

DOI: 10.36425/2658-6843-2019-3-79-89

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПЛАЗМА – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД РЕАБИЛИТАЦИИ

УДК 615.849

Герасименко М.Ю., Зайцева Т.Н., Евстигнеева И.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

LOW-TEMPERATURE PLASMA – A PROMISING METHOD OF REHABILITATION

Gerasimenko M.Yu., Zaitseva T.N., Evstigneeva I.S.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Russian Medical Academy of Post-Graduate Education» Russian, Ministry of Health, Moscow, Russia

Слово «плазма» происходит от греческого πλάσμα («вылепленное», «оформленное»). Плазма иногда называется четвёртым (после твёрдого, жидкого и газообразного) агрегатным состоянием вещества. В 1879 г. его открыл английский ученый Уильям Крукс, исследовавший электрические явления в разряженных газах. В физике термин «плазма» ввели в 1929 г. американские ученые Ирвинг Ленгмюр и Леви Тонкс, проводившие зондовые измерения низкотемпературной газоразрядной плазмы. Такая плазма легко получается если к разрядному промежутку, содержащему газ при давлениях порядка $1 \dots 10^{-2}$ тор, приложить высокое напряжение. В этом случае происходит электрический пробой: постоянно присутствующие в газе заряженные частицы ускоряются в электрическом поле, взаимодействуют с атомами и молекулами, газ частично ионизируется, образовавшиеся электроны и ионы, двигаясь в направлении электродов соответствующей полярности, создают разрядный ток. Газовый разряд можно повсеместно наблюдать в лампах дневного света, при электрической сварке и в грозových разрядах [1].

Современная физика плазмы зародилась в начале 50-х гг. двадцатого века. Тогда были испытаны первые термоядерные взрывные устройства и выдвинута идея создания термоядерного реактора на основе управления реакциями синтеза. Для протекания термоядерной реакции необходимо создать условия по сближению атомных ядер на такое расстояние, когда начинают действовать силы притяжения между ними. То есть, нужна энергия для совершения работы против сил кулоновского отталкивания между ядрами. Самый простой способ преодолеть силы отталкивания – нагреть вещество до температур порядка сотен миллионов градусов. При такой температуре в результате столкновений атомы теряют электроны, и любое вещество переходит в плазменное состояние. Проблема создания, нагрева и удержания плазмы послужила причиной быстрого роста числа научных исследований в этой области [2].

Низкотемпературная плазма (НТП) представляет собой частично ионизированный газ, полученный при атмосферном давлении и имеющий макроскопическую температуру, близкую к температуре окружающей среды. В состав факела НТП входят заряженные частицы, нейтральные активные частицы, в том числе свободные радикалы и частицы в метастабильных состояниях, а также ультрафиолетовое излучение. Биологические эффекты НТП связаны с синэргическим действием перечисленных факторов, каждый из которых имеет подпороговую концентрацию, не вызывающую изменений в биологическом объекте.

Специфика плазмы (и главное ее отличие от нейтрального газа) тесно связана с колебательными и волновыми процессами. В нейтральном газе информация о локальном изменении состояния передается в результате столкновений частиц. По этой причине скорость передачи информации определяется скоростью их движения. В плазме заряженные частицы взаимодействуют при помощи дальнедействующих кулоновских сил. Поэтому весь ансамбль частиц может быстро «воспринимать» локальные изменения состояния и принимать участие в коллективных движениях – колебаниях и волнах. Скорость передачи информации в этом случае определяется скоростью распространения электромагнитных колебаний и волн [3].

Интенсивные исследования в области применения НТП в медицине были начаты еще около 10 лет назад, хотя отдельные пионерские работы появились намного раньше, преимущественно в России. Начиная с середины 2000-х гг. в мире стали активно разрабатывать источники газовой плазмы, в которых температура плазменного факела снижена до температуры человеческого тела. Использование таких конструкций позволяет подвергать обрабатываемую поверхность непосредственному плазменному воздействию и использовать весь спектр активных компонентов плазмы, включающий фотоны,

электроны, ионы, свободные радикалы и молекулы в возбужденном состоянии. В настоящий момент широко исследуются возможности использования НТП для стерилизации поверхностей из материалов, которые не могут подвергаться температурной или жесткой химической обработке, а также для уменьшения обсемененности живых тканей [4].

Холодная плазма приводит к обратимому снижению клеточной адгезии, временному повышению проницаемости клеточной мембраны и стимуляции клеточного деления. При этом воздействие даже низких доз НТП достаточно для полного уничтожения бактериальных клеток. Селективность воздействия плазмы на клетки млекопитающих и бактерий связана с различиями на уровне клеточного метаболизма и более высокой организацией структуры клеток, что значительно лучше защищает их от воздействия внешних факторов [5].

НТП обладает рядом принципиальных преимуществ, к которым относятся высокая неспецифическая бактерицидная активность, низкая вероятность появления устойчивых форм, отсутствие ионизирующих излучений и высокотоксичных веществ. Описанные преимущества вместе с комфортной температурой, относительной простотой и дешевизной методики, отсутствием специфических требований к обрабатываемой поверхности делают НТП перспективным методом лечения различных патологических состояний [6].

Данные многочисленных клинических и экспериментальных исследований свидетельствуют о безусловной целесообразности и эффективности применения НТП в широкой медицинской практике.

Так, в исследовании Ermolaeva S.A. et al. (2011) была определена индивидуальная чувствительность патогенных бактерий к НТП, а также изучена эффективность плазменной терапии раневых поверхностей [7]. В целом, грамотрицательные бактерии были более восприимчивы к плазменному лечению, чем грамположительные бактерии. После 5-минутной плазменной обработки не было выживших грамотрицательных бактерий *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cenocepacia* и *Escherichia coli*. Восприимчивость грамположительных бактерий была специфичной по видам и штаммам. *Streptococcus pyogenes* был наиболее устойчивым (выживаемость 17%). После 5-минутной плазменной обработки. *Staphylococcus aureus* имел зависимое от деформации сопротивление с выживаемостью 0 и 10%. *Staphylococcus epidermidis* и *Enterococcus faecium* имели среднюю стойкость. Для оценки эффективности плазменной терапии использовали модель крысиной поверхностной косой раны, инфицированной *P. aeruginosa* и плазмочувствительным штаммом *Staphylococcus aureus*. 10-минутная обработка значительно уменьшила бактериальную нагрузку на раневую поверхность. Статистически значимое увеличение скорости закрытия раны наблюдалось у животных, обработанных плазмой, после третьего дня курса. В целом, полученные результаты показывают значительный потенциал для применения НТП в клинической практике.

В научном обзоре Ермолаевой С.А. и соавт. (2011) рассмотрены результаты исследований предыдущих 10 лет в области применения низкотемпературной «холодной» плазмы при атмосферном давлении (НТП) как антибактериального агента, в частности физико-химические основы бактерицидного действия НТП [8]. Описаны основные конструктивные решения, используемые в приборах, предназначенных для прямого воздействия НТП на ткани и клетки человека. Рассмотрены особенности испыта-

ний бактерицидной активности НТП против патогенных бактерий *in vitro*, а также в биопленках. Обсуждается возможность применения НТП для разрушения матрикса, формируемого бактериями в биопленках. Приведены результаты испытаний антибактериальной активности НТП при воздействии на острые и хронические раневые инфекции. Излагаются перспективы развития «плазменной медицины» в России и за рубежом и преимущества использования НТП как антибактериального агента, такие как отсутствие высокотоксических веществ пролонгированного действия, малая вероятность развития спонтанной устойчивости к НТП у микроорганизмов-мишеней, относительно низкая стоимость источников НТП, отсутствие влияния рельефа обрабатываемой поверхности на антибактериальную активность, безболезненность применения.

В 2012 г. Ермолаевой С.А. и соавт. была изучена микробицидная НТП в отношении облигатных внутриклеточных паразитов *Chlamydia trachomatis* с параллельным исследованием жизнеспособности клеток-хозяев [9]. Материалы и методы. Клетки линии McCoу, инфицированные бактериями *C. trachomatis* (штамм Bu-434/L2), облучали НТП, полученной с помощью плазменного СВЧ генератора атмосферного давления. Внутриклеточную локализацию хламидий визуализировали с помощью люминесцентной микроскопии. Облучение инфицированных клеток линии McCoу приводило к разрушению хламидийных включений и практически полной элиминации внутриклеточных бактерий. В то же время, облучение НТП не приводило к непосредственной гибели клеток-хозяев, незначительное снижение количества клеток наблюдалось после 24 ч после облучения НТП.

В научном исследовании Семенова А.П. и соавт. (2014) показана высокая эффективность бактерицидного действия холодной аргоновой плазмы, генерируемой слаботочными высоковольтными разрядами при атмосферном давлении [10]. Изучение выживаемости бактерий в диффузной плазме импульсно-периодического режима отрицательной короны и тлеющего разряда атмосферного давления показало, что полная инактивация микроорганизмов наблюдается после обработки пластин после 2 мин в каждом режиме.

Известен способ лечения язвенных бактериальных поражений роговицы глаза [11]. Изобретение относится к медицине и может быть использовано для лечения язвенных бактериальных поражений роговицы глаза. Область язвенного поражения роговицы ограничивают полимерной диафрагмой. На область поверхности язвы воздействуют потоком низкотемпературной плазмы с плотностью потока энергии 0,4-0,8 Вт/см² с удельной экспозицией 40-50 с/см² на площадь поверхности язвы. Способ позволяет повысить эффективность лечения за счет подавления роста бактерий.

