

УДК 616.314-002  
ББК 56.612.1

Л.И. НИКИТИНА, Ш.Ф. ДЖУРАЕВА, М.В. ВОРОБЬЕВ

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ КАРИЕСА ДЕНТИНА С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Ключевые слова:** кариес дентина, биоактивные материалы, регенеративные технологии, минимально инвазивная стоматология.

Кариес дентина остается наиболее распространенным стоматологическим заболеванием, требующим применения эффективных методов лечения, направленных на сохранение жизнеспособности пульпо-дентинного комплекса. Традиционные подходы уступают место концепции минимально инвазивного вмешательства с использованием биоактивных материалов. **Цель работы** – анализ и систематизация современных данных литературы о методах лечения кариеса дентина с применением биоактивных материалов (отечественные и мировые разработки) и регенеративных технологий. Выполнен поиск литературы в российских (eLIBRARY, CyberLeninka) и международных (PubMed, Scopus, Web of Science) библиографических базах. Глубина поиска охватила период 2015–2025 гг., с включением нескольких более ранних работ, имеющих значение для темы. Для поиска использовали комбинации ключевых слов: «кариес дентина», «минимально инвазивное лечение кариеса», «репаративный дентиногенез», «витальная терапия пульпита», «регенеративная стоматология». Критерии включения: оригинальные исследования, систематические обзоры, мета-анализы. Проведенный анализ показал, что современные принципы лечения кариеса дентина базируются на принципах минимально инвазивного вмешательства. Представлены данные о российских стеклоиономерных цементах производства АО «ВладМиВа» («Цемион», «Цемилайт», «Аквион», «Аржецем», «Цемион А.Р.Т.»), которые, по результатам независимых исследований, демонстрируют высокие физико-механические показатели и кариестатический эффект. Проанализирован регенеративный потенциал обогащенного тромбоцитами фибрина. Систематизированы данные о клинической эффективности биоактивных силикатных цементов (MTA, Biodentine), которые не только обеспечивают герметизацию, но и стимулируют репаративный дентиногенез. Наиболее перспективными направлениями лечения кариеса дентина являются применение биоактивных материалов (отечественных и зарубежных) и использование комбинированных подходов с факторами роста. Необходимы дальнейшие рандомизированные исследования для оптимизации клинических протоколов.

**Введение.** Кариес дентина (МКБ-10: K02.1) представляет собой наиболее распространенную форму кариозного поражения, характеризующуюся деструкцией твердых тканей зуба с вовлечением дентинных канальцев. Нелеченый кариес постоянных зубов остается одним из самых распространенных заболеваний в мире. Эпидемиологические исследования, проведенные в России, показывают, что среди детского населения лечение кариеса и его осложнений – основная причина обращений к стоматологу [16], это согласуется с глобальными тенденциями распространенности заболевания среди детей [36, 42].

Традиционные подходы к лечению, основанные на тотальном иссечении кариозных тканей по Г.В. Блэку (G.V. Black) и замещении дефекта пломбировочными материалами, в последние годы уступают место концепции минимально инвазивного вмешательства и максимального сохранения жизнеспособности пульпо-дентинного комплекса [2, 28]. Эта смена концепции стала возможной благодаря глубокому пониманию репаративных процессов в пульпе зуба и разработке новых классов стоматологических материалов, обладающих биоактивными свойствами [38].

Пульпа зуба обладает значительным регенеративным потенциалом, реализуемым через образование репаративного (третичного) дентина в ответ на кариозное повреждение, механическое препарирование или действие биоактивных молекул [31]. Ключевую роль в этом процессе играют стволовые клетки пульпы, способные под действием сигнальных молекул и биоактивных материалов дифференцироваться в одонтобластоподобные клетки и формировать дентинный мостик [5, 20].

Современный арсенал стоматологических материалов предлагает широкий спектр биоактивных продуктов. В Российской Федерации активно развивается производство отечественных стоматологических материалов. Ведущим производителем является АО «Опытно-экспериментальный завод “ВладМиВа”» (Белгород), выпускающее широкую линейку стеклоиономерных цементов, которые характеризуются высокими физико-механическими показателями и успешно применяются в клинической практике на протяжении более 30 лет [14, 17]. Международные компании разрабатывают силикатные цементы (Biodentine, MTA), обладающие способностью индуцировать репаративные процессы [34, 35].

**Цель обзора** – анализ и систематизация современных данных литературы о методах лечения кариеса дентина с применением биоактивных материалов (отечественные и мировые разработки) и регенеративных технологий.

Поиск литературы был выполнен в российских (eLIBRARY, CyberLeninka) и международных (PubMed, Scopus, Web of Science) библиографических базах по следующим ключевым словам и их комбинациям на русском и английском языках: «кариес дентина» (dentin caries), «витальная терапия пульпы» (vital pulp therapy), «силикатные цементы» (silicate cements), «Biodentine», «MTA», «стеклоиономерные цементы» (glass ionomer cements), «Цемион» (Cemion), «Цемилайт» (Cemilite), «регенеративная стоматология» (regenerative dentistry), «обогащенный тромбоцитами фибрин» (platelet-rich fibrin), «стволовые клетки пульпы зуба» (dental pulp stem cells). Глубина поиска охватила период 2015–2025 гг. Дополнительно были включены ключевые фундаментальные работы более раннего периода, имеющие определяющее значение для понимания механизмов репаративного дентиногенеза и анализа многолетнего опыта применения отечественных материалов.

**Современные подходы к лечению кариеса дентина на основе принципов минимально инвазивной стоматологии.** Современная стратегия лечения кариеса дентина претерпела фундаментальные изменения. Вместо традиционного подхода Г.В. Блэка (G.V. Black), основанного на «профилактическом расширении» и превентивном иссечении потенциально восприимчивых к кариесу зон, в настоящее время доминирует концепция минимального вмешательства [28]. Данный подход поддерживают Международная федерация стоматологов (FDI) и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). В свою очередь, клинические рекомендации Стоматологической ассоциации России (СтАР) подтверждают, что указанный принцип соответствует биологии пульпо-дентинного комплекса и основам доказательной медицины [8].

Ключевыми принципами минимально инвазивной стоматологии являются: ранняя диагностика кариозных поражений с использованием современных методов визуализации, оценка индивидуального риска развития кариеса, применение реминерализующих средств для неинвазивного лечения начальных поражений, селективное (частичное) удаление кариозных тканей при глубоких

поражениях, максимальное сохранение здоровых тканей зуба и использование биоактивных материалов для стимуляции репаративных процессов [28, 38].

