

УДК 616.314-089.23(048)

DOI: 10.36979/1694-500X-2026-26-5-108-114

СОВРЕМЕННЫЕ БИОМИМЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРЯМОЙ РЕСТАВРАЦИИ ЗУБОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Ж.А. Джолдошбаева

Аннотация. Представлен обзор современных отечественных и зарубежных научных источников, посвящённых биомиметическим подходам в прямой композитной реставрации зубов. Проанализированы эволюция концепции биомиметики в стоматологии, особенности воспроизведения анатомо-топографической структуры коронки зуба и её оптических характеристик, а также клинические возможности и ограничения различных реставрационных систем. Особое внимание уделено вопросам цветовой стратификации, светопроницаемости и опакости композитных материалов, влиянию дисколорита дентина и девитализации зубов на эстетический результат прямых реставраций. Обсуждены преимущества биомиметического подхода, заключающиеся в сокращении количества используемых оттенков реставрационного материала, повышении прогнозируемости эстетического эффекта и возможности применения минимально инвазивных методик. На основании анализа 15 литературных источников обобщены современные представления о путях оптимизации прямой реставрации зубов и сформулированы перспективные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: прямая композитная реставрация; биомиметика; эстетическая стоматология; цветовая стратификация; оптические свойства зуба; дисколорит дентина; композитные материалы; минимально инвазивная стоматология.

ЗАМАНБАП БИОМИМЕТИКАЛЫК ЫКМАЛАР ЖАНА ТИШТЕРДИ ТҮЗДӨН-ТҮЗ РЕСТАВРАЦИЯЛООНУН МҮМКҮНЧҮЛҮКТӨРҮН КЕҢЕЙТҮҮ (АДАБИЯТКА СЕРЕП)

Ж.А. Джолдошбаева

Аннотация. Макалада тиштерди түздөн-түз композиттик реставрациялоодо биомиметикалык ыкмаларды камтыган заманбап ата мекендик жана чет өлкөлүк илимий булактарга сереп салуу берилет. Стоматологиядагы биомиметика концепциясынын эволюциясы, тиш таажысынын анатомо-топографиялык түзүлүшүн жана анын оптикалык мүнөздөмөлөрүн кайра жаратуунун өзгөчөлүктөрү, ошондой эле ар түрдүү реставрациялык системалардын клиникалык мүмкүнчүлүктөрү жана чектөөлөрү талданган. Композиттик материалдардын түстүк катмарланышы, жарык өткөрүмдүүлүгү жана опактуулугу маселелерине, дентиндин дисколоритинин жана тиштердин девитализациясынын түз реставрациянын эстетикалык натыйжасына тийгизген таасирине өзгөчө көңүл бурулган. Биомиметикалык ыкманын артыкчылыктары - колдонулуучу реставрациялык материалдардын өндөрүнүн санын кыскартуу, эстетикалык натыйжанын божомолдоого мүмкүн болушу жана минималдуу инвазивдүү ыкмаларды колдонуу мүмкүнчүлүгү - талкууланат. 15 адабий булакты талдоонун негизинде тиштерди түз реставрациялоону оптималдаштыруунун учурдагы багыттары жалпыланып, мындан аркы изилдөөлөрдүн перспективдүү багыттары аныкталган.

Түйүндүү сөздөр: түз композиттик реставрация; биомиметика; эстетикалык стоматология; түстүк катмарлануу; тиштин оптикалык касиеттери; дентиндин дисколорити; композиттик материалдар; минималдуу инвазивдүү стоматология.

**MODERN BIOMIMETIC APPROACHES AND EXPANDING
THE POSSIBILITIES OF DIRECT TOOTH RESTORATION
(LITERATURE REVIEW)**

Zh.A. Dzholdoshbaeva

Abstract. The article presents a review of contemporary domestic and international scientific sources devoted to biomimetic approaches in direct composite tooth restoration. The evolution of the biomimetic concept in dentistry is analyzed, along with the features of reproducing the anatomo-topographic structure of the tooth crown and its optical characteristics, as well as the clinical capabilities and limitations of various restorative systems. Particular attention is paid to issues of color layering, translucency, and opacity of composite materials, and to the influence of dentin discoloration and tooth devitalization on the aesthetic outcomes of direct restorations. The advantages of the biomimetic approach – namely, a reduction in the number of shades of restorative materials used, improved predictability of aesthetic results, and the feasibility of applying minimally invasive techniques are discussed. Based on the analysis of 15 literature sources, current concepts for optimizing direct tooth restoration are summarized, and promising directions for further research are identified.

