

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-3-221-228

УДК 616.31

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛОВ АБАТМЕНТОВ ИМПЛАНТАТОВ И ФОРМИРОВАТЕЛЕЙ ДЕСНЫ НА ПЕРИИМПЛАНТАТНЫЕ МЯГКИЕ ТКАНИ

Кошелев К. А.¹, Зобачева В. В.¹, Баранов И. П.², Лавлинская А. Н.¹, Зобачев В. И.¹, Журук Т. В.¹

¹ Тверской государственный медицинский университет, г. Тверь, Россия

² Стоматологический холдинг «Дента-Люкс», г. Тверь, Россия

Аннотация

Долгосрочная стабильность тканей, окружающих дентальные имплантаты и конструкционные части, применяемые при протезировании на дентальных имплантатах, такие как абатменты и формирователи десны, во многом определяется тем, из какого материала изготовлены элементы конструкции. Хотя клинические результаты дентальной имплантации отличаются высокой надежностью и хорошо прогнозируются, исход лечения связан не только с процессом остеоинтеграции. Не меньшее значение приобретает состояние мягкотканного комплекса в периимпантатной зоне, поскольку именно он формирует защитную границу между костными структурами и средой полости рта.

Анализ опубликованных исследований, посвященных этой проблеме, позволяет сопоставить влияние материалов различных абатментов и формирователей десны на состояние периимпантатных тканей. Исследователями-стоматологами проведено изучение не только клинических признаков воспалительных изменений, но и особенности иммунного ответа, характер взаимодействия материалов с мягкими тканями, выраженность бактериальной колонизации поверхности абатментов.

Наиболее широко применяемым материалом при протезировании на имплантатах по-прежнему остается титан. Его использование связано с сочетанием механической надежности и высокой биологической совместимости, что обеспечивает устойчивые позиции в имплантологической практике. Вместе с тем диоксид циркония, в ряде наблюдений, имеет преимущества, которые особенно заметны в эстетически значимых зонах, также авторы описывают менее выраженную бактериальную адгезию и более благоприятную реакцию мягких тканей.

Отдельный интерес вызывают полимерные материалы, в частности такой материал для временных абатментов, как полиэфирэфиркетон. Их рассматривают как перспективное направление, однако объем клинических данных пока недостаточен для окончательных выводов.

Таким образом, при оценке факторов, влияющих на успешность имплантологического лечения, материал абатмента и формирователя десны следует рассматривать как один из ключевых параметров. Именно от этого фактора в значительной степени зависит сохранение биологической стабильности периимпантатных мягких тканей в отдаленные сроки.

Ключевые слова: дентальная имплантация, абатмент, формирователь десны, периимпантатные ткани, цирконий, титан, полиэфирэфиркетон, биосовместимость

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

Константин Александрович КОШЕЛЕВ ORCID ID 0000-0002-2716-6364

д.м.н., профессор кафедры ортопедической стоматологии, Тверской государственный медицинский университет, г. Тверь, Россия
koshelev1987@yandex.ru

Валентина Васильевна ЗОБАЧЕВА ORCID ID 0009-0000-9710-9309

к.м.н., главный врач стоматологической поликлиники, Тверской государственный медицинский университет, г. Тверь, Россия
valentina.zobachev@mail.ru

Илья Павлович БАРАНОВ ORCID ID 0009-0002-8085-3726

Стоматолог-ортопед, стоматологический холдинг «Дента-Люкс», г. Тверь, Россия
orttma@mail.ru

Алиса Николаевна ЛАВЛИНСКАЯ ORCID ID 0009-0007-6509-7594

Ординатор 1 года кафедры ортопедической стоматологии, Тверской государственный медицинский университет, г. Тверь, Россия
alavlin@bk.ru

Виталий Игоревич ЗОБАЧЕВ ORCID ID 0009-0001-2471-2040

Ординатор 2 года стоматологического факультета, Тверской государственный медицинский университет, г. Тверь, Россия
zobachev_vitalik@mail.ru

Тимофей Владимирович ЖУРУК ORCID ID 0009-0001-7436-5665

Студент 3 курса стоматологического факультета, Тверской государственный медицинский университет, г. Тверь, Россия
tzhuruk@mail.ru

Адрес для переписки: Константин Александрович КОШЕЛЕВ

170100, г. Тверь, ул. Советская, д. 4 (ТГМУ, кафедра ортопедической стоматологии)

+7 (904) 004-48-18

koshelev1987@yandex.ru

Образец цитирования:

Кошелев К. А., Зобачева В. В., Баранов И. П., Лавлинская А. Н., Зобачев В. И., Журук Т. В.

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛОВ АБАТМЕНТОВ ИМПЛАНТАТОВ И ФОРМИРОВАТЕЛЕЙ ДЕСНЫ НА ПЕРИИМПЛАНТАТНЫЕ МЯГКИЕ ТКАНИ. Проблемы стоматологии. 2026; 3: 221-228.

