

DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpb108081>

# Опыт применения низкотемпературной плазмы в терапии лучевых реакций

И.С. Евстигнеева<sup>1</sup>, В.О. Козырева<sup>1</sup>, М.Ю. Герасименко<sup>1, 2</sup><sup>1</sup> Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Российская Федерация<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

Применение низкотемпературной плазмы — современное развивающееся направление в медицине, в том числе в реабилитации. Низкотемпературная плазма обладает высоким антисептическим ранозаживляющим эффектом, а также является безопасным методом физического воздействия. В условиях стационара Клиники имени профессора Ю.Н. Касаткина Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России было проведено лечение пациента с использованием низкотемпературной аргоновой плазмы после селективной шейной лимфодиссекции справа, резекции нижней челюсти, тканей дна полости рта с пластикой дефекта малоберцовым аутотрансплантатом по поводу рака слизистой десны нижней челюсти справа pT4aN0M0 IVa стадии. В процессе дистанционной лучевой терапии у пациента развилась местная лучевая реакция с образованием свищевого отверстия в области послеоперационного рубца. Свищевое отверстие и пораженную область обрабатывали охлажденным воздушно-плазменным потоком. На фоне продолжающегося применения низкотемпературной плазмы были отмечены прекращение гноетечения, уменьшение гиперемии и отека в области поврежденных ионизирующим излучением тканей. Пациенту была своевременно продолжена лучевая терапия.

Показано, что использование данного лечебного фактора в программе медицинской реабилитации является эффективным способом локального воздействия на патологический очаг, позволяет добиться быстрого репаративного эффекта, устраняет и предотвращает развитие бактериальных осложнений. Кроме того, применение воздушно-плазменного потока способствует быстрому купированию проявлений лучевых реакций, оказывает благоприятное влияние на поврежденные ткани, а также сокращает срок реабилитации тяжелых онкологических больных в постоперационном периоде и в процессе проведения курса дистанционной лучевой терапии. Результаты действия низкотемпературной плазмы положительно влияют на общее состояние пациентов и улучшают качество их жизни.

**Ключевые слова:** медицинская реабилитация; низкотемпературная аргоновая плазма; осложнение хирургического лечения; лучевая терапия; лучевая реакция; клинический случай.

## Как цитировать:

Евстигнеева И.С., Козырева В.О., Герасименко М.Ю. Опыт применения низкотемпературной плазмы в терапии лучевых реакций // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2021. Т. 20, № 6. С. 559–566. DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpb108081>

Рукопись получена: 18.08.2021

Рукопись одобрена: 25.12.2021

Опубликована: 27.07.2022

DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpbr108081>

# Experience in the use of low-temperature plasma in the therapy of radiation reactions.

Inna S. Evstigneeva<sup>1</sup>, Valeriia O. Kozyreva<sup>1</sup>, Marina Yu. Gerasimenko<sup>1, 2</sup><sup>1</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

The use of low-temperature plasma is a modern and developing direction in medicine, including rehabilitation. Low-temperature plasma (LTP) has a high antiseptic, wound-healing activity, and is also a safe method of physical exposure. In the in-patient facility of clinical unit of Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education "Russian Medical Academy of Continuous Professional Education" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation named after Prof. Yu.N. Kasatkina, a patient was treated with low-temperature argon plasma after selective right cervical lymph node dissection, resection of the mandible, and tissues of the oral floor with defect plasty with a fibular autograft for cancer of the gingival mucosa of the mandible on the right pT4aN0M0, stage IVa. In the process of EBRT (external beam radiation therapy), the patient developed a complication in the form of a local radiation reaction with the formation of a fistulous opening in the area of the postoperative scar. The fistulous opening and the affected area were treated with a cooled air-plasma flow. During the continued use of LTP, the termination of pyorrhea, a decrease in hyperemia and edema in the area of tissues damaged by ionizing radiation were noted. The patient was promptly continued radiation therapy.

Thus, the use of this therapeutic factor in the program of medical rehabilitation is an effective way of local impact on the pathological focus, allows you to achieve a quick reparative effect, eliminates and prevents the development of bacterial complications. In addition, the use of an air-plasma flow contributes to the rapid relief of manifestations of radiation reactions, having a beneficial effect on damaged tissues, as well as shortening the rehabilitation period for severe cancer patients in the postoperative period and during the course of EBRT. The results of LTP action have a positive effect on the general condition of patients and improve their quality of life.

