

**ЁГИНА Диана Вячеславовна**

**КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВАЗИВНОГО И МИКРОИНВАЗИВНОГО  
МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ КАРИЕСА В СТАДИИ БЕЛОГО  
МЕЛОВИДНОГО ПЯТНА**

3.1.7. Стоматология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации на кафедре стоматологии.

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, профессор **Максюков Станислав Юрьевич**

**Официальные оппоненты:**

**Макеева Ирина Михайловна**, заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет им. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, директор Института стоматологии им. Е.В. Боровского, заведующая кафедрой терапевтической стоматологии;

**Македонова Юлия Алексеевна**, доктор медицинских наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующая кафедрой стоматологии института непрерывного медицинского и фармацевтического образования.

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании Диссертационного совета (21.2.071.01) при ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России по адресу: 170100, Тверь, ул. Советская, 4.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России и на сайте [www.tvergmu.ru](http://www.tvergmu.ru)

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор медицинских наук, доцент

**Мурга Владимир Вячеславович**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Первая клинически видимая стадия кариеса зубов характеризуется деминерализацией эмали без кавитационных процессов. Такая патологическая эмаль содержит подповерхностную пористую область из-за частичного растворения кристаллов гидроксиапатита [Mitthra S. et al., 2020]. Ввиду значительной разницы показателей преломления среды внутри пористой области и окружающей её здоровой эмали наблюдается беловатый непрозрачный вид деминерализованных очагов эмали. Это явление называется кариесом в стадии белого пятна [Guerra F. et al., 2015]. Лечащий врач выбирает стратегию лечения кариеса в стадии белого пятна в зависимости от ряда факторов: размер области, её локализация, степень активности. При ранних проявлениях кариеса в стадии белого пятна лечение может ограничиться методами неинвазивной стоматологии: использование антибактериальной терапии [Xu X. et al., 2020] и восстановление оптимального минерального состава области кариеса путем применения реминерализующих средств [Bobu L. et al., 2019; Thimmaiah C. et al., 2019]. Однако, часто врачи сталкиваются с ситуациями, когда подобных методов недостаточно, и возникает необходимость инвазивного лечения. Перед врачом возникает выбор: использовать традиционные методики препарирования и пломбирования или прибегнуть к малоинвазивному лечению с инфильтрацией.

К преимуществам первых относится возможность контроля съёма материала патологической эмали стоматологическим бором до полноценного удаления всей поражённой области. Однако при этом иссекается значительное количество здоровых твердых тканей зуба. Кроме того, ряд материалов обладает невысокими прочностными характеристиками [Yip H.K. et al., 2001], что диктует правила формирования полости для лучшей ретенции пломбировочных материалов. Принцип действия микроинвазивной методики инфильтрации заключается в удалении псевдоинтактного слоя эмали кислотой, высушивании пористой области и пропитывании её высокотекучим полимерным материалом. После отверждения материала поры в деминерализованной эмали оказываются заполненными полимерной смолой, а очаг — «законсервированным». При этом эмалевые призмы остаются сохранными, а возможность удаления здоровой эмали под патологической тканью исключается [Gugnani N. et al., 2012]. Мнение об эффективности микроинвазивной процедуры лечения до сих пор дискуссионно. В одних исследованиях отмечают высокую эффективность инфильтрационных процедур [Yuan H. et al., 2014; Eckstein A. et al., 2015]. В то же время другие работы показали довольно низкую эффективность процедур инфильтрации [Borges A.V. et al., 2017].

В настоящее время отсутствуют объективные критерии оценки глубины проникновения пломбировочного материала при лечении кариеса в стадии белого пятна композитными герметиками, прилегание пломбировочного материала к твёрдым

тканям зуба и вероятность рецидива кариеса после лечения различными пломбировочными материалами, а также исследование отдаленных результатов инвазивного и микроинвазивного методов лечения начального кариеса. Проведение комплексного клинико-лабораторного исследования в данном направлении, опираясь на современные высокотехнологические методы обследования *in vivo* и *in vitro*, включая компьютерную микротомографию, методику наноиндентирования, сканирующую электронную микроскопию, имеет высокую теоретическую и практическую значимость.

**Степень разработанности темы исследования.** На современном этапе при кариесе в стадии белого пятна исследование начальных изменений плотности минерализации возможно благодаря появлению рентгеновской компьютерной микротомографии (микро-КТ) [Ricketts, D., 1994; Orhan K. et al., 2020]. При стандартной денальной компьютерной томографии такая задача ввиду ограниченной разрешающей способности метода невыполнима. По сравнению со стандартной компьютерной томографией, при микро-КТ можно получить объёмные характеристики в 1 000 000 раз меньше [Finegan D.P. et al., 2016; Klement U. et al., 2017]. Повышение разрешающей способности метода позволило сопоставить особенности плотности минерализации при кариесе с изменением механических свойств эмали. Так, M. Shahmoradi и M. Swain (2016) с помощью микро-КТ построили карты изменения плотности минерализации для нескольких случаев фиссурного кариеса, а E. Sadygin с соавт. (2020) для проксимального очага кариеса в стадии белого пятна, и сопоставили их с картами изменения механических свойств, полученных на наноиндентометре. T. Huang с соавт. (2010) построили корреляцию плотности минерализации эмали зуба, содержащей очаг кариеса в стадии белого пятна, с модулем Юнга.

С помощью микро-КТ X. Chen с соавт. (2010), Carrera C.A. с соавт. (2015), C. Rengo с соавт. (2015) исследовали процесс микроподтекания (leakage) стеклоиономерных цементов. Используя фазовый контраст на микро-КТ Prates Soares A. и соавт. (2020) исследовали адгезию стоматологических материалов к твёрдым тканям зуба.

В настоящее время при начальном кариесе неизученным остается аспект сравнительной оценки изменения плотности минерализации в патологической области зуба и в тканях микроокружения белого пятна. Кроме того, отсутствуют сведения о сопоставлении плотности минерализации патологических и модифицированных инфильтрантом или различными пломбировочными материалами тканей зуба при кариесе в стадии белого пятна. Проведение научного исследования в таком ракурсе позволит оценить эффективность современных подходов к лечению кариеса, тем самым окажет помощь стоматологу при выборе наиболее оптимальной стратегии лечения пациентов.

**Цель исследования.** Целью работы явилось повышение эффективности лечения кариеса в стадии белого пятна и сокращение частоты рецидивов кариеса за счёт внедрения перспективных методов лечения.

### **Задачи исследования**

1. Выявить изменения минеральной плотности и механических свойств (твёрдость, упругость по модулю Юнга) эмали при начальном кариесе в области белого пятна, а также эмали и дентина в микроокружении кариеса и в здоровом локусе зуба.
2. Определить паттерн распределения механических свойств дентина от пульпы до дентиноэмалевого соединения в областях, примыкающих к кариесу, в здоровой части дентина и на смежной границе с кариозным процессом.
3. Сравнить изменения минеральной плотности эмали и дентина после лечения *ex vivo* кариеса в стадии белого пятна композитным материалом, стеклоиономерным цементом и инфильтрантом.
4. Сравнить клиническую эффективность инвазивного метода лечения композитным материалом и стеклоиономерным цементом, микроинвазивной инфильтративной терапии кариеса в стадии белого пятна в ранний период наблюдения.
5. Сравнить отдаленные результаты инвазивного и микроинвазивного методов лечения кариеса в стадии белого пятна с оценкой вероятности развития рецидива заболевания, изменения цвета реставрации, обсемененности патогенными микроорганизмами десневой жидкости зуба, пораженного кариесом.

**Научная новизна.** Впервые при начальном кариесе проведено комплексное исследование минеральной плотности и механических свойств тканей зуба как в области белого пятна, так и смежных зонах с патологическим процессом, в результате чего установлены сопряжённые изменения плотности, твёрдости и упругих характеристик не только эмали, но и дентина. Впервые установлено, что механическое сопротивление нагрузке в тканях зуба, смежных с кариесом в стадии белого пятна, опережают снижение минеральной плотности зуба. В работе в лабораторной части при лечении *ex vivo* установлено, что при инвазивном методе при использовании, как композитных пломб, так и стеклоиономерного цемента, минеральная плотность смежных областей эмали и дентина не изменяется. После воздействия инфильтрантом ввиду применения кислоты доказано снижение плотности патологической эмали и здоровой эмали с отсутствием изменений в области здорового дентина. Комплексное исследование минеральной плотности и механических свойств тканей зуба при начальном кариесе позволило выявить новые звенья патогенеза и их последовательность возникновения.