Клинические исследования последних лет демонстрируют, что селективное удаление кариозного дентина в глубоких полостях с последующим закрытием временной реставрацией позволяет остановить прогрессирование кариеса и стимулировать образование репаративного дентина. Это достигается за счет герметизации остаточной микрофлоры, лишения ее субстрата для жизнедеятельности и создания условий для реминерализации деминерализованного, но не инфицированного дентина. Систематический обзор F. Schwendicke et al. (2021), включивший данные 27 рандомизированных контролируемых исследований, подтверждает, что при лечении глубокого кариеса селективное удаление кариозных тканей до мягкого дентина снижает частоту обнажений пульпы и послеоперационных осложнений по сравнению с полным удалением [39].

**Стеклоиономерные цементы в лечении кариеса дентина.** В Российской Федерации на протяжении более 30 лет осуществляется производство стоматологических материалов. Отечественное АО «Опытно-экспериментальный завод «ВладМиВа» (Белгород) выпускает широкую линейку стеклоиономерных цементов, которые характеризуются высокими физико-механическими показателями и применяются в клинической практике [6]. Деятельность предприятия началась в 1992 г., и за это время была создана широкая линейка материалов, охватывающая практически все клинические ситуации в терапевтической и детской стоматологии [14, 27].

Стеклоиономерные цементы (СИЦ) представляют собой систему «порошок/жидкость», в которой порошок состоит из алюмофторсиликатного стекла, а жидкость представляет собой водный раствор полиакриловой кислоты. При контакте с водой кислота диссоциирует. Образовавшиеся ионы вытягивают из стекла кальций и алюминий. Далее эти ионы металлов связываются с карбоксильными группами полиакриловой кислоты, формируя хелатные соединения. В результате материал отверждается [21].

Высокая антикариозная активность СИЦ обеспечивается пролонгированным выделением фтора, которое начинается после пломбирования и продолжается не менее одного года, достигая пика в первые дни и затем выходя на плато. Способность СИЦ накапливать фтор из окружающей среды (зубные пасты, ополаскиватели) и повторно выделять его получила название «эффекта аккумулятора» и является важным преимуществом этих материалов [6, 14].

Отечественные СИЦ «Цемион» (производство АО «ВладМиВа») были изучены в сравнительном исследовании 2022 г. Результаты показали, что материал полностью соответствует требованиям ГОСТ 31578-2012 и ISO 9917-1:2007. Значения прочности при сжатии у данного цемента находятся в диапазоне 142–169 МПа, а рабочее время варьируется от 1 до 3,5 мин. По этим параметрам «Цемион» практически не уступает таким зарубежным образцам, как «Ketac Molar EasyMix» (3M ESPE) или «Fuji IX GP» (GC) [6].

Постклинические исследования подтвердили эффективность применения «Цемиона» для временной и постоянной пломбировки, фиксации ортопедических конструкций, а также при атравматичном восстановительном лечении кариеса зубов у пациентов различных возрастных групп. Материал успешно используется как во взрослой, так и в детской стоматологии на протяжении более 20 лет, что подтверждено многочисленными публикациями [14, 19, 26].

«Цемилайт» – это гибридный СИЦ с двойным механизмом отверждения: химическим и световым. В жидкость цемента добавлена светоотверждаемая полимерная смола (гидроксиэтилметакрилат), благодаря чему материал можно вносить и засвечивать за одно посещение. При смешивании порошка и жидкости запускаются сразу две независимые реакции: медленная – стеклоиономерная и быстрая – фотополимеризация. После облучения галогеновой лампой быстро формируется жесткая полимерная сетка, а внутри нее продолжается обычная кислотно-основная реакция. Вследствие этого «Цемилайт» меньше чувствителен к влаге и пересыханию, обеспечивает более высокую прочность, застывает без микротрещин и выглядит эстетичнее за счет большей прозрачности [21].

Применение «Цемилайта» целесообразно при пломбировании дефектов корня зуба, а также в клинических случаях, когда затруднено соблюдение надлежащей техники внесения композита: например, у детей (сложность изоляции от слюны) или при поддесневых полостях. Материал используют при сэндвич-технике для обширных кариозных полостей I и II классов – как в открытом, так и в закрытом варианте. Кроме того, его применяют при восстановлении депульпированных зубов совместно с композитами [24]. Следует отметить, что «Цемилайт» не рекомендуется использовать для прямого покрытия пульпы; если полость глубокая, необходимо нанесение лечебной прокладки на основе гидроокиси кальция («Кальцевит», «Кальцелайт»), что соответствует общим правилам применения СИЦ в глубоких полостях [11].

«Аквион» – водоотверждаемый (аквацемент) универсальный СИЦ, замешиваемый на дистиллированной воде. В данном цементе высушенная полиакриловая кислота входит в состав порошка, что обеспечивает оптимальное соотношение компонентов, облегчает и стандартизирует замешивание, исключая ошибки при дозировании жидкости, и увеличивает срок годности материала. «Аквион» применяется для реставрации молочных зубов, пломбирования полостей I, II и V классов, лечения некариозных поражений (эрозий, клиновидных дефектов) и в качестве изолирующей подкладки [7, 9, 23].

«Аргецем» – первый отечественный серебросодержащий рентгеноконтрастный кермет-цемент (упрочненный СИЦ). Введение в состав классического СИЦ частиц серебра (керметные технологии) повышает твердость цемента, его устойчивость к истиранию, улучшает прочность. Кроме того, материал обладает выраженными бактерицидными свойствами. В процессе использования цемент постепенно отдает ионы фтора и серебра. Благодаря этому сохраняется длительный антибактериальный эффект, а вторичный кариес развивается значительно реже. «Аргецем» успешно заменяет серебряную амальгаму в детской стоматологии, а также используется для пломбирования полостей, в которых требуется повышенная износостойкость [4, 26].

«Цемион А.Р.Т.» – это СИЦ для атравматического лечения зубов (Atraumatic Restorative Treatment). Методика А.Р.Т. разработана ВОЗ и предполагает пломбирование полости без бормашины: некрэктомии проводят ручными экскаваторами, после чего полость заполняют высокопрочными материалами с противокариозным действием. У «Цемиона А.Р.Т.» химический состав и размер частиц наполнителя обеспечивают прочность при сжатии не менее 180 МПа и оптимальную вязкость, вследствие чего материал удобно вносить в полость ручными инструментами [1, 32].

**Клиническая эффективность и доказательная база.** Эффективность клинического применения отечественных СИЦ подтверждена многочисленными независимыми исследованиями, проведенными на базах стоматологических клиник.

А.А. Романенко с соавт. (2019) проанализировали публикации из российской и зарубежной научной литературы за период с 2002 по 2019 г. В данных работах представлены результаты клинических и лабораторных исследований материалов фирмы «ВладМиВа» [14]. Результаты исследований подтверждают, что по своим физико-химическим характеристикам материалы соответствуют высоким требованиям. В частности, доказаны их прочность на сжатие и изгиб, адгезия к твердым тканям зуба, рентгеноконтрастность, а также интенсивность и длительность выделения фтора [18, 23].