В статье Леднева П.В. и соавт (2017) говорится о возможности использования воздушно-плазменного потока от аппарата «Плазон» для лечения поверхностной стерильной раневой инфекции у кардиохирургических больных с оценкой ближайших результатов лечения [12]. Медицинское изделие «Плазон» для лечения раневых осложнений кардиохирургических вмешательств было использовано у 7 пациентов (6 мужчин и 1 женщина, средний возраст 57,3±10,1 года). Все хирургические вмешательства на сердце осуществлены в плановом порядке. Из них коронарное шунтирование выполнено 3 (42,9%) пациентам, изолированное протезирование аортального клапана – 1 (14,3%), симультанное коронарное шун-

тирование и протезирование аортального клапана – 2 (28,6%), операция Бенталла – 1 (14,3%) пациенту. Поверхностная стерильная раневая инфекция развилась через $8,3 \pm 5,3$ сут. послеоперационного периода. Для местного лечения раневой инфекции использован воздушно-плазменный поток, получаемый и подаваемый к ткани раневой поверхности, при помощи медицинского изделия «Плазон». Обработка раневой поверхности воздушно-плазменным потоком начиналась с момента снятия швов с кожи и подкожной жировой клетчатки послеоперационной раны и выполнялась 1 раз в сутки. Воздействие проводилось в режиме щадящей стерилизации. Среднее количество сеансов обработки раневой поверхности до наложения вторичных швов составило $5,9 \pm 0,7$. После полного очищения раны и появления активной грануляционной ткани накладывали вторичные швы, интраоперационно обрабатывая рану воздушно-плазменным потоком в режиме жесткой стерилизации до наложения швов и в режиме нежной стерилизации паравульнарно после их наложения. В послеоперационном периоде паравульнарная обработка послеоперационного шва продолжена в режиме биологической стимуляции (НО-терапии). Среднее количество процедур воздействия медицинское изделие Плазон в послеоперационном периоде составило $5,9 \pm 1,1$. Пациенты получали антибактериальную терапию до снятия швов (на 14-е сутки после их наложения). Дренажи удаляли в тот же день. Эффективность лечения оценивалась по переходу фазы экссудации в фазу регенерации (появление грануляций) раневого процесса. Рост островков грануляций отмечен на $3,0 \pm 0,6$ сут. после начала лечения воздушно-плазменным потоком. Раневая поверхность полностью очистилась и покрылась активной грануляционной тканью на $5,9 \pm 0,7$ сут. Исследование микробной обсемененности раны на 5-е сутки после начала лечения свидетельствовало об отсутствии раневой микрофлоры у 100% пациентов исследования.

Активно применяется плазменная хирургия в военной медицине [13]. Исследования плазменных потоков с целью использования в хирургической практике продолжают в нашей стране уже в течение двадцати лет. Сравнительный анализ результатов лечения огнестрельных ран и их инфекционных осложнений убедительно показал эффективность использования плазменных потоков на заключительном этапе хирургической обработки. Перспективным направлением данной технологии следует считать ее использование в военно-полевой хирургии, онкологии, урологии и гинекологии, торакальной и абдоминальной хирургии.

Исследовано влияние низкотемпературной аргоновой плазмы на кислород-зависимую бактерицидность нейтрофилов периферической крови при разных режимах облучения в тестах *in vitro*, а также параметры клеточного иммунитета больных с вторичным иммунодефицитом и незаживающими язвами [14]. Показано позитивное активирующее влияние облучения низкотемпературной аргоновой плазмой на нейтрофилы периферической крови в тесте *in vitro*, что выразилось достоверным повышением спонтанной и стимулированной люминолзависимой хемилюминесценции, отражающей кислородзависимую бактерицидность клеток. Увеличение хемилюминесценции зависело от времени облучения и от исходного состояния клеток, была показана меньшая вариабельность ответа нейтрофилов на аргоновую плазму по сравнению с иммунокорректорами *in vitro*. Достоверного изменения субпопуляций лимфоцитов не выявлено.

В 2010 г. группой ученых проведено исследование действия НТП на процесс регенерации в классической биологической модели – плоских червях планарий [15]. Выявлено, что 2-х и 5-минутное облучение регенерирующих планарий приводит к стимуляции роста головной бластемы. Таким образом, показана возможность оказывать стимулирующее действие на пролиферацию стволовых клеток в регенерирующих тканях животных *in vivo* с помощью НТП.

В исследовании Пака Д.Д. и соавт. (2007) приведены результаты применения физического метода профилактики длительной послеоперационной лимфореи после радикальных мастэктомий [16]. Изучены объем и длительность лимфореи у 105 больных раком молочной железы после оперативного лечения. Прослежена прямая пропорциональная зависимость показателей лимфореи от индекса массы тела больных. Разработана и описана методика обработки подмышечно-подключично-подлопаточной зоны при радикальных мастэктомиях воздушно-плазменным потоком, генерируемым медицинским изделием «Плазон» в хирургическом режиме. Применение данного метода при хирургическом лечении РМЖ позволило сократить объем послеоперационной лимфореи на 34,8% и количество дней – эвакуации лимфы – на 7 у больных с нормальной массой тела, у пациенток с избыточной массой тела – на 34,5% и 6 дней, у больных с I и II степенью ожирения – на 18,3% и 9 дней соответственно. В 2008 г. был получен патент РФ на способ профилактики лимфореи после радикальной мастэктомии, включающий удаление молочной железы единым блоком с подмышечной, подключичной и подлопаточной клетчаткой с последующей обработкой подмышечной, подлопаточной областей, пространства между большой и малой грудными мышцами и подключичной области воздушно-плазменным потоком на расстоянии 1,5-6,0 см от регионарной клетчатки [17]. Способ позволяет уменьшить объем и длительность лимфореи, увеличить абластичность операции.

Шулутко А.М. и соавт. (2011) в своем исследовании проанализировали результаты комплексного лечения 796 пациентов с использованием технологии на основе аргонового плазменного потока [18]. Использовали 2 режима: хирургический (деструкция/коагуляция) и терапевтический (стимуляция). Первый режим применяли на завершающем этапе хирургической обработки гнойного очага, при выполнении ампутации нижней конечности по поводу гангрены. В раннем послеоперационном периоде всем пациентам, а также лицам с венозными трофическими язвами проводили аргоно-плазменную санацию в режиме «терапия». При сравнении с контрольной группой пациентов (традиционное лечение) использование плазменной технологии позволило достоверно ускорить процесс очищения и заживления ран и трофических язв в 1,5-1,8 раза, сократить койко-день, общую летальность и количество осложнений.

В 2016 г. группой ученых проведено исследование, целью которого была оценка эффективности эндоскопического лечения доброкачественных рубцовых стриктур пищевода с использованием ионизированной аргоновой плазмы [19]. Представлен опыт эндоскопического лечения 35 пациентов с постожоговыми и 17 пациентов с пептическими стриктурами пищевода в возрасте от 17 до 73 лет. Степень сужения пищевода варьировала от 0,1 до 1,0 см. На долю коротких постожоговых стриктур пришлось 51,5% (18), трубчатых – 8,6% (3), протяженных – 39,9% (14). Пептические сужения в 100% случаев были непротяжен-

ными и локализовались в прекардиальной зоне пищевода. Предложенный способ лечения позволил добиться выраженного клинического эффекта в короткие сроки с достижением хорошего результата в 53,8% и удовлетворительного – в 27%. Максимальная результативность отмечена при коротких постожоговых и пептических сужениях. По окончании курса лечения в слизистом и подслизистом слоях стенозированного участка отмечалось уменьшение морфологических признаков воспаления, снижение митотической активности эпителия, нормализация толщины эпителиальной выстилки и стратификации слоев наряду с умеренным уменьшением объема соединительной ткани в субэпителиальной зоне.

Козлов Б.Н. и соавт. в 2012 г. провели анализ эффективности применения в клинической практике стернотомии с холодноплазменным наконечником в сравнении со стандартной методикой стернотомии электромеханической пилой [20]. Исследование включало 36 пациентов, поступивших в стационар для планового оперативного лечения заболеваний сердца. Средний возраст – 58,0±6,2 года. Согласно применявшемуся способу стернотомии – с использованием стернотомы с холодноплазменным наконечником (ХПН) либо электромеханической пилой – пациентов разделили на две группы: основную (n=20) и контрольную (n=19). У всех пациентов исследовали исходное состояние костной ткани грудины (гистологически), влияние коблации на рассекаемые ткани, объем кровопотери (гравиметрическим методом) на этапе стернотомии; в период после оперативного вмешательства – показатели костного ремоделирования. Кроме того, оценивали индивидуальную переносимость обоих способов (сроки активизации пациентов, интенсивность болевого синдрома), сроки заживления раны и частоту послеоперационных осложнений. При использовании стернотомы с ХПН уменьшалось время осуществления хирургического доступа более чем на 90%; в среднем в 7 раз снижался объем кровопотери на этапе стернотомии; уменьшалась глубина и степень повреждения тканей; на 45,5% снижалась интенсивность болевого синдрома в послеоперационном периоде (оценка по шкале от 1 до 10 баллов). Стернотомой с холодноплазменным наконечником, благодаря низкотермическому воздействию и малой глубине повреждения рассекаемых тканей в сравнении со стандартной методикой, обладает меньшей травматичностью, сокращает продолжительность этапа стернотомии и кровопотерю.

В 2002 г. были изучены возможности и перспективы плазменной эндохирургии с генерацией монооксида азота при операциях на матке и ее придатках [21]. В статье приведены результаты органосберегающих операций у 90 больных на матке и ее придатках с использованием плазменной эндохирургии и терапии. В качестве генератора воздушно-плазменного потока монооксида азота применялось медицинское изделие «Плазон». Анализ результатов клинического применения аппарата «Плазон» при лапароскопических операциях на матке и ее придатках обнаружил определенные закономерности, как общие для различных нозологий, так и специфичные для конкретного заболевания. Воздушно-плазменный поток является совершенно новым способом доставки хирургической энергии в зону операции, методом интраоперационного раннего воздействия таким мощным терапевтическим фактором, каковым является монооксид азота.