**Теоретическая и практическая значимость.** Клинико-лабораторное исследование позволило установить, что в раннем периоде до двух месяцев наблюдения эффективность лечения кариеса в стадии белого пятна выше при инвазивном методе посредством пломб из стеклоиономерного цемента и инфильтративной терапии Icon по сравнению с применением пломб из композитных материалов. В работе получены доказательства, что отдаленная эффективность лечения меловидных пятен по частоте положительных исходов лечения через 6 и 12 месяцев выше при инвазивном методе с использованием пломб из стеклоиономерного

цемента по сравнению с инвазивным лечением при помощи композитных пломбировочных материалов и микроинвазивным методом инфильтрации. Получены доказательства снижения механической прочности и минеральной плотности для упрочнённого слоя эмали в области меловидного пятна при инфильтративной терапии. Сопоставление полученных клинико-лабораторных данных позволило выделить преимущества для лечения кариеса в стадии белого пятна инвазивным методом с использованием стеклоиономерного цемента.

Расширение знаний об эффективности инвазивного и микроинвазивного методов лечения кариеса в стадии белого пятна является теоретической основой понимания важности своевременных лечебно-диагностических мероприятий при лечении начального кариеса.

**Методология и методы исследования.** В работе использован системный, комплексный клинико-лабораторный подход к изучению эффективности лечения кариеса в стадии белого пятна. Естественнонаучная методология подразумевала следованию принципа объективности, воспроизводимости, доказательности результатов исследования. Клиническая часть исследования основана на проведении проспективного сравнительного наблюдения за пациентами в ранний и отдалённый периоды после лечения в трёх группах в зависимости от выбора терапии и пломбировочных материалов. Лабораторная часть работы основывалась в проведении лечения кариеса в стадии белого пятна на удалённых зубах *ex vivo* и последующем исследовании минеральной плотности и механических свойств эмали и дентина в зоне поражения, микроокружении и в здоровых областях.

В работе использованы следующие методы: клинический с определением индексов КПУ (кариес-пломба-удаление) зубов и поверхностей, гигиенического индекса ОНI-S, метода витального окрашивания 2 % водным раствором метиленового синего для оценки кислотоустойчивости эмали, бактериологический метод оценки степени обсемененности *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus salivarius* жидкости зубодесневой борозды зуба, поражённого кариесом, рентгеновская компьютерная микротомография, наноиндентирование, оптическая и сканирующая электронная микроскопия.

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, а также в лаборатории механики биосовместимых материалов Донского государственного технического университета.

#### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. При кариесе в стадии белого пятна минеральная плотность и механические свойства твёрдости и упругости снижаются как в проекции повреждённой эмали, так и в смежных областях дентина.

2. На раннем этапе наблюдения после лечения кариеса в стадии белого пятна при инвазивном методе лечения стеклоиономерным цементом и инфильтративной терапии по сравнению с использованием композитных пломб, кислотоустойчивость упрочнённого слоя эмали выше, а обсемененность кариесогенными бактериями десневой жидкости около зуба, поражённого кариесом, ниже.

3. Отдалённая эффективность лечения меловидных пятен выше при инвазивном методе лечения стеклоиономерным цементом по сравнению с инфильтративной терапией и использованием композитных пломб.

**Степень достоверности результатов работы.** Высокая степень достоверности полученных результатов обеспечивалась грамотным формированием групп исследования. Результаты работы получены с применением современных средств визуализации изменений минеральной плотности и механических свойств тканей зуба. Все первичные данные оформлены в виде индивидуальных регистрационных карт и интегрированы в единую базу данных. После проведения клинико-лабораторных исследований медико-биологические данные проанализированы с помощью адекватных линейных и нелинейных, однофакторных и многомерных статистических методов.

**Апробация диссертации.** Основные положения диссертации и результаты работы были представлены и доложены на VIII конференции «Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications» (PHENMA-2019) (7-10 ноября 2019 г., Ханой, Вьетнам), XVI международной научно-технической конференции «Динамика технических систем — 2020» (ДТС-2020) (11-12 сентября 2020 г., Ростов-на-Дону), 8-й итоговой научной сессии молодых учёных РостГМУ (Ростов-на-Дону, 2021), Всероссийской конференции молодых учёных-механиков YSM-2021, посвященной 60-летию первого полёта человека в космос (3-12 сентября 2021 г., Сочи). Апробация диссертации проведена на заседании проблемной комиссии ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России протокол № 03 от 15 октября 2024 года.

**Внедрение результатов исследования в практику.** Рекомендации по лечению кариеса в стадии белого пятна внедрены в клиническую практику следующих лечебных учреждений: стоматологического кабинета консультативно-диагностической поликлиники ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, терапевтического отделения МБУЗ «Стоматологическая поликлиника г. Ростова-на-Дону». Сведения о механических свойствах и минеральной плотности эмали и дентина при кариесе эмали в стадии белого пятна добавлены в лекционные курсы для студентов и аспирантов кафедры стоматологии № 2 ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России.

**Личный вклад автора в исследование.** В ходе выполнения диссертационной работы автором проанализированы литературные источники. Самостоятельно выполнены клинические, клинико-лабораторные исследования, проведена статистическая обработка полученных данных. Проведен сравнительный клинический анализ эффективности лечения кариеса в стадии белого меловидного пятна различными видами пломбирочных материалов в ближайшие и отдалённые сроки наблюдения.

**Публикации результатов работы.** По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 8 — в научных изданиях баз Scopus и WoS.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Диссертация соответствует шифру специальности 3.1.7. Стоматология.

**Структура и объём диссертации.** Работа изложена на 150 страницах и состоит из введения, обзора литературы, главы по материалу и методам исследования, двух глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Список литературы состоит из 132 ссылок на исследования российских авторов и 125 зарубежных, всего 257 источников. Результаты работы иллюстрированы 32 таблицами и 31 рисунками.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **Материалы и методы исследования**

Диссертационная работа состояла из клинического и лабораторного исследований.

**Клиническое исследование** проведено на 90 пациентах обоего пола с кариесом эмали в стадии белого меловидного пятна в возрасте от 18 до 25 лет. Пациенты после исходного обследования были разделены на три группы:

- 1 группа (n = 31) — пациенты, которым проведён инвазивный метод лечения начального кариеса при помощи композитных пломбировочных материалов (Estelite Sigma Quick Tokuyama Dental);
- 2 группа (n = 29) — пациенты, которым проведён инвазивный метод лечения начального кариеса при помощи стеклоиономерных пломбировочных материалов (СИЦ — Vitremer 3MESPE);
- 3 группа (n = 30) — пациенты, которым при лечении использовали микроинвазивный метод лечения начального кариеса при помощи методики инфльтрации (Icon DMG).

*Критерии включения пациентов в исследование:*

- кариес эмали в стадии белого меловидного пятна K02.0 по МКБ-10 постоянных зубов;
- пульпа, периодонт, пародонт и слизистая оболочка полости рта без патологических изменений.

*Критерии невключения пациентов в исследование:*

- соматические заболевания с декомпенсацией жизненно важных функций: дыхательная, сердечная, почечная недостаточность;
- аутоиммунные заболевания;
- онкологические заболевания;
- беременность, грудное вскармливание.

*Критерии исключения пациентов из обследования:*

- осложнения кариеса;
- несоблюдение кратности обследований, отказ от повторных посещений стоматолога;
- несоблюдение ежедневных гигиенических мероприятий;
- низкая гигиена полости рта.

На этапе включения пациентов в клиническое исследование проводили оценку состояния гигиены полости рта путём определения индекса ОНI-S [Green I.G. и Vermillion I.R., 1964]. Далее с помощью ультразвуковой техники и воздушно-абразивным способом осуществляли профессиональную гигиену полости рта. В начале исследования пациенты были обучены проведению ежедневных гигиенических мероприятий по стандартной методике (чистка зубов по Г.Н. Пахомову) с помощью традиционных средств гигиены. Контрольную чистку зубов осуществляли, как при первом посещении, так и при последующих, в сроки 4 недели, 8 недель, 6 месяцев, 12 месяцев после лечения.