**Keywords:** medical rehabilitation; nonthermal plasma; surgical complication; radiation therapy; radiation reaction; case report.

## To cite this article:

Evstigneeva IS, Kozyreva VO, Gerasimenko MYu. Experience in the use of low-temperature plasma in the therapy of radiation reactions. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2021;20(6):559–566. DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpbr108081>

Received: 18.08.2021

Accepted: 25.12.2021

Published: 27.07.2022



За медицинской помощью не обращался. В апреле 2020 г. после удаления зуба на нижней челюсти стал отмечать рост опухоли. 20.11.2020 г. самостоятельно обратился за медицинской помощью к челюстно-лицевому хирургу, выполнена биопсия опухоли. При гистологическом исследовании биопсийного материала диагностирована высококодифференцированная плоскоклеточная карцинома. Самостоятельно обратился в Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко. 25.01.2021 г. выполнены селективная шейная лимфодиссекция справа, резекция нижней челюсти, тканей дна полости рта с пластикой дефекта малоберцовым аутоотрансплантатом. Патогистологическое исследование № 568 от 01.02.2021 г.: в лимфоузлах 1–3-го уровней справа без опухолевого роста, опухоль дна полости рта имеет строение инвазивного высококодифференцированного плоскоклеточного рака, удалена в пределах здоровых тканей. Признаков периневральной, сосудистой, ангиолимфатической инвазии не выявлено. Показан курс послеоперационной лучевой терапии на область ложа нижней челюсти справа, разовая очаговая доза (РОД) 2 Гр до суммарной очаговой дозы (СОД) 60 Гр и шейные лимфоузлы с двух сторон до СОД 50 Гр.

### Результаты физикального, лабораторного и инструментального исследования

При осмотре: общее состояние удовлетворительное. Телосложение правильное, нормостеническое. Кожные покровы и видимые слизистые нормальной окраски и влажности. Аномалий развития не наблюдается. Подкожные лимфатические узлы не увеличены. Отёков нет. Грудная клетка правильной формы, обе половины симметрично участвуют в акте дыхания. Над всей поверхностью лёгких перкуторно ясный лёгочный звук. Дыхание везикулярное, проводится во все отделы, хрипы не выслушиваются. Область сердца на вид не изменена. Границы сердца не расширены. Тоны приглушены, ритм правильный, шумы не выслушиваются. Артериальное давление 120/80 мм рт.ст. Пульс 78 уд/мин, ритмичен, среднего наполнения. Пульсация на артериях стоп сохранена. Глотание не нарушено, прохождение пищи по пищеводу свободное, безболезненное. Язык влажный, чистый. Живот активно участвует в акте дыхания, при пальпации мягкий, безболезненный. Нижняя граница печени по краю рёберной дуги. Селезёнка не пальпируется. Дизурических явлений нет. Симптом поколачивания в поясничной области отрицательный с обеих сторон. Сознание ясное. Общемозговых, менингеальных, очаговых симптомов не отмечается. В месте и времени ориентирован. Щитовидная железа пальпаторно не изменена. Сахарный диабет отрицает.

*Status localis:* при осмотре форма шеи деформирована за счёт послеоперационного рубца подчелюстной области справа. Периферические лимфоузлы не пальпируются.

Общий анализ крови (29.04.2021 г.): эритроциты —  $5,17 \times 10^{12}/л$ ; гемоглобин — 146 г/л; лейкоциты —  $8,13 \times 10^9/л$ . Лейкоформула: нейтрофилы — 65,5%,

лимфоциты — 25,5%, моноциты — 7,4%, базофилы — 0,5%, эозинофилы — 1,1%, тромбоциты —  $292 \times 10^9/л$ , скорость оседания эритроцитов (СОЭ) — 6 мм/ч.

Биохимические показатели крови (29.04.2021 г.): общий белок — 81 г/л, холестерин — 6,08 ммоль/л, глюкоза — 5,3 ммоль/л, билирубин общий — 4,8 ммоль/л, аланинаминотрансфераза (АЛТ) — 22 Ед/л, аспаратаминотрансфераза (АСТ) — 17 Ед/л, гамма-глутамилтрансфераза (ГГТ) — 23 Ед/л, альфа-амилаза — 150 Ед/л, креатинин — 78 мкмоль/л. Антител к вирусам гепатита С, В (HBsAg), иммунодефицита человека не обнаружено, RW (реакция Вассермана) отрицательная.

