгиев М.З. К вопросу использования раневых покрытий и клеточных технологий для оптимизации регенерации кожи // *Стоматология*. 2018. Т. 1. №. 4(73). С. 57–59. DOI: 10.26739/2091-5845-2018-1-29.
22. Постановление Правительства РФ от 03.04.2020 № 430. [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/view/0001202004060033> (дата обращения: 06.12.2024).
23. Постановление Правительства РФ от 01.04.2022 № 552. [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202204050021> (дата обращения: 06.12.2024).
24. Олтаржевская Н.Д., Коровина М.А., Савилова Л.Б. Текстиль и медицина. Перевязочные материалы с пролонгированным лечебным действием // *Российский химический журнал*. 2002. Т. 46(1). С. 133-141.
25. Omidian H., Akhzarmehr A., Chowdhury S.D. Advancements in cellulose-based superabsorbent hydrogels: sustainable solutions across industries // *Gels*. 2024. Vol. 10(3). P. 174. DOI: 10.3390/gels10030174.
26. Винник Ю.С., Маркелова Н.М., Соловьева Н.С., Шишацкая Е.И., Кузнецов М.Н., Зуев А.П. Современные раневые покрытия в лечении гнойных ран // *Новости хирургии*. 2015. Т. 23. № 5. С. 552–558. DOI: 10.18484/2305-0047.2015.5.552.
27. Андреев Д. Ю., Парамонов Б. А., Мухтарова А. М. Современные раневые покрытия. Часть II // *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2009. Т. 168, № 4. С.109-112.

28. Shi C., Wang C., Liu H., Li Q., Li R., Zhang Y., Liu Y., Shao Y., Wang J. (2020). Selection of appropriate wound dressing for various wounds // *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. 2020. Vol. 8. P. 182. DOI: 10.3389/fbioe.2020.00182.
29. Морозов А.М., Сергеев А.Н., Сергеев Н.А., Дубаголов Г.А., Жуков С.В., Городничев К.И., Муравлянцева М.М., Сухарева Д.Д. Использование современных раневых покрытий в местном лечении ран различной этиологии // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29705> (дата обращения: 06.12.2024). DOI: 10.17513/spno.29705.
30. Юданова Т.Н., Решетов И.В. Современные раневые покрытия: получение и свойства (обзор) // *Химико-фармацевтический журнал*. 2006. Т. 40. № 2. С. 24–31. DOI: 10.30906/0023-1134-2006-40-2-24-31.
31. Кудряшова И.С., Марков П.А., Костромина Е.Ю., Еремин П.С., Рачин А.П., Гильмутдинова И.Р. Разработка раневых покрытий для регенеративной медицины // *Вестник восстановительной медицины*. 2021. Т. 20. №6. С.84-95 DOI: 10.38025/2078-1962-2021-20-6-84-95.
32. Григорьян А.Ю., Бежин А.И., Панкрушева Т.А., Суковатых Б.С. Современное представление о раневых покрытиях // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2022. №11. С.42–48. DOI: 10.17116/hirurgia202211142.
33. Cascone M.G., Barbani N., P.Giusti C.C., Ciardelli G., Lazzeri L. Bioartificial polymeric materials based on polysaccharides // *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*. 2001. Vol. 12(3). P. 267–281.
34. ISBI Practice Guidelines Committee; Steering Subcommittee; Advisory Subcommittee. ISBI Practice Guidelines for Burn Care // *Burns*. 2016. 42(5). P.953-1021. DOI: 10.1016/j.burns.2016.05.013.
35. Остроушко А.П., Ян К.С., Лаптиёва А.Ю., Андреев А.А., Глухов А.А., Аралова М.В., Микулич Е.В., Коновалов П.А. Свойства, преимущества и показания к применению современных биоактивных и интерактивных раневых покрытий // *Политравма*. 2024. №. 4. С. 92-103. DOI: 10.24412/1819-1495-2024-4-92-103.
36. Мензул В.А., Брейтман Р.Ш. Перевязочный материал DDB-M // Патент РФ № 2093126 С1. Патентообладатель Мензул В.А. 1997.
37. Etienne J.C.M.P. Lommen, Charles R.H. Wildevuur, Wouter L.J. Hinrigs. Artificial skin // Patent US4985036A United States. 1991.
38. Balasubramani M., Kumar T. R., Babu M. Skin substitutes: a review // *Burns*. 2001. Vol. 27(5). P. 534-544. DOI: 10.1016/s0305-4179(01)00018-3.
39. Oualla-Bachiri W., Fernández-González A., Quiñones-Vico M.I., Arias-Santiago S. From Grafts to Human Bioengineered Vascularized Skin Substitutes // *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 21. Is. 21. P. 8197. DOI: 10.3390/ijms21218197.

40. Шаповалов С.Г., Кчеусо А.В., Кошелев Т.Е., Савченков Д.К. Возможности применения биоинженерных заменителей кожи в комбустологии (обзор литературы) // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2022. № 2. С. 82–92. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-2-82-92.
41. Потекаев Н.Н., Фриго Н.В., Петерсен Е.В. Искусственная кожа: виды, области применения // Клиническая Дерматология и Венерология. 2017. Т. 16(6). С.7–15. DOI: 10.17116/klinderma20171667-15.
42. Парамонов Б.А., Потокин И.Л., Карпухина Л.Г., Патрова М.Я., Кудояров М.Ф. Перевязочное средство (варианты) // Патент РФ № 11061 U1. Патентообладатель Парамонов Б.А. 1999.
43. Никонов Б.А., Антонов С.Ф., Золина Н.Н., Карпухина Л.Г., Парамонов Б.А. Перевязочное средство // Патент РФ № 2270646 C2. Патентообладатель Ф ООО «Фолиум». 2006.
44. Парамонов Б.А., Алексеев А.А., Андреев Д.Ю., Апель П.Ю., Дмитриев Н.С., Нечаев А.Н., Щеголев Д.В., Ястребов П.А. Пористая основа для перевязочного средства. Патентообладатели Парамонов Б.А., Алексеев А.А., Андреев Д.Ю., Апель П.Ю., Дмитриев Н.С., Нечаев А.Н., Щеголев Д.В., Ястребов П.А. // Патент РФ № 2717312 C1. 2020.
45. Алексеев А.А., Бобровников А.Э., Богданов С.Б., Будкевич Л.И., Крутиков М.Г., Тюрников Ю.И. Национальные клинические рекомендации «Ожоги термические и химические. Ожоги солнечные. Ожоги дыхательных путей» // Общероссийская общественная организация «Объединение комбустологов «Мир без ожогов». [Электронный ресурс]. URL: <http://combustiology.ru/wp-content/uploads/2013/07/Natsional-nye-klinicheskie-rekomendatsii-po-ozhogam> (дата обращения: 06.12.2024).
46. Broussard K.C., Powers J.G. Wound Dressings: Selecting the Most Appropriate Type // American Journal of Clinical Dermatology. 2013. Vol. 14, Is. 6. P. 449–459. DOI: 10.1007/s40257-013-0046-4.
47. Хоанг Х.Т., Чмырёв И.В. Раневые покрытия и кожные заменители для ожоговых ран // Современные проблемы науки и образования. 2024. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33809> (дата обращения: 07.02.2025). DOI: 0.17513/spno.33809.