При исходной оценке состояния полости рта у пациентов определяли индекс КПУз (зубов) и КПУп (поверхностей). С помощью витального окрашивания зубов 2 % водным раствором метиленового синего выявляли распространённость кариеса эмали и интенсивность окрашивания по методике Л.А. Аксамит (1978). Исходно с помощью бактериологического исследования рассчитывали степень обсеменённости жидкости зубодесневой борозды зуба, поражённого кариесом, кариесогенными бактериями *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanquis*, *Streptococcus salivarius*.

Далее в динамике наблюдения у пациентов трёх групп после окончания лечения в сроки 4 недели, 8 недель, 6 месяцев и 12 месяцев вновь определяли индексы ОНI-S, среднее число меловидных пятен, интенсивность окрашивания очагов деминерализации эмали, градиент изменения интенсивности окрашивания пятна в баллах, степень обсеменённости кариесогенными бактериями десневой жидкости около зуба, поражённого кариесом, проводили межгрупповой сравнительный анализ изменения показателей во времени.

В качестве положительного исхода лечения кариеса в стадии белого пятна считали исчезновение, либо стабилизацию процесса. Как рецидив заболевания рассматривали увеличение размера пятна или появление кариозной полости.

Все пациенты знакомились и подписывали информацию для пациента и информированное добровольное согласие. Проведение диссертационного исследования было одобрено Локальным независимым этическим комитетом при Ростовском государственном медицинском университете.

**Лабораторное исследование** диссертационной работы проводили на пяти удалённых зубах *ex vivo*. Пять моляров были удалены у пациентов по ортодонтическим показаниям в стоматологическом отделении клиники Ростовского государственного медицинского университета. Локальный независимый этический комитет

Ростовского государственного медицинского университета одобрил исследование, пациенты предоставили информированное согласие. Кариес в одинаковой стадии был обнаружен на образцах независимо двумя практикующими стоматологами согласно матрице классификации FDI World Dental Federation [Fisher J. et al., 2012].

*Критерии включения удаленных зубов в эксперимент* были следующими:

- наличие кариеса в стадии белого пятна,
- показания к использованию технологии Icon,
- возможность применения технологии Icon,
- зубы, удалённые по ортодонтическим показаниям.

*Критерии исключения зубов из эксперимента* заключались в следующем:

- зубы, имеющие полостной кариес,
- зубы, имеющие обширные пломбы,
- сильно разрушенные зубы,
- зубы имеющие дефекты твёрдых тканей, полученные в результате удаления.

*Подготовка образцов для исследований:*

Для исследования были взяты удаленные постоянные моляры человека в ортодонтических целях. После удаления образец выдерживали в 1 % растворе NaClO в течение 10 мин. Затем образец хранили в сбалансированном солевом растворе Хэнкса при 4 °С с гранулами тимола (Унифарм, Россия), добавленными для предотвращения роста грибков и с целью дезинфекции. Отношение тимола к раствору составляло 1 : 1000.

С помощью наноиндентирования, рентгеновской компьютерной микротомографии, а также атомно-силовой, оптической и сканирующей электронной микроскопии, рамановской спектроскопии определяли плотность минерализации, приведенный модуль Юнга, твердость индентирования, среднюю шероховатость, максимальную высоту шероховатости, структурные особенности (структура поверхности, молекулярный состав, ползучесть при индентировании) здоровых эмали и дентина, а также этих же тканей в окрестности около раннего кариеса на зубах человека.

Исследование проводили на компьютерном микротомографе (Xradia Versa 520, Carl Zeiss X-ray Microscopy, Inc., Плезантон, США). Реконструкцию проекций в трёхмерную модель осуществляли с помощью программного обеспечения «XRM Reconstructor 12.0.8086.19558 software» (Carl Zeiss AG, Оберкохен, Германия). Построение трёхмерных карт плотности минерализации для образца до и после воздействия дополняли наложением полученных трёхмерных карт друг на друга в программном обеспечении «VGSTUDIO MAX 3.4» (Volume Graphics GmbH, Гейдельберг, Германия). Оптический стереомикроскоп по схеме Грену (Stemi 305, Zeiss, КНР) с цветной видеокамерой (AxioCam 105, Zeiss, Германия) использовали для визуального наблюдения участков, поражённых кариесом на подготовленном зубе в отражённом свете. Исследование распределения механических свойств по

глубине кариозной области проводили с помощью установки для наноиндентирования (NanoTest 600 Platform 3, Micro Materials, Великобритания).

Далее практикующий стоматолог *ex vivo* осуществлял лечение кариеса в стадии меловидного пятна на разных зубах с помощью светоотверждаемого рентгенконтрастного композитного материала «Estelite» (Tokuyama dental, Япония), стеклоиономерного цемента «Vitremer» (3M ESPE, США), а также препарата «Icon» (DMG Chemisch-Pharmazeutische, Германия).

По окончании лечения сравнивали эффективность восстановления плотности минерализации участков эмали и дентина с помощью повторного проведения микро-КТ.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Среди общего числа пациентов мужчин и женщин было поровну — по 45 (50 %) человек. В 1 группе соотношение пациентов мужского и женского пола было: 54,8 % и 45,2 %, во 2 группе 41,4 % и 58,6 % и в 3 группе 53,3 % и 46,7 %, соответственно. Средний возраст пациентов в 1 группе соответствовал  $20,8 \pm 1,4$  лет, во 2 группе —  $21,0 \pm 1,3$  лет и в 3 группе —  $20,5 \pm 1,5$  лет. Различия по полу и возрасту у пациентов трёх групп отсутствовали ( $p > 0,05$ ).

Исходный кариесогенный и гигиенический стоматологический статус пациентов трёх групп, характеристики изучаемого заболевания, не различались до лечения. Это позволило оценить клиническую эффективность различных подходов к лечению в проспективном направлении.

В качестве раннего положительного исхода лечения считали исчезновение пятна, либо стабилизацию процесса.

По мере наблюдения за пациентами от 4 нед. до 8 нед. число положительных исходов лечения кариеса в начальной стадии повышалось: в 1 группе с 38,7 до 61,3 %, во 2 группе — с 51,7 до 79,3 %, в 3 группе — с 43,3 до 66,7 % (таблица 1).

Частота благоприятных исходов через 4 и 8 недель после окончания лечения в трёх группах статистически значимо не различалась как при множественном, так и при попарном сравнении ( $p > 0,05$ ).

Таблица 1 — Частота положительных исходов лечения кариеса в стадии белого пятна у больных трёх групп на раннем этапе наблюдения

Этапы	1 группа, n = 31		2 группа, n = 29		3 группа, n = 30		p
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
4 недели	12	38,7	15	51,7	13	43,3	$p_{1-2} = 0,45$ ; $p_{1-3} = 0,92$ ; $p_{2-3} = 0,52$ ; $p_{\text{МН}} = 0,59$
8 недель	19	61,3	23	79,3	20	66,7	$p_{1-2} = 0,21$ ; $p_{1-3} = 0,86$ ; $p_{2-3} = 0,42$ ; $p_{\text{МН}} = 0,30$

Примечание:  $p_{\text{МН}}$  — доверительная вероятность сравнения долей в трех группах,  $p_{1-2}, 1-3, 2-3$  — попарное сравнение между соответствующими группами.

Через 4 и 8 недель после лечения число пятен с низкой степенью окрашивания было наибольшим во 2 группе и в меньшем количестве встречалось в 1 группе (рисунок 1а). В 1 группе по сравнению со 2 и 3 группами число пятен со средней степенью окрашивания было выше (рисунок 1б). Межгрупповое множественное различие числа пятен на эмали зубов с различной степенью окрашивания через 4 и 8 недель после лечения было статистически значимым и в основном выражалось в снижении кислотоустойчивости эмали с более высоким её прокрашиванием в 1 группе по сравнению со 2 и 3 группами пациентов.

