

## Морфофункциональные изменения кожи на фоне введения экзогенного пигмента

О.Н. Карымов<sup>1,2</sup>, С.А. Калашникова<sup>3</sup> ✉, Н.А. Мустафаева<sup>3</sup>, А.И. Краюшкин<sup>3</sup>, Ю.В. Довгялло<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Московский научно-практический центр дерматовенерологии и косметологии, Москва, Россия

<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

<sup>3</sup> Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

**Аннотация.** Широкая популярность татуировок в современном обществе актуализирует вопрос об их долгосрочном воздействии на организм человека. Несмотря на многовековую историю этой практики, фундаментальные аспекты взаимодействия сложных химических композиций, вводимых в кожу, с живыми тканями остаются областью активных научных дискуссий. Данное исследование ставит своей целью комплексный анализ существующих научных данных, касающихся структурных и функциональных преобразований кожных покровов, индуцированных перманентным присутствием чужеродных цветочных агентов. Методологической основой работы послужил систематический обзор в соответствии с принципами PRISMA. Отбор релевантных источников осуществлялся в международных и российских библиографических базах данных с акцентом на обобщающие работы – систематические обзоры и мета-анализы. Это позволило проанализировать консолидированные выводы множества первичных исследований и выявить универсальные паттерны. Результаты проведенного анализа демонстрируют, что тату-пигменты не являются биологически инертными. Их введение инициирует сложный и продолжительный иммунный ответ. После кратковременной острой реакции развивается хроническое воспаление, морфологическим субстратом которого служит стойкая лимфогистиоцитарная инфильтрация дермы. Ключевым клеточным элементом выступают макрофаги, фагоцитирующие частицы пигмента и формирующие долгоживущие клеточные пулы. В ряде случаев этот процесс принимает форму гранулематозного воспаления или приводит к выраженной реактивной гиперплазии эпидермиса, которая может имитировать злокачественное новообразование при гистологическом исследовании. Особое внимание в работе уделяется роли химического состава пигментов в провоцировании специфических патологий. Установлено, что определенные цвета, в частности красный, статистически значимо ассоциированы с развитием как доброкачественных, так и злокачественных пролиферативных процессов. Кроме того, рассмотрены риски, связанные с деструкцией пигментов *in vivo*, в том числе при лазерном удалении татуировок, в ходе которого могут образовываться и системно распространяться потенциально токсичные и канцерогенные продукты распада. Татуировка создает в коже уникальный и персистирующий патологический фон, характеризующийся хроническим воспалением и постоянным присутствием чужеродного материала. Это состояние требует повышенной онкологической настороженности со стороны клиницистов и патологов, а также разработки стратегий долгосрочного наблюдения за пациентами. Полученные данные указывают на настоятельную необходимость дальнейших углубленных и стандартизированных исследований для всесторонней оценки отдаленных рисков, связанных с перманентным косметическим окрашиванием кожи.

**Ключевые слова:** татуирование, кожа, дерма, лимфатические узлы, пигмент, посттатуажные осложнения, инфекционные осложнения, аллергическая реакция, гранулёма

### ORIGINAL RESEARCHES

#### Original article

## Morphofunctional changes of the skin on the background of the introduction of exogenous pigment

O.N. Karymov<sup>1,2</sup>, S.A. Kalashnikova<sup>3</sup> ✉, N.A. Mustafayeva<sup>3</sup>, A.I. Krayushkin<sup>3</sup>, Yu.V. Dovgyallo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Moscow Scientific and Practical Center of Dermatology and Cosmetology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