© Кошелев К. А. и др., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-3-221-228

Поступила 27.07.2026. Принята к печати 12.09.2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-3-221-228

INFLUENCE OF MATERIALS OF ABUTMENTS OF IMPLANTS AND GINGIVAL FORMERS ON PERIIMPLANTATE SOFT TISSUES

Koshelev K.A.¹, Zobacheva V.V.¹, Baranov I.P.², Lavlinskaya A.N.¹, Zobachev V.I.¹, Zhuruk T.V.¹

¹ Tver State Medical University, Tver, Russia

² Dental holding "Denta-Luxe", Tver, Russia

Abstract

The long-term stability of tissues surrounding dental implants and structural components used in dental implant prosthetics, such as abutments and healing abutments, is largely determined by the material from which the structural components are made. While the clinical outcomes of dental implants are highly reliable and well-predictable, the success of the treatment is not solely dependent on the process of osteointegration. The condition of the soft tissue complex in the peri-implant area plays a crucial role, as it forms a protective barrier between the bone structures and the oral environment.

An analysis of published studies on this problem allows us to compare the effect of different abutment and gingival formers on the condition of peri-implant tissues. Dental researchers have studied not only the clinical signs of inflammatory changes, but also the characteristics of the immune response, the nature of the interaction between materials and soft tissues, and the severity of bacterial colonization on the surface of abutments.

Titanium remains the most widely used material for implant-supported prosthetics. Its use is associated with a combination of mechanical reliability and high biological compatibility, which ensures a stable position in implantology practice. However, zirconium dioxide has advantages in some cases, especially in aesthetically significant areas, and authors have described less bacterial adhesion and a more favorable soft tissue response.

Polymer materials, particularly polyetheretherketone for temporary abutments, are of particular interest. They are considered a promising direction, but the available clinical data is insufficient for definitive conclusions.

Thus, when assessing the factors affecting the success of implantology treatment, the material of the abutment and the gingival formers should be considered as one of the key parameters. It is from this factor that the preservation of biological stability of periimplant soft tissues in the long term depends to a large extent.

Keywords: dental implantation, abutment, gingival formator, periimplant tissues, zirconium, titanium, polyetheretherketone, biocompatibility

The authors declare no conflict of interest

Konstantin A. KOSHELEV ORCID ID 0000-0002-2716-6364

PhD, MD, DSc, Professor of the Department of Orthopedic Dentistry, Tver State Medical University, Tver, Russia

koshelev1987@yandex.ru

Valentina V. ZOBACHEVA ORCID ID 0009-0000-9710-9309

PhD, Chief Physician of the Dental Clinic, Tver State Medical University, Tver, Russia

valentina.zobachev@mail.ru

Ilya P. BARANOV ORCID ID 0009-0002-8085-3726

Dentist-orthopedist of dental holding Denta-Luxe, Tver, Russia

orttma@mail.ru

Alisa N. LAVLINSKAYA ORCID ID 0009-0007-6509-7594

1-year Resident of the Department of Orthopedic Dentistry, Tver State Medical University, Tver, Russia

alavlin@bk.ru

Vitaly I. ZOBACHEV ORCID ID 0009-0001-2471-2040

2-year resident of the Faculty of Dentistry, Tver State Medical University, Tver, Russia

zobachev_vitalik@mail.ru

Timofey V. ZHURUK ORCID ID 0009-0001-7436-5665

3-year student of the Faculty of Dentistry, Tver State Medical University, Tver, Russia

tzhuruk@mail.ru

Correspondence address: Konstantin A. KOSHELEV

4 Sovetskaya Str., Tver, 170100, Russia (TSMU, Department of Orthopedic Dentistry)

+7 (904) 004-48-18

koshelev1987@yandex.ru

For citation:

Koshelev K.A., Zobacheva V.V., Baranov I.P., Lavlinskaya A.N., Zobachev V.I., Zhuruk T.V.

INFLUENCE OF MATERIALS OF ABUTMENTS OF IMPLANTS AND GINGIVAL FORMERS ON PERIIMPLANTATE SOFT TISSUES. Actual problems in dentistry. 2026; 3: 221-228. (In Russ.)

© Koshelev K.A. et al., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-3-221-228

Received 27.07.2026. Accepted 12.09.2026

Введение

Дентальная имплантация является современным и эффективным методом восстановления дефектов зубных рядов, однако успешность лечения зависит от множества факторов. Основным условием благоприятного прогноза считается формирование стабильной остеоинтеграции имплантата с костной тканью [8]. Существенное влияние на результаты имплантации оказывают общесоматические заболевания, такие как сахарный диабет, остеопороз, сердечно-сосудистые и эндокринные патологии, способные нарушать процессы регенерации тканей. Важную роль играет состояние костной ткани челюстей, включая ее объем, плотность и степень васкуляризации, поскольку недостаток костной ткани снижает первичную стабильность имплантата [27]. Одним из ключевых факторов является уровень гигиены полости рта, так как неудовлетворительная гигиена способствует развитию воспалительных осложнений и периимплантита [28]. Дополнительное негативное влияние оказывают курение, хронический стресс и вредные привычки, ухудшающие микроциркуляцию и процессы заживления. Также значение имеют возраст пациента, состояние иммунной системы и соблюдение рекомендаций врача в послеоперационном периоде. Комплексная оценка общего состояния организма и стоматологического статуса пациента позволяет повысить прогнозируемость имплантологического лечения и снизить риск осложнений. Состояние мягких тканей вокруг имплантата во многом определяет итог имплантационного протезирования, даже несмотря на то, что сами имплантационные системы обеспечивают весьма высокую долговременную сохранность конструкции: по опубликованным данным, показатели выживаемости превышают 90–95 % [1, 20]. Учитывая проанализированные нами данные, надежная остеоинтеграция не исключает все возможные осложнения лечения [3].