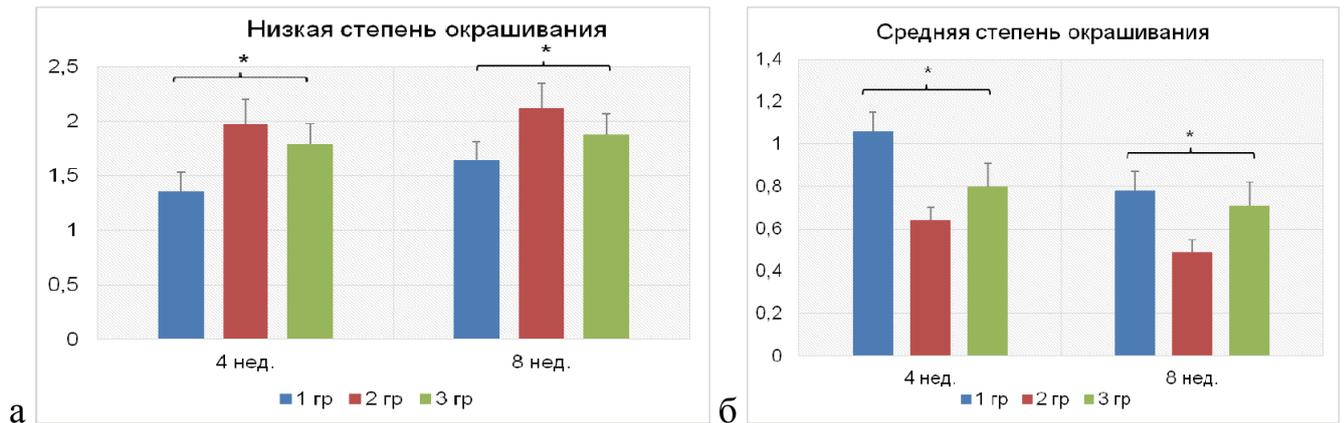


Рисунок 1 — Число меловидных пятен с низкой (а) и средней (б) степенью окрашивания в трёх группах пациентов через 4 и 8 недель после лечения (абс.). Здесь и в рис. 2, 4, 5: \* — статистически значимое различие между группами при  $p < 0,05$

В динамике на раннем этапе наблюдения интенсивность окрашивания эмали в области меловидного пятна прогрессивно снижалась по сравнению с исходными величинами во всех трёх группах (таблица 2). Однако, во 2 и 3 группах интенсивность окрашивания эмали в зоне белого пятна была статистически значимо ниже по сравнению с пациентами 1 группы, что привело к множественному различию между тремя группами (таблица 2).

Таблица 2 — Изменение интенсивности окрашивания эмали в области меловидного пятна на раннем этапе наблюдения ( $M \pm m$ ), баллы

Этапы	1 группа	2 группа	3 группа	p
Исходно	$4,44 \pm 0,24$	$4,56 \pm 0,31$	$4,62 \pm 0,28$	$p_{1-2} = 0,89$ ; $p_{1-3} = 0,75$ ; $p_{2-3} = 0,91$ ; $p_{\text{МН}} = 0,84$
4 недели	$2,85 \pm 0,16^*$	$2,54 \pm 0,14^*$	$2,55 \pm 0,19^*$	$p_{1-2} = 0,039$ ; $p_{1-3} = 0,049$ ; $p_{2-3} = 0,98$ ; $p_{\text{МН}} = 0,046$
8 недель	$2,39 \pm 0,17^*$	$1,82 \pm 0,14^*$	$1,86 \pm 0,17^*$	$p_{1-2} = 0,035$ ; $p_{1-3} = 0,042$ ; $p_{2-3} = 0,96$ ; $p_{\text{МН}} = 0,041$

Примечание:  $p_{\text{МН}}$  — доверительная вероятность сравнения показателя в трёх группах,  $p_{1-2}$ ,  $p_{1-3}$ ,  $p_{2-3}$  — попарное сравнение между соответствующими группами, \* — статистически значимые различия по сравнению с исходными показателями при  $p < 0,05$ .

Следовательно, кислотоустойчивость эмали в зоне меловидного пятна при лечении начального кариеса во 2 и 3 группах была выше, чем у пациентов 1 группы.

Низкие значения индекса гигиены ОНI-S у пациентов всех трёх групп через 4 и 8 недель после лечения свидетельствовали о хорошем гигиеническом статусе пациентов, их мотивированности в выполнении ежедневных гигиенических манипуляций.

Проведенное лечение привело к снижению содержания микроорганизмов *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis* и *Streptococcus salivarius* в десневой жидкости у всех пациентов ( $p < 0,05$ ). Через 8 недель после лечения межгрупповое различие количества микроорганизмов в десневой жидкости было установлено только для *Streptococcus mutans* ( $p < 0,05$ ). Количество *Streptococcus mutans* в десневой жидкости на раннем этапе наблюдения было выше у пациентов в 1 группе по сравнению со 2 и 3 группой (рисунок 2).

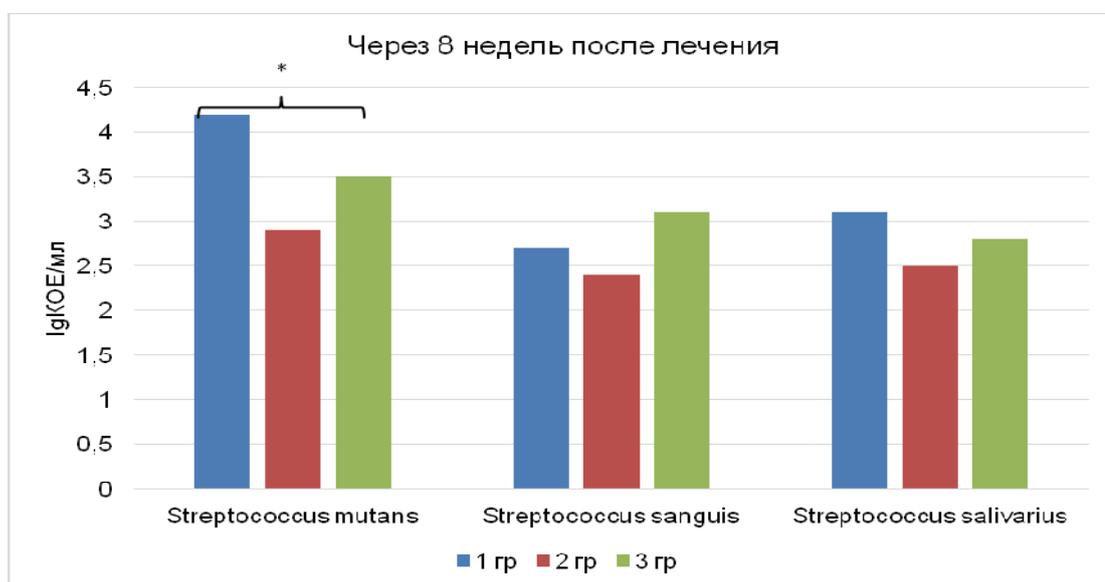


Рисунок 2 — Количественное содержание микроорганизмов в десневой жидкости у пациентов трёх групп через 8 недель после лечения

Отдалённую клиническую эффективность инвазивного и микроинвазивного методов лечения кариеса в стадии меловидного пятна оценивали через 6 и 12 месяцев после лечения. Число благоприятных результатов лечения было максимальным во 2 группе как через 6 месяцев (86,2%), так и через 12 месяцев (93,1%) после лечения.

Через 6 месяцев частота положительных исходов лечения кариеса в стадии меловидного пятна была статистически значимо выше во 2 группе по сравнению с 1 группой (86,2% против 64,5%,  $p = 0,05$ ), а через 12 месяцев — по сравнению с 1 (93,1% против 61,3%,  $p = 0,009$ ) и 3 группой (93,1% против 73,3%,  $p = 0,043$ ). Таким образом, инвазивный метод лечения начального кариеса при помощи стеклоиономерных пломбировочных материалов по частоте положительных исходов лечения был эффективнее в отдалённый период по сравнению с инвазивным лечением при помощи композитных пломбировочных материалов и микроинвазивным методом инфильтрации.