**Abstract.** The widespread popularity of tattoos in modern society raises the question of their long-term effects on the human body. Despite the centuries-old history of this practice, the fundamental aspects of the interaction of complex chemical compositions injected into the skin with living tissues remain an area of active scientific discussion. This study aims at a comprehensive analysis of existing scientific data concerning the structural and functional transformations of the skin induced by the permanent presence of foreign color agents. The methodological basis of the work was a systematic review in accordance with the principles of PRISMA. The selection of relevant sources was carried out in international and Russian bibliographic databases with an emphasis on generalizing works – systematic reviews and meta-analyses. This made it possible to analyze the consolidated conclusions of many primary studies and identify universal patterns. The results of the analysis demonstrate that tattoo pigments are not biologically inert. Their introduction initiates a complex and prolonged immune response. After a short-term acute reaction, a chronic inflammation develops, the morphological substrate of which is a stable lymphohistiocytic infiltration of the dermis. Macrophages are the key cellular element that phagocytose pigment particles and form long-lived cellular pools. In some cases, this process takes the form of granulomatous inflammation or leads to a pronounced reactive hyperplasia of the epidermis, which may mimic a malignant neoplasm in histological examination. Particular attention is paid to the role of the chemical composition of pigments in provoking specific pathologies. It is established that certain colors, in particular red, are statistically significantly associated with the development of both benign and malignant proliferative processes. In addition, risks related to the destruction of pigments *in vivo*, including during laser removal of tattoos, are considered, in the course of which potentially toxic and carcinogenic degradation products may be formed and systemically spread. A tattoo creates a unique and persistent pathological background in the skin, characterized by chronic inflammation and the constant presence of foreign material. This state requires increased oncological vigilance on the part of clinicians and pathologists, as well as the development of long-term monitoring strategies for patients. The obtained data indicate the urgent need for further in-depth and standardized research for a comprehensive assessment of long-term risks associated with permanent cosmetic skin coloring.

administration initiates a complex and prolonged immune response. After a short-term acute reaction, chronic inflammation develops, the morphological substrate of which is persistent lymphohistiocytic infiltration of the dermis. The key cellular element is macrophages, phagocytic pigment particles and forming long-lived cell pools. In some cases, this process takes the form of granulomatous inflammation or leads to severe reactive hyperplasia of the epidermis, which can mimic a malignant neoplasm during histological examination. Special attention is paid to the role of the chemical composition of pigments in provoking specific pathologies. It has been established that certain colors, in particular red, are statistically significantly associated with the development of both benign and malignant proliferative processes. In addition, the risks associated with the destruction of pigments *in vivo*, including laser tattoo removal, are considered, during which potentially toxic and carcinogenic decay products can form and systemically spread. In conclusion, it is emphasized that tattooing creates a unique and persistent pathological background in the skin, characterized by chronic inflammation and the constant presence of foreign material. This condition requires increased oncological alertness on the part of clinicians and pathologists, as well as the development of strategies for long-term patient monitoring. The data obtained indicate the urgent need for further in-depth and standardized studies for a comprehensive assessment of the long-term risks associated with permanent cosmetic skin coloring.

**Keywords:** tattooing, skin, dermis, lymph nodes, pigment, post-tattoo complications, infectious complications, allergic reaction, granuloma

Татуировки, представляющие собой перманентное введение экзогенных пигментов в кожу, являются одной из древнейших форм модификации тела, насчитывающей тысячелетнюю историю. Однако в последние десятилетия наблюдается беспрецедентный рост их популярности, превративший татуирование из маргинального явления в элемент массовой культуры.

Несмотря на широкую распространенность, фундаментальные аспекты долговременного взаимодействия синтетических пигментов с тканями человека остаются изученными крайне недостаточно [1]. Современные тату-пигменты представляют собой сложные химические соединения, содержащие соли металлов (железа, ртути, хрома, кобальта, никеля), органические азопигменты, полициклические ароматические углеводороды и другие компоненты, чье поведение в биологической среде прогнозируется с большим трудом.

Введение чужеродных частиц запускает каскад патофизиологических реакций, начиная от неспецифического повреждения тканей иглой и заканчивая сложным, многокомпонентным иммунным ответом. Этот процесс приводит к формированию стойких анатомо-морфологических изменений структуры кожи, которые могут персистировать в течение всей жизни индивида [2, 3]. Гистологически эти изменения варьируют от относительно «нормального» ответа в виде персистенции пигмента в дермальных макрофагах до патологических состояний: хронического гранулематозного воспаления, псевдоэпителиоматозной гиперплазии, лихеноидных реакций и, что вызывает наибольшую онкологическую настороженность, развития злокачественных новообразований, таких как плоскоклеточный и базальноклеточный рак [4].