Особую роль играет периимплантатная слизистая — мягкотканый барьер, окружающий трансмукозальную часть имплантата и выполняющий защитную функцию на границе между полостью рта и подлежащей костью. Данная структура формирует биологический барьер, который препятствует проникновению микроорганизмов к костной ткани [6]. Однако ее устойчивость имеет свои анатомо-функциональные особенности, поскольку ткани, окружающие имплантат, устроены не так, как ткани в области естественного зуба. Например, волокна соединительной ткани здесь ориентированы в основном параллельно поверхности имплантата, но не формируют устойчивую пространственную организацию, что делает эту зону более уязвимой перед бактериальным воздействием [3].

Таким образом, особое значение приобретают элементы системы, непосредственно соприкасающиеся со слизистой — абатмент и формирователь десны. Их материал способен влиять не только на характер взаимодействия клеток с поверхностью, но и на выраженность воспалительной реакции, а также на интенсивность микробной колонизации [7]. Поэтому учет свойств

этих компонентов необходим при оценке факторов, обеспечивающих стабильность периимплантатных тканей.

Материалы и методы

Для оценки влияния материалов абатментов и формирователей десны на состояние мягких тканей вокруг имплантатов был выполнен обзор профильных исследований. В анализ вошли 34 публикации, отобранные по признаку их направленности на изучение биологического ответа периимплантатной слизистой на различные варианты материалов трансмукозных компонентов. В качестве источников использовались международные и отечественные базы научного поиска, включая PubMed, Scopus, Web of Science, Science Direct и eLibrary. Рассматривались работы разного типа: клинические наблюдения, экспериментальные исследования, а также систематические обзоры, что позволило охватить как фундаментальные, так и прикладные аспекты проблемы.

Результаты и их обсуждение

Вероятность накопления микробного налета на поверхности абатмента рассматривается как одна из ведущих причин, приводящих к развитию периимплантита [1]. В этом отношении значение имеет не только химическая природа материала, но и его микрорельеф: при увеличении шероховатости облегчается фиксация микроорганизмов, тогда как более гладкие поверхности в меньшей степени способствуют бактериальной колонизации [10]. По данным сравнительных работ, компоненты из диоксида циркония в ряде случаев накапливают меньше бактерий на своей поверхности, чем титановые аналоги [6], что делает их особенно перспективными с позиции профилактики воспалительных осложнений.

Именно этим частично объясняется растущий интерес к диоксиду циркония как к материалу для абатментов [4]. Его свойства сочетают хорошую биосовместимость с периимплантатными тканями, благоприятное взаимодействие на слизистую и выраженные эстетические преимущества, что особенно важно в клинических ситуациях с высокими требованиями к внешнему виду реставрации. Кроме того, отдельные исследования указывают на меньшую выраженность микробной колонизации на поверхности диоксида циркония по сравнению с титаном [10].

Несмотря на это, титан сохраняет статус наиболее распространенного материала для изготовления абатментов и формирователей десны [10, 25]. Это связано с его прочностными характеристиками и высокой биологической совместимостью, давно подтвержденными клинической практикой. В современной дентальной имплантологии для изготовления абатментов и формирователей десны применяются преимущественно технически чистый титан и титановые сплавы. Выбор материала обусловлен его высокой биосовместимостью, устойчивостью к коррозии, механической прочностью и способностью к остеоинтеграции.

Согласно международной классификации ASTM, технически чистый титан подразделяется на 4 класса (Grade 1–4), различающихся по содержанию примесей и механическим свойствам:

Grade 1 — наиболее чистый и пластичный титан, содержит минимальное количество кислорода и железа, обладает высокой коррозионной стойкостью, но сравнительно низкой прочностью.

Grade 2 — наиболее распространенный вариант в стоматологии, сочетает хорошую прочность и биосовместимость.

Grade 3 — отличается повышенной прочностью за счет большего содержания кислорода.

Grade 4 — наиболее прочный среди технически чистых титанов, широко используется для имплантатов, абатментов и формирователей десны благодаря высокой механической устойчивости.

Помимо чистого титана, применяются титановые сплавы, главным образом:

Grade 5 (Ti-6Al-4V) — сплав титана с алюминием и ванадием, обладающий высокой прочностью, износостойкостью и устойчивостью к механическим нагрузкам. Часто используется для индивидуальных абатментов.

Grade 23 (Ti-6Al-4V ELI) — модифицированный вариант Grade 5 с пониженным содержанием примесей (ExtraLowInterstitial), характеризуется улучшенной биосовместимостью и повышенной усталостной прочностью.

Таблица 1

Влияние материалов абатментов на биологическую реакцию мягких тканей
Table 1. The effect of abutment materials on the biological response of soft tissues

Показатель	Титан	Цирконий	PEEK
Адгезия фибробластов	Высокая	Высокая	Средняя
Эпителиальное прикрепление	Стабильное	Стабильное	Ограниченное
Воспалительная реакция	Умеренная	Низкая	Низкая
Бактериальная колонизация	Средняя	Низкая	Низкая
Эстетический результат	Средний	Высокий	Высокий

При изготовлении абатментов наиболее распространен сплав Ti-6Al-4VELI, который обеспечивает высокую механическую прочность и биосовместимость. Также широко используется коммерчески чистый титан Grade 4, предпочтительный в случаях, когда необходимы максимальная коррозионная стойкость и остеоинтеграция.