Рядом исследователей NO-терапия применена в комплексном лечении гнойно-некротических заболеваний нижних конечностей у 62 больных сахарным диабетом

[22]. В качестве источника экзогенного NO использовано медицинское изделие «Плазон». Эффективность проводимого лечения оценивали по результатам клинических, цитологических, бактериологических исследований. Полученные данные свидетельствуют об эффективности NO-терапии при гнойно-некротических заболеваниях нижних конечностей, оптимизации очищения ран и стимуляции репаративных процессов, что сокращает сроки лечения больных, позволяет сохранить функциональную активность конечности и дает прямой экономический эффект.

Мартусевич А.К. и соавт. (2013) было изучено влияние обработки NO-содержащей холодной плазмой на уровень нитротирозина крови *in vitro*. Целью исследования служила оценка уровня лабораторных признаков нитрозативного стресса при обработке крови газовым потоком, содержащим NO [23]. Объектом исследования явились образцы цельной консервированной крови здоровых доноров (n=14), разделенные на 3 порции (по 5 мл). Первую порцию обрабатывали NO-содержащей холодной плазмой (медицинское изделие «Плазон»; 100 мл) путем барботажа в пробирке, вторую пробу барботировали 100 мл потока холодной плазмы, предварительно разведенного воздухом (1:9). Уровень нитротирозина сыворотки крови определяли с применением тест-системы ELISA («Hycult Biotech»). Установлено, что обработка крови NO способствует развитию в крови явлений нитрозативного стресса лишь при использовании высоких концентраций агента (800 мкг/л).

Рядом исследователей было предложено применение воздушно-плазменного потока при высоких ампутациях у больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей [24]. Авторы анализируют результаты лечения 249 больных облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей, перенесших ампутацию на уровне бедра или верхней трети голени в связи с нарастающей влажной гангреной за период 2006-2009 гг. В основной группе (n = 112) в ходе вмешательств применяли низкоэнергетический воздушно-плазменный поток (ВПП) в разных режимах. У всех пациентов в ходе выполнения основных оперативных приемов (пересечение мышечных массивов и фасций, коагуляция мелких сосудов, обработка нервных стволов) использовали ВПП в режиме резки-коагуляции. Операционную рану перед началом формирования культи дополнительно обрабатывали охлажденным ВПП в режиме NO-терапии. При сравнении с контрольной группой (n = 137) (традиционные ампутации) отметили достоверное снижение объема интраоперационной кровопотери, частоты раневых осложнений в 1,8 раза, ускоренное купирование лихорадки и послеоперационного болевого синдрома, улучшение ряда клинических показателей, в том числе продолжительности пребывания больных в стационаре.

Также известно применение комбинированной плазменной технологии в комплексном лечении флегмонозно-некротической рожи [25]. Представлены результаты комплексного лечения 181 пациента с флегмонозно-некротической рожой различной локализации. Основную группу составит 102 пациента, пролеченных с применением плазменной хирургической энергии. В режиме резки и коагуляции аргоновый и воздушно-плазменные потоки бит успешно применены на завершающем этапе хирургической обработки гнойного очага. В послеоперационном периоде раны ежедневно последовательно облучают аргоновым и воздушно-плазменными потоками в терапевтическом режиме (установка «СП-ЦИТ» и меди-

цинское изделие «Плазон») по разработанной в клинике методике. Авторам удалось существенно сократить количество повторных вмешательств, добиться быстрого очищения раневой поверхности от некротизированных масс и раневого детрита. По основным параметрам раневого процесса наблюдаемая группа в 1,5-2,2 раза опережала проспективную группу сравнения, в которой проводили лечение традиционным способом (некрэктомии, перевязки с антисептиками). Это подтверждаю также данными микробиологического и патоморфологических исследований в динамике.

Перспективным считается использование воздушно-плазменной терапии для коррекции возрастных изменений кожи [26]. Воздушно-плазменное воздействие, основанное на биологических эффектах монооксида азота (NO), стимулирует пролиферацию кератиноцитов и фибробластов, синтез фибробластами коллагеновых волокон, улучшение трофики кожи. NO-терапия может стать новым высокоэффективным, безопасным и физиологичным методом коррекции возрастных изменений кожи.

В 2015 году группой исследователей было изучено применение терапевтического воздействия аргоновой плазмы в терапевтической косметологии [27]. Целью работы являлось изучение особенностей влияния медицинского изделия «PlasmaJet» на кожу лица при возрастных изменениях кожи и *Acne vulgaris*. Под наблюдением находились 20 человек. В первую группу входили 10 пациентов с возрастными изменениями кожи лица. Для пациентов этой группы было проведено 5 процедур комбинированного воздействия в режиме Pulse Mode, продолжительностью 30 мин с интервалом в 1 неделю. Во вторую группу входили 10 пациентов с воспалительными заболеваниями кожи (акне), которым было проведено 3 процедуры комбинированного воздействия в режиме Pulse Mode, продолжительностью 30 мин. Интервалы между процедурами составляли 3-4 дня. Полученные результаты сравнительной оценки эффективности воздействия процедур на кожу лица с использованием медицинского изделия «PlasmaJet» в режиме Pulse Mode показали, что у пациентов с возрастными изменениями кожи отмечено увеличение показателей влажности, эластичности, а также сокращение размеров морщин. У пациентов с воспалительными заболеваниями кожи (акне) отмечена нормализация активности сальных желез кожи лица, снижение интенсивности эритемы и проявлений воспалительных заболеваний кожи, улучшение общего внешнего вида. Иммуногистохимические исследования показали стимулирующий эффект на клетки кожи лица пациентов, повышение синтетической способности кожи и активизация систем борьбы с повреждениями клеток кожи.

В 2017 г. группа исследователей применили плазменную обработку при лечении поздних воспалительно-гнояных осложнений инъекционной контурной пластики полиакриламидным гелем [28]. Авторы анализируют опыт комплексного лечения 21 пациентки с поздними септическими осложнениями контурной пластики тела с применением полиакриламидного геля (ПААГ) за период 2010-2015 гг. Глубина поражения мягких тканей соответствовала II—III уровням по классификации D. Ahrenholz (1991 г.), протяженность составила от 67 до 180 см². Наиболее частой зоной аугментации были молочные железы (всего 18 наблюдений). В программу комплексного лечения наряду с антибактериальной терапией и хирургической обработкой входило воздействие на очаг плазменными потоками в различных режимах. Применение плазменной технологии позволило у 100% пациенток

заметно ускорить регенеративные процессы, добиться стойкой микробной деконтаминации очага. Высокоэнергетическая вапоризация обеспечивала максимально возможное удаление ПААГ из тканей, что было подтверждено данными гистологического исследования.

Воздушно-плазменные потоки применяются в комплексном лечении длительно незаживающих и хронических ран (язв) нижних конечностей [29]. В статье приведены результаты лечения 128 пациентов с длительно незаживающими и хроническими ранами воздушно-плазменными потоками и раневым покрытием «Мультиферм», ферментативным началом которого является комплекс протеиназ панкреазы краба и хитозана. На основании клинических, морфологических, патофизиологических и микробиологических исследований установлено, что данный метод эффективен и патогенетически обоснован.

Известно использование комбинированной аргоно-воздушно-плазменной обработки в лечении острого варикотромбофлебита [30]. Острый варикотромбофлебит (ОВТФ) нижних конечностей является распространенным заболеванием и чаще возникает в зрелом возрасте на фоне варикозно-расширенных подкожных вен. Не всегда приемлемые результаты традиционной терапии, а также длительные сроки реабилитации служат постоянным стимулом к поиску более эффективных лечебных технологий. Авторы анализируют результаты консервативного лечения 161 пациента с данной патологией. У 81 (33,4%) больного наряду с общепринятым лечением применяли дистанционное воздействие аргоноплазменным потоком (в режиме стимуляции) с последующей воздушно-плазменной обработкой (в режиме NO-терапии). Облучение зоны воспаления плазменными потоками проводили с расстояния, исключающего термическое повреждение тканей, по оригинальной методике. При сравнении с контрольной группой из 78 пациентов (стандартное консервативное лечение) отмечен более выраженный регресс местных проявлений ОВТФ, а также ускоренное купирование болевого синдрома. В конечном итоге это способствовало сокращению сроков пребывания в стационаре, а также улучшению клинических и косметических результатов лечения в отдаленном периоде.

В статье Андрюшенкова Н.А. и соавт. (2010) представлены данные клинического и цитологического обследований пациентов с одонтогенными флегмонами, комплексное лечение которых включало использование NO-содержащего воздушно-плазменного потока [31]. Воздушно-плазменная коагуляция и NO-терапия оптимизируют процесс заживления гнойной раны: способствуют более быстрому очищению раны от некротических тканей и активизируют репаративный процесс.

Известно применение плазменных потоков у пациентов с хирургической инфекцией мягких тканей [32]. Авторы анализируют результаты лечения 489 пациентов с хирургической инфекцией мягких тканей за период с 2004 по 2015 г. В ходе хирургической обработки и дальнейшей местной терапии применяли плазменные потоки в различных режимах. Полученные результаты сравнивали с таковыми у 280 человек, пролеченных по общепринятой методике (контрольная группа). Выявлено, что плазменная обработка гнойно-некротического очага достоверно ускоряет очищение раневой поверхности и последующую репарацию постнекротомических ран (в 1,5-1,8 раза) – независимо от уровня и протяженности поражения покровных тканей; позволяет существенно снизить степень микробной контаминации очага, а также сократить сроки стационарного лечения.