По окончании наблюдения за пациентами через 12 месяцев окончательные исходы лечения кариеса в стадии меловидного пятна представлены в таблице 3. Исчезновение пятна чаще наблюдали во 2 группе (65,5 %), сокращение размера пятна — в 3 группе (63,3 %). Появление кариозной полости, увеличение размера пятна, рассматриваемое как рецидив заболевания, чаще встречалось в 1 группе при инвазивном методе лечения с помощью композитных пломбировочных материалов (38,7 %). Рецидив кариеса реже наблюдали во 2 группе (6,9 %). В 3 группе усугубление кариозного процесса имело место в 26,7 % случаев. Частота рецидива кариеса в 1 и 3 группах статистически значимо не различалась (38,7 % против 26,7 %,  $p = 0,46$ ).

Таблица 3 — Частота окончательных исходов лечения кариеса в стадии меловидного пятна у больных трёх групп через 12 месяцев после лечения

Результаты	1 группа, n = 31		2 группа, n = 29		3 группа, n = 30		p
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
Исчезновение пятна	4	12,9	19	65,5	2	6,7	$p_{1-2} = 0,0001$ ; $p_{1-3} = 0,69$ ; $p_{2-3} < 0,0001$ ; $p_{MN} < 0,0001$
Сокращение размера пятна	7	22,6	5	17,2	19	63,3	$p_{1-2} = 0,85$ ; $p_{1-3} = 0,003$ ; $p_{2-3} = 0,0008$ ; $p_{MN} = 0,0002$
Стабилизация процесса	8	25,8	3	10,3	1	3,3	$p_{1-2} = 0,22$ ; $p_{1-3} = 0,035$ ; $p_{2-3} = 0,58$ ; $p_{MN} = 0,03$
Появление кариозной полости, увеличение размера пятна	12	38,7	2	6,9	8	26,7	$p_{1-2} = 0,009$ ; $p_{1-3} = 0,46$ ; $p_{2-3} = 0,043$ ; $p_{MN} = 0,016$

При сравнении количества пятен с различной степенью окрашивания в трёх группах через 6 и 12 месяцев после лечения было установлено, что число пятен с низкой степенью окрашивания было наибольшим во 2 группе и в меньшем количестве встречалось в 1 группе (рисунок 3а). В 1 группе по сравнению со 2 и 3 группами число пятен со средней степенью окрашивания было выше (рисунок 3б).

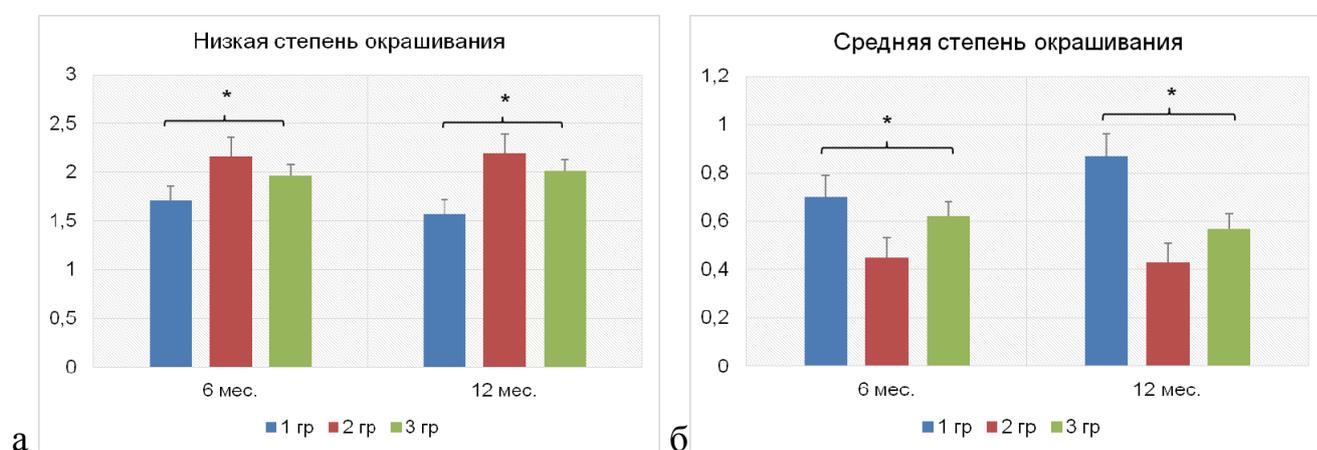


Рисунок 3 — Число меловидных пятен с низкой (а) и средней (б) степенью окрашивания в трёх группах пациентов через 6 и 12 месяцев после лечения (абс.)

Через 6 месяцев во 2 и 3 группах интенсивность окрашивания эмали в зоне меловидного пятна была статистически значимо ниже по сравнению с пациентами 1 группы, что привело к множественному различию между тремя группами (таблица 4). Через 12 месяцев интенсивность окрашивания эмали в области меловидного пятна в трёх группах не различалась.

Таблица 4 — Изменение интенсивности окрашивания эмали в области меловидного пятна на отдалённом этапе наблюдения ( $M \pm m$ ), балл

Этапы	1 группа	2 группа	3 группа	p
Исходно	4,44 ± 0,24	4,56 ± 0,31	4,62 ± 0,28	$p_{1-2} = 0,89$ ; $p_{1-3} = 0,75$ ; $p_{2-3} = 0,91$ ; $p_{MH} = 0,84$
6 месяцев	1,28 ± 0,10*	1,03 ± 0,08*	1,04 ± 0,07*	$p_{1-2} = 0,047$ ; $p_{1-3} = 0,045$ ; $p_{2-3} = 0,99$ ; $p_{MH} = 0,049$
12 месяцев	1,25 ± 0,11*	1,31 ± 0,12*	1,36 ± 0,16*	$p_{1-2} = 0,57$ ; $p_{1-3} = 0,64$ ; $p_{2-3} = 0,87$ ; $p_{MH} = 0,62$
Примечание: $p_{MH}$ — доверительная вероятность сравнения показателя в трех группах, $p_{1-2, 1-3, 2-3}$ — попарное сравнение между соответствующими группами, * — статистически значимые различия по сравнению с исходными показателями при $p < 0,05$ .				

Через 6 месяцев после лечения межгрупповое различие количества микроорганизмов в десневой жидкости было установлено только для *Streptococcus mutans* ( $p < 0,05$ ). Количество *Streptococcus mutans* в десневой жидкости на этом этапе наблюдения было выше у пациентов в 1 группе по сравнению со 2 и 3 группой. Через 12 месяцев кариесогенные бактерии в десневой жидкости в 1 и 3 группах по сравнению со 2 группой накапливались в более высокой концентрации. Обсеменённость жидкости зубодесневого желобка зуба, поражённого кариесом, была ниже во 2 группе для все изучаемых бактерий: *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis* и *Streptococcus salivarius*.

Таким образом, отдалённая эффективность лечения меловидных пятен выше во 2 группе как через 6, так и 12 месяцев. Инвазивный метод лечения начального кариеса при помощи стеклоиономерных пломбировочных материалов по частоте положительных исходов лечения был эффективнее по сравнению с инвазивным лечением при помощи композитных пломбировочных материалов и микроинвазивным методом инфильтрации. Исчезновение пятна чаще наблюдали во 2 группе, сокращение размера пятна — в 3 группе. Рецидив заболевания чаще встречался в 1 группе при инвазивном методе лечения с помощью композитных пломбировочных материалов.

В лабораторных исследованиях совместное использование компьютерной микротомографии и наноиндентирования позволило получить комплексную характеристику изменений минеральной плотности, приведенного модуля Юнга и

твёрдости при вдавливании эмали в области кариеса и в здоровом локусе дентина, граничащего с кариесом и в здоровом дентине.