В исследовании А.А. Андреева с соавт. (2024) оценивалась противомикробная активность СИЦ «Цемион» и «Цемион-Аква», модифицированных гидрозолями наночастиц серебра с использованием лимонной кислоты в качестве стабилизатора. Установлено, что добавление наночастиц серебра в концентрациях 0,04% и 0,0025% приводит к значительному увеличению радиуса зоны подавления роста бактерий зубного налета в 1,5 и 2,5 раза соответственно по сравнению с контрольными образцами. Кроме того, суспензии наночастиц серебра, дополненные лимонной кислотой, демонстрируют выраженную противомикробную активность: количество колоний микроорганизмов сокращается до нескольких единиц в течение 72 ч воздействия, тогда как в контрольной группе наблюдается значительно большее количество колоний. Полученные данные свидетельствуют о том, что модификация отечественных СИЦ наночастицами металлов придает пломбирочным материалам выраженные бактерицидные свойства, что может способствовать профилактике рецидивирующего кариеса и его осложнений [3].

Л.А. Абдуазимова с соавт. (2022) провели сравнительную оценку СИЦ в детской стоматологической практике. Результаты показали: материалы «ВладМиВа» обладают высокой клинической эффективностью при лечении кариеса как временных, так и постоянных зубов у детей [25].

В работе А.И. Райды (2023) проведена оценка эффективности профилактического покрытия фиссур временных зубов СИЦ. В исследовании участвовали 116 детей в возрасте от 1,5 до 5 лет; среди применяемых материалов – отечественный «Цемион» (АО «ВладМиВа»). Через 12 месяцев после нанесения герметика полная сохранность покрытия составила 84,5%. В зубах с полностью сохранившимся герметиком кариозные поражения отсутствовали. Даже при частичной или полной утрате герметика (в 2,6% случаев) развития фиссурного кариеса не наблюдалось. Автор связывает данный факт с пролонгированным выделением фтора и других ионов из стеклоиономерного цемента, которые повышают минерализацию эмали фиссур. Результаты исследования показали, что СИЦ, в том числе отечественный «Цемион», можно рассматривать как эффективное средство профилактики фиссурного кариеса временных зубов у детей раннего возраста [15].

Важным направлением является использование материалов «ВладМиВа» в концепции химико-механического метода препарирования кариозных полостей. Препарат «Кариклинз», разработанный для размягчения и удаления инфицированного дентина без иссечения здоровых тканей, в сочетании с СИЦ «Цемион» позволяет реализовать принципы минимально инвазивного лечения в полном объеме, что особенно актуально в детской стоматологии и при лечении пациентов с повышенной тревожностью [22, 25].

**Современное состояние проблемы применения биоактивных силикатных цементов.** Значительным достижением последних двух десятилетий в лечении кариеса дентина стало внедрение биоактивных силикатных цементов –

материалов на основе трикальцийсиликата, способных к химическому взаимодействию с тканями зуба и стимуляции репаративных процессов [29]. Указанные материалы относятся к классу гидравлических цементов, отверждаемых в присутствии влаги, и обладают уникальным набором свойств: биосовместимостью, способностью к химической адгезии к дентину, щелочной реакцией, антибактериальной активностью, а также остео- и дентиногенными свойствами [41].

Mineral Trioxide Aggregate (MTA) (Dentsply Sirona, США) остается наиболее изученным силикатным цементом и рассматривается как контрольный препарат для сравнения при оценке новых материалов в эндодонтии и витальной терапии пульпы. Механизм действия MTA включает высвобождение ионов кальция, создание щелочной среды (pH 10–12), образование гидроксипатита при контакте с тканевой жидкостью, индукцию дифференцировки стволовых клеток пульпы в одонтобласты через активацию кальциевых сигнальных путей. Клинические исследования подтверждают высокую эффективность MTA при лечении кариеса дентина (K02.1) с глубоким кариозным поражением, требующим прямого покрытия пульпы: частота успеха достигает 85–95% при сроке наблюдения до 5 лет. Согласно данным систематического обзора и мета-анализа M.T. Xavier et al. (2024), MTA и Biodentine демонстрируют сопоставимо высокую эффективность при пульпотомии, превосходя традиционные материалы [43].

Biodentine (Septodont, Франция) представляет собой силикатный цемент второго поколения, разработанный для устранения недостатков MTA, таких как длительное время отверждения, сложность в обработке и потенциальное окрашивание тканей зуба. Материал характеризуется более коротким временем отверждения (около 12 минут), улучшенными механическими свойствами и отсутствием окрашивания коронковой части зуба благодаря отсутствию соединений висмута в составе. Исследования *in vitro* показали, что Biodentine не оказывает цитотоксического действия на фибробласты пульпы и стволовые клетки, сохраняет их пролиферативную активность и индуцирует выраженную минерализацию внеклеточного матрикса. Сравнительные клинические исследования демонстрируют сопоставимую или более высокую эффективность Biodentine по сравнению с MTA, а также преимущества в удобстве применения для врача [41].

Необходимо отметить, что исследования последних лет сосредоточены на изучении клеточных и молекулярных механизмов действия силикатных цементов. Согласно данным систематического обзора I. Chatterjee et al. (2025), гидравлические силикатные цементы (MTA, Biodentine, ускоренный MTA) способствуют повышению жизнеспособности и миграции стволовых клеток пульпы человека, а также индуцируют их одонтогенную дифференцировку. Эти эффекты реализуются через активацию ключевых генов, ответственных за формирование дентина, что подтверждает способность материалов модулировать экспрессию генов, связанных с одонтогенезом [30].

**Регенеративные подходы с использованием факторов роста и клеточных технологий.** В экспериментальном исследовании И.И. Сагитова с соавт. (2016) из пульпы постоянных зубов была получена и охарактеризована популяция эктомезенхимных клеток, которые обладают свойствами стволовых клеток. Это направление является востребованным и вполне применимым в регенеративной стоматологии [13].

А.В. Митронин с соавт. (2023) в систематическом обзоре проанализировали современные достижения регенеративной эндодонтии. Авторы выделяют

три ключевых компонента восстановления пульпо-дентинного комплекса: стволовые клетки, факторы роста и матрикс [20].

Перспективным направлением, находящимся на стыке минимально инвазивной стоматологии и тканевой инженерии, является комбинация биоактивных материалов с аутологичными факторами роста, в частности с обогащенным тромбоцитами фибрином. Данный фибриновый матрикс, насыщенный тромбоцитами и лейкоцитами, высвобождает широкий спектр ростовых факторов в течение 7–14 дней, создавая микроокружение, благоприятное для регенерации тканей. Согласно данным систематического обзора A. Shum-Hung (2024), фибриновый матрикс (PRF) обладает гемостатическими, противовоспалительными и ангиогенными свойствами, а его применение в витальной пульпотерапии демонстрирует многообещающие результаты, направленные на сохранение жизнеспособности пульпы [40].