Существенную роль играет и формирование на титановой поверхности оксидного слоя, который способствует взаимодействию материала с белками внеклеточного матрикса и клетками мягких тканей [8, 28]. Вместе с тем, не все аспекты его применения однозначны: в ряде публикаций описана более выраженная воспалительная

реакция в окружающих тканях при использовании титановых абатментов по сравнению с циркониевыми [10].

Отдельное направление исследований связано с полимерными материалами, прежде всего с полиэфиркетон (PEEK) [11]. Этот полимер характеризуется сочетанием достаточной механической прочности и приемлемых эстетических свойств. Однако его поверхность имеет гидрофобный компонент, что может ограничивать прикрепление клеток мягких тканей. По этой причине для повышения биосовместимости PEEK обычно рассматривают не сам по себе, а в контексте различных способов поверхностной модификации, способных улучшить клеточный ответ и сделать материал более пригодным для применения в зоне контакта со слизистой.

Таблица 2

Сравнительная характеристика материалов абатментов
Table 2. Comparative characteristics of abutment materials

Материал	Биосовместимость	Бактериальная адгезия	Эстетика	Механическая прочность
Титан	Очень высокая	Средняя	Средняя	Очень высокая
Цирконий	Очень высокая	Низкая	Высокая	Высокая
PEEK	Высокая	Низкая	Высокая	Средняя

Материалы формирователей десны

Успешная и долговременная интеграция имплантата во многом зависит от того, насколько полноценно в периимплантатной зоне формируется биологическая ширина. В ее состав входят эпителиальное прикрепление и соединительнотканый слой, суммарная величина которых вокруг имплантатов обычно достигает примерно 3–4 мм

[8]. Существенное значение в этом процессе имеет трансмукозный компонент, поскольку именно он задает условия для заживления слизистой, моделирования мягкотканного контура и последующего формирования устойчивого контакта тканей с конструкцией.

В клинической практике такую функцию выполняют формирователи десны. После установки имплантата они

направляют репаративные процессы в слизистой оболочке и способствуют созданию периимплантатной архитектуры, близкой по организации к зоне естественного зуба [27]. Следовательно, речь идет не просто о техническом элементе системы, а о компоненте, от которого зависит качество эпителиального и соединительнотканного прикрепления.

Реакция мягких тканей на формирователь во многом определяется свойствами материала, из которого он изготовлен. От этого зависят выраженность воспалительных изменений, интенсивность микробной фиксации на поверхности материала и устойчивость периимплантатных тканей в целом. Наиболее часто для этих целей применяют титан, диоксид циркония, различные полимерные варианты, а также временные пластмассы [27, 33, 34].

Наиболее привычным решением остаются титановые формирователи. Их широкое использование связано с удачным сочетанием механической надежности, устойчивости к коррозии и хорошей тканевой переносимости. Наблюдения показывают, что титан способен обеспечивать достаточно стабильный контакт как с эпителиальным слоем, так и с соединительной тканью в области имплантата [8]. Морфологическая картина вокруг таких конструкций характеризуется формированием соединительнотканной зоны с упорядоченным расположением коллагеновых волокон и удовлетворительным кровоснабжением, что создает предпосылки для сохранения мягкотканной стабильности [23]. Вместе с тем у этого материала есть и ограничения: при недостаточном контроле гигиены на его поверхности может накапливаться бактериальная биопленка, а это повышает вероятность развития периимплантатного мукозита [20].

На этом фоне все больше внимания привлекают циркониевые формирователи десны. Интерес к ним связан не только с хорошей биосовместимостью, но и с меньшей склонностью к бактериальной адгезии, а также с благоприятными эстетическими свойствами [15]. Для клинических ситуаций в передних отделах особенно важно, что белый цвет циркония не дает металлическому оттенку просвечивать через тонкую слизистую оболочку [18]. Кроме того, различия в поверхностной энергии и микроструктуре материала, по-видимому, объясняют то, что уровень бактериальной колонизации на циркониевых поверхностях может быть ниже, чем на титановых [22]. Гистологические данные также указывают на более плотное эпителиальное прикрепление и менее выраженную воспалительную инфильтрацию в тканях, контактирующих с цирконием, если сравнивать их с зонами вокруг металлических компонентов [15].

В качестве альтернативы металлам и керамике рассматриваются полимерные и композитные материалы. Наиболее распространенным представителем этой группы является РЕЕК — полиэфирэфиркетон, который характеризуется приемлемой биосовместимостью и относительно низким модулем упругости, благодаря чему считается перспективным для имплантологического применения [27]. Однако преимущества полимеров не исключают определенных сложностей. В ряде иссле-

дований отмечено, что их поверхность может быть более шероховатой, чем у гладко обработанных металлических или керамических материалов, а это создает условия для более активной бактериальной фиксации [18]. Поэтому для повышения клинической ценности таких формирователей особое внимание уделяют различным методам модификации поверхности.