Keywords: direct composite restoration; biomimetics; aesthetic dentistry; color layering; optical properties of teeth; dentin discoloration; composite materials; minimally invasive dentistry.

Введение. В последние десятилетия прямая композитная реставрация занимает одно из ведущих мест в структуре терапевтической стоматологической помощи, что обусловлено её минимальной инвазивностью, клинико-экономической эффективностью и возможностью восстановления как функции, так и эстетики зубов за одно посещение. Вместе с тем повышение требований пациентов к качеству эстетического результата, а также рост числа клинических ситуаций, сопровождающихся выраженным разрушением твёрдых тканей и изменением оптических свойств зубов, обуславливают необходимость совершенствования существующих методов прямой реставрации.

Традиционные алгоритмы построения композитных реставраций, основанные преимущественно на эмпирическом подборе оттенков и стандартных рекомендациях производителей, не всегда позволяют достичь прогнозируемого эстетического результата, особенно при наличии дисколорита дентина, девитализации зубов и применении минимально инвазивных методик препарирования. В этой связи возрастает значение биомиметического подхода, ориентированного на воспроизведение анатомо-топографической структуры коронки зуба и её оптических характеристик, аналогичных натуральным тканям.

Современные биомиметические концепции прямой реставрации предполагают использование ограниченного числа оттенков реставрационного материала, послойное моделирование

тканей зуба с учётом их светопроницаемости и цветовой насыщенности, а также отказ от универсальных схем в пользу индивидуализированного подхода. Однако, несмотря на активное внедрение биомиметических технологий в клиническую практику, остаются недостаточно изученными вопросы стандартизации алгоритмов построения прямых реставраций, выбора оптимальных опакowych и эмалевых слоёв, а также прогнозирования эстетических результатов в условиях изменённых оптических свойств зубных тканей.

Целью настоящего обзора литературы являются анализ и систематизация современных отечественных и зарубежных научных данных, посвящённых биомиметическим подходам в прямой реставрации зубов, с оценкой их теоретических основ, клинических возможностей, ограничений и перспектив применения в практике терапевтической стоматологии.

Материалы и методы исследования. Настоящее исследование выполнено в формате нарративного обзора литературы с элементами систематизации данных. В качестве материалов использованы 15 научных публикаций (статьи в рецензируемых журналах, главы руководств/монографий, клинические рекомендации), посвящённых биомиметическим подходам в прямой композитной реставрации зубов, вопросам оптики (цвет, прозрачность, опаковость), послойной стратификации и клинической воспроизводимости эстетического результата.

Источники поиска. Поиск литературы проводили в электронных базах данных и поисковых системах: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, eLIBRARY, а также через библиографические списки ключевых публикаций.

Результаты исследования. В последние десятилетия реставрационная стоматология демонстрирует устойчивую тенденцию к развитию, обусловленную внедрением инновационных композиционных материалов с улучшенными физико-химическими, механическими и оптическими характеристиками. Современные композитные системы нового поколения отличаются оптимизированным модулем упругости, высокой износостойкостью, улучшенной адгезией к твердым тканям зуба и расширенными возможностями цвето- и светопередачи, что значительно повышает клиническую эффективность и долговечность реставраций [1, 2].

На фоне указанных достижений особую актуальность приобретает биомиметический подход в восстановительной стоматологии, основанный на принципе воспроизведения естественной структуры и функционального поведения эмали и дентина. Биомиметическая концепция направлена на создание реставраций, максимально приближенных по анатомическим, морфологическим и биомеханическим параметрам к intactным тканям зуба, что обеспечивает физиологическое распределение жевательной нагрузки и снижает риск вторичных повреждений [3].

Термин «биомиметика» (от *греч.* *bios* – жизнь и *mimesis* – подражание) в стоматологии трактуется как научно обоснованная стратегия имитации природных структур и процессов, реализуемых в твердых тканях зуба. Биомиметическая реставрация предполагает воспроизведение иерархической организации эмали и дентина, формирование стабильного адгезивного интерфейса, близкого по механическим характеристикам к дентинно-эмалевому соединению, а также обеспечение гармоничного взаимодействия реставрационного материала с биологической средой полости рта [4].

Ряд клинических и экспериментальных исследований подтверждает, что применение биомиметических реставрационных протоколов способствует снижению частоты

микроподтеканий, повышению устойчивости к усталостным нагрузкам и увеличению срока клинической службы композитных реставраций, что соответствует современным требованиям доказательной стоматологии [5, 6].