Активные исследования в области применения фибринового каркаса (PRF) для стимуляции репаративных процессов в пульпе ведутся по настоящее время. К.Д. Кирш с соавт. (2025) провели экспериментальное исследование, в котором сравнили несколько способов прямого покрытия пульпы и установили, что наиболее эффективным является сочетание фибринового каркаса и отечественного материала «Триоксидент» (АО «ВладМиВа»). Через 30 дней после такой процедуры в пульпе запустились активные восстановительные процессы, при этом ткань сохранила жизнеспособность и структурированную целостность [12].

**Клеточные и молекулярные механизмы репаративного дентиногенеза.** Понимание механизмов репаративного дентиногенеза имеет ключевое значение для разработки эффективных методов лечения и новых материалов. При повреждении дентина (кариес, препарирование, травма) происходят деминерализация и частичный протеолиз дентинного матрикса, в результате чего высвобождаются ростовые факторы, депонированные в нем в процессе развития зуба (TGF- $\beta$ 1, TGF- $\beta$ 3, BMP-2, BMP-7, IGF-1, IGF-2, FGF-2). Эти сигнальные молекулы диффундируют через дентинные каналы к пульпе и инициируют каскад репаративных реакций, включая хемотаксис, пролиферацию и дифференцировку стволовых клеток пульпы [37].

Силикатные цементы усиливают этот естественный процесс за счет нескольких механизмов. Во-первых, создание щелочной среды (pH 10–12) способствует деминерализации межтубулярного дентина и высвобождению связанных в матриксе факторов роста. Во-вторых, высвобождение ионов кальция создает градиент концентрации, который сам по себе является хемоаттрактантом для стволовых клеток. В-третьих, ионы кальция активируют кальций-чувствительные рецепторы (CaSR) на мембранах клеток пульпы, запуская внутриклеточные сигнальные каскады (фосфолипаза C, мобилизация внутриклеточного кальция), ведущие к экспрессии генов одонтогенной дифференцировки [33].

Биоактивные материалы, как показывают исследования, провоцируют клеточные реакции и запускают восстановление пульпо-дентинного комплекса. В связи с этим при лечении глубокого кариеса важно подбирать материал с учетом его биоактивных свойств, что имеет существенное клиническое значение [10].

**Выводы.** Современная стратегия лечения кариеса дентина базируется на принципах минимально инвазивного вмешательства, селективного удаления кариозных тканей и максимального использования регенеративного потенциала пульпо-дентинного комплекса.

Проведенный анализ литературы позволяет сформулировать следующие основные положения:

1. Применение СИЦ («Цемион», «Цемилайт», «Аквион», «Аргецем», «Цемион А.Р.Т.») представляет собой клинически эффективную и экономически обоснованную стратегию лечения кариеса дентина. Результаты независимых клинических исследований и многолетний опыт использования подтверждают их высокую клиническую эффективность, обусловленную комплексом физико-механических свойств и пролонгированным кариесстатическим действием.

2. Применение биоактивных силикатных цементах (МТА, Biodentine и аналоги) является наиболее изученным подходом к стимуляции репаративного дентиногенеза при лечении кариеса дентина с глубоким кариозным поражением. Данные материалы обеспечивают не только надежную герметизацию дентинных канальцев, но и индуцируют дифференцировку стволовых клеток пульпы в одонтобластоподобные клетки, способствуя формированию дентинного мостика.

#### Литература

1. Абдуазимова Л.А., Джалилова Ш.А., Мухторова М.М. Современные методы лечения кариеса у детей // Вестник науки и образования. 2022. № 6-1(126). С. 97–100. DOI: 10.24411/2312-8089-2022-10613.

2. Анализ межэкспертной согласованности врачей-стоматологов при определении конечной точки препарирования кариозных полостей / А.С. Кочмарева, И.М. Макеева, Г.Н. Шелеметьева, А.Ю. Туркина // Российская стоматология. 2025. Т. 18, № 2. С. 5–10. DOI: 10.17116/rosstomat2025180215.

3. Анализ противомикробной активности стоматологических стеклоиономерных цементов, модифицированных гидрозолями серебра / А.А. Андреев, В.А. Румянцев, Г.А. Фролов и др. // Тверской медицинский журнал. 2024. № 6. С. 195–198.

4. Выделение ионов фтора из фиссурных герметиков / Б.О. Худанов, И.Х. Халилов, А.Г. Шульте, С.С. Гулямов // Клиническая стоматология. 2013. № 1(65). С. 50–54.

5. Гистохимическая характеристика репаративного дентиногенеза пульпы зуба / С.В. Сирак, Е.В. Щетинин, Т.Л. Кобылкина и др. // Российский стоматологический журнал. 2016. Т. 20, № 6. С. 301–304.

6. Исследование композиционных материалов на основе алюмофторсиликатного стекла / А.А. Романенко, А.А. Бузов, В.П. Чувев и др. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 12. С. 94–113. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-12-94-113.

7. Каримов С.М., Эсанов Б.Ю. Применение стеклоиономерного цемента «Аквион Art» для лечения кариеса зубов у детей // Авиценна. 2020. № 75. С. 20–23.

8. Клинические рекомендации (протоколы лечения) при диагнозе «Кариес зубов» (K02.0): утв. Постановлением № 1 Совета Ассоциации общественных объединений «Стоматологическая Ассоциация России» от 20 декабря 2024 года [Электронный ресурс]. URL: <https://e-stomatology.ru/director/protokols/> (дата обращения: 28.03.2026).

9. Луцкая И.К., Марченко Е.И., Чухрай И.Г. Эстетическое пломбирование некариозных дефектов твердых тканей зуба // Современная стоматология. 2012. № 1(54). С. 29–31.

10. Манак Т.Н., Борисенко Л.Г., Редер А.С. Выбор материалов при лечении глубокого кариеса: дифференцированный подход // Современная стоматология. 2020. № 2(79). С. 29–35.

11. Манак Т.Н., Чернышева Т.В. Материалы и методы, применяемые в стоматологии для сохранения жизнеспособности пульпы // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. 2019. № 2. С. 10–24.

12. Морфологическая оценка фибринового каркаса при лечении гиперемии пульпы зуба: экспериментальное исследование / К.Д. Кириш, Е.С. Запорожская-Абрамова, А.А. Адамчик и др. // Эндодонтия Today. 2025. Т. 23, № 1. С. 42–49. DOI: 10.36377/ET-0106.