Связь между материалом формирователя и состоянием мягких тканей прослеживается и на уровне формирования биологической ширины. Тип трансмукозного компонента способен влиять не только на толщину периимплантатной слизистой, но и на характер ее структурной организации. При применении компонентов из диоксида циркония нередко описывают более устойчивое эпителиальное прикрепление и менее выраженную воспалительную реакцию, что может способствовать лучшей сохранности тканей в зоне имплантата [17].

Отдельного рассмотрения заслуживает бактериальная колонизация формирователей десны, поскольку именно она лежит в основе значительной части воспалительных осложнений. На степень адгезии микроорганизмов влияют как химические особенности материала, так и характеристики его поверхности, прежде всего шероховатость [8]. В этом отношении диоксид циркония в ряде исследований демонстрирует преимущество перед титаном: на его поверхности выявляют меньший объем бактериального обсеменения, что потенциально связано со снижением риска периимплантатного воспаления [27]. Таким образом, выбор материала формирователя десны следует рассматривать как биологически значимый этап имплантологического лечения, а не только как конструктивное решение.

Таким образом, материал формирователя десны оказывает значительное влияние на состояние периимплантатных мягких тканей. Титан остается наиболее распространенным материалом благодаря своей высокой биосовместимости и механической прочности. Однако циркониевые формирователи демонстрируют ряд преимуществ, включая более низкую бактериальную адгезию и лучшие эстетические характеристики [10]. Полимерные материалы представляют перспективное направление исследований, однако требуют дальнейшего изучения и оптимизации поверхностных свойств.

Модификация поверхности абатментов и формирователей десны для усиления антибактериальных свойств.

Профилактика периимплантатных воспалительных осложнений преимущественно связана не только с выбором материала трансмукозного компонента, но и с изменением его поверхностных свойств [20]. Это обусловлено тем, что именно на поверхности абатментов и формирователей десны происходит фиксация микроорганизмов с последующим созреванием бактериальной биопленки, которая рассматривается как один из основных патогенетических факторов периимплантатного мукозита и периимплантита [20, 23]. В связи с этим антибактериальные покрытия приобрели статус одного из наиболее перспективных направлений в повышении биологической безопасности имплантологических конструкций [20].

Таблица 3

Сравнительные характеристики материалов формирователей десневой манжеты

Table 3. Comparative characteristics of materials for gingival cuff formers

Материал формирователя	Биосовместимость	Бактериальная адгезия	Воспалительная реакция тканей	Эстетические свойства	Основные преимущества	Ограничения	Источники
Титан	Очень высокая	Средняя	Умеренная	Средние	Высокая прочность, клиническая надежность	Возможное накопление биопленки	[8]
Диоксид циркония	Очень высокая	Низкая	Низкая	Высокие	Хорошая эстетика, низкая бактериальная колонизация	Более высокая стоимость	[12]
РЕЕК	Высокая	Средняя	Низкая	Высокие	Биосовместимость, эластичность	Требуется модификация поверхности	[18]
Полимерные временные материалы	Умеренная	Высокая	Возможна повышенная	Высокие	Простота изготовления	Более высокая бактериальная адгезия	[19]

Эффект таких покрытий не сводится к одному механизму. Экспериментальные данные показывают, что они могут нарушать целостность бактериальной мембраны, подавлять активность ферментных систем и препятствовать формированию организованной биопленки [29]. Иными словами, речь идет не только о прямом антимикробном действии, но и о способности изменять саму возможность устойчивой колонизации поверхности.

Среди изучаемых подходов особенно подробно исследованы серебросодержащие модификации. Серебро давно используется в медицинских устройствах благодаря выраженной антимикробной активности, а его действие связано прежде всего с высвобождением ионов Ag^+ . Эти ионы вступают во взаимодействие с белковыми структурами бактериальной клеточной оболочки, нарушают метаболические процессы и тормозят синтез ДНК [30]. При нанесении серебряных наночастиц на титановую поверхность было отмечено заметное уменьшение адгезии микроорганизмов и снижение интенсивности образования биопленки [21]. Аналогичные решения разрабатываются и для циркониевых абатментов: в частности, пористый алюмосиликатный слой с включенными серебряными наночастицами на поверхности циркония продемонстрировал выраженную активность в отношении *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Lactobacillus acidophilus* [22]. Вместе с тем высокая эффективность серебра требует выборочного применения в клинической практике, поскольку чрезмерное высвобождение ионов может сопровождаться цитотоксическим действием.

Другой крупный блок исследований сосредоточен на покрытиях, сформированных оксидами металлов. Наибольший интерес вызывают диоксид титана, оксид цинка и оксид церия. Антибактериальный потенциал наноструктурированного TiO_2 связывают с фотокаталитической активностью и генерацией активных форм кислорода, повреждающих клеточные элементы микроорганизмов. Показано, что титановые поверхности с нанопокрывом TiO_2 , полученным методом атомно-

слоевого осаждения, сочетают выраженные антимикробные свойства с сохранением высокой тканевой совместимости [21]. Для CeO_2 также описан двойной эффект: такие покрытия способны не только угнетать бактериальный рост, но и ослаблять воспалительную реакцию тканей, что объясняют их антиоксидантными и антибактериальными характеристиками [22].