Первый сеанс послеоперационной ДЛТ проведён 26.04.2021 г. на аппарате «Линейный ускоритель SL-75-5» на область послеоперационного ложа нижней челюсти справа РОД 2 Гр до СОД 60 Гр и шейные лимфоузлы с двух сторон РОД 2 Гр до СОД 50 Гр, 5 фракций в неделю. С 17.05.2021 г. наблюдаются умеренные лучевые реакции в виде болей в горле. На 20.05.2021 г. при осмотре подчелюстной области имеется свищевое отверстие, из которого выделяется густой гной. Лучевое лечение приостановлено, назначены антибактериальная терапия, обработка раны, асептическая повязка. 21.05.2021 г. пациент направлен в отделение физиотерапии.

*Status localis:* при осмотре конфигурация лица изменена за счёт отёка в правой подчелюстной области и области щеки. Кожные покровы в правой подчелюстной области и области щеки гиперемированы, горячие на ощупь, имеется свищевое отверстие размером 1,5 см, края раны представлены грануляционной тканью. Цвет краёв от ярко- до бледно-розового цвета с наложением гнойного отделяемого. Открывание рта ограничено, болезненно (**рис. 2**).

### Лечение

Поскольку пациент поступил для проведения лучевой терапии, которая из-за развития осложнения была приостановлена, ему было назначено физиотерапевтическое лечение, а также проводилась антибактериальная терапия.

С целью достижения противовоспалительного эффекта пациенту проводилась обработка области свища и подчелюстной области справа НТП (**рис. 3**). Воздействие плазменным потоком проводилось на расстоянии 2–3 мм от поверхности очага по лабильной методике, скорость обработки 1–2 мм/с, общее время воздействия составило 180 сек. Первые 5 процедур проводились ежедневно, последующие — через день. Общий курс лечения НТП — 8 процедур. Также после 5 процедур НТП с целью снятия отёка нами было решено включить в комплекс общую магнитотерапию на установке магнитотерапевтической низкочастотной с регулировкой частоты, модуляции и индукции вращающегося магнитного поля УМТвп-«МАДИН» («Магнитотурботрон») (регистрационное удостоверение ФС 022a2004/0613-04 от 21.09.2004 г.).



**Рис. 2.** Внешний вид пациента до начала лечения низкотемпературной аргоновой плазмой.

**Fig. 2.** The appearance of the patient before the start of treatment with low-temperature argon plasma.

### Исход и результаты последующего наблюдения

После проведения 1-й процедуры НТП у пациента наблюдалось значительное улучшение в виде уменьшения гиперемии, отёчности, снижения гнойного отделяемого из раны. После того как пациенту было выполнено 3 процедуры обработки плазменным потоком, гнойное отделяемое прекратилось (**рис. 4**).

При компьютерной томографии мягких тканей шеи от 10.06.2021 г.: нижняя челюсть справа замещена малоберцовым аутотрансплантатом, фиксированным пластиной на 11 винтах, её положение типичное, без признаков нестабильности. По краям опилов аутотрансплантата костные разрастания до 3–5 мм. Признаков деструкции

сохранных участков нижней челюсти не определяется. Мягкие ткани в области нижней челюсти ассиметричны, жировая клетчатка в правых отделах отёчна, тяжиста. Сохраняются подчелюстные лимфатические узлы слева размерами до 6×9 мм.

Общий анализ крови (10.06.2021 г.): эритроциты —  $5,09 \times 10^{12}/л$ ; гемоглобин — 144 г/л; лейкоциты —  $6,57 \times 10^9/л$ . Лейкоформула: нейтрофилы — 62,2%, лимфоциты — 28,7%, моноциты — 7,6%, базофилы — 0,5%, эозинофилы — 1,0%, тромбоциты —  $292 \times 10^9/л$ , СОЭ — 4 мм/ч.

Биохимические показатели крови (10.06.2021 г.): общий белок — 85 г/л, холестерин — 5,76 ммоль/л, глюкоза — 5,4 ммоль/л, билирубин общий — 4,8 ммоль/л,



**Рис. 3.** Обработка области свища низкотемпературной плазмой.

**Fig. 3.** Treatment of the fistula area with low-temperature plasma.



**Рис. 4.** Внешний вид пациента после 3-й процедуры.

**Fig. 4.** The appearance of the patient after 3<sup>rd</sup> procedure.



**Рис. 5.** Внешний вид пациента после 8-й процедуры.  
**Fig. 5.** The appearance of the patient after 8<sup>th</sup> procedure.