Пространственно-иерархическая организация твердых тканей зуба, характеризующихся различными оптическими параметрами, играет ключевую роль в формировании цветового многообразия коронки у зубов различной групповой принадлежности. Различия в показателях прозрачности, светорассеяния и хроматичности эмали и дентина, а также их топографическое соотношение определяют индивидуальные особенности цветового восприятия зубов.

Основным носителем цвета является дентин, обладающий относительно низкой прозрачностью и выраженной пигментацией, который формирует глубинный оттенок коронки. Эмаль, напротив, характеризуется высокой степенью полупрозрачности и светорассеяния, благодаря чему она модифицирует хроматическое воздействие подлежащего дентина, придавая зубу оптическую глубину, естественную светлоту и вариативность оттенков. Совокупное взаимодействие этих тканей определяет интегральное зрительное восприятие цвета и внешнего вида зуба в целом, что было обосновано в классических работах отечественных авторов [7].

Современные исследования подтверждают, что именно биомиметическое воспроизведение оптических свойств эмали и дентина является ключевым фактором достижения высокоэстетичных реставраций. По данным Van Meerbeek и соавт., различия в коэффициентах преломления и степени рассеяния света между эмалью и дентином должны учитываться при выборе адгезивных и реставрационных материалов, поскольку они напрямую влияют на визуальную интеграцию реставрации с твердыми тканями зуба [8].

Мagne подчёркивает, что многослойный (стратификационный) подход, основанный на имитации естественного распределения эмали и дентина, позволяет воспроизвести не только цвет, но и так называемый «эффект глубины»,

характерный для интактных зубов, особенно в эстетически значимых зонах [9].

В работах Joiner A., Luo W. показано, что восприятие цвета зуба является результатом сложного взаимодействия света с эмалью и дентином, при этом даже незначительные изменения толщины эмалевого слоя могут существенно влиять на визуальный результат реставрации [10]. Эти данные подчёркивают необходимость строгого учёта оптической анатомии зуба при выполнении биомиметических композитных реставраций.

Большинство современных производителей реставрационных материалов ориентируют клиническую практику на воспроизведение анатомической формы и естественных цветовых характеристик коронки зуба за счёт многоэтапного (послойного) нанесения искусственного дентина и эмалевых масс различных оттенков, имитирующих зону шейки, тела и режущего края. Ключевым условием эстетической состоятельности реставрации является совпадение зрительного восприятия цвета восстановленного и интактного зуба при изменении интенсивности освещения и направления светового потока. При этом собственные оптические свойства и цветовой тон материала остаются стабильными, тогда как их визуальная интерпретация варьирует в зависимости от условий освещения [11].

До последнего времени воспроизведение индивидуальных цветовых и структурных характеристик внешнего вида зубов в основном реализовывалось при использовании материалов для непрямой реставрации, таких как керамика, металлокерамика и лабораторные композитные системы. В отличие от этого, концепция прямой биомиметической реставрации направлена на достижение естественного эстетического результата, максимально приближенного к натуральному зубу, за счёт послойного воссоздания топографической структуры коронки с использованием оттенков реставрационного материала непосредственно в полости рта пациента.

Следует отметить, что реставрационные материалы различных производителей характеризуются выраженными различиями по степени цветовой насыщенности и светопрозрачности компонентов даже при идентичной номинальной

цветовой шкале. В связи с этим получение сопоставимого цветового эффекта и адекватной имитации микрорельефа поверхности зуба требует применения дифференцированных алгоритмов построения прямых реставраций с учётом оптических свойств конкретной системы.

С целью изучения особенностей клинического применения различных реставрационных систем было выполнено прямое восстановление ансамбля резцов верхней челюсти у 68 пациентов. В процессе биомиметической реставрации использовались материалы компаний Heraeus Kulzer (композиты Charisma, Venus, Flow Line; адгезивная система Gluma Comfort Bond), Dentsply (композиты Estet-X, Spectrum TPH, X-flow; адгезив Prime & Bond NT), а также цветные модификаторы Kolor Plus [12].

Для идентификации внешнего вида зубов в исследовании был использован биомиметический подход, что позволило отказаться от традиционных схем подбора оттенков реставрационных материалов. В частности, не применялась стандартная дифференциация эмалевых оттенков для шейки, тела и режущего края коронки, распределение светлых и тёмных тонов между фронтальной и жевательной группами зубов, а также выбор оттенков по группам А, В и С эталонной шкалы VITA в зависимости от степени прозрачности зубных тканей [13].