Отдельное направление связано не столько с пассивной защитой поверхности, сколько с созданием систем, способных постепенно выделять лекарственные вещества. В этой группе рассматриваются антибиотиксодержащие полимерные пленки, биоактивные стекла и различные матрицы, в которые введены антибактериальные агенты. Так, покрытия на основе полигидроксиалканоатов могут обеспечивать контролируемое высвобождение антибиотиков, благодаря чему подавляется рост бактерий и затрудняется становление биопленки [23]. Наряду с этим исследуются композиции, включающие природные вещества с антимикробным потенциалом. Например, для нанокompозитных систем на основе желатина и куркумина показана способность уменьшать бактериальную адгезию на поверхности формирователей десны [21, 22].

Современная тенденция выбора имплантационных компонентов в этой области все чаще смещается в сторону функциональных наноструктур, которые изменяют взаимодействие материала с биологической средой на более узконаправленном уровне. В числе таких решений рассматриваются графеновые покрытия, нанотрубчатые структуры диоксида титана, антиадгезионные полимерные слои и покрытия, содержащие функциональные ионы меди, цинка или магния [11]. За счет изменения гидрофильности и поверхностной энергии такие структуры могут затруднять первичную фиксацию бактерий. Кроме того, комбинированные варианты, объединяющие металл-оксидные наночастицы и биополимерную основу, представляют особый интерес, поскольку способны одновременно ограничивать микробную колонизацию и способствовать остеоинтеграции [23].

Таблица 4

Антибактериальные покрытия абатментов имплантатов

Table 4. Antibacterial coatings on implant abutments

Тип покрытия	Механизм антибактериального действия	Преимущества	Ограничения
Наночастицы серебра	Высвобождение Ag^+ и разрушение мембран бактерий	Высокая эффективность	Возможная цитотоксичность
TiO_2 нанопокрывтие	Образование активных форм кислорода	Высокая биосовместимость	Зависимость от освещения
ZnO	Антибактериальное действие ионов Zn^{2+}	Хорошая биосовместимость	Ограниченные клинические данные
Антибиотикосодержащие покрытия	Контролируемое высвобождение антибиотиков	Эффективная профилактика инфекции	Риск антибиотико-резистентности
Биополимерные покрытия	Ингибирование адгезии бактерий	Хорошая биосовместимость	Ограниченная долговечность

Таким образом, модификация поверхности абатментов и формирователей десны выходит за рамки вспомогательной технологии и становится самостоятельным инструментом профилактики осложнений. Наиболее изученными на сегодняшний день остаются серебросодержащие покрытия, оксидные наноструктуры и полимерные системы с регулируемым высвобождением антибактериальных веществ [8]. Имеющиеся данные указывают на их способность уменьшать бактериальную адгезию и, следовательно, потенциально снижать риск периимплантита при сохранении удовлетворительной

биосовместимости и благоприятной реакции мягких тканей [7].

Не менее важен и исходный материал трансмукозного компонента, поскольку именно он задает базовые условия взаимодействия с периимплантатными тканями [7]. Титан по-прежнему занимает ведущие позиции благодаря прочности и подтвержденной длительным клиническим применением эффективности [10]. Циркониевые абатменты, в свою очередь, привлекают сочетанием более выигрышных эстетических свойств и меньшей склонности к бактериальной адгезии [10, 29].

Таблица 5

Преимущества и ограничения различных материалов абатментов

Table 5. Advantages and limitations of different abutment materials

Материал	Основные преимущества	Основные недостатки
Титан	Высокая прочность, доказанная клиническая эффективность	Возможное просвечивание через десну
Цирконий	Отличная эстетика, низкая бактериальная адгезия	Более высокая стоимость
PEEK	Легкость, биоинертность	Требуется модификация поверхности
Керамика	Высокая эстетика	Ограниченная механическая прочность

Выводы

Устойчивость периимплантатных мягких тканей определяется совокупностью факторов, среди которых, по данным профильной литературы, ключевыми остаются материал абатмента и формирователя десны, с учетом состояния их поверхности. Титан сохраняет позицию основного конструкционного материала за счет высокой биосовместимости и механической надежности. Решение о применении диоксида циркония имеет преимущества в эстетическом отношении и может быть более благоприятным с точки зрения микробной коло-

низации. Полимерные системы представляют интерес для дальнейшего развития, но пока нуждаются в дополнительной клинической оценке. Ввиду сложностей разработки нового материала для абатментов и формирователей, поверхностная модификация трансмукозных компонентов рассматривается как один из наиболее экономически целесообразных путей улучшения мягкотканной интеграции с учетом персонификации лечения для улучшения долгосрочного прогноза протезирования на имплантатах.