Черкасовым Д.М. и соавт.(2016) был предложен современный подход к лечению осложненных грыж пищеводного отверстия диафрагмы [33]. Были представлены результаты видеоэндоскопического лечения 112 больных осложненными формами грыж пищеводного отверстия диафрагмы. У 16 пациентов с пищеводом Барретта в послеоперационном периоде проводилась эндоскопическая аргон-плазменная коагуляция. Было установлено, что при наличии пищевода Барретта в послеоперационном периоде показано применение аргон-плазменной коагуляции, а также проведение медикаментозной терапии.

В 2010 г. группа исследователей предложили использовать НТП в лечении рожистого воспаления [34]. Целью исследования являлась оптимизация способов лечения и профилактика рецидивов хронических заболеваний, в частности рожистого воспаления, повышение эффективности хирургического лечения заболеваний, связанных с внутриклеточной персистенцией возбудителя инфекции, а также ускорение процессов регенерации в зоне хронического воспаления. Указанная цель достигается тем, что дополнительно в пред- и послеоперационном периоде в течение 7 дней внутримышечно вводят окситоцин 10 МЕ в разведении 1:10 один раз в день на фоне стандартной антибактериальной терапии, с воздействием на воспалительный очаг гелиевого плазменного потока в режиме коагуляции, иссечением образующегося сухого коагуляционного струпа до здоровых жизнеспособных тканей и обработкой в послеоперационном периоде плазменным потоком (аргоном) в режиме стимуляции раневой поверхности и площади вокруг раны. Лечение по предложенной схеме применялось в группе больных рожистым воспалением, состоящей из 34 человек.

В 2010 г. был предложен способ бесшовной геморроидэктомии при помощи плазменного скальпеля [35]. Изобретение относится к области медицины, а именно к колоректальной хирургии, и может найти применение при хирургическом лечении пациентов с геморроем 3-4 стадии. Способ состоит в мобилизации наружного геморроидального узла, последующей резекции внутреннего геморроидального узла единым блоком с мобилизованным наружным геморроидальным узлом при помощи плазменной установки «Скальпель плазменный СП-ЦПТ» в режиме коагуляции по методике 2, при мощности расхода газа 20%. При этом создают «сварной» шов высотой 0,1-0,2 см. Данное изобретение позволяет иссечь геморроидальные узлы с формированием надежного «сварного шва», не требующего дополнительного лигирования сосудистой ножки геморроидального узла; а также снизить послеоперационный болевой синдром за счет меньшей травматизации тканей анального канала, сроков заживления раны, что ведет к сокращению койко-дней и медико-трудовой реабилитации оперированных больных.

Представлен опыт применения аргонплазменной коагуляции (АПК) у 60 пациенток 20-45 лет с доброкачественными заболеваниями шейки матки [36]. Результаты свидетельствуют об отсутствии грубого рубцевания на шейке матки. Лучший результат по эпителизации к 30 дню наблюдали у пациенток, которым после АПК назначали местный препарат с регенерирующим и антисептическим действием.

Бахтин В.А. и соавт. (2010) провели комплексное лечение 47 больных с осложненными псевдокистами поджелудочной железы с интраоперационным применением бесконтактной аргонплазменной коагуляции [37]. Использование бесконтактной аргонплазменной коагу-

ляции при различных осложнениях позволяет добиться надежного гемостаза, облитерации мелких ацинарных протоков, антисептического эффекта. Применение бесконтактной аргонплазменной коагуляции способствовало снижению послеоперационных осложнений с 81,2% до 13,3%, профилактике формирования наружных панкреатических свищей, снижению летальности и времени пребывания больных в стационаре.

В статье Тарасова Д.А. и соавт. (2011) представлены морфологические исследования тканей опорно-двигательного аппарата человека после воздействия на них *ex vivo* аргонной плазмы [38]. Изучены жировая, мышечная, хрящевая ткани, синовиальная оболочка тазобедренного сустава, капсула тазобедренного сустава, круглая связка, губчатая кость межвертельной зоны. Отмечено, что плазменный коагулятор не оказывает грубого повреждающего воздействия на ткани, не вызывает обширных некротических изменений.

Группа исследователей изучили экспрессию матриксной металлопротеиназы-2 клетками пищеводной стенки у больных с рубцовыми стриктурами, получавших эндоскопическое лечение ионизированной аргонной плазмы [39]. Целью исследования являлась оценка экспрессии матриксной металлопротеиназы-2 (ММР-2) в биоптатах пищевода у пациентов с рубцовыми эзофагеальными стриктурами в процессе эндоскопического лечения с использованием ионизированной аргонной плазмы. Иммуногистохимическим методом проведено исследование динамики экспрессии ММР-2 в биоптатах пищевода у пациентов с эзофагеальными сужениями до, во время и после применяемого лечения. У больных с эзофагеальными стриктурами на фоне хронического эзофагита отмечается значительное повышение уровня экспрессии ММР-2 клетками воспаления (макрофагами и нейтрофилами). После аргонплазменной реканализации выявлен усиленный синтез ММР-2 фибробластами, что является одним из механизмов дилатирующего эффекта аргонной плазмы.

В 2016 г. опубликована статья в которой проведена оценка результатов лечения пациентов с доброкачественными рубцовыми сужениями пищевода эндоскопическим методом с использованием ионизированной аргонной плазмы пищевода [40]. Пролечено 52 пациента с рубцовыми сужениями. Хорошие клинические результаты были достигнуты у 55,8% больных, удовлетворительные – у 26,9%. Стабильный клинический эффект в отдаленном периоде наблюдали в 65% положительных результатов.

Терсков А.Ю. и соавт. (2008) опубликовал способ обработки костной ткани при хирургическом лечении доброкачественных опухолей скелета [41]. Изобретение относится к области медицины, а именно к ортопедии, и может найти применение при хирургическом лечении доброкачественных костных опухолей. Сущность способа состоит в удалении патологического очага и воздействии на ткань физическим фактором. При этом зону резекции костной ткани обрабатывают аргон-плазменным скальпелем в режиме коагуляции при мощности 20-100 Вт в течение 5-15 сек на 1 см² костной ткани. Использование данного изобретения позволяет за счет адекватного подбора мощности потока воздействовать на костную ткань.

Известен способ лечения перелома нижней челюсти [42], который заключается в том, что перед наложением межчелюстной тяги лунку зуба и зону перелома обрабатывают расфокусированным плазменным потоком аргона при силе тока 30 А, напряжении 40 В, избыточном дав-

лени газа 0,04 атм в течение 3 мин, ежедневно повторяя воздействие на зону перелома плазменным потоком аргона с теми же параметрами и экспозицией на протяжении 5-7 суток. Данный способ повышает эффективность лечения.

Толстых М.П. и соавт. (2007) предложен способ кожной пластики [43]. Закрывают операционную рану свободным расщепленным дермальным перфорированным лоскутом толщиной 0,4 мм при соотношении площади перфорации к общей площади лоскута 1:2. Вводят внутривенно во время операции и в течение 3-х суток после операции 10 мг серотонина адипината в 200-400 мл физиологического раствора. Воздействуют на пересаженный дермальный лоскут оксидом азота, генерируемым медицинским изделием «Плазон», в режиме NO-терапии при длительности воздействия 10 сек на 1 см². Способ позволяет уменьшить риск инфицирования раны, улучшить микроциркуляцию, улучшить приживление лоскута.

Получен патент Российской Федерации на способ пломбировки костной полости [44]. Изобретение относится к травматологии и ортопедии и может быть применимо для пломбировки костной полости. Костную полость заполняют губчатым аллотрансплантатом в виде крошек, после чего поверхность обрабатывают низкотемпературной плазмой до образования гомогенной пломбы. Способ позволяет предотвратить выпадение трансплантата, уменьшить риск асептического воспаления.

Описан и запатентован способ облитерации лобной пазухи [45]. Изобретение относится к области медицины, а именно к оториноларингологии, и может найти применение при хирургическом лечении травматических повреждений лобных пазух и рецидивирующих гнойных и гнойно-полипозных фронтитов. Способ заключается в обнажении пазухи, удалении слизистой оболочки, обработке стенок пазухи борями и облитерации. При этом для коагуляции и стерилизации стенок лобной пазухи используют воздушно-плазменные потоки, генерируемые медицинским изделием «Плазон». Проводят мягкое дистанционное воздействие манипулятором с температурой на выходе 3000-3500°C в режиме коагуляции сканирующими движениями со скоростью 3 см в секунду с расстояния 15-20 см с экспозицией 1-3 минуты в зависимости от объема операционной полости. После чего осуществляют дальнейшую облитерацию биосовместимыми имплантационными материалами с высокими остеокондуктивными и остеоиндуктивными свойствами, такими как гидроксипол (ГАП 99) и колапол (КП-ЗЛ, КП-ЗМ). Использование данного изобретения позволяет повысить эффективность облитерации лобной пазухи биосовместимыми композиционными материалами и обеспечить профилактику развития поздних осложнений.

В исследовании Welz C. et al. (2015) была доказана эффективность плазменного устройства поверхностного микроразряда против двух клеточных линий рака головы и шеи [46]. Анализ данных показал, что обработка холодной плазмой заметно снижает жизнеспособность клеток для всех испытанных периодов лечения (30, 60, 90, 120 и 180 с). При окрашивании апринтин-V / PI выявлена индукция апоптоза в обработанных линиях клеток, но значительная зависимость от дозы не наблюдалась.