В случае алюминиево-медного фильтра относительное отклонение минеральной плотности эмали в области кариеса по сравнению со здоровой эмалью составляло 5 % ( $p > 0,05$ ), а в областях дентина, примыкающих к этим двум локусам, различие соответствовало 0,3 % ( $p > 0,05$ ). В случае медного фильтра толщиной 0,1 мм относительное отклонение минеральной плотности эмали в области кариеса от здоровой эмали также составляло 5 % ( $p > 0,05$ ), а различие плотности изучаемых участков дентина не превышало 1,3 % ( $p > 0,05$ ). Незначительное отклонение минеральной плотности эмали в изучаемых областях свидетельствовало о том, что кариес в стадии белого пятна в исследуемых зубах находился на самой ранней стадии своего развития. В зоне кариеса эмали относительно здоровой эмали выявлено снижение модуля Юнга на 38,05 % ( $p < 0,05$ ) и твёрдости при вдавливании — на 42,5 % ( $p < 0,05$ ). Относительное отклонение тех же параметров для дентина, граничащего с областью кариеса, по отношению к здоровому дентину, составило 54,96 % ( $p < 0,05$ ) и 35,29 % ( $p < 0,05$ ), соответственно. Итак, при отсутствии снижения минеральной плотности дентина, граничащего с кариесом эмали, её механические свойства изменялись ощутимо, что свидетельствовало о нарушении механизма резистентности к нагрузкам, вызванным начальной потерей минералов.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что начальная деминерализация, вызванная кариесом на ранних стадиях его развития, существенно влияет на механические свойства как эмали, так и граничащего с ней дентина.

Далее особенности распределения механических свойств от пульпы до дентиноэмалевой границы проводили с помощью установки для наноиндентирования по различным направлениям: в здоровой части дентина, граничащей с кариесом и в области поражения кариесом. В области кариеса наблюдалось резкое падение значений модуля упругости и твёрдости от пульпы до дентиноэмалевой границы. В первой половине сегмента дентин слабо поражён кариозным процессом, но механизм сопротивления нагрузке уже сильно нарушен. На границе с повреждением эмали кариесом наблюдалось постепенное уменьшение значений, как механических свойств, так и плотности от пульпы до дентиноэмалевой границы.

Композитная пломба не повлияла на плотность граничащего с областью патологической эмали дентина. В объёме композитной пломбы обнаружено около десятка сферических пустот с диаметрами от 0,02 мм до 0,06 мм. Плотность пломбы из стеклоиономерного цемента ниже прочности пломбы из композитного материала. С точки зрения прочности, пломбы из стеклоиономерного цемента имели крупные включения с низкой плотностью, наблюдаемые с некоторой периодичностью по всей её глубине. Срез самого крупного из них имел диаметр около 0,39 мм (рисунок 4).

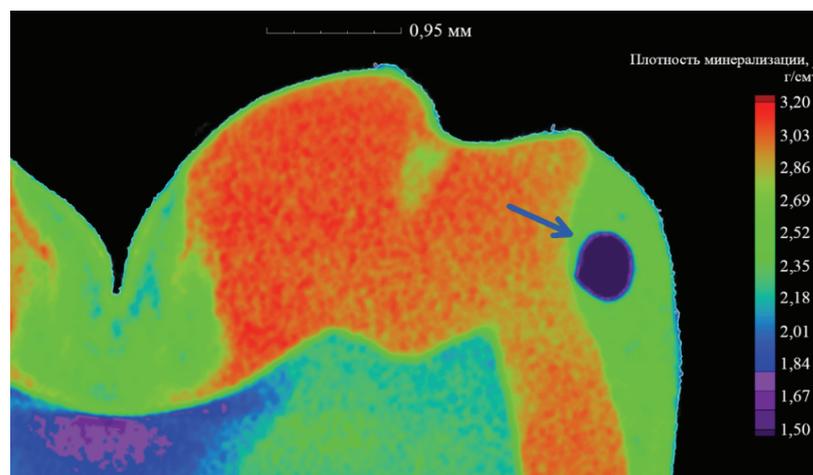


Рисунок 4 — Наиболее крупное включение в пломбе стеклоиономерного цемента с низкой плотностью (показано синей стрелкой)

Пломбы из стеклоиономерного цемента не повлияли ( $p > 0,05$ ) на плотность граничащего с областью патологической эмали дентина. Плотность минерализации здоровой эмали оставалась практически одинаковой до и после стоматологического вмешательства с использованием стеклоиономерного цемента. Благодаря этой пломбе окрестности пролеченной области насыщались ионами фтора, которые высвобождались из пломбы в окружающие ткани.

Инфильтрант не оказал существенного влияния на дентин, граничащий с патологической эмалью. После воздействия инфильтрантом, обращал на себя внимание факт снижения плотности патологической эмали на 5 % и здоровой эмали на 4,5 %, процедура практически не оказала влияния на здоровый дентин. Кислота удалила около 0,04 мм приповерхностного реминерализированного слоя.

При лечении *ex vivo* с помощью инфильтрантов ни в одном из рассмотренных случаев плотность модифицированной эмали не восстановилась до природных значений (рисунок 5). Предположительно подобный эффект был связан с тем, что *ex vivo* схема проведения эксперимента не предполагала реминерализации повреждённых кислотой тканей, как это было бы в полости рта пациента; современные инфильтранты не нацелены на восстановление естественного химического состава кристаллов гидроксиапатита [Ёгина Д.В., Садырин Е.В. и др., 2021].

Если сравнивать эффективность восстановления плотности минерализации участка эмали с помощью пломбировочных материалов, композит выглядел предпочтительнее стеклоиономерного цемента. Тем более, что поверхность композитных материалов, как правило, имеет меньшую шероховатость по сравнению со стеклоиономерным цементом, что уменьшает адгезию бактерий к поверхности пломбы [Carlen A. et al., 2001]. При этом на практике применение стеклоиономерного цемента, позволяющего проводить высвобождение ионов фтора, всё же имеет смысл при существенном недостатке фтора в тканях зуба пациента для долгосрочной профилактики кариеса [Sajjad A. et al., 2019].