Литература/References

1. Михальченко Д. В., Яковлев А. Т., Бадрак Е. Ю., Михальченко А. В. Проблема воспаления в периимплантатных тканях и факторы, влияющие на его течение (обзор литературы). Волгоградский научно-медицинский журнал. 2015;(4):15–17. [Mikhalchenko D. V., Yakovlev A. T., Badrak E. Y., Mikhalchenko A. V. Inflammation in periimplant tissues and factors underlying inflammation (a review). Volgogradskij nauchno-medicinskij žurnal. 2015;(4):15–17. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25509497>
2. Богатов Е. А., Утюж А. С., Зекий А. О., Харке В. В., Бородин И. Д. Влияние индивидуального формирователя десны на качество ортопедического лечения с использованием внутрикостных имплантатов. Институт стоматологии. 2019;(4):76–77. [Bogatov E. A., Utyuzh A. S., Zekiy A. O., Kharke V. V., Borodina I. D. The influence of individual elements of prosthetics on the quality of orthopedic treatment using intraosseous implants. The Dental Institute. 2019;(4):76–77. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=41717309>

3. Утюж А. С. Концепция выбора ортопедической конструкции с опорой на дентальные имплантаты как метод профилактики перимплантита у пациентов с полной и частичной вторичной адентией: диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Москва; 2018. 281 с. [Utyuzh A. S. Concept of selecting a dental implant-supported prosthetic restoration as a method for preventing peri-implantitis in patients with complete and partial secondary adentia: dissertation for the degree of Doctor of Medical Sciences. Moscow; 2018. 281 p. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=38255815>
4. Sicilia A., Quirynen M., Fontollet A., Francisco H., Friedman A., Linkevicius T. et al. Long-term stability of peri-implant tissues after bone or soft tissue augmentation. Effect of zirconia or titanium abutments on peri-implant soft tissues. Summary and consensus statements. The 4th EAO Consensus Conference 2015. Clinical oral implants research. 2015;26(Suppl 11):148–152. <https://doi.org/10.1111/clr.12676>
5. Linkevicius T., Vaitelis J. The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: a systematic review and meta-analysis. Clinical Oral Implants Research. 2015;26(Suppl 11):139–147. <https://doi.org/10.1111/clr.12631>
6. Садиков Р. А., Плоткина Ю. В., Черновол Е. М., Рубежов А. Л., Михайлова Е. С., Садиков А. Р. Комплексный анализ элементного состава и поверхностной морфологии титановых абутментов современных производителей. Пародонтология. 2024;29(1):58–66. [Sadikov R. A., Plotkina Y. V., Chernovol E. M., Rubezov A. L., Mikhailova E. S., Sadikov A. R. Comprehensive analysis of the elemental composition and surface relief of titanium abutments from contemporary manufactures. Parodontologiya. 2024;29(1):58–66. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2024-865>
7. Богатов Е. А., Утюж А. С., Зекий А. О. Роль индивидуального формирования десны в снижении микробной инвазии периимплантатной зоны как способ предотвращения отдаленных осложнений ортопедического лечения с использованием внутрикостных имплантатов. Институт стоматологии. 2020;(1):110–111. [Bogatov E. A., Utyuzh A. S., Zekiy A. O. The role of individual gingival formation in reducing microbial invasion of the peri-implant zone, as a way to prevent long-term complications of orthopedic treatment using intraosseous implants. The Dental Institute. 2020;(1):110–111. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=43932848>
8. Hanawa T. Titanium–tissue interface reaction and its control with surface treatment. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2019;7:170. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00170>
9. Султонов М. Ш., Султанов Ш. Р. Осложнения дентальной имплантации. Биология и интегративная медицина. 2025;(5):56–89. [Sultonov M.Sh., Sultanov Sh. R. Dental implantation complications. Biologiya i integrativnaya medicina. 2025;(5):56–89. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24412/cl-34438-2025-577-56-89>
10. Abouel Maaty F. A.N., Ragab M. A., El-Ghazawy Y. M., Elfaied F. I., Abbass M. S., Radwan I. A. et al. Peri-Implant Soft Tissue in Contact with Zirconium/Titanium Abutments from Histological and Biological Perspectives: A Concise Review. Cells. 2025;14(2):129. <https://doi.org/10.3390/cells14020129>
11. Schwarz F., Derks J., Monje A., Wang H. L. Peri-implantitis. Journal of Clinical Periodontology. 2018;45(Suppl 20): S246–S266. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12954>
12. Berglundh T., Armitage G., Araujo M. G., Avila-Ortiz G., Blanco J., Camargo P. M. et al. Peri-implant diseases and conditions: Consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. Journal of clinical periodontology. 2018;45(Suppl 20): S286–S291. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12957>
13. Sanz M., Chapple I. L. Clinical research on peri-implant diseases. Journal of Clinical Periodontology. 2012;39(Suppl 12):202–206. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.2011.01837.x>
14. Chen S., Buser D. Clinical and esthetic outcomes of implants placed in the anterior maxilla — a systematic review. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants. 2014;29(Suppl):186–215. <https://doi.org/10.11607/jomi.2014suppl.g3.3>
15. Arefnia B., Theisen K., Steyer E., Lorenzoni M., Sokolowski A., Ubaidha Maheen C. et al. Effect of abutment material on aMMP-8 levels in peri-implant sulcular fluid over 12 months: a randomized controlled trial. Diagnostics. 2025;15(3):264. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15030264>