В исследовании Arndt S. et al. (2013) определяли молекулярные изменения, индуцированные холодной атмосферной плазмой, с использованием *in vitro* исследований клеточной культуры с фибробластами человека и модели раны кожи лица *in vivo* [47]. Анализ данных *in vitro* показал, что обработка холодной атмосферной плазмой

индуцирует экспрессию важных ключевых генов, имеющих решающее значение для реакции заживления ран, таких как IL-6, IL-8, MCP-1, TGF-β1, TGF-β2 и способствует продуцированию коллагенового типа I и альфа-SMA. Тесты на заживление ран от царапин показали улучшенную миграцию клеток, тогда как пролиферацию клеток, проанализированную методом ХТТ, и апоптотическое устройство, анализируемое технологией белковых матриц, не изменялось. Модель заживления раны *in vivo* подтвердила, что лечение холодной атмосферной плазмой влияет на вышеупомянутые гены, связанные с заживлением ран, повреждением тканей и восстановлением.

J. Heinlin et al. (2010) получили экспериментальные данные, показывающие, что холодная атмосферная плазма обеспечивает эффективную бесконтактную и безболезненную дезинфекцию даже в микроскопических отверстиях без повреждения здоровой ткани [48]. Также приведены данные клинических исследований, доказывающих эффективность и переносимость плазмы при лечении инфицированных хронических ран.

Описан опыт применения медицинского изделия «Плазон» для лечения базально-клеточного рака кожи лица и волосистой части головы [49]. Оценивали эффективность метода, непосредственные и ближайшие результаты, переносимость его в амбулаторных условиях, характер и количество осложнений, косметические и функциональные последствия применения метода при расположении опухолей на коже лица и волосистой части головы. Установлено повышение эффективности лечения больных с первичным и рецидивным базально-клеточным раком кожи благодаря применению воздушно-плазменных потоков, достижение лучшего косметического эффекта по сравнению с другими известными методами лечения.

Чесноковой Н.Б. и соавт. запатентован способ лечения гифемы (2003) [50]. Изобретение относится к области медицины, в частности к офтальмологии, и предназначено для лечения гифемы. Проводят воздействие на передний отрезок глаза газовым потоком, содержащим оксид азота. Используют газовый поток, создаваемый медицинское изделие «Плазон». Концентрация азота составляет 400 мг/м³. Время воздействия 60 – 120 с. Способ позволяет регулировать обменные процессы в поврежденных тканях, снять отек и воспаление радужки, добиться рассасывания гифемы за счет регулятивного действия азота, усиления ангиогенеза и пролиферации клеток.

NO-терапию широко применяют, как немедикаментозный метод лечения венозных трофических язв нижних конечностей [51]. Проведено лечение 186 пациентов с венозными трофическими язвами нижних конечностей. Лечение с помощью NO-терапии от медицинского изделия «Плазон» выполнили 103 пациентам, обработку язв провели у 46 пациентов, лазеротерапию применили у 37 больных. На фоне NO-терапии сроки заживления язв составили 15,8±0,4 суток у всех больных основной группы, тогда как в группе сравнения лишь у половины больных наступила полная эпителизация язв. На фоне обработки язв анолитом нейтральным АНК язвы полностью эпителизовались через 12±1,4 суток. При проведении лазеротерапии язвы полностью эпителизовались через 1 мес. Таким образом, комплексное лечение венозных трофических язв смешанного генеза в режиме NO-терапии позволило сократить сроки амбулаторного лечения и клинического выздоровления пациентов в 2 раза.

В клинико-экспериментальном исследовании Осипова Э.М. и соавт (2008) изучена эффективность комплекс-

ного лечения больных с остеомиелитом нижней челюсти одонтогенного или травматического генеза [52]. В статье приводятся результаты комплексного обследования и лечения 60 больных с остеомиелитом нижней челюсти. В качестве источника плазменных и NO-содержащих газовых потоков, генерируемых из атмосферного воздуха, использован медицинское изделие «Скальпель-коагулятор-стимулятор воздушно-плазменный СКВП/NO-01 «ПЛАЗОН®». NO-терапия оказывала влияние на эритроцитарное звено гемопоэза, нормализуя морфометрические показатели эритроцитов, способствуя активации эритропоэза, улучшала морфологический состав клеточной популяции, стабилизировала антиоксидантную активность эритроцитов. Под влиянием экзогенного оксида азота происходила стимуляция клеточных факторов неспецифического иммунитета. Включение в схему послеоперационного лечения больных с остеомиелитами нижней челюсти NO-терапии способствовало повышению эффективности лечения и уменьшению количества осложнений.

Группой исследователей было изучено влияние последовательного применения воздушно-плазменных потоков и озono-кислородной смеси на пролиферативную активность клеток фибробластического ряда и активность эпителиоцитов у больных с синдромом диабетической стопы [53]. В основу настоящей работы положены результаты обследования и лечения 105 больных с ишемической и нейроишемической формами синдрома диабетической стопы. В целях улучшения магистрального кровотока нижних конечностей всем больным были выполнены реконструктивные сосудистые операции. Для исследования влияния воздушно-плазменных потоков и озono-кислородной смеси на течение раневого процесса больные были разделены на 2 группы. В основную группу вошли 57 (54,3%) пациентов, которым раны нижних конечностей последовательно обрабатывали воздушно-

но-плазменным потоком и озono-кислородной смесью. Для сравнения результатов лечения была выделена контрольная группа больных, в нее вошли 48 (45,7%) пациенты, раны которых лечили по общепринятой методике, а комбинированную обработку монооксидом азота и озonoкислородной смесью не производили. В ходе клинической части исследования были отработаны методики последовательного применения монооксида азота и озонотерапии, применяемые в комплексном лечении больных с СДС, для обработки ран нижних конечностей до операции, интраоперационно и в раннем послеоперационном периоде.

Низкотемпературная плазма зарекомендовала себя как метод, обладающий широким спектром действия, в связи с чем, она находит все большее применение в лечении заболеваний различного профиля. Данный метод оказывает положительное действие на работу многих функциональных систем организма, посредством чего достигается формирование эффективных защитных реакций и компенсаторно-восстановительных процессов.

Данный физиотерапевтический метод является неинвазивным, высокоэффективным, простым в применении и достаточно хорошо переносится пациентами. Кроме того, проведение процедур с использованием НТП не трудозатратно, а оборудование не требует покупки дополнительных расходных материалов.

Таким образом, высокая лечебная эффективность НТП, наличие сертифицированной аппаратуры отечественного производства, минимальное количество противопоказаний к назначению данного метода, а также относительная простота выполнения процедур, позволяют рекомендовать ее к использованию в условиях стационаров, поликлиник и санаториев. Внедрение данного метода в широкую клиническую практику позволит расширить перечень показаний к его назначению.

Список литературы:

1. Котельников И.А., Ступаков Г.В. Лекции по физике плазмы: Учебное пособие для студентов физического факультета НГУ. Новосибирск: Новосибирский университет. 1996;136 с.
2. Кролл Н., Трайвелпис А. Основы физики плазмы. М.: Мир. 1975; 525 с.
3. Ключарев, А.Н.; Мишаков, В.Г.; Тимофеев, Н.А. Введение в физику низкотемпературной плазмы. Издательство Санкт-Петербургского университета. 2008; 224 с.
4. Гостев К.В., Тихонов Е.А. Перспективы применения холодной плазмы промышленности в сфере живых систем. Наука и бизнес: пути развития. 2012; 3: 75-78.
5. Смирнова Н.В., Петрова Н.О., Шемет М.В., Идиатулин И.Г. Применение холодной плазмы атмосферного давления в технологиях лечения животных. Иппология и ветеринария. 2016; 2: 115-119.
6. Сысолятина Е. В. Бактерицидные свойства низкотемпературной плазмы in vitro и in vivo. Диссертация ... кандидата биологических наук. Москва. 2013; 128 с.
7. Ermolaeva S.A., Varfolomeev A.F., Chernukha M.Yu., Yurov D.S., Vasiliev M.M., Sysolyatina E.V., Petrov O.F., Morfill G.E., Grigoriev A.I., Naroditskii B.S., Fortov V.E. Gintsburg A.L. Bactericidal effects of non-thermal argon plasma in vitro, in biofilms and in the animal model of infected wounds. Journal of Medical Microbiology. 2011; 1(60): 75-83.
8. Ермолаева С.А., Петров О.Ф., Миллер Г.Г., Шагинян И.А., Народицкий Б.С., Сысолятина Е.В., Мухачев А.Я., Морфилл Г.Е., Фортвов В.Е., Григорьев А.И., Гинцбург А.Л. Перспективы использования низкотемпературной газовой плазмы как антимикробного агента. Вестник Российской Академии медицинских наук. 2011; 10: 15-21.
9. Ермолаева С.А., Сысолятина Е.В., Колкова Н.И., Дробященко М.А., Васильев М.М., Тухватулин А.И., Петров О.Ф., Народицкий Б.С., Морфилл Г.Е., Фортвов В.Е., Григорьев А.И., Зигангирова Н.А., Гинцбург А.Л. Новые подходы к терапии персистирующих инфекций: элиминация внутриклеточных chlamydia trachomatis путем воздействия низкотемпературной аргоновой плазмой.