Особую актуальность проблеме придает тот факт, что процессы деградации пигментов *in vivo*, а также при попытках их удаления с помощью лазерных технологий могут приводить к образованию неизученных метаболитов с потенциально мутагенными и канцерогенными свойствами [5, 6]. Таким образом, кожа с татуировкой представляет собой уникальную и до конца не изученную биологическую модель хронического воспаления, персистенции чужеродных частиц и потенциального канцерогенеза.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Провести систематический обзор современной доказательной базы, посвященной морфофункциональным изменениям кожи на фоне введения экзогенного пигмента

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе применена систематическая методология PRISMA. Электронный поиск проведен на русском и английском базах в базах данных PubMed, Cochrane Library, Scopus, eLIBRARY и CyberLeninka с 01.08.2025 глубиной 15 лет. Применены фильтры для выявления систематических обзоров (Lee et al., 2012), дополнительный ручной поиск проведен с помощью методологии snowballing.

В анализ включены работы, отвечающие критериям включения: публикации на русском и английском языках в период до августа 2025 г. поиском на всю глубину; систематические обзоры (СО), метаанализы, андомизированные (РКИ) и нерандомизированные контролируемые исследования (неРКИ); исследования, посвященные гистопатологическим, иммуногистохимическим или клинко-морфологическим изменениям кожи человека, связанным с нанесением или удалением татуировок.

Критерии исключения: отчеты о случаях, серии случаев без контрольных групп, редакционные материалы, протоколы исследований, тезисы конференций; исследования, сфокусированные исключительно на удалении татуировок, исследования, посвященные исключительно техническим аспектам нанесения татуировок, социологическим или культурологическим аспектам; публикации с недоступным полным текстом; систематические обзоры низкого методологического качества (оценка по AMSTAR 2 < 5 баллов).

Для метаобзора, при помощи соответствующих фильтров (Lee E et al. 2012), были отобраны систематические обзоры, с или без метаанализов. Для последовательного экспертного анализа в рамках диссертационного исследования были отобраны только завершённые РКИ, изучающие результаты.

Для оценки уровня доказательств использованы шкалы, утверждённые Министерством здравоохранения Российской Федерации (приказ № 103н).

Ключевые слова для поиска: татуирование (tattooing), кожа (skin), дерма (dermis), лимфатические узлы (lymph nodes), пигмент (pigment), посттатуажные осложнения (post-tattoo complications), инфекционные осложнения (infectious complications), аллергические реакции (allergic reaction), гранулёма (granuloma).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Этапы отбора доказательной базы, полученной в результате проведенного систематического поиска, представлены в блок-схеме PRISMA (рис).

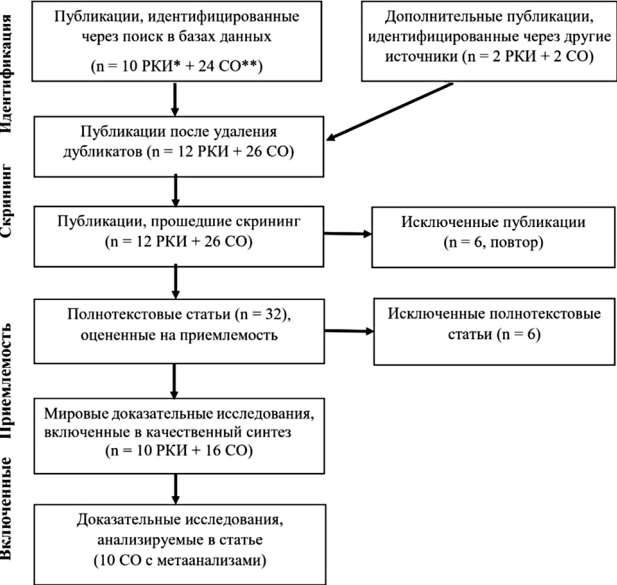


Рис. Блок-схема PRISMA

Морфофункциональные изменения кожи на фоне экзогенного введения пигмента по данным систематических обзоров и метаанализов представлены в таблице.

Тематика вторичных научных исследований  
по изучению морфофункциональных изменений  
кожи на фоне экзогенного введения пигмента

№	Исследовательская группа, год публикации	Включенные первичные исследования	Основные результаты морфофункциональных изменений кожи по данным систематических обзоров и метаанализов
1	2	3	4
Общие морфофункциональные изменения			
1	Baumler W. с соавт., 2015*	8 РКИ, 10 неРКИ	Доказана персистенция пигментных частиц в дермальных макрофагах и фибробластах в течение десятилетий. Подтверждена транслокация пигмента в регионарные лимфатические узлы

Продолжение табл.