16. Pesce P., Del Fabbro M., Menini M., De Giovanni E., Annunziata M., Khijmatgar S. et al. Effects of abutment materials on peri-implant soft tissue health and stability: A network meta-analysis. Journal of prosthodontic research. 2023;67(4):506–517. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_22_00223
17. Laleman I., Lambert F., Gahlert M., Bacevic M., Woelfler H., Roehling S. The effect of different abutment materials on peri-implant tissues—A systematic review and meta-analysis. Clinical oral implants research. 2023;34(Suppl 26):125–142. <https://doi.org/10.1111/clr.14159>
18. Wadhawan R., Verma B., Pachauri R., Sharma P., Chatterjee R., Jhingan J. Bridging Gap: Abutments as sentinels of periimplant health. International Journal of Applied Dental Sciences. 2024;10(4):321–328. <https://doi.org/10.22271/oral.2024.v10.i4e.2078>
19. Javiya P., Punnen C., Chaudhari D., Sharma P., Pradhan S., Sharma D. et al. Evaluating the effect of polymer and titanium abutments on peri-implant tissues: A comparative clinical study. Bioinformation. 2025;21(6):1514–1517. <https://doi.org/10.6026/973206300211514>
20. Jennes M. E., Naumann M., Peroz S., Beuer F., Schmidt F. Antibacterial Effects of Modified Implant Abutment Surfaces for the Prevention of Peri-Implantitis—A Systematic Review. Antibiotics (Basel). 2021;10(11):1350. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10111350>
21. Gao L., Wu K., Wei X., Xing X., Pan Y., Cheng Y. et al. Evaluation of antibacterial activity and biocompatibility of nano-titanium dioxide coatings prepared by atomic layer deposition for dental titanium abutments. Surfaces and Interfaces. 2024;48:104280. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2024.104280>
22. Cheng Y. H., Chen C. C., Ding S. J. Unveiling the characteristics and surface modification of titanium, zirconia, and polyetheretherketone dental implants. Journal of dental sciences. 2025;20(4):2046–2057. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2025.05.025>
23. Yu Y. M., Lu Y. P., Zhang T., Zheng Y. F., Liu Y. S., Xia D. D. Biomaterials science and surface engineering strategies for dental peri-implantitis management. Military Medical Research. 2024;11(1):29. <https://doi.org/10.1186/s40779-024-00532-9>
24. Tallarico M. Histological analysis of the biological width and orientation of collagen fibers around screwless abutments with a cone-shaped connection and a hemispherical base 8 and 16 weeks after implant opening: an observational clinical study. 18 August 2025. <https://ru.ohi-s.com/articles-videos/4781>
25. Kim J. J., Lee J. H., Kim J. C., Lee J. B., Yeo I. L. Biological Responses to the Transitional Area of Dental Implants: Material- and Structure-Dependent Responses of Peri-Implant Tissue to Abutments. Materials (Basel). 2019;13(1):72. <https://doi.org/10.3390/ma13010072>
26. Lemos C. A.A., Verri F. R., Bonfante E. A., Santiago Júnior J. F., Pellizzer E. P. Comparison of external and internal implant-abutment connections for implant supported prostheses. A systematic review and meta-analysis. Journal of dentistry. 2018;70:14–22. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.12.001>
27. Milinkovic I., Krasavcevic A. D., Jankovic S., Sopta J., Aleksic Z. Immunohistochemical analysis of soft tissue response to polyetheretherketone (PEEK) and titanium healing abutments on dental implants: a randomized pilot clinical study. BMC Oral Health. 2022;22(1):484. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02536-0>
28. Enkling N., Marder M., Bayer S., Götz W., Stoilov M., Kraus D. Soft tissue response to different abutment materials: A controlled and randomized human study using an experimental model. Clinical oral implants research. 2022;33(6):667–679. <https://doi.org/10.1111/clr.13932>
29. Tiskratok W., Limraksasin P., Kyawsoewin M., Intapibool P., Jitprasertwong P., Nattasit P. et al. Peri-implant soft-tissue responses to tooth-colored abutment materials: A systematic review. Journal of prosthodontic research. 2026;70(3):337–353. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_25_00125
30. Serichetaphongse P., Chengprapakorn W., Thongmearkorn S., Pimkhaokham A. Immunohistochemical assessment of the peri-implant soft tissue around different abutment materials: A human study. Clinical implant dentistry and related research. 2020;22(5):638–646. <https://doi.org/10.1111/cid.12942>
31. Liegeois L., Borie M., Lecloux G., Van Hede D., Lambert F. Influence of Implant Component Materials on Peri-Implant Soft Tissue Healing: A Comparative Histological and Immunohistochemical Study in Humans. Clinical oral implants research. 2025;36(3):397–409. <https://doi.org/10.1111/clr.14391>
32. Tomasi C., Tessarolo F., Caola I., Piccoli F., Wennström J. L., Nollo G. et al. Early healing of peri-implant mucosa in man. Journal of clinical periodontology. 2016;43(10):816–824. <https://doi.org/10.1111/JCPE.12591>
33. Degidi M., Artese L., Piattelli A., Scarano A., Shibli J. A., Piccirilli M. et al. Histological and immunohistochemical evaluation of the peri-implant soft tissues around machined and acid-etched titanium healing abutments: a prospective randomised study. Clinical oral investigations. 2012;16(3):857–866. <https://doi.org/10.1007/S00784-011-0574-3>
34. Chokaree P., Poovarodom P., Chaijareonont P., Rungsiyakull P. Effect of Customized and Prefabricated Healing Abutments on Peri-Implant Soft Tissue and Bone in Immediate Implant Sites: A Randomized Controlled Trial. Journal of clinical medicine. 2024;13(3):886. <https://doi.org/10.3390/JCM13030886>