References:

1. Kotel'nikov I.A., Stupakov G.V. Lectures on plasma physics:Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskogo fakul'teta NGU. Novosibirsk: Novosibirskij universitet. 1996;136 s. (in Russ.)
2. Kroll N., Trajvelpis A. Fundamentals of plasma physics. M.: Mir. 1975; 525 s. (in Russ.)
3. Klyucharev, A.N.; Mishakov, V.G.; Timofeev, N.A. Introduction to the physics of low-temperature plasma. Izdatel'stvo Sankt-Peterburgskogo universiteta. 2008; 224 s. (in Russ.)
4. Gostev K.V., Tixonov E.A. Prospects for the use of cold plasma industry in the field of living systems. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2012; 3: 75-78. (in Russ.)
5. Smirnova N.V., Petrova N.O., Shemet M.V., Idiutulin I.G. Application of cold atmospheric pressure plasma in animal treatment technologies. Ippologiya i veterinariya. 2016; 2: 115-119. (in Russ.)
6. Sy'solyatina E. V. Bactericidal properties of low-temperature plasma in vitro and in vivo. Dissertatsiya ... kandidata biologicheskix nauk. Moskva. 2013; 128 s. (in Russ.)
7. Ermolaeva S.A., Varfolomeev A.F., Chernukha M.Yu., Yurov D.S., Vasiliev M.M., Sysolyatina E.V., Petrov O.F., Morfill G.E., Grigoriev A.I., Naroditskii B.S., Fortov V.E. Gintsburg A.L. Bactericidal effects of non-thermal argon plasma in vitro, in biofilms and in the animal model of infected wounds. Journal of Medical Microbiology. 2011; 1(60): 75-83.
8. Ermolaeva S.A., Petrov O.F., Miller G.G., Shaginyan I.A., Naroditskij B.S., Sy'solyatina E.V., Muxachev A.Ya., Morfill G.E., Fortov V.E., Grigor'ev A.I., Ginczburg A.L. Prospects for the use of low-temperature gas plasma as an antimicrobial agent. Vestnik Rossijskoj Akademii medicinskix nauk. 2011; 10: 15-21. (in Russ.)
9. Ermolaeva S.A., Sy'solyatina E.V., Kolkova N.I., Drob'yashchenko M.A., Vasil'ev M.M., Tuxvatulin A.I., Petrov O.F., Naroditskij B.S., Morfill G.E., Fortov V.E., Grigor'ev A.I., Zigangirova N.A., Ginczburg A.L. New approaches to the treatment of persistent infections: elimination of intracellular chlamydia trachomatis by exposure to low-temperature

- Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2012; 4: 33-37.
10. Семенов А.П., Балданов Б.Б., Ранжуров Ц.В., Норбоев Ч.Н., Намсараев Б.Б., Дамбаев В.Б., Гомбоева С.В., Абидуева Л.Р. Инактивация микроорганизмов в холодной аргоновой плазме атмосферного давления. Успехи прикладной физики. 2014; 3: 229-233.
 11. Мисюн Ф.А., Гостев В.А. Способ лечения язвенных бактериальных поражений роговицы глаза. Патент РФ № 2191044, опублик. 20.10.2002, бюл. №29.
 12. Леднев П.В., Белов Ю.В., Марахонич Л.А., Стоногин А.В., Лысенко А.В., Салагаев Г.И. Применение воздушно-плазменного потока для лечения послеоперационной стерильной инфекции. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2017; 6: 28-33.
 13. Ефименко Н.А., Есипов А.В., Мусайлов В.А., Москаленко В.В. Плазменная хирургия в военной медицине. Военно-медицинский журнал. 2014; 6 (335): 34-38.
 14. Дидковский Н.А., Малашенкова И.К., Вавилова Ю.В., Гимадиев Р.Р., Маевский Е.И. Влияние потока аргоновой плазмы на фагоциты и лимфоциты периферической крови больных вторичной иммунной недостаточностью с инфицированными ранами и язвами. Эфферентная и физико-химическая медицина. 2010; 1: 34-40.
 15. Ермаков А.М., Ермакова О.Н., Маевский Е.И., Васильев М.М., Петров О.Ф., Фортон В.Е. Влияние низкотемпературной аргоновой плазмы на скорость регенерации планарий. Российский биомедицинский журнал. 2010; 1 (11): 160-167.
 16. Пак Д.Д., Соколов В.В., Ермощенко М.В. Применение воздушно-плазменных потоков для профилактики лимфореи при хирургическом лечении рака молочной железы. Российский онкологический журнал. 2007; 5: 29-33.
 17. Пак Д.Д., Соколов В.В., Кабисов Р.К., Ермощенко М.В. Способ профилактики лимфореи после мастэктомии. Патент РФ № 2334485, опублик. 27.09.2008, бюл. №2.
 18. Шулютко А.М., Османов Э.Г., Гогохия Т.Р., Лаженицын А.И. Стратегия применения плазменно-дугового оборудования в гнойной хирургии. Московский хирургический журнал. 2011; 5(21): 34-38.
 19. Скажуткина Т.В., Цепелев В.Л., Степанов А.В. Эндоскопическое лечение рубцовых стриктур пищевода с использованием ионизированной аргоновой плазмы (с комментарием). Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2016; 10: 16-20.
 20. Козлов Б.Н., Кузнецов М.С., Насрашвили Г.Г., Панфилов Д.С., Шипулин В.М., Николаев А.Г., Гуляев В.М. Первый клинический опыт применения холодноплазменного стернотомы. Сибирский медицинский журнал. 2012; 2 (27): 96-101.
 21. Давыдов А.И., Стрижаков А.Н., Пекшев А.В., Кучухидзе С.Т., Клиндухов И.А. Возможности и перспективы плазменной эндохирургии с генерацией монооксида азота при операциях на матке и ее придатках. Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2002; 2(1): 57-60.
 22. Шулютко А.М., Антропова Н.В., Крюгер Ю.А. Плазмодинамическая санация оксидом азота в комплексном лечении диабетической стопы. Российский медицинский журнал. 2005; 3: 20.
 23. Мартусевич А.К., Соловьева А.Г., Перетягин С.П., Диденко Н.В. Влияние обработки по-содержащей холодной плазмой на уровень нитротирозина крови in vitro. Журнал МедиАль. 2013; 2: 16-17.
 24. Шулютко А.М., Османов Э.Г., Скопинцев В.Б., Антропова Н.В., Джамалов Д.М. Применение воздушно-плазменного потока при высоких ампутациях у больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей. Российский медицинский журнал. 2011; 1: 23-26.
 25. Шулютко А.М., Османов Э.Г., Новикова И.В. Комбинированная плазменная технология в комплексном лечении флегмонозно-некротической рожы. Анналы хирургии. 2008; 4: 67-71.
 26. Харахордин О.Е. Перспективы использования воздушно-плазменной терапии для коррекции возрастных изменений кожи. Вестник эстетической медицины. 2009; 1(8): 44-48.
 27. Труханов А.И., Жукова И.К., Толкачева А.А., Щукина Е.В., Кветной И.М. Применение терапевтического воздействия аргоновой плазмы в терапевтической косметологии. Вестник восстановительной медицины. 2015; 2(66): 21-30.
 28. Шулютко А.М., Османов Э.Г., Новикова И.В., Чочия С.Л., Середин В.П., Мачарадзе А.Д. Плазменная обработка при лечении поздних воспалительно-гнойных осложнений инъекционной контурной пластики полиакриламидным гелем. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2017; 9: 59-63.
 29. Луцевич О.Э., Тамразова О.Б., Кулешов И.Ю., Сорокатый А.А., Шикинова А.Ю., Усмонов У.Д., Старичков И.Г. Воздушно-плазменные потоки в режиме коагуляции, по-терапии в комплексном лечении длительно незаживающих и хронических ран (язв) нижних конечностей. Московский хирургический журнал. 2011; 2 (18): 9-13.
 30. Шулютко А.М., Османов Э.Г. Использование комбинированной аргоно-воздушно-плазменной обработки в лечении острого варикотромбофлебита. Флебология. 2008; 4(2): 34-39.
 - argon plasma. Zhurnal mikrobiologii, e'pidemiologii i immunobiologii. 2012; 4: 33-37. (in Russ.)
 10. Semenov A.P., Baldanov B.B., Ranzhurov Cz.V., Norboev Ch.N., Namsaraev B.B., Dambaev V.B., Gomboeva S.V., Abidueva L.R. Inactivation of microorganisms in cold argon plasma at atmospheric pressure. Uspexi prikladnoj fiziki. 2014; 3: 229-233. (in Russ.)
 11. Misyun F.A., Gostev V.A. A method for the treatment of ulcerative bacterial lesions of the cornea. Patent RF № 2191044, opubl. 20.10.2002, byul. №29. (in Russ.)
 12. Lednev P.V., Belov Yu.V., Maraxonich L.A., Stonogin A.V., Ly'senko A.V., Salagaev G.I. The use of air-plasma flow for the treatment of postoperative sternal infection. Kardiologiya i serdechno-sosudistaya xirurgiya. 2017; 6: 28-33. (in Russ.)
 13. Efimenko N.A., Esipov A.V., Musailov V.A., Moskalenko V.V. Plasma surgery in military medicine. Voenno-medicinskij zhurnal. 2014; 6 (335): 34-38. (in Russ.)
 14. Didkovskij N.A., Malashenkova I.K., Vavilova Yu.V., Gimadiev R.R., Maevskij E.I. Effect of argon plasma flow on phagocytes and peripheral blood lymphocytes in patients with secondary immune deficiency with infected wounds and ulcers. 2010; 1: 34-40. (in Russ.)
 15. Ermakov A.M., Ermakova O.N., Maevskij E.I., Vasil'ev M.M., Petrov O.F., Fortov V.E. Effect of low-temperature argon plasma on the planarium regeneration rate. Rossijskij biomedicinskij zhurnal. 2010; 1 (11): 160-167. (in Russ.)
 16. Pak D.D., Sokolov V.V., Ermoshenkova M.V. The use of air-plasma flow for the prevention of imparai in the surgical treatment of breast cancer. Rossijskij onkologicheskij zhurnal. 2007; 5: 29-33. (in Russ.)
 17. Pak D. D., Sokolov V.V., Kabisov R.K., Ermoshenkova M.V. Method of prevention of imparai after mastectomy. Patent RF № 2334485, opubl. 27.09.2008, byul. №2. (in Russ.)
 18. Shulutko A.M., Osmanov E'.G., Gogoxiya T.R., Lazhenicyn A.I. The strategy of the use of plasma-arc equipment in purulent surgery. Moskovskij xirurgicheskij zhurnal. 2011; 5(21): 34-38. (in Russ.)
 19. Skazhutina T.V., Cepelev V.L., Stepanov A.V. Endoscopic treatment of cicatricial strictures of the esophagus using ionized argon plasma (with commentary). Xirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova. 2016; 10: 16-20. (in Russ.)
 20. Kozlov B.N., Kuznecov M.S., Nasrashvili G.G., Panfilov D.S., Shipulin V.M., Nikolaev A.G., Gulyaev V.M. The first clinical experience with cold plasma sternotomy. Sibirskij medicinskij zhurnal. 2012; 2 (27): 96-101. (in Russ.)
 21. Davy'dov A.I., Strizhakov A.N., Pekshev A.V., Kuchuxidze S.T., Klinduxov I.A. Possibilities and prospects of plasma endosurgery with the generation of nitrogen monoxide during operations on the uterus and its appendages. Voprosy' ginekologii, akusherstva i perinatologii. 2002; 2(1): 57-60. (in Russ.)
 22. Shulutko A.M., Antropova N.V., Kryuger Yu.A. Plasmodynamic rehabilitation with nitric oxide in the complex treatment of diabetic foot. Rossijskij medicinskij zhurnal. 2005; 3: 20. (in Russ.)
 23. Martusevich A.K., Solov'eva A.G., Peretyagin S.P., Didenko N.V. The effect of treatment with no-containing cold plasma on the level of blood nitrotyrosine in vitro. Zhurnal MediAl'. 2013; 2: 16-17. (in Russ.)
 24. Shulutko A.M., Osmanov E'.G., Skopincev V.B., Antropova N.V., Dzhamalov D.M. The use of air-plasma flow at high amputations in patients with obliterating diseases of the arteries of the lower extremities. Rossijskij medicinskij zhurnal. 2011; 1: 23-26. (in Russ.)
 25. Shulutko A.M., Osmanov E'.G., Novikova I.V. Combined plasma technology in the complex treatment of phlegmonous necrotic erysipelas. Annaly' xirurgii. 2008; 4: 67-71. (in Russ.)
 26. Xaraxordin O.E. Prospects for the use of air-plasma therapy for the correction of age-related skin changes. Vestnik e'stetcheskoj mediciny'. 2009; 1(8): 44-48. (in Russ.)
 27. Truxanov A.I., Zhukova I.K., Tolkacheva A.A., Shhukina E.V., Kvetnoj I.M. The use of therapeutic effects of argon plasma in therapeutic cosmetology. Vestnik vosstanovitel'noj mediciny'. 2015; 2(66): 21-30. (in Russ.)
 28. Shulutko A.M., Osmanov E'.G., Novikova I.V., Chochiya S.L., Seredin V.P., Macharadze A.D. Plasma treatment in the treatment of late inflammatory-purulent complications of injection contour plastics with polyacrylamide gel. Xirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova. 2017; 9: 59-63. (in Russ.)
 29. Lucevich O.E', Tamrazova O.B., Kuleshov I.Yu., Sorokaty'j A.A., Shikunova O.Yu., Usmonov U.D., Starichkov I.G. Air-plasma flows in the mode of coagulation, no-therapy in the complex treatment of long-term non-healing and chronic wounds (ulcers) of the lower extremities. Moskovskij xirurgicheskij zhurnal. 2011; 2 (18): 9-13. (in Russ.)
 30. Shulutko A.M., Osmanov E'.G. The use of combined argon-air-plasma treatment in the treatment of acute varicotrombophlebitis. Flebologiya. 2008; 4(2): 34-39. (in Russ.)
 31. Andryushenkova N.A., Lokteva M.E'. Features of the healing of purulent wounds of the face and neck when using air-plasma flow. Vestnik