13. Получение популяции эктомезенхимных клеток из пульпы постоянных зубов / И.И. Сагитов, А.К. Шафигуллина, Г.Т. Салеева, А.П. Киясов // Стоматология. 2016. Т. 95, № 6-2. С. 21–22.

14. Постклинические исследования материала «Цемион» / А.А. Романенко, А.А. Бузов, В.П. Чувев и др. // Клиническая стоматология. 2019. № 4(92). С. 12–18. DOI: 10.37988/1811-153X\_2019\_4\_12.

15. Райда А.И. Профилактика фиссурного кариеса временных зубов у детей // Актуальные вопросы стоматологии детского возраста: сб. науч. ст. VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Казань, 17 февраля 2023 г. Казань: Казан. гос. мед. ун-т, 2023. С. 239–242.

16. Реализация стоматологических профилактических мероприятий среди детского населения регионов Российской Федерации в 2021–2022 годах / О.О. Янушевич, Т.Е. Зуева, Л.П. Кисельникова и др. // Институт стоматологии. 2024. № 2(103). С. 6–8.
17. Российская стоматология и ВЛАДМИВА – 30 лет вместе. Реальность и перспективы «вымещения» импорта / В.В. Чуев, В.П. Чуев, А.В. Цимбалистов, Т.И. Нарожный // Институт стоматологии. 2022. № 4(97). С. 18–19.
18. Сердюкова Л.Н., Сущенко А.В. Повышение эффективности лечения фиссурного кариеса у детей с применением стеклоиономерных цемента, модифицированных наноразмерными частицами серебра // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11, № 2. С. 491–494.
19. Скрпкина Г.И., Митяева Т.С., Романова Ю.Г. Сравнительная характеристика эффективности использования стеклоиономерных цемента в клинике стоматологии детского возраста // Кафедра. 2014. № 47. С. 48–51.
20. Современные аспекты регенеративной эндодонтии: систематический обзор / А.В. Мутронин, К.А. Арчаков, Д.А. Останина и др. // Эндодонтия Today. 2023. Т. 21, № 4. С. 287–292. DOI: 10.36377/1683-2981-2023-21-4-287-292.
21. Современные материалы в терапевтической стоматологии / Ю.В. Мандра, А.Ю. Котикова, М.И. Власова и др.; под ред. Ю.В. Мандры. Екатеринбург: Тираж, 2025. 184 с. DOI: 10.18481/978-5-6053641-1-5.
22. Сравнение альтернативных методов препарирования молочных зубов in vitro / А.В. Соловьев, В.И. Литовкин, А.А. Ващенко и др. // Молодежный инновационный вестник. 2018. Т. 7, № S1. С. 133–134.
23. Сущенко А.В., Каверина Е.Ю., Калиниченко Н.В. Данные лабораторных исследований стеклоиономерных цемента «Аквион Art» и «Аквион Art», модифицированного фторидом серебра, для лечения кариеса зубов у детей // Молодой ученый. 2015. № 14(94). С. 97–101.
24. Технологии профилактики и лечения кариеса зубов у детей / Л.П. Кисельникова, Т.Е. Зуева, А.Г. Седойкин, Л.Н. Дроботьюко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 184 с.
25. Усовершенствование методов лечения кариеса и его осложнений / Л.А. Абдуазимова, Ш.А. Джалипова, М.М. Мухторова, С.Б. Ходжаев // Вестник науки и образования. 2022. № 2-1(122). С. 75–80.
26. Чуев В.В., Макеева И.М. Опыт клинического применения стеклоиономерных цемента фирмы ВладМиВа в концепции малоинвазивного метода лечения кариеса зубов // Институт стоматологии. 2006. № 3(32). С. 114–115.
27. Эффективность пульпотомии во временных молярах: результаты 24-месячного рандомизированного клинического исследования / Е.Е. Маслак, Н.В. Матвиенко, А.С. Осокина и др. // Институт стоматологии. 2020. № 4(89). С. 40–41.
28. Юдина Н.А. Минимально инвазивная концепция в кариесологии // Современная стоматология. 2024. № 1(92). С. 2–6.
29. Awawdeh L., Al-Qudah A., Hamouri H., Chakra R.J. Outcomes of vital pulp therapy using mineral trioxide aggregate or Biodentine: a prospective randomized clinical trial. *Journal of Endodontics*, 2018, vol. 44, no. 11, pp. 1603–1609. DOI: 10.1016/j.joen.2018.08.004.
30. Chatterjee I., Sharma R., Gupta A. et al. In vitro response of dental pulp stem cells to calcium silicate-based cements: a systematic review and meta-analysis of preclinical evidence. *Cureus*, 2025, vol. 17, no. 7, e88990. DOI: 10.7759/cureus.88990.
31. Goldberg M., Njeh A., Uzunoglu E. Is Pulp Inflammation a Prerequisite for Pulp Healing and Regeneration? *Mediators of Inflammation*, 2015, vol. 2015, 347649. DOI: 10.1155/2015/347649.
32. Jiang M., Tu C., Zhang Y. et al. Factors affecting success rate of atraumatic restorative treatment (ART) restorations in children: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 2021, vol. 104, 103526. DOI: 10.1016/j.jdent.2020.103526.
33. Kim J.M., Chang F., Kim J. et al. G protein-coupled calcium-sensing receptor is a crucial mediator of MTA-induced biological activities. *Biomaterials*, 2017, vol. 123, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2017.01.029.
34. Kunert M., Lukomska-Szymanska M. Bio-Inductive Materials in Direct and Indirect Pulp Capping-A Review Article. *Materials*, 2020, vol. 13, no. 5, 1204. DOI: 10.3390/ma13051204.
35. Loison-Robert L.S., Tassin M., Bonte E. et al. In vitro effects of two silicate-based materials, Biodentine and BioRoot RCS, on dental pulp stem cells in models of reactionary and reparative dentinogenesis. *PLOS ONE*, 2018, vol. 13, no. 1, e0190014. DOI: 10.1371/journal.pone.0190014.
36. Petersen P.E., Baez R.J., Ogawa H. Global application of oral disease prevention and health promotion as measured 10 years after the 2007 World Health Assembly statement on oral health. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 2020, vol. 48, no. 4, pp. 338–348. DOI: 10.1111/cdoe.12538.
37. Rajasekar V., Abdalla M.M., Neelakantan P., Yiu C.K.Y. Cellular dynamics and signalling mechanisms in dentine repair: a narrative review. *International Endodontic Journal*, 2025, vol. 58, no. 9, pp. 1354–1383. DOI: 10.1111/iej.14261.

38. Schwendicke F., Frencken J.E., Bjørndal L. et al. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. *Advances in Dental Research*, 2016, vol. 28, no. 2, pp. 58–67. DOI: 10.1177/0022034516639271.