1	2	3	4
2	Agarwal P. с соавт., 2021*	5 РКИ, 10 неРКИ	При гистологическом исследовании выявлено: периваскулярная лимфоцитарная инфильтрация (78 % случаев), гранулематозные реакции (22 % случаев), вакуолизация базального слоя эпидермиса (15 % случаев)
3	Torre-Castro J. с соавт., 2022*	15 РКИ	Разработана комплексная классификация дерматопатологических осложнений татуировок. Наиболее частые гистопатологические находки: лимфоцитарная инфильтрация (68 %), гранулематозные реакции (22 %), псевдоэпителиоматозная гиперплазия (7 %)
Изменения, ассоциированные с конкретными пигментами			
4	Munoz-Ortiz J. с соавт., 2021*	7 РКИ, 8 неРКИ	Систематизированы воспалительные, инфекционные и неопластические реакции, ассоциированные с татуировками. Подчеркнута важность иммуногистохимической дифференциальной диагностики
5	Rahbarinejad Y. с соавт., 2023*	5 РКИ, 11 неРКИ	Выявлена четкая корреляция между использованием красного пигмента и развитием плоскоклеточного рака и псевдоэпителиоматозной гиперплазии
Онкологические риски			
6	Jacobs J. с соавт., 2024*	6 РКИ, 5 неРКИ	Установлена потенциальная связь между татуировками и развитием кожных новообразований. Наиболее часто развиваются: плоскоклеточный рак, базальноклеточный рак, меланома
Влияние лазерного удаления			
7	Reiter O. с соавт., 2016**	10 РКИ, 6 неРКИ	Подтверждена высокая эффективность и безопасность пикосекундных лазеров для удаления татуировок. Отмечены такие побочные эффекты, как гипопигментация и изменение текстуры кожи

Окончание табл.

1	2	3	4
8	Fraser T.R. с соавт., 2022*	18 РКИ, 10 неРКИ	Установлено образование токсичных и потенциально канцерогенных продуктов деградации пигментов (ароматические амины, азосоединения) при удалении татуировок с помощью лазера
9	Gurnani P. с соавт., 2022**	25 РКИ, 17 неРКИ	Сравнение лазеров. Пикосекундные лазеры эффективнее наносекундных, но также приводят к фрагментации пигмента и его возможному системному распространению
10	Tjijpta A. с соавт., 2023*	7 РКИ, 10 неРКИ	Выявлены сложные иммунные реакции при удалении татуировок с помощью лазера, аналогичные первичному иммунному ответу при нанесении тату

\* Систематический обзор, \*\* систематический обзор с мета-анализом.

В анализ включено 10 систематических обзоров и мета-анализов.

Baumler W. и соавт. (2015) – фундаментальный систематический обзор, посвященный кинетике тату-пигментов в организме. Автор обобщает данные 18 работ, доказывая, что пигменты не являются инертными, а персистируют в дермальных макрофагах и фибробластах десятилетиями, а также подвергаются транслокации в регионарные лимфатические узлы. Работа выделяет ключевые пробелы в знаниях о метаболизме и долгосрочной безопасности пигментов, закладывая основу для будущих исследований.

Agarwal P. и соавт. (2021) – систематический обзор, основанный на анализе 127 биоптатов из единственного третичного центра, что обеспечивает однородность гистологической оценки. Исследование выявило, что наиболее распространенными паттернами были периваскулярная лимфоцитарная инфильтрация (78 % случаев) и гранулематозная реакция (22 %). Работа предоставляет ценные данные о реальной распространенности различных типов реакций и подчеркивает важность гистологического подтверждения диагноза при клинически атипичных проявлениях.

Torre-Castro J. и соавт. (2022) – всесторонний систематический обзор, предлагающий детальную классификацию дерматопатологических осложнений татуировок на основе анализа более 500 случаев из литературы. Авторы систематизируют спектр гистологических изменений, выделяя наиболее частые находки: лимфогистиоцитарный инфильтрат (68 % случаев),

гранулематозные реакции (22 %) и псевдоэпителиоматозную гиперплазию (7 %). Работа служит исчерпывающим руководством для дерматопатологов, обеспечивая четкие критерии для дифференциальной диагностики различных типов реакций на пигмент.