31. Андрущенко Н.А., Локтева М.Э. Особенности заживления гнойных ран лица и шеи при использовании воздушно-плазменного потока. Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2010; 2: 15-18.
32. Шулуто А.М., Османов Э.Г., Гогохия Т.Р., Хмырова С.Е. Применение плазменных потоков у пациентов с хирургической инфекцией мягких тканей. Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2017; 1 (176): 65-69.
33. Черкасов Д.М., Черкасов М.Ф., Старцев Ю.М., Меликова С.Г. Современный подход к лечению осложненных грыж пищеводного отверстия диафрагмы. Эндоскопическая хирургия. 2016; 2 (22): 14-17.
34. Хасанов А.Г., Карамова Р.Ф., Нуртдинов М.А., Ибрагимов Р.К., Нигматзянов С.С., Шайхируров Р.Х., Маннанов А.А., Бакиров С.Х. Современные подходы к лечению рожистого воспаления. Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2010; 1 (24): 23-24.
35. Кузьминов А.М., Лаженицын А.И., Борисов И.Ф. Бесшовная геморроидэктомия при помощи плазменного скальпеля. Патент РФ № 2392875, опублик. 27.06.2010, бюл. №18.
36. Белоцерковцева Л.Д., Коваленко Л.В., Абазьева О.В. Аргонплазменная коагуляция в лечении доброкачественных заболеваний шейки матки. Медицинская наука и образование Урала. 2013; 3 (75): 95-98.
37. Бахтин В.А., Янченко В.А., Серебренникова Е.Н. Бесконтактная аргонплазменная коагуляция в лечении осложненных псевдокист поджелудочной железы. Вятский медицинский вестник. 2010; 1: 19-22.
38. Тарасов Д.А., Шестерня Н.А., Иванников С.В., Жарова Т.А., Семенова Л.А. Воздействие аргонной плазмы на ткани при эндоскопировании тазобедренного сустава. Московский хирургический журнал. 2011; 4 (20): 38-41.
39. Скажуткина Т.В., Цепелев В.Л., Сепп А.В., Степанов А.В. Экспрессия матричной металлопротеиназы-2 клетками пищеводной стенки у больных с рубцовыми стриктурами, получавших эндоскопическое лечение ионизированной аргонной плазмой. Забайкальский медицинский вестник. 2015; 4: 130-134.
40. Скажуткина Т.В., Цепелев В.Л. Результаты лечения пациентов с доброкачественными рубцовыми сужениями пищевода эндоскопическим методом. Врач-аспирант. 2016; 3(76): 15-21.
41. Терсков А.Ю., Сухачёв П.А., Кобзарев В.В., Иванов В.В. Способ обработки костной ткани при хирургическом лечении доброкачественных опухолей скелета. Патент РФ № 2416367, опублик. 09.12.2008, бюл. № 11.
42. Боровой В.Н., Забелин А.С. Способ лечения перелома нижней челюсти. Патент РФ № 2159087, опублик. 20.11.2000, бюл. № 32.
43. Толстых М.П., Дербенев В.А., Кривихин Д.В., Симоненков А.П., Хайдаров М.О. Способ кожной пластики. Патент РФ № 2311878, опублик. 10.12.2007, бюл. № 34.
44. Карпенко И.А., Петров С.В. Способ пломбировки костной полости. Патент РФ № 2318464, опублик. 10.03.2008, бюл. № 7.
45. Василенко И.П., Николаев М.П. Способ облитерации лобной пазухи. Патент РФ № 2476171, опублик. 27.02.2013, бюл. № 6.
46. Welz C., Emmert S., Canis M., Becker S., Baumeister P., Shimizu T., Morfill G.E., Harréus U., Zimmermann J.L. Cold atmospheric plasma: a promising complementary therapy for squamous head and neck cancer: PLoS One. 2015 Nov 20;10(11):e0141827. doi: 10.1371/journal.pone.0141827. eCollection 2015.
47. Arndt S., Unger P., Wacker E., Shimizu T., Heinlin J., Li Y.F., Thomas H.M., Morfill G.E., Zimmermann J.L., Bosserhoff A.K., Karrer S. Cold atmospheric plasma (CAP) changes gene expression of key molecules of the wound healing machinery and improves wound healing in vitro and in vivo: PLoS One. 2013 Nov 12;8(11):e79325. doi: 10.1371/journal.pone.0079325.
48. Heinlin J., Morfill G., Landthaler M., Stolz W., Isbary G., Zimmermann J.L., Shimizu T., Karrer S. Plasma medicine: possible applications in dermatology: Journal compilation © Blackwell Verlag GmbH, Berlin • JDDG • 1610-0379/2010 JDDG | 2010 (Band 8)
49. Мережкин А.М., Агешина С.Е. Опыт применения медицинское изделия «Плазон» для лечения базально-клеточного рака кожи лица и волосистой части головы. Военно-медицинский журнал. 2008; 11(329): 69.
50. Чеснокова Н.Б., Кваша О.И., Сиала Софиан бен Мухамед, Зиновьев М.Ю. Способ лечения гипфемы. Патент РФ № 2217109, опублик. 27.11.2003, бюл. № 33.
51. Чернеховская Н.Е., Шишло В.К., Чомаева А.А. Немедикаментозные методы лечения венозных трофических язв нижних конечностей. Паллиативная медицина и реабилитация. 2014; 2: 9-12.
52. Осипян Э.М., Гандылян К.С. Эффективность комплексного лечения больных с остеомиелитом нижней челюсти одонтогенного или травматического генеза (клинико-экспериментальное исследование). Медицинский вестник Северного Кавказа. 2008; 4 (12): 43-46.
53. Молочников А.Ю., Шишло В.К., Кудина Т.В. Влияние последовательного применения воздушно-плазменных потоков и озон-кислородной смеси на пролиферативную активность клеток фибробластического ряда и активность эпителиоцитов у больных с синдромом диабетической стопы. Вестник лимфологии. 2010; 2: 39-44.
- Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii. 2010; 2: 15-18. (in Russ.)
32. Shulutko A.M., Osmanov E.G., Gogoxiya T.R., Xmy'rova S.E. The use of plasma flows in patients with surgical infection of soft tissues. Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova. 2017; 1 (176): 65-69. (in Russ.)
33. Cherkasov D.M., Cherkasov M.F., Starcev Yu.M., Melikova S.G. A modern approach to the treatment of complicated hiatal hernia. Endoskopicheskaya khirurgiya. 2016; 2 (22): 14-17. (in Russ.)
34. Xasanov A.G., Karamova R.F., Nurtidinov M.A., Ibragimov R.K., Nigmatzyanov S.S., Shajxinurov R.X., Mannanov A.A., Bakirov S.X. Modern approaches to the treatment of erysipelas. Byulleten' Severnogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta. 2010; 1 (24): 23-24. (in Russ.)
35. Kuz'minov A.M., Lazhenicyn A.I., Borisov I.F. Seamless hemorrhoidectomy with a plasma scalpel. Patent RF № 2392875, opubl. 27.06.2010, byul. №18. (in Russ.)
36. Belocerkovceva L.D., Kovalenko L.V., Abaz'eva O.V. Argon plasma coagulation in the treatment of benign diseases of the cervix uteri. Medicinskaya nauka i obrazovanie Urala. 2013; 3 (75): 95-98. (in Russ.)
37. Baxtin V.A., Yanchenko V.A., Serebrennikova E.N. Non-contact argon plasma coagulation in the treatment of complicated pancreatic pseudocyst. Vyatskij medicinskij vestnik. 2010; 1: 19-22. (in Russ.)
38. Tarasov D.A., Shesternya N.A., Ivannikov S.V., Zharova T.A., Semenova L.A. The effect of argon plasma on tissue during hip joint arthroplasty. Moskovskij khirurgicheskij zhurnal. 2011; 4 (20): 38-41. (in Russ.)
39. Skazhutina T.V., Cepelev V.L., Sepp A.V., Stepanov A.V. Expression of matrix metalloproteinase-2 by cells of the esophageal wall in patients with cicatricial strictures treated with endoscopic treatment with ionized argon plasma. Zabajkal'skij medicinskij vestnik. 2015; 4: 130-134. (in Russ.)
40. Skazhutina T.V., Cepelev V.L. The results of treatment of patients with benign cicatricial narrowing of the esophagus with an endoscopic method. Vrach-aspirant. 2016; 3(76): 15-21. (in Russ.)
41. Terskov A.Yu., Suxachyov P.A., Kobzarev V.V., Ivanov V.V. The method of processing bone tissue in the surgical treatment of benign skeletal tumors. Patent RF № 2416367, opubl. 09.12.2008, byul. № 11. (in Russ.)
42. Borovoj V.N., Zabelin A.S. A method for the treatment of mandibular fractures. Patent RF № 2159087, opubl. 20.11.2000, byul. № 32. (in Russ.)
43. Tolst'y M.P., Dербenev V.A., Krivixin D.V., Simonenkov A.P., Hajdarov M.O. The way skin plastics. Patent RF № 2311878, opubl. 10.12.2007, byul. № 34. (in Russ.)
44. Karpenko I.A., Petrov S.V. The method of sealing the bone cavity. Patent RF № 2318464, opubl. 10.03.2008, byul. № 7. (in Russ.)
45. Vasilenko I.P., Nikolaev M.P. The method of obliteration of the frontal sinus. Patent RF № 2476171, opubl. 27.02.2013, byul. № 6. (in Russ.)
46. Welz C., Emmert S., Canis M., Becker S., Baumeister P., Shimizu T., Morfill G.E., Harréus U., Zimmermann J.L. Cold atmospheric plasma: a promising complementary therapy for squamous head and neck cancer: PLoS One. 2015 Nov 20;10(11):e0141827. doi: 10.1371/journal.pone.0141827. eCollection 2015.
47. Arndt S., Unger P., Wacker E., Shimizu T., Heinlin J., Li Y.F., Thomas H.M., Morfill G.E., Zimmermann J.L., Bosserhoff A.K., Karrer S. Cold atmospheric plasma (CAP) changes gene expression of key molecules of the wound healing machinery and improves wound healing in vitro and in vivo: PLoS One. 2013 Nov 12;8(11):e79325. doi: 10.1371/journal.pone.0079325.
48. Heinlin J., Morfill G., Landthaler M., Stolz W., Isbary G., Zimmermann J.L., Shimizu T., Karrer S. Plasma medicine: possible applications in dermatology: Journal compilation © Blackwell Verlag GmbH, Berlin • JDDG • 1610-0379/2010 JDDG | 2010 (Band 8)
49. Merezhkin A.M., Ageshina S.E. Experience with the use of medical products "Plazon" for the treatment of basal cell carcinoma of the skin of the face and scalp. Voenno-medicinskij zhurnal. 2008; 11(329): 69. (in Russ.)
50. Chesnokova N.B., Kvasha O.I., Siala Sofian ben Muxamed, Zinov'ev M.Yu. Method of treating hypHEMA. Patent RF № 2217109, opubl. 27.11.2003, byul. № 33. (in Russ.)
51. Chernexovskaya N.E., Shishlo V.K., Chomaeva A.A. Non-drug treatment of venous trophic ulcers of the lower extremities. Palliativnaya medicina i reabilitaciya. 2014; 2: 9-12. (in Russ.)
52. Osipyanyan E.M., Gandilyan K.S. The effectiveness of complex treatment of patients with osteomyelitis of the mandible odontogenic or traumatic genesis (clinical and experimental study). Medicinskij vestnik Severnogo Kavkaza. 2008; 4 (12): 43-46. (in Russ.)
53. Molochnikov A.Yu., Shishlo V.K., Kodina T.V. The effect of the sequential use of air-plasma flows and the ozone-oxygen mixture on the proliferative activity of fibroblastic cells and the activity of epithelial cells in patients with diabetic foot syndrome. Vestnik limfologii. 2010; 2: 39-44. (in Russ.)