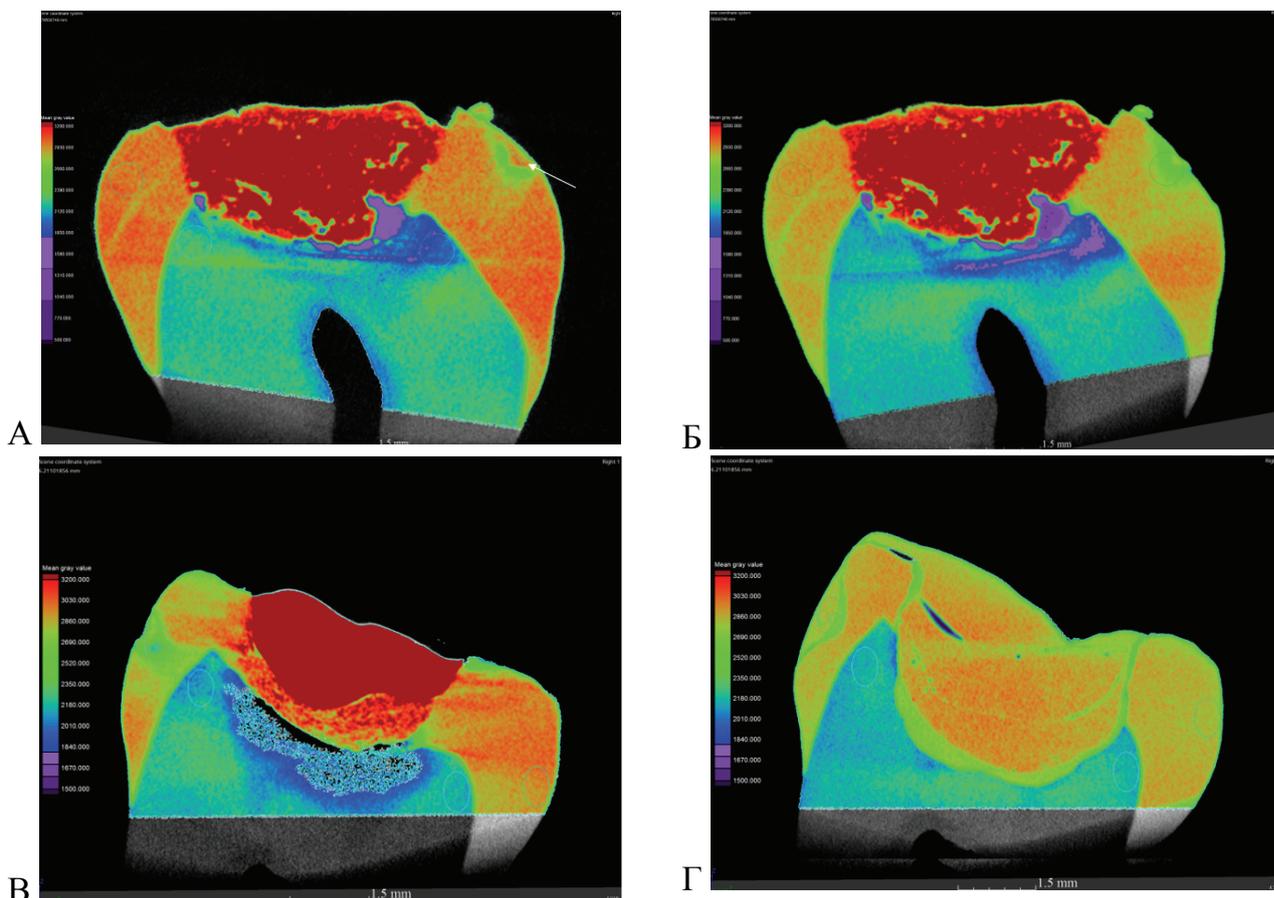


Рисунок 5 — Образцы зубов до и после лечения инфильтрантом: А — образец зуба 1.8 до лечения. Стрелка указывает на упрочнённый слой; Б — образец зуба 1.8 после лечения. Видна редукция упрочнённого слоя; В — образец зуба 2.8 до лечения; Г — образец зуба 2.8 после лечения

Техника инфильтрации представляет собой наиболее сложную методику с точки зрения лечения пациента. Если участки кариеса залегают неглубоко, стоматолог может идентифицировать их визуально, провести лечение без удаления естественной эмали, при этом искусственно «достраивая» частично растворённые кристаллы гидроксиапатита, тем самым останавливая кариес. В приповерхностной зоне инфильтрант способен восстановить значение микротвёрдости эмали до значений, близких к природным. Однако это справедливо лишь для небольшой глубины деминерализованного участка. Кроме того, в случае одного из трёх образцов был зафиксирован рост значения плотности минерализации дентина в окрестности поражённой эмали, что свидетельствовало о высоком потенциале инфильтранта в заполнении микротрещин дентина. Однако, существует риск повреждения тканей зуба кислотой, использование которой принципиально при данной методике. На примере одного из образцов мы отчётливо увидели пример такого повреждения. В целом, техника инфильтрации имеет хороший потенциал, однако эффективность её использования зависит от различных факторов (вид кариозного поражения, глубина, а также навыков стоматолога).

Итак, пломба из композитного материала с точки зрения плотности очень близка к природной эмали в противовес стеклоиономерному цементу. В отличие от последнего, композитный материал показал малое число артефактов внутренней структуры. При исследовании воздействия на ткани зуба инфильтранта было обнаружено сильное негативное влияние кислоты на плотность тканей зуба, в том числе вне области очага кариеса. Техника инфильтрации показала себя многообещающей, однако, наиболее сложной и требующей значительного опыта от практикующего стоматолога.

## ВЫВОДЫ

1. В области белого пятна и дентина, граничащего с кариесом, по сравнению со здоровыми тканями зуба происходит нарушение механизма резистентности к механическим нагрузкам на фоне незначительной тенденции к снижению ( $p > 0,05$ ) минеральной плотности эмали: твёрдость индентирования и приведенный модуль упругости Юнга патологической эмали снижается ( $p < 0,05$ ) на 42 % и 35 %, а смежного с кариесом дентина на 38 % и 55 %, соответственно.

2. В области дентина на границе с кариозным процессом механизм механического сопротивления нагрузке зависит от расстояния от белого пятна: наблюдается резкое падение значений модуля упругости и твёрдости индентирования в направлении от пульпы до дентиноэмалевой границы.

3. Композитная пломба и пломба из стеклоиономерного цемента не оказывают влияния на минеральную плотность дентина, граничащего с патологической эмалью. Плотность пломбы из стеклоиономерного цемента ниже плотности пломбы из композитного материала и содержит артефакты внутренней структуры. После воздействия инфильтрантом наблюдается снижение плотности патологической эмали и здоровой эмали с отсутствием изменений в области здорового дентина.

4. В течение двух месяцев после лечения кариеса начальной стадии при инвазивной терапии стеклоиономерным цементом и инфильтративной терапии по сравнению с инвазивной терапией композитными материалами установлены клинические преимущества: кислотоустойчивость эмали в зоне меловидного пятна выше, обсемененность *Streptococcus mutans* десневой жидкости около зуба, поражённого кариесом, ниже.

5. Отдалённая эффективность лечения кариеса в стадии белого пятна по частоте положительных исходов лечения, кислотоустойчивости эмали, снижению количества кариесогенных бактерий в десневой жидкости выше при использовании инвазивного метода лечения стеклоиономерными пломбировочными материалами по сравнению с композитными пломбировочными материалами и микроинвазивным методом инфильтрации. Рецидив заболевания чаще ( $p < 0,05$ ) встречался при инвазивном методе лечения с помощью композитных пломбировочных материалов (38,7 %) и реже при инфильтративной терапии (26,7 %) и использовании стеклоиономерного цемента (6,9 %).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы в клиническую стоматологическую практику внедряется концепция минимально-инвазивных вмешательств, преимуществом которой является щадящий подход к иссечению тканей зуба и сочетание профилактического и лечебного аспекта [Садырин Е.В., Ёгина Д.В. и др., 2021]. Проведенное клинико-лабораторное исследование направлено на оценку эффективности современных подходов к лечению кариеса.

Клиническое исследование показало, что инвазивный метод лечения начального кариеса при помощи стеклоиономерных пломбировочных материалов по частоте положительных исходов лечения был эффективнее по сравнению с инвазивным лечением при помощи композитных пломбировочных материалов и микроинвазивным методом инфильтрации. Рецидив заболевания чаще встречался в 1-й группе при инвазивном методе лечения с помощью композитных пломбировочных материалов. Сравнительный анализ количества пятен с различной степенью окрашивания в трёх группах через 6 и 12 месяцев после лечения позволил установить, что кислотоустойчивость эмали была выше во 2-й группе при использовании СИЦ и снижалась в 1-й группе при инвазивном лечении композитными материалами.

Лабораторную исследование проводили на пяти удаленных зубах *ex vivo*. Оценивали эффективность восстановления плотности минерализации участков эмали и дентина с помощью проведения микро-КТ.

Было обнаружено, что пломба из композитного материала с точки зрения плотности очень близка к природной эмали в противовес стеклоиономерному цементу [Ёгина Д.В., Максюков С.Ю., 2023]. В отличие от последнего, композитный материал показал малое количество артефактов внутренней структуры [Ёгина Д.В., Максюков С.Ю., 2023].

При исследовании воздействия на ткани зуба инфильтранта, было обнаружено сильное негативное влияние кислоты на плотность тканей зуба, в том числе вне области очага кариеса.

При исследовании ранней и поздней клинической эффективности лечения кариеса в стадии белого пятна наиболее высокие результаты были установлены для инвазивного способа лечения с использованием стеклоиономерного цемента.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

В работе проведена оценка влияния стоматологических препаратов на плотность минерализации патологических тканей зуба и граничащих с кариесом областей. Проведено *ex vivo* сопоставление плотностей минерализации патологических и модифицированных инфильтрантом тканей зуба в области раннего кариеса, а также стеклоиономерного цемента и композитного материала, заменивших данные ткани.

При исследовании воздействия на ткани зуба инфильтранта, было обнаружено сильное негативное влияние кислоты на плотность тканей зуба, в том числе вне области очага кариеса. Снижение кислотоустойчивости эмали при использовании инфильтративной микроинвазивной терапии является негативным фактором, не позволяющим рекомендовать данный щадящий способ лечения раннего кариеса как самый приемлемый в изучаемой клинической ситуации. Предположительно, в ходе реминерализации тканей зуба в полости рта пациента подобные повреждения могут быть со временем нивелированы. Однако данное направление требует дальнейшего изучения.

