

**Воейкова Ольга Вячеславовна**

**ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СВЕТОТВЕРЖДАЕМОГО  
ПОЛИМЕРА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СЪЕМНЫХ ОРТОДОНТИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ У ДЕТЕЙ**

14.01.14 – «Стоматология» (медицинские науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени**

**кандидата медицинских наук**

**Москва – 2021**

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре стоматологии детского возраста и ортодонтии.

**Научный руководитель: Косырева Тамара Федоровна**, доктор медицинских наук, профессор, ФГАОУ ВО «РУДН», заведующая кафедрой стоматологии детского возраста и ортодонтии

**Научный консультант: Воропаева Елена Александровна**, доктор биологических наук, доцент, ФБУН МНИИЭМ им. Г.Н. Габричевского Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

**Официальные оппоненты:**

Арсенина Ольга Ивановна, заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, врач высшей категории, заведующая ортодонтическим отделением ФГБУ НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ» МЗ РФ;

Дубова Любовь Валерьевна, заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой ортопедической стоматологии ФГБОУ ВО «МГМСУ имени А. И. Евдокимова» Минздрава России;

**Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

(ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (119991, г. Москва, Трубецкая, д. 8, стр. 2).

Защита диссертации состоится «24» ноября 2021 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета ПДС 0300.007 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале УНИБЦ (Научная библиотека) ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Автореферат разослан «23» октября 2021г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета ПДС 0300.007  
кандидат медицинских наук

Душина Галина Николаевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Известно, что коррекция зубочелюстных аномалий и деформаций в детском возрасте осуществляется съёмными ортодонтическими пластинками на основе акрилатов в основном импортного производства, которые часто ломаются и провоцируют в полости рта аллергические и воспалительные реакции. В связи с этим улучшению биосовместимости и физико-механических прочностных свойств материалов для внутриротовых ортодонтических конструкций должно уделяться особое внимание. В клинике ортодонтии требуется совершенствование помощи детям с зубочелюстными аномалиями путем применения новых отечественных материалов и технологий изготовления ортодонтических устройств, так как аппараты из акриловых пластмасс холодной полимеризации часто провоцируют аллергические реакции на слизистой рта и могут быть цитотоксичными. Они могут проявлять прямое или опосредованное иными механизмами поражение внутриклеточных структур в различной степени, причем независимо от типа горячей или холодной полимеризации из-за выделения метилметакрилатов. Новый современный отечественный стоматологический наноструктурный светоотверждаемый материал «Нолатек» (РФ) благодаря своим физико-химическим свойствам нетоксичен, обладает достаточной прочностью и биоинертностью. Материал прост в использовании, позволяет на стоматологическом приеме совершить починку и перебазировку ортодонтической конструкции, не вовлекая ресурсы зуботехнической лаборатории и участие зубного техника. Однако, «Нолатек» известен только как базисный материал пластиночных протезов в ортопедии и в ортодонтической практике у детей ранее не применялся. Таким образом, требуется совершенствование ортодонтической помощи детям с зубочелюстными аномалиями путем применения новых отечественных материалов и технологий изготовления ортодонтических устройств.

**Степень разработанности темы исследования.** В зуботехнической лаборатории детям чаще всего изготавливают ортодонтические расширяющие винтовые аппараты из акриловых пластмасс импортного производства («Протакрил», Украина, «Редонт», Украина, «Вилакрил», Польша), которые содержат токсичные прекурсоры. В детских стоматологических поликлиниках Москвы в настоящее время съёмные ортодонтические аппараты изготавливают из акриловых пластмасс холодной полимеризации (50% из «Протокрил», 45% «Редонт», 5% - другие аналоги). Использование безвредных светоотверждаемых базисных материалов в клинике ортодонтии является актуальным направлением современной стоматологии. В настоящее время в стоматологической практике применяются два базисных светоотверждаемых материала «Eclipse» (США) и «Orthocril LC» (Германия). В РФ они не сертифицированы и их отечественных аналогов в РФ не производится. Сведений о свойствах светоотверждаемых базисных материалов в