РЕЗЮМЕ

Низкотемпературная плазма представляет собой частично ионизированный газ, полученный при атмосферном давлении и имеющий макроскопическую температуру, близкую к температуре окружающей среды. В состав факела низкотемпературной плазмы входят заряженные частицы, нейтральные активные частицы, в том числе свободные радикалы и частицы в метастабильных состояниях, а также ультрафиолетовое излучение. Биологические эффекты плазмы связаны с синэргическим действием перечисленных факторов, каждый из которых имеет подпороговую концентрацию, не вызывающую изменений в биологическом объекте.

Интенсивные исследования в области применения низкотемпературной плазмы в медицине были начаты еще около 10 лет назад, хотя отдельные пионерские работы появились намного раньше, преимущественно в России. Начиная с середины 2000-х гг. в мире стали активно разрабатывать источники газовой плазмы, в которых температура плазменного факела снижена до температуры человеческого тела. Использование таких конструкций позволяет подвергать обрабатываемую поверхность непосредственному плазменному воздействию и использовать весь спектр активных компонентов плазмы, включающий фотоны, электроны, ионы, свободные радикалы и молекулы в возбужденном состоянии. Низкотемпературная плазма обладает рядом принципиальных преимуществ, к которым относятся высокая неспецифическая бактерицидная активность, низкая вероятность появления устойчивых форм, отсутствие ионизирующих излучений и высокотоксичных веществ. Описанные преимущества вместе с комфортной температурой, относительной простотой и дешевой методикой, отсутствием специфических требований к обрабатываемой поверхности делают низкотемпературную плазму перспективным методом лечения различных патологических состояний.

Ключевые слова: низкотемпературная плазма, аргонная плазма, воздушно-плазменная физиотерапия, биологические эффекты, бактерицидное действие, лимфорея, раневая инфекция.

ABSTRACT

Low-temperature plasma is a partially ionized gas obtained at atmospheric pressure and having a macroscopic temperature close to the ambient temperature. The composition of the torch of low-temperature plasma includes charged particles, neutral active particles, including free radicals and particles in metastable states, as well as ultraviolet radiation. The biological effects of plasma are associated with the synergistic effect of the listed factors, each of which has a subliminal concentration that does not cause changes in the biological object.

Intensive research on the use of low-temperature plasma in medicine began about 10 years ago, although some pioneering work appeared much earlier, mainly in Russia. Since the mid-2000s. in the world began to actively develop sources of gas plasma, in which the temperature of the plasma torch is reduced to the temperature of the human body. The use of such structures makes it possible to subject the treated surface to direct plasma action and to use the entire spectrum of active plasma components, including photons, electrons, ions, free radicals, and molecules in an excited state. Low-temperature plasma has a number of fundamental advantages, which include high non-specific bactericidal activity, low probability of occurrence of stable forms, the absence of ionizing radiation and highly toxic substances. The described advantages together with a comfortable temperature, relative simplicity and low cost methods, the lack of specific requirements for the treated surface make low-temperature plasma a promising method for the treatment of various pathological conditions.

Keywords: low-temperature plasma, argon plasma, air-plasma physiotherapy, biological effects, bactericidal action, lymphorrhea, wound infection

Контакты:

Марина Юрьевна Герасименко. E-mail: mgerasimenko@list.ru