При исследовании ранней и поздней клинической эффективности лечения кариеса в стадии белого пятна наиболее высокие результаты были установлены для инвазивного способа лечения с использованием стеклоиономерного цемента.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. При лечении кариеса зубов в стадии белого пятна рекомендуется использование инвазивной терапии стеклоиономерными пломбировочными материалами.
2. При лечении кариеса в стадии белого пятна с помощью инфильтративной терапии показана реминерализация повреждённых кислотой тканей.
3. Установленные нарушения механического сопротивления нагрузке в области дентина, граничащего с кариесом, рекомендуется использовать как аргумент для лечения кариеса в стадии белого пятна для профилактики дальнейшего повреждения дентина.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Публикации в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных Перечнями ВАК РФ:**

1. Максюков, С.Ю. Клинико-лабораторные исследования эффективности неинвазивного метода лечения кариеса в стадии белого меловидного пятна технологией Icon / С.Ю. Максюков, **Д.В. Ёгина**, Д.С. Максюков // *Стоматология для всех*. — 2021. — Т. 3, № 96. — С. 32–37. (К2)
2. Клинико-лабораторная оценка эффективности использования пломб из стеклоиономерного цемента и композита при инвазивном методе лечения кариеса зубов / **Д.В. Ёгина**, С.Ю. Максюков, О.Н. Рисованная, С.И. Рисованный // *Главный врач Юга России*. — 2023. — Т. 3, № 89. — С. 19–21. (К3)
3. **Ёгина, Д.В.** Механические свойства эмали и дентина зуба после травления лимонной кислотой с различной концентрацией с помощью наноиндентирования / Д.В. Ёгина, С.Ю. Максюков, И.Б. Нектаревская // *Стоматология для всех*. — 2023. — Т. 2, № 64. — С. 12–15. (К2)

**Публикации в изданиях, включенных в международные базы цитирования WoS и Scopus:**

4. Surface microgeometry of human enamel white spot lesion and bordering dentine in comparison to the sound counterparts / E.V. Sadyrin, E.G. Droган, **D.V. Yogina**, M.V. Swain, S.Yu. Maksyukov // Physics and mechanics of new materials and their applications (PHENMA 2019) / edit. I. Parinov, B.T. Long, N.T.H. Minh, N.D. Toan, S.H. Chang. — 2019. — P. 275–276.

5. Nanoindentation derived mechanical properties of human enamel and dentine subjected to etching with different concentrations of citric acid / E.A. Kislyakov, R.V. Karotkiyan, E.V. Sadyrin, B.I. Mitrin, **D.V. Yogina**, A.V. Kheygetyan, S.Y. Maksyukov // Advanced Structured Materials. — 2020. — Vol. 136. — P. 75–83.

6. Characterization of enamel and dentine about a white spot lesion: mechanical properties, mineral density, microstructure and molecular composition / E. Sadyrin, M. Swain, B. Mitrin, A. Nikolaev, V. Irkha, S. Aizikovich, I. Rzhepa-kovsky, **D. Yogina**, S. Maksyukov, N. Lyanguzov // Nanomaterials. — 2020. — Vol. 10, N 9. — P. 1–17.

7. Chapter 8. Influence of citric acid concentration and etching time on enamel surface roughness of prepared human tooth: in vitro study / E.V. Sadyrin, E.A. Kislyakov, R.V. Karotkiyan, **D.V. Yogina**, E.G. Droган, M.V. Swain, S.Yu. Maksyukov, A.L. Nikolaev, S.M. Aizikovich // Plasticity, Damage and Fracture in Advanced Materials, Advanced Structured Materials. — 2020. — Vol. 121. — P. 135–150.

8. Preliminary study of distribution of mechanical properties and mineral density by depth of liquid saturated carious dentine / E.V. Sadyrin, B.I. Mitrin, **D.V. Yogina**, M.V. Swain // IOP Conference Series: materials Science and Engineering. 16. Ser. "Dynamics of Technical Systems, DTS 2020". — 2021. — P. 012056.

9. Efficacy of dental materials in terms of apparent mineral density restoration: composite resin, glass ionomer cement and infiltrant / E.V. Sadyrin, M.V. Swain, S.Yu. Maksyukov, A.S. Vasiliev, **D.V. Yogina** // Composites Part C: Open Access. — 2021. — Vol. 6. — P. 100192.

10. Оценка плотности и микрогеометрических характеристик пломб из стеклоиономерного цемента и композитного материала: биомеханическое ex vivo исследование / Е.В. Садырин, **Д.В. Ёгина**, С.С. Волков, С.М. Айзикович // Российский журнал биомеханики. — 2022. — Т. 26, № 2. — С. 67–73.

11. Оценка влияния кариеса в стадии белого пятна на механические свойства эмали и дентина зуба человека / Е.В. Садырин, **Д.В. Ёгина**, А.С. Васильев, С.М. Айзикович // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. — 2022. — Т. 22, № 3. — С. 346–359.

**В других изданиях:**

12. Зависимость шероховатости поверхности эмали подготовленного образца зуба человека от концентрации лимонной кислоты и времени травления: in vitro исследование / Е.В. Садырин, Е.А. Кисляков, Р.В. Кароткиян, **Д.В. Ёгина**, Е.Г. Дроган, М. Свейн, С.Ю. Максьюков, А.Л. Николаев // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : тезисы докладов XV Всероссийской школы (с. Дивноморское, 27–31 мая 2019 г.). — Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. — С. 121.

13. Исследование плотности минерализации и механических свойств кариеса эмали зуба человека в стадии белого пятна с помощью компьютерного микротомографа и наноиндентометра / Е.В. Садырин, Б.И. Митрин, И.В. Ржепаковский, **Д.В. Ёгина**, М. Свейн, С.Ю. Максюков // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : тезисы докладов XV Всероссийской школы (с. Дивноморское, 27–31 мая 2019 г.). — Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. — С. 122.

14. Influence of citric acid concentration and etching time on enamel surface roughness of prepared human tooth: in vitro study / E.V. Sadyrin, E.A. Kislyakov, R.V. Karotkiyan, **D.V. Yogina**, E.G. Drogan, M.V. Swain, S.Yu. Maksyukov, A.L. Nikolaev, S.M. Aizikovich // Plasticity, damage and fracture in advanced materials, advanced structured materials. — 2020. — Vol. 121. — P. 135–150.

15. **Ёгина, Д.В.** Оценка эффективности восстановления плотности минерализации эмали стоматологическими материалами с помощью компьютерной рентгеновской микротомографии / Д.В. Ёгина, Е.В. Садырин // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : тезисы докладов XV Всероссийской школы (с. Дивноморское, 26–31 мая 2021 г.). — Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. — С. 51.

16. Оценка прочностных характеристик здоровых и патологических твёрдых тканей зуба / Е.В. Садырин, **Д.В. Ёгина**, М.В. Свейн, С.М. Айзикович // Всероссийская конференция молодых ученых-механиков YSM-2021, посвященная 60-летию первого полета человека в космос: тезисы докладов 3-12 сентября 2021 г., Сочи. — Москва : Издательство Московского университета, 2021. — С. 124.

17. **Ёгина, Д.В.** Исследование неинвазивного метода лечения кариеса в стадии белого меловидного пятна, методом Infiltration Concept / Д.В. Ёгина, Е.В. Садырин // 8-я итоговая научная сессия молодых учёных РостГМУ: сборник материалов. — Ростов-на-Дону, 2021. — С. 66–67.

18. Nanoindentation and atomic force microscopy derived mechanical and microgeometrical properties of tooth root cementum / E. Sadyrin, V. Lapitskaya, T. Kuznetsova, **D.V. Yogina**, S. Maksyukov, S. Aizikovich // Micro. — 2022. — Vol. 2, N 4. — P. 575–588.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ОНИ-S — упрощенный индекс гигиены полости рта (Oral Hygiene Indices — Simplified)

VSL — индекс очаговой деминерализации

КПУ — индекс, количество кариозных очагов (К), пломбированных (П) и удаленных (У) зубных единиц

Микро-КТ — компьютерная микротомография

СБП — кариес в стадии белого пятна

СИЦ — стеклоиномерный цемент