Munoz-Ortiz J. и соавт. (2021) – широкомасштабный систематический обзор, анализирующий более 200 случаев воспалительных, инфекционных и опухолевых реакций, ассоциированных с татуировками, включая редкие офтальмологические осложнения при периорбитальном расположении. Авторы подчеркивают полиморфизм клинических и гистологических проявлений и роль иммунных механизмов в их развитии. Исследование является ценным ресурсом для клиницистов различных специальностей, сталкивающихся с осложнениями татуировок.

Rahbarinejad Y. и соавт. (2023) – систематический обзор, сочетающий представление серии клинических случаев с анализом литературы и сфокусированный на корреляции между использованием красного пигмента и развитием пролиферативных реакций. Авторы детально описывают патогенез, гистологические критерии диагностики и тактику ведения пациентов с плоскоклеточным раком и псевдоэпителиоматозной гиперплазией, возникшими в области татуировок красного цвета. Исследование подчеркивает диагностические трудности, связанные с гистологической схожестью доброкачественной псевдоэпителиоматозной гиперплазии и злокачественного процесса, и призывает к онкологической настороженности.

Jacobs J. и соавт. (2024) – систематический обзор, сфокусированный на ретроспективном анализе опубликованных случаев злокачественных новообразований кожи, возникших в пределах татуировок. Авторы идентифицировали и проанализировали 63 случая, среди которых наиболее часто встречались плоскоклеточный рак (41 случай), базальноклеточный рак (16 случаев) и меланома (6 случаев). Исследование подчеркивает, что, несмотря на отсутствие прямой причинно-следственной связи, хроническое воспаление, индуцированное пигментом, и потенциальные канцерогенные свойства продуктов его распада рассматриваются как значимые провоцирующие факторы.

Reiter O. и соавт. (2016) – систематический обзор с мета-анализом, один из первых, всесторонне оценивающих эффективность и профиль безопасности пикосекундных лазеров на основе анализа 16 клинических исследований (10 РКИ и 6 неРКИ). Мета-анализ подтвердил высокую эффективность метода (полное удаление пигмента в 89,3 % случаев), но также выявил риск побочных эффектов, таких как гипопигментация (15,7 %) и рубцевание (4,2 %). Данная работа заложила доказательную базу для широкого внедрения пикосекундных технологий в клиническую практику [7].



Fraser T.R. и соавт. (2022) – систематический обзор, сфокусированный на анализе 28 экспериментальных исследований, изучающих продукты деградации пигментов под воздействием УФ-излучения, лазера и метаболических процессов. Авторы приходят к выводу, что процесс удаления татуировок может приводить к образованию потенциально токсичных и канцерогенных соединений (ароматические амины, азосоединения), чье влияние на организм требует дальнейшего изучения. Это исследование критически важно для оценки рисков, связанных с лазерным удалением татуировок [8].

Gurnani P. и соавт. (2022) – систематический обзор с мета-анализом, включающий 42 исследования (25 РКИ и 17 неРКИ) для сравнения эффективности и безопасности лазеров для удаления татуировок. Мета-анализ продемонстрировал статистически значимое преимущество пикосекундных лазеров перед наносекундными в эффективности полного удаления пигмента (OR: 2,45; 95 % ДИ: 1,78–3,24). Исследование предоставляет доказательства высшего уровня, руководствуясь которыми, клиницисты могут выбирать оптимальный метод лечения [9].

Tjijta A. и соавт. (2023) – систематический обзор, анализирующий 17 исследований (7 РКИ, 10 неРКИ) и посвященный иммунному ответу, индуцируемому лазерным удалением татуировок. Авторы делают вывод, что лазерная деструкция пигмента вызывает сложный каскад иммунных реакций, аналогичный первичному ответу на введение пигмента, что несет в себе риск обострения латентных осложнений и системного распространения продуктов распада. Работа подчеркивает необходимость тщательного мониторинга пациентов после процедур лазерного удаления [10].

Анализ включенных работ демонстрирует, что введение экзогенного пигмента является травматическим процессом, запускающим каскад необратимых морфологических изменений кожи.

Острая фаза (первые дни и недели) характеризуется диффузным распределением частиц пигмента в дерме, ограниченным некрозом тканей по ходу канала введения иглы, инфильтрацией полиморфно-ядерными лейкоцитами и выраженным отеком в сосочковом слое дермы [1, 2].