АЛТ — 25 Ед/л, АСТ — 19 Ед/л, ГГТ — 23 Ед/л, альфа-амилаза — 148 Ед/л, креатинин — 77 мкмоль/л.

За период наблюдения у пациента отмечена положительная динамика в виде уменьшения гиперемии, отёка, закрытия свищевого дефекта кожи (**рис. 5**). Переносимость процедур пациентом была хорошая, никаких побочных эффектов и нежелательных реакций не отмечено. На фоне продолжения физиотерапевтического лечения пациенту продолжена лучевая терапия на область послеоперационного ложа нижней челюсти справа РОД 2 Гр до СОД 60 Гр и шейные лимфоузлы с двух сторон РОД 2 Гр до СОД 50 Гр. После окончания курса ДЛТ пациент выписан через 28 суток в удовлетворительном состоянии под наблюдение онколога по месту жительства.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Воздействие НТП нашло широкое применение у пациентов онкологического профиля, однако в литературе мы не нашли достаточно информации об использовании данного метода на фоне лучевых реакций. Возникающие лучевые реакции могут привести к вынужденному прерыванию курса лучевой терапии и нарушению сроков комбинированного лечения, что может негативно сказаться на результатах онкологического лечения. Одним из способов, используемых для восстановления повреждённых ионизирующим излучением тканей, является применение лазеротерапии [12]. Принимая во внимание, что данный метод имеет схожий механизм действия с воздействием НТП, можно сделать вывод об эффективности и актуальности практического применения обработки лучевых повреждений воздушно-плазменным потоком.

В описанном клиническом случае назначение НТП позволило продолжить ДЛТ в соответствии с первоначальным планом проведения терапии, что, в свою очередь, сделало возможным не прерывать комбинированное лечение. Кроме того, НТП оказала выраженный противомикробный и ранозаживляющий эффект. Воздействие воздушно-плазменным потоком реализуется следующими способами: образующиеся в результате физических и химических реакций большие количества АВК, АФА, ионов, радикалов, озона оказывают прямое бактерицидное действие. Вместе с тем в тканях происходит индукция провоспалительных цитокинов, повышая местный иммунитет и способствуя элиминации патологического агента. Оксид азота за счёт активации TGF- $\beta$ 1 (Transforming growth factor beta — трансформирующий фактор роста бета) усиливает миграцию кератиноцитов, а также путём активации сигнального пути MAPK (mitogen-activated protein kinase — митоген-активируемая протеинкиназа), участвующего в процессах воспаления и восстановления тканей, стимулирует репаративные процессы. В проведённый нами курс физиотерапевтического лечения была включена общая магнитотерапия, которая прежде всего повышает оксигенацию тканей, тем самым реализуется противоотёчное действие.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, воздействие НТП является эффективным методом лечения. В описанном случае применение воздушно-плазменного потока позволило быстро устранить лучевые реакции, а также своевременно продолжить лучевую терапию. Обработка области лучевого воздействия дает хорошие результаты, купирует проявления

местных лучевых реакций, устраняя и предотвращая развитие бактериальных осложнений.

Основные преимущества НТП — ингибция воспалительных процессов, стимуляция процессов регенерации, улучшение микроциркуляции и тканевого обмена [14], а также безопасность применения и относительная простота выполнения процедур делают использование НТП в клинической практике актуальным и перспективным методом медицинской реабилитации.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

**Source of financing.** The authors declare that there is no external funding for the study and preparation of the publication.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

**Conflict of interests.** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the study and publication of this article.