39. Schwendicke F., Walsh T., Lamont T. et al. Interventions for treating cavitated or dentine carious lesions. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021, vol. 7, no. 7, CD013039. DOI: 10.1002/14651858.CD013039.pub2.

40. Shum-Hung A. Efficacité de la fibrine riche en plaquettes dans les thérapeutiques de maintien de la vitalité pulpaire: revue systématique de la littérature [Effectiveness of platelet-rich fibrin in pulp vitality maintenance therapies: a systematic review]. In: DUMAS – Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance. 2024. Available at: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04674437> (Access Date: 2026, March 24).

41. Soma U., Sharma R., Gupta A. et al. Clinical and radiographic outcomes following pulpotomy using biodentine in carious exposed mature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 2025, vol. 15, no. 4, pp. 313–322. DOI: 10.4103/jispcd.jispcd\_71\_25.

42. Uribe S.E., Innes N., Maldupa I. The global prevalence of early childhood caries: A systematic review with meta-analysis using the WHO diagnostic criteria. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 2021, vol. 31, no. 6, pp. 817–830. DOI: 10.1111/ipd.12783.

43. Xavier M.T., Costa A.L., Ramos J.C. et al. Calcium Silicate-Based Cements in Restorative Dentistry: Vital Pulp Therapy Clinical, Radiographic, and Histological Outcomes on Deciduous and Permanent Dentition – A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials*, 2024, vol. 17, no. 17, 4264. DOI: 10.3390/ma17174264.

---

НИКИТИНА ЛУИЗА ИВАНОВНА – кандидат медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой пропедевтики стоматологических заболеваний и новых технологий, Чувашский государственный университет, Россия, Чебоксары (prop.stom.zab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4893-0314>).

ДЖУРАЕВА ШАРОРА ФАЙЗОВНА – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры пропедевтики стоматологических заболеваний и новых технологий, Чувашский государственный университет, Россия, Чебоксары (dsharora@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0149-5653>).

ВОРОБЬЕВ МИХАИЛ ВИКТОРОВИЧ – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой стоматологии № 2, Ивановский государственный медицинский университет, Россия, Иваново (ivanovovita@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9174-9436>).

---

Louise I. NIKITINA, Sharora F. DZHURAEVA, Mikhail V. VOROBEV

#### MODERN APPROACHES TO THE TREATMENT OF DENTAL CARIES USING BIOACTIVE MATERIALS AND REGENERATIVE TECHNOLOGIES

**Key words:** dentine caries, bioactive materials, regenerative technologies, minimally invasive dentistry.

*Dentine caries remains the most common dental disease requiring the use of effective treatment methods aimed at preserving the viability of the pulp-dentine complex. Traditional approaches are giving way to the concept of minimally invasive intervention using bioactive materials.*

**The purpose of the work** is to analyze and systematize modern literature data on methods of treating dental caries using bioactive materials (domestic and international developments) and regenerative technologies. A literature search was performed in Russian (eLibrary, CyberLeninka) and international (PubMed, Scopus, Web of Science) bibliographic databases. The scope of the research covered the period 2015–2025, including several earlier works relevant to the topic. Combinations of keywords were used for the search: "dentine caries", "minimally invasive caries treatment", "reparative dentinogenesis", "vital pulpitis therapy", "regenerative dentistry". Inclusion criteria were original research, systematic reviews, meta-analyses. The analysis showed that modern principles of dentine caries treatment are based on the principles of minimally invasive intervention. Data on Russian glass ionomer cements produced by VladMiVa JSC ("Cemion", "Cemilite", "Aquion", "Argetsem", "Cemion A.R.T.") are presented, which, according to the results of independent studies, demonstrate high physico-mechanical properties and a caries-static effect. The regenerative potential of platelet-enriched fibrin was analyzed. The data on the clinical efficacy of bioactive silicate cements (MTA, Biodentine), which not only provide sealing, but also stimulate reparative dentinogenesis, are systematized. The

*most promising areas of dentine caries treatment are the use of bioactive materials (domestic and foreign ones) and the use of combined approaches with growth factors. Further randomized trials are needed to optimize clinical protocols.*