В течение нескольких недель острое воспаление сменяется хронической фазой (персистирующее состояние), которая может длиться десятилетиями. Основные морфологические изменения включают:

- *Клеточный инфильтрат.* Доминирует макрофагальный фагоцитоз. Макрофаги, цитоплазма которых заполнена гранулами пигмента («тату-макрофаги»), формируют основу персистенции татуировки. Периваскулярно и вокруг пигментных гранул наблюдается плотная лимфогистиоцитарная инфильтрация (преимущественно Т-клетки) как проявление хронического иммунного ответа.

- *Специфические типы воспалительных реакций.* Наиболее характерной является гранулематозная реакция – организованные скопления эпителиоидных гистиоцитов и гигантских многоядерных клеток инородных тел, окружающих крупные частицы пигмента. Данная реакция наиболее часто ассоциирована с красными, зелеными и синими пигментами. Реже встречается псевдолимфоматозная реакция – плотный атипичный лимфоцитарный инфильтрат, требующий дифференциальной диагностики с лимфомой.

- *Изменения эпидермиса.* Ключевой находкой является псевдоэпителиоматозная гиперплазия – значительное реактивное утолщение эпидермиса с удлинением и расширением эпидермальных отростков, глубоко проникающих в дерму. Данное доброкачественное изменение гистологически может быть ошибочно интерпретировано как высоко дифференцированный плоскоклеточный рак и наиболее характерно для реакций на красный пигмент. Также может наблюдаться вакуолизация базального слоя эпидермиса, напоминающая картину красного плоского лишая.

- *Распределение и трансформация пигмента.* Пигмент локализуется внутриклеточно (в макрофагах, фибробластах) и внеклеточно в дерме. Часть макрофагов мигрирует по лимфатическим сосудам, приводя к постоянному наличию пигмента в регионарных лимфоузлах [8, 9]. Со временем под действием ферментов, УФ-излучения и лазера частицы фрагментируются с образованием потенциально токсичных и канцерогенных продуктов распада (например, ароматических аминов) [3, 4].

По данным ряда авторов, экзогенный пигмент в коже распределяется в различных клеточных и тканевых структурах. В эпидермисе частицы выявлялись в кератиноцитах, базальных и дендритных клетках, что подтверждено современными методами визуализации [5]. На уровне дермы основными клетками-носителями пигмента оказались макрофаги, фибробласты и тучные клетки, в которых гранулы располагались внутриклеточно и были окружены мембранными структурами [6]. Длительное сохранение рисунка связано с циклом «захвата и повторного улавливания» пигмента макрофагами, что обеспечивает стойкость татуировок на протяжении многих лет. Фибробласты также играют значимую роль, формируя устойчивый резервуар пигмента в соединительнотканном матриксе [7, 8].

Отдельного внимания заслуживает феномен миграции пигмента за пределы кожи. Ряд клинических наблюдений и патологоанатомических исследований показали, что частицы перемещаются в регионарные лимфатические узлы, где они накапливаются в макрофагах синусов [9, 10]. Данный факт затрудняет диагностику и может приводить к ложноположительным результатам при поиске метастазов меланомы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ доказательной базы позволяет заключить, что введение экзогенных тату-пигментов приводит к значительным и стойким морфофункциональным изменениям кожи. Ключевыми особенностями являются хроническое воспаление (лимфогистиоцитарная инфильтрация), активный фагоцитоз (макрофаги, гигантские клетки) и реактивная пролиферация эпителия (псевдоэпителиоматозная гиперплазия). Данные изменения создают уникальную морфологическую среду, которая, с одной стороны, обеспечивает перманентность татуировки, а с другой – является почвой для развития осложнений, от доброкачественных гранулём до злокачественных новообразований. Полученные данные подчеркивают необходимость информирования о рисках, а также разработки стандартизированных протоколов гистопатологической диагностики и долгосрочного мониторинга пациентов с татуировками.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/ REFERENCES

1. Baumler W. Absorption, distribution, metabolism and excretion of tattoo colorants and ingredients in mouse and man: the known and the unknown. *Current Problems in Dermatology*. 2015;48:176–184. doi: 10.1159/000369222.
2. Agarwal P., Jagati A., Mehta R. Histopathological evaluation of cutaneous reactions to tattoos: Study at a tertiary care center. *Journal of Cutaneous Pathology*. 2021;48(7):870–876. doi: 10.1111/cup.13973.
3. Torre-Castro J., Najera L., Suarez D. Histopathology of dermatologic complications of tattoos. *The American Journal*

*of Dermatopathology*. 2022;44(9):632–649. doi: 10.1097/DAD.0000000000002183.