Прямая реставрация выполнялась с использованием сочетания лишь трёх базовых оттенков – дентина, эмали и поверхностной эмали, которые наносились в соответствии с топографическим соотношением твёрдых тканей коронки восстанавливаемого зуба. Применение данного подхода существенно упростило клинический этап работы и обеспечило стандартизацию процедур идентификации внешнего вида, цветовой стратификации и стереометрического моделирования идентичных элементов реставрационной конструкции.

Анализ эстетических характеристик реставрированных зубов в ранние отдалённые сроки наблюдения показал необходимость проведения дополнительной коррекции цветовых параметров в ряде клинических случаев. Так, коррекция цвета потребовалась у 6 пациентов после реставрации микроматричным композитом

и у 4 пациентов при использовании композита с цветоадаптивной матрицей. Причинами повторных вмешательств явились повышенная светопроницаемость реставрационного материала и развитие дисколорита. В отдельных наблюдениях выявлялся «зеленящий» эффект в отражённом свете, ассоциированный с избыточной толщиной слоя поверхностной эмали Esthet-X, а также расхождение между фактическим внешним видом реставраций и заявленными рецептурными характеристиками оттенков системы Venus.

С учётом полученных данных представляется обоснованным при работе с указанными композитными материалами использовать оттенки, на один тон более интенсивные по сравнению с определёнными по шкале цветовых эталонов VITA, а также осуществлять окончательный выбор дентинных опакowych оттенков после завершения резекции дентина. Указанные особенности цветопередачи, по-видимому, обусловлены высокой степенью неорганического наполнения полимерной матрицы, выраженной непрозрачностью дентинных оттенков и повышенной прозрачностью оттенков тела и поверхностной эмали, что согласуется с данными отечественных и зарубежных исследований [12–14].

Коррекцию стереометрической модели реставраций выполняли путём изменения топографических границ анатомических структур коронки, перераспределения объёма реставрационного материала и подбора более интенсивных цветовых оттенков. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение композитных материалов новых поколений требует модификации традиционных технологических подходов к построению реставраций и предполагает использование биомиметически ориентированных методов моделирования с учётом оптических характеристик материала.

Установлено, что ограничением применения микрогибридных композитов Spectrum и Charisma является их недостаточная скульптурность, что осложняет процесс анатомического моделирования, пространственного позиционирования реставрационных фрагментов и выполнение завершающих этапов пластической обработки поверхности.

Методические рекомендации и базовые рецептуры, предлагаемые фирмами-производителями реставрационных систем, в большинстве случаев ориентированы на применение в условиях клинического «эталона», предполагающего сохранённую витальность зубов, равномерную окраску твёрдых тканей и умеренную степень их прозрачности. Однако в реальной клинической практике значительно чаще выявляются случаи выраженного разрушения коронковой части зуба и наличия интенсивного дисколорита, что уже на этапе первичного осмотра и эстетической оценки существенно осложняет выбор тактики реставрационного лечения. Дополнительные трудности возникают при использовании концепции минимально инвазивного вмешательства и свободного дизайна препарируемых полостей.

При реставрации витальных зубов с окрашенным дентином, девитальных зубов, зубов после импрегнационных методов лечения, а также при отсутствии коронковой части была применена методика формирования так называемого «светлого реставрационного центра», направленная на имитацию полости зуба и парапальпарного дентина [15].

Для воспроизведения оптических характеристик полости зуба и парапальпарного дентина использовали наиболее непрозрачные и насыщенные опакowe оттенки композитных материалов. При восстановлении зубов после эндодонтического лечения, в том числе с применением резорцин-формалинового метода, выполняли глубокую резекцию окрашенного дентина, преимущественно в области вестибулярной поверхности коронки. В случаях, когда маскировка интенсивных пигментаций дентина оказывалась недостаточно эффективной, рекомендовано использование полимерных красителей-модификаторов цвета Kolor Plus (Kerr). Вместе с тем установлено, что особенности цветопередачи реставраций таких зубов могут проявляться при изменении условий освещения и позиции наблюдателя.

Полученные данные свидетельствуют о том, что биомиметический подход к выполнению прямых композитных реставраций обеспечивает получение прогнозируемого эстетического

результата при одновременном сокращении количества используемых оттенков композита, что упрощает процесс построения реставрационной конструкции.