**Вклад авторов:** Евстигнеева И.С. — концепция и дизайн статьи, физиотерапевтическое лечение пациента, написание

текста и редактирование статьи; Козырева В.О. — сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Герасименко М.Ю. — курация, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Authors' contribution.** Evstigneeva I.S. — design of the study, physiotherapy treatment of the patient, writing the text and editing the article; Kozyreva V.O. — collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; Gerasimenko M.Yu. — oversaw the project, literature review, collection and analysis of literary sources, writing and editing of the article. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Информированное согласие на публикацию.** Пациент добровольно подписал информированное согласие на публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева Т.М. Плазмохимические технологии в биологии и медицине: современное состояние проблемы // Тонкие химические технологии. 2015. Т. 10, № 2. С. 6–9.
2. Короткий В.Н. Возможности применения холодной атмосферной плазмы в онкологии (обзор литературы) // Сибирский онкологический журнал. 2018. Т. 17, № 1. С. 72–81. doi: 10.21294/1814-4861-2018-17-1-72-81
3. Османов К.Ф., Зиновьев Е.В., Богданов С.Б. Воздушная плазма как физический метод улучшения лечения ожоговых ран // Медицина: теория и практика. 2019. Т. 4, № 3. С. 125–129.
4. Андрюков Б.Г., Сомова Л.М., Матосова Е.В., Ляпун И.Н. Фенотипическая пластичность бактерий как стратегия резистентности и объект современных антимикробных технологий // Современные технологии в медицине. 2018. Т. 11, № 2. С. 164–182. doi: 10.17691/stm2018.11.2.22
5. Шулуто А.М., Османов Э.Г., Гогохия Т.Р., Хмырова С.Е. Применение плазменных потоков у пациентов с хирургической инфекцией мягких тканей // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2017. Т. 176, № 1. С. 65–69. doi: 10.24884/0042-4625-2017-176-1-65-69
6. Кузнецов М.С., Насрашвили Г.Г., Панфилов Д.С., и др. Влияние комбинированного метода воздушно-плазменных потоков и NO-терапии на показатели системы крови при лечении инфекционных раневых осложнений в кардиохирургии // Раны и раневые инфекции. Журнал имени профессора Б.М. Костюченко. 2021. Т. 8, № 1. С. 30–40. doi: 10.25199/2408-9613-2021-8-1-30-41
7. Короткий В.Н. Низкотемпературная атмосферная плазма в дерматологии // Клиническая дерматология и венерология. 2017. Т. 16, № 5. С. 4–11. doi: 10.17116/klinderma20171654-10
8. Труханов А.И., Жукова И.К., Толкачёва А.А., и др. Применение терапевтического воздействия аргоновой плазмы в терапевтической косметологии // Вестник восстановительной медицины. 2015. № 2. С. 21–30.
9. Kang S.U., Cho J.H., Chang J.W., et al. Nonthermal plasma induces head and neck cancer cell death: the potential involvement of mitogen-activated protein kinase-dependent mitochondrial reactive oxygen species // Cell Death Dis. 2014. Vol. 5, N 2. P. e1056. doi: 10.1038/cddis.2014.33
10. Ma Y., Ha C.S., Hwang S.W., et al. Non-thermal atmospheric pressure plasma preferentially induces apoptosis in p53-mutated cancer cells by activating ROS stress-response pathways // PLoS One. 2014. Vol. 9, N 4. P. e91947. doi: 10.1371/journal.pone.0091947
11. Welz C., Emmert S., Canis M., et al. Cold atmospheric plasma: A promising complementary therapy for squamous head and neck cancer // PLoS One. 2015. Vol. 10, N 11. P. e0141827. doi: 10.1371/journal.pone.0141827
12. Герасименко М.Ю., Евстигнеева И.С., Салчак Ч.Т., и др. Опыт применения низкотемпературной плазмы после хирургического лечения рака молочной железы // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2020. Т. 3, № 19. С. 195–200. doi: 10.17816/1681-3456-2020-19-3-8

13. Горчак Ю.Ю., Стаханов М.Л., Генс Г.П., и др. Низкоинтенсивное лазерное излучение в комплексной терапии больных с лучевыми повреждениями прямой кишки и мочевого пузыря // Лазерная медицина. 2018. Т. 22, № 1. С. 24–33. doi: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-24-33

14. Жуховицкий В.Г., Казакова М.В., Сысолятина Е.В., и др. Бактерицидный эффект низкотемпературной плазмы в отношении *Helicobacter pylori in vitro* // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019. Т. 163, № 3. С. 51–57. doi: 10.31146/1682-8658-ecg-163-3-51-57