4. Munoz-Ortiz J., Gomez-Lopez M.T., Echeverry-Hernandez P. Dermatological and ophthalmological inflammatory, infectious, and tumoral tattoo-related reactions: a systematic review. *The Permanente Journal*. 2021;26:20–25. doi: 10.7812/TPP/20.225

5. Rahbarinejad Y., Guio-Aguilar P., Vu A.N. Pathogenesis, diagnosis and management of squamous cell carcinoma and pseudoepithelial hyperplasia secondary to red ink tattoo: a case series and review. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(6):2424. doi: 10.3390/jcm12062424.

6. Jacobs J., Rundle C., Kaplan S.J., Mosca P.J. Skin cancers arising within tattoos: A systematic review. *JAAD International*. 2024;20:133–143. doi: 10.1016/j.jdin.2024.03.015.

7. Reiter O., Atzmony L., Akerman L. Picosecond lasers for tattoo removal: a systematic review. *Lasers in Medical Science*. 2016;31(7):1397–1405. doi: 10.1007/s10103-016-2001-0.

8. Fraser T.R., Ross K.E., Alexander U., Lenehan C.E. Current knowledge of the degradation products of tattoo pigments by sunlight, laser irradiation and metabolism: a systematic review. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*. 2022;32(3):343–355. doi: 10.1038/s41370-021-00364-y.

9. Gurnani P., Williams N., Al-Hetheli G. Comparing the efficacy and safety of laser treatments in tattoo removal: A systematic review. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2022;87(1):103–109. doi: 10.1016/j.jaad.2020.07.117.

10. Tjijpta A., Ramadhan H., Lubis R.A. Immune Response in Laser Tattoo Removal: A Systematic Review. *Journal of Lasers in Medical Sciences*. 2023;14:66–68. doi: 10.34172/jlms.2023.66.

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

Этические требования соблюдены. Текст не сгенерирован нейросетью.

## Информация об авторах

Олег Наильевич Карымов – кандидат медицинских наук, заведующий дерматовенерологическим отделением № 2, Московский научно-практический центр дерматовенерологии и косметологии; доцент кафедры кожных болезней и косметологии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия; laser@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7048-3605>

Светлана Александровна Калашникова – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой анатомии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; [kalashnikova-sa@yandex.ru](mailto:kalashnikova-sa@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0255-7801>

Нуранэ Азер кызы Мустафаева – ассистент кафедры анатомии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; [mustafaevanurane@yandex.ru](mailto:mustafaevanurane@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0005-1509-2723>

Александр Иванович Краюшкин – доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; [aleksandr.krayushkin@volgmed.ru](mailto:aleksandr.krayushkin@volgmed.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0626-814X>

Юлия Викторовна Довгялло – доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; [dovgiallo1@mail.ru](mailto:dovgiallo1@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6626-0361>

Статья поступила в редакцию 05.09.2025; одобрена после рецензирования 16.10.2025; принята к публикации 18.11.2025.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

Ethical requirements are met. The text is not generated by a neural network.

## Information about the authors

Oleg N. Karymov – Candidate of Medical Sciences, Head of the Dermatovenereological Department No. 2, Moscow Scientific and Practical Center of Dermatovenereology and Cosmetology; Associate Professor of the Department of Skin Diseases and Cosmetology, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia; laser@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7048-3605>

Svetlana A. Kalashnikova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Anatomy, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; ✉ [kalashnikova-sa@yandex.ru](mailto:kalashnikova-sa@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0255-7801>

Nurane A. Mustafayeva – Assistant Professor of the Department of Anatomy, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; [mustafaevanurane@yandex.ru](mailto:mustafaevanurane@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0005-1509-2723>

Alexander I. Krayushkin – MD, Professor of the Department of Anatomy, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; [aleksandr.krayushkin@volgmed.ru](mailto:aleksandr.krayushkin@volgmed.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0626-814X>

Yulia V. Dovgyallo – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Anatomy, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; [dovgiallo1@mail.ru](mailto:dovgiallo1@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6626-0361>

The article was submitted 05.09.2025; approved after reviewing 16.10.2025; accepted for publication 18.11.2025.