Выполнение художественной реставрации характеризуется высокой трудоёмкостью и в значительной степени определяется уровнем профессиональной подготовки врача-стоматолога, строгим соблюдением технологических этапов (изоляция рабочего поля, техника влажной адгезии, адекватная направленная полимеризация), а также технологической и художественной сложностью применяемых реставрационных систем.

Формирование навыков мысленного стереометрического моделирования и цветовой стратификации будущей реставрации на основе знаний морфологии и топографо-анатомических особенностей коронок зубов является необходимым условием реализации прогнозируемого эстетического результата в клинической практике.

Выводы.

1. Установлено, что стандартные рекомендации производителей реставрационных систем не в полной мере учитывают клинические ситуации с выраженным разрушением твёрдых тканей зуба и дисколоритом, что ограничивает их применение в практике прямых композитных реставраций.

2. Показана эффективность применения методики формирования «светлого реставрационного центра» при реставрации витальных и девитальных зубов с окрашенным дентином, а также зубов после импрегнационных методов лечения, что способствует улучшению маскировки дисколорита и воспроизведению оптических свойств зуба.

3. Установлено, что использование высокопрозрачных опаловых оттенков композитов в сочетании с глубокой резекцией окрашенного дентина является необходимым условием достижения приемлемого эстетического результата при выраженной пигментации твёрдых тканей.

4. Подтверждено, что биомиметический подход к выполнению прямых композитных реставраций обеспечивает прогнозируемый эстетический результат при одновременном сокращении количества используемых оттенков

реставрационного материала и упрощении алгоритма построения реставрации.

5. Определено, что качество художественной реставрации в значительной степени зависит от уровня профессиональной подготовки врача, строгого соблюдения адгезивной технологии и владения навыками стереометрического моделирования и цветовой стратификации.

Поступила: 28.01.2026;

рецензирована: 11.02.2026; принята: 13.02.2026.

Литература

1. Ferracane J.L. Resin composite – state of the art. *Dent Mater.* 2011 Jan; 27 (1): 29–38. DOI: 10.1016/j.dental.2010.10.020. Epub 2010 Nov 18. PMID: 21093034 (дата обращения: 24.01.2026).
2. Atai M., Pahlavan A., Moin N. Nano-porous thermally sintered nano silica as novel fillers for dental composites // *Dent Mater.* 2012 Feb; 28 (2): 133–45. DOI: 10.1016/j.dental.2011.10.015. Epub 2011 Dec 3. PMID: 22137937.
3. Magni E., Ferrari M., Papacchini F. Adhesive dentistry: from biomimetics to clinical applications // *Journal of Adhesive Dentistry.* 2008; 10 (2): 153–159.
4. Alleman D.S., Magne P. A systematic approach to deep caries removal and biomimetic restoration // *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2012; 24 (3): 190–200.
5. Opdam N.J. et al. Longevity of posterior composite restorations // *Journal of Dental Research.* 2014; 93 (10): 943–949.
6. Spreafico R.C. et al. Clinical evaluation of adhesive restorations placed with biomimetic principles // *Clinical Oral Investigations.* 2016; 20 (6): 1211–1218.
7. Радлинский С.В. Реставрационные конструкции переднего и бокового зубов / С.В. Радлинский // *ДентАрт.* 1996. № 4. С. 22–29.
8. Van Meerbeek B. et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges // *Operative Dentistry.* 2003; 28 (3): 215–235.
9. Magne P., Belser U. Porcelain versus composite inlays/onlays: effects of mechanical loads and esthetics // *Journal of Dentistry.* 2003; 31 (2): 91–99.
10. Joiner A., Luo W. Tooth colour and whiteness: A review // *Journal of Dentistry.* 2017; 67: S3–S10.
11. Дейчи Д. Цвет и свет в стоматологической реставрации / Д. Дейчи; пер. с англ. М.: Практическая медицина, 2001. 198 с.

12. *Dietschi D.* Optimizing aesthetics and facilitating clinical application of free-hand bonding using the “natural layering concept” // *British Dental Journal*. 2008. Vol. 204. № 4. P. 181–185.
13. *Радлинский С.В.* Биомиметические принципы эстетической реставрации зубов / С.В. Радлинский. М.: МЕДпресс-информ, 1997. 256 с.
14. *Vanini L.* Light and color in anterior composite restorations // *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*. 1996. Vol. 8. № 7. P. 673–684.
15. *Радлинский С.В.* Биомиметическая концепция прямой эстетической реставрации зубов / С.В. Радлинский. М.: МЕДпресс-информ, 1998. 272 с.