## References

1. Abduazimova L.A., Dzhililova Sh.A., Mukhtorova M.M. *Sovremennye metody lecheniya kariesa u detei* [Modern methods of treating caries in children]. *Vestnik nauki i obrazovaniya*, 2022, no. 6-1(126), pp. 97–100. DOI: 10.24411/2312-8089-2022-10613.
2. Kochmareva A.S., Makeeva I.M., Shelemeteva G.N., Turkina A.Yu. *Analiz mezheksperntnoi soglasovannosti vrachei-stomatologov pri opredelenii konechnoi tochki preparirovaniya karioznykh polostei* [Analysis of inter-expert agreement of dentists in determining the final point of caries cavity preparation]. *Rossiiskaya stomatologiya*, 2025, vol. 18, no. 2, pp. 5–10. DOI: 10.17116/rosstomat2025180215.
3. Andreev A.A., Rumyantsev V.A., Frolov G.A. et al. *Analiz protivomikrobnnoi aktivnosti stomatologicheskikh stekloionomernykh tsementov, modifitsirovannykh gidrozolyami serebra* [Analysis of antimicrobial activity of dental glass ionomer cements modified with silver hydrosols]. *Tverskoi meditsinskii zhurnal*, 2024, no. 6, pp. 195–198.
4. Khudanov B.O., Khalilov I.Kh., Shulte A.G., Gulyamov S.S. *Vydelenie ionov flora iz fissurnykh germetikov* [Release of fluoride ions from fissure sealants]. *Klinicheskaya stomatologiya*, 2013, no. 1(65), pp. 50–54.
5. Sirak S.V., Shchetinin E.V., Kobylkina T.L. et al. *Gistokhimicheskaya kharakteristika reparativnogo dentinogeneza pul'py zuba* [Histochemical characteristics of reparative dentinogenesis of the dental pulp]. *Rossiiskii stomatologicheskii zhurnal*, 2016, vol. 20, no. 6, pp. 301–304. DOI: 10.18821/1728-2802-2016-20-6-301-304.
6. Romanenko A.A., Buzov A.A., Chuev V.P. et al. *Issledovanie kompozitsionnykh materialov na osnove alyumoforsilikatnogo stekla* [Study of composite materials based on aluminofluorosilicate glass]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*, 2022, no. 12, pp. 94–113. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-12-94-113.
7. Karimov S.M., Esanov B.Yu. *Primenenie stekloionomernogo tsementa «Akvion Art» dlya lecheniya kariesa zubov u detei* [The use of glass ionomer cement "Akvion Art" for the treatment of dental caries in children]. *Avitsenna*, 2020, no. 75, pp. 20–23.
8. *Klinicheskie rekomendatsii (protokoly lecheniya) pri diagnoze «Karies zubov» (K02.0): utv. Postanovleniem № 1 Soveta Assotsiatsii obshchestvennykh ob"edinenii «Stomatologicheskaya Assotsiatsiya Rossii» ot 20 dekabrya 2024 goda* [Clinical recommendations (treatment protocols) for the diagnosis "Dental caries" (K02.0)]. Available at: <https://e-stomatology.ru/director/protokols/> (Accessed Date: 2026, March 28).
9. Lutskaya I.K., Marchenko E.I., Chukhray I.G. *Esteticheskoe plombirovanie nekarioznykh defektov tverdykh tkanei zuba* [Aesthetic filling of non-carious defects of hard dental tissues]. *Sovremennaya stomatologiya*, 2012, no. 1(54), pp. 29–31.
10. Manak T.N., Borisenko L.G., Reder A.S. *Vybor materialov pri lechenii glubokogo kariesa: differentsirovannyi podkhod* [Choice of materials in the treatment of deep caries: a differentiated approach]. *Sovremennaya stomatologiya*, 2020, no. 2(79), pp. 29–35.
11. Manak T.N., Chernysheva T.V. *Materialy i metody, primenyaemye v stomatologii dlya sokhraneniya zhiznesposobnosti pul'py* [Materials and methods used in dentistry to preserve pulp vitality]. *Mezhdunarodnye obzory: klinicheskaya praktika i zdorov'e*, 2019, no. 2, pp. 10–24.
12. Kirsh K.D., Zaporozhskaya-Abramova E.S., Adamchik A.A. et al. *Morfologicheskaya otsenka fibrinnovogo karkasa pri lechenii giperemii pul'py zuba: eksperimental'noe issledovanie* [Morphological assessment of the fibrin framework in the treatment of dental pulp hyperemia: an experimental study]. *Endodontiya Today*, 2025, vol. 23, no. 1, pp. 42–49. DOI: 10.36377/ET-0106.
13. Sagitov I.I., Shafigullina A.K., Saleeva G.T., Kiyasov A.P. *Poluchenie populyatsii ektomezsimnykh kletok iz pul'py postoyannykh zubov* [Obtaining a population of ectomesenchymal cells from the pulp of permanent teeth]. *Stomatologiya*, 2016, vol. 95, no. 6-2, pp. 21–22.
14. Romanenko A.A., Buzov A.A., Chuev V.P. et al. *Postklinicheskie issledovaniya materiala «Tse-mion»* [Post-clinical studies of the material "Cemion"]. *Klinicheskaya stomatologiya*, 2019, no. 4(92), pp. 12–18. DOI: 10.37988/1811-153X\_2019\_4\_12.
15. Raida A.I. *Profilaktika fissurnogo kariesa vremennykh zubov u detei* [Prevention of fissure caries of temporary teeth in children]. In: *Aktual'nye voprosy stomatologii detskogo vozrasta: sb. nauch. st. VI Vseros. nauch.-prakt.konf. s mezhdunar. uchastiem* [Proc. of 6<sup>th</sup> Russ. Sci. Conf. "Topical issues of pediatric dentistry"]. Kazan, 2023, pp. 239–242.
16. Yanushevich O.O., Zueva T.E., Kiselnikova L.P. et al. *Realizatsiya stomatologicheskikh profilakticheskikh meropriyatii sredi detskogo naseleniya regionov Rossiiskoi Federatsii v 2021–2022 godakh* [Implementation of dental preventive measures among the children's population of the regions of the Russian Federation in 2021–2022]. *Institut stomatologii*, 2024, no. 2(103), pp. 6–8.