## REFERENCES

- Vasilyva TM. Plasma-chemical technologies in biology and medicine: current state of the problem. *Tonkiye Khimicheskiye Tekhnologii*. 2015;10(2):6–9. (In Russ).
- Korotky VN. Feasibility of using cold atmospheric plasma in the treatment of cancer patients (literature review). *Siberian Journal of Oncology*. 2018;17(1):72–81. (In Russ). doi: 10.21294/1814-4861-2018-17-1-72-81
- Osmanov KF, Zinoviev EV, Bogdanov SB. Air plasma as a physical method for improving the treatment of burn wounds. *Medicine: Theory and Practice*. 2019;4(3):125–129. (In Russ).
- Andryukov BG, Somova LM, Matosova EV, Lyapun IN. Phenotypic plasticity as a strategy of bacterial resistance and an object of advanced antimicrobial technologies. *Modern Technologies in Medicine*. 2019;11(2):164–182. (In Russ). doi: 10.17691/stm2018.11.2.22
- Shulutko AM, Osmanov EG, Gogokhiya TR, Khmyrova SE. Application of plasma flows in soft tissue infection. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2017;176(1):65–69. (In Russ). doi: 10.24884/0042-4625-2017-176-1-65-69
- Kuznetsov MS, Nasrashvili GG, Panfilov DS, et al. Influence of the combined method of air-plasma flows and NO-therapy on the blood system parameters in treatment of infectious wound complications in cardiac surgery. *Wounds and Wound Infections. The prof. B.M. Kostyuchenok Journal*. 2021;8(1):30–41. (In Russ). doi: 10.25199/2408-9613-2021-8-1-30-41
- Korotky VN. The use of low-temperature atmospheric plasma in dermatology. *Klinicheskaya Dermatologiya i Venerologiya*. 2017;16(5):4–11. (In Russ). doi: 10.17116/klinderma20171654-10
- Trukhanov AI, Zhukova IK, Tolkacheva AA, et al. The use of the therapeutic effect of argon plasma in therapeutic cosmetology. *Bulletin of Restorative Medicine*. 2015;(2):21–30. (In Russ).
- Kang SU, Cho JH, Chang JW, et al. Nonthermal plasma induces head and neck cancer cell death: the potential involvement of mitogen-activated protein kinase-dependent mitochondrial reactive oxygen species. *Cell Death Dis*. 2014;5(2):e1056. doi: 10.1038/cddis.2014.33
- Ma Y, Ha CS, Hwang SW, et al. Non-thermal atmospheric pressure plasma preferentially induces apoptosis in p53-mutated cancer cells by activating ROS stress-response pathways. *PLoS One*. 2014;9(4):e91947. doi: 10.1371/journal.pone.0091947
- Welz C, Emmert S, Canis M, et al. Cold atmospheric plasma: A promising complementary therapy for squamous head and neck cancer. *PLoS One*. 2015;10(11):e0141827. doi: 10.1371/journal.pone.0141827
- Gerasimenko MYu, Evstigneeva IS, Salchak ChT, et al. Experience in using low-temperature plasma after surgical treatment of breast cancer. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2020;19(3):195–200. (In Russ). doi: 10.17816/1681-3456-2020-19-3-8
- Gorchak YuYu, Stakhanov ML, Gens GP, et al. Low-level laser light in the comprehensive therapy of patients with radial injuries of their rectum and urinary bladder. *Laser Medicine*. 2018;22(1):24–33. (In Russ). doi: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-24-33
- Zhukhovitsky VG, Kazakova MV, Sysolyatina EV, et al. Bactericidal effect of low-temperature plasma against *Helicobacter pylori in vitro*. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2019;163(3):51–57. (In Russ). doi: 10.31146/1682-8658-ecg-163-3-51-57

## ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за переписку:

**Евстигнеева Инна Сергеевна**, к.м.н., доцент;  
адрес: 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9128-0965>;  
eLibrary SPIN: 5163-7726; e-mail: evstigneevais@mail.ru

**Козырева Валерия Олеговна**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1103-704X>;  
e-mail: kvo03@yandex.ru

**Герасименко Марина Юрьевна**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1741-7246>;  
eLibrary SPIN: 7625-6452; e-mail: mgerasimenko@list.ru

## AUTHORS' INFO

The author responsible for the correspondence:

**Inna S. Evstigneeva**, MD, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor;  
address: 125993, Moscow, Barrikadnaya str., 2/1, build. 1;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9128-0965>;  
eLibrary SPIN: 5163-7726; e-mail: evstigneevais@mail.ru

**Valeriia O. Kozyreva**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1103-704X>;  
e-mail: kvo03@yandex.ru

**Marina Yu. Gerasimenko**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1741-7246>;  
eLibrary SPIN: 7625-6452; e-mail: mgerasimenko@list.ru