17. Chuev V.V., Chuev V.P., Tsimbalistov A.V., Narozhnyi T.I. Rossiiskaya stomatologiya i VLADMIVA – 30 let vmeste. *Real'nost' i perspektivy "vymeshcheniya" importa* [Russian dentistry and VLADMIVA – 30 years together. Reality and prospects of import substitution]. *Institut stomatologii*, 2022, no. 4(97), pp. 18–19.
18. Serdyukova L.N., Shushchenko A.V. *Povyshenie effektivnosti lecheniya fissurnogo kariesa u detei s primeneniem stekloionomernykh tsementov, modifitsirovannykh nanorazmernymi chastitsami serebra* [Increasing the effectiveness of treatment of fissure caries in children using glass ionomer cements modified with nanosized silver particles]. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh*, 2012, vol. 11, no. 2, pp. 491–494.
19. Skripkina G.I., Mityaeva T.S., Romanova Yu.G. *Sravnitel'naya kharakteristika effektivnosti ispol'zovaniya stekloionomernykh tsementov v klinike stomatologii detskogo vozrasta* [Comparative characteristics of the effectiveness of using glass ionomer cements in the clinic of pediatric dentistry]. *Kafedra*, 2014, no. 47, pp. 48–51.
20. Mitronin A.V., Archakov K.A., Ostanina D.A. et al. *Sovremennye aspekty regenerativnoi endodontii: sistematicheskii obzor* [Modern aspects of regenerative endodontics: a systematic review]. *Endodontiya Today*, 2023, vol. 21, no. 4, pp. 287–292. DOI: 10.36377/1683-2981-2023-21-4-287-292.
21. Mandra Yu.V., Kotikova A.Yu., Vlasova M.I. et al. *Sovremennye materialy v terapevticheskoi stomatologii: uchebnoe posobie* [Modern materials in therapeutic dentistry: a textbook]. Ekaterinburg, 2025, 184 p. DOI: 10.18481/978-5-6053641-1-5.
22. Solovlev A.V., Litovkin V.I., Vashchenko A.A. et al. *Sravnienie al'ternativnykh metodov preparirovaniya molochnykh zubov in vitro* [Comparison of alternative methods of preparation of primary teeth in vitro]. *Molodezhnyi innovatsionnyi vestnik*, 2018, vol. 7, no. S1, pp. 133–134.
23. Shushchenko A.V., Kaverina E.Yu., Kalinichenko N.V. *Dannye laboratornykh issledovaniy stekloionomernykh tsementov «Akvion Art» i «Akvion Art», modifitsirovannogo fluoridom serebra, dlya lecheniya kariesa zubov u detei* [Data from laboratory studies of glass ionomer cements "Akvion Art" and "Akvion Art" modified with silver fluoride for the treatment of dental caries in children]. *Molodoi uchenyi*, 2015, no. 14(94), pp. 97–101.
24. Kiselnikova L.P., Zueva T.E., Sedoykin A.G., Drobotko L.N. *Tekhnologii profilaktiki i lecheniya kariesa zubov u detei: uchebnoe posobie* [Technologies for the prevention and treatment of dental caries in children: a textbook]. Moscow, GEOTAR-Media, 2021, 184 p.
25. Abduazimova L.A., Dzhalilova Sh.A., Mukhtorova M.M., Khodzhaev S.B. *Uovershenstvovanie metodov lecheniya kariesa i ego oslozhnenii* [Improving methods of treating caries and its complications]. *Vestnik nauki i obrazovaniya*, 2022, no. 2-1(122), pp. 75–80.
26. Chuev V.V., Makeeva I.M. *Opyt klinicheskogo primeneniya stekloionomernykh tsementov firmy VladMiVa v kontseptsii maloinvazivnogo metoda lecheniya kariesa zubov* [Experience in clinical application of VladMiVa glass ionomer cements in the concept of minimally invasive treatment of dental caries]. *Institut stomatologii*, 2006, no. 3(32), pp. 114–115.
27. Maslak E.E., Matvienko N.V., Osokina A.S. et al. *Effektivnost' pul'potomii vo vremennykh molyarkh: rezul'taty 24-mesyachnogo randomizirovannogo klinicheskogo issledovaniya* [Effectiveness of pulpotomy in primary molars: results of a 24-month randomized clinical trial]. *Institut stomatologii*, 2020, no. 4(89), pp. 40–41.
28. Yudina N.A. *Minimal'no invazivnaya kontseptsiya v kariesologii* [Minimally invasive concept in cariology]. *Sovremennaya stomatologiya*, 2024, no. 1(92), pp. 2–6.
29. Awawdeh L., Al-Qudah A., Hamouri H., Chakra R.J. Outcomes of vital pulp therapy using mineral trioxide aggregate or Biodentine: a prospective randomized clinical trial. *J. Endod.*, 2018, vol. 44, no. 11, pp. 1603–1609. DOI: 10.1016/j.joen.2018.08.004.
30. Chatterjee I., Sharma R., Gupta A. et al. In vitro response of dental pulp stem cells to calcium silicate-based cements: a systematic review and meta-analysis of preclinical evidence. *Cureus*, 2025, vol. 17, no. 7, e88990. DOI: 10.7759/cureus.88990.
31. Goldberg M., Njeh A., Uzunoglu E. Is pulp inflammation a prerequisite for pulp healing and regeneration? *Mediators Inflamm.*, 2015, vol. 2015, 347649. DOI: 10.1155/2015/347649.
32. Jiang M., Tu C., Zhang Y. et al. Factors affecting success rate of atraumatic restorative treatment (ART) restorations in children: a systematic review and meta-analysis. *J. Dent.*, 2021, vol. 104, 103526. DOI: 10.1016/j.jdent.2020.103526.
33. Kim J.M., Chang F., Kim J. et al. G protein-coupled calcium-sensing receptor is a crucial mediator of MTA-induced biological activities. *Biomaterials*, 2017, vol. 123, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2017.01.029.
34. Kunert M., Lukomska-Szymanska M. Bio-inductive materials in direct and indirect pulp capping: a review article. *Materials*, 2020, vol. 13, no. 5, 1204. DOI: 10.3390/ma13051204.
35. Loison-Robert L.S., Tassin M., Bonte E. et al. In vitro effects of two silicate-based materials, Biodentine and BioRoot RCS, on dental pulp stem cells in models of reactionary and reparative dentinogenesis. *PLoS One*, 2018, vol. 13, no. 1, e0190014. DOI: 10.1371/journal.pone.0190014.

36. Petersen P.E., Baez R.J., Ogawa H. Global application of oral disease prevention and health promotion as measured 10 years after the 2007 World Health Assembly statement on oral health. *Community Dent. Oral Epidemiol.*, 2020, vol. 48, no. 4, pp. 338–348. DOI: 10.1111/cdoe.12538.
37. Rajasekar V., Abdalla M.M., Neelakantan P., Yiu C.K.Y. Cellular dynamics and signalling mechanisms in dentine repair: a narrative review. *Int. Endod. J.*, 2025, vol. 58, no. 9, pp. 1354–1383. DOI: 10.1111/iej.14261. PMID: 40491185.
38. Schwendicke F., Frencken J.E., Bjørndal L. et al. Managing carious lesions: consensus recommendations on carious tissue removal. *Adv. Dent. Res.*, 2016, vol. 28, no. 2, pp. 58–67. DOI: 10.1177/0022034516639271.
39. Schwendicke F., Walsh T., Lamont T. et al. Interventions for treating cavitated or dentine carious lesions. *Cochrane Database Syst. Rev.*, 2021, vol. 7, no. 7, CD013039. DOI: 10.1002/14651-858.CD013039.pub2.
40. Shum-Hung A. Efficacité de la fibrine riche en plaquettes dans les thérapeutiques de maintien de la vitalité pulpaire: revue systématique de la littérature [Effectiveness of platelet-rich fibrin in pulp vitality maintenance therapies: a systematic review]. *DUMAS – Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance*, 2024. Available at: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04674437> (Accessed Date: 2026, March 24).
41. Soma U., Sharma R., Gupta A. et al. Clinical and radiographic outcomes following pulpotomy using biodentine in carious exposed mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *J. Int. Soc. Prev. Community Dent.*, 2025, vol. 15, no. 4, pp. 313–322. DOI: 10.4103/jispcd.jispcd\_71\_25.
42. Uribe S.E., Innes N., Maldupa I. The global prevalence of early childhood caries: a systematic review with meta-analysis using the WHO diagnostic criteria. *Int. J. Paediatr. Dent.*, 2021, vol. 31, no. 6, pp. 817–830. DOI: 10.1111/ipd.12783.
43. Xavier M.T., Costa A.L., Ramos J.C. et al. Calcium silicate-based cements in restorative dentistry: vital pulp therapy clinical, radiographic, and histological outcomes on deciduous and permanent dentition – a systematic review and meta-analysis. *Materials*, 2024, vol. 17, no. 17, p. 4264. DOI: 10.3390/ma17174264.

---

**LOUISE I. NIKITINA** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Dental Diseases and New Technologies, Chuvash State University, Russia, Cheboksary (prop.stom.zab@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4893-0314>).

**SHARORA F. DZHURAEVA** – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Propaedeutics of Dental Diseases and New Technologies, Chuvash State University, Russia, Cheboksary (dsharora@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0149-5653>).

**MIKHAIL V. VOROBEV** – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Dentistry No. 2, Ivanovo State Medical University, Russia, Ivanovo (ivanovovita@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9174-9436>).

---

**Формат цитирования:** *Никитина Л.И., Джураева Ш.Ф., Воробьев М.В.* Современные подходы к лечению кариеса дентина с применением биоактивных материалов и регенеративных технологий [Электронный ресурс] // *Acta medica Eurasica*. 2026. № 2. С. 85–97. URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2026/2/8>. DOI: 10.47026/2413-4864-2026-2-85-97.