современной литературе практически нет. В источниках имеется научная статья профессора И.Ю. Лебеденко (2018), посвященная исследованию санитарно-химических и токсикологических свойств материала «Нолатек» (РФ). Однако в ней отсутствуют конкретные данные о клинико-технологических, эксплуатационных и микробиологических свойствах указанного светоотверждаемого материала, а также не представлена конкретная методика его клинического использования для изготовления ортодонтических аппаратов в детской практике. Исследование отечественного фотополимерного материала «Нолатек», с одной стороны расширит область его применения, с другой стороны, даст возможность провести импортозамещение материала для ортодонтической практики в активный лечебный период и после его окончания.

**Цель исследования:** Научное обоснование применения отечественного светоотверждаемого полимера при изготовлении съёмных ортодонтических аппаратов у детей.

**Задачи исследования:**

1. Провести сравнительную оценку физико-механических показателей базисных материалов импортного и отечественного производства для изготовления съёмных ортодонтических приспособлений.
2. Определить прочностные свойства фотополимера «Нолатек» с добавлением армирования из различных материалов.
3. Сравнить относительную плотность и скорость биофлюксобразования различными штаммами колониеобразующих микроорганизмов верхних дыхательных путей на образцах ортодонтических акриловых пластмасс холодной и световой полимеризации.
4. Провести хронометраж традиционного лабораторного изготовления ортодонтического аппарата из пластмассы холодной полимеризации «Редонт» и фотополимерного материала «Нолатек».
5. Оценить влияние ортодонтических конструкций из фотополимерной пластмассы «Нолатек» на микробиологические показатели ротовой жидкости у детей в различных возрастных группах.
6. Дать сравнительную клиническую проспективную оценку аппаратам из акрилатов холодной полимеризации и аппаратам из отечественного светоотверждаемого полимера в период коррекции и постлечебной ретенции.

**Новизна исследования:** 1. Представлена сравнительная характеристика физико-механических свойств отечественного базисного фотополимера «Нолатек» и акриловых пластмасс холодной полимеризации, установлена близость их прочностных параметров и отсутствие материала, превосходящего остальные по всем характеристикам. Преимущество «Нолатек» в отсутствии токсичного мономера; 2. Предложено усиление прочностных свойств ортодонтических аппаратов из светоотверждаемого полимера «Нолатек» кварцевой сеткой (на 77,6%) и материалом «Д-Пласт»

(на 20%); 3. Полученные данные продемонстрировали, что светоотверждаемый тип полимера демонстрирует более низкий потенциал адгезионной способности бактерий к поверхности, что уменьшает вероятность формирования микробной биоплёнки; 4. Впервые изучены методом газовой хроматографии и масс-спектрометрии бактериальный эндотоксин и плазмалоген в ротовой жидкости, как биологические маркеры воспалительной реакции, у детей при ношении ортодонтических приспособлений из полимера «Нолатек» в разных возрастных группах; 5. Впервые на основании результатов клинических исследований доказана целесообразность использования отечественного фотополимера «Нолатек» для изготовления ортодонтических устройств детям с зубочелюстными аномалиями без риска осложнений и побочных эффектов, хороших микробиологических показателей ротовой жидкости, высокой гигиеничности базиса из этого материала; 6. Разработана и клинически испытана конкретная методика изготовления ретенционных аппаратов из светоотверждаемого материала «Нолатек», позволяющая получать ортодонтические конструкции высокого качества. Патент РФ «Ретенционный аппарат», Бюллетень ВАК № 26 опубликовано 14.11.2018, № RU 184911U1.

**Практическая ценность работы:** 1) Экономическое обоснование технологии изготовления ортодонтического аппарата из отечественной фотополимерной пластмассы «Нолатек» в детской стоматологической практике. 2) Съёмные конструкции из нанокompозита «Нолатек» могут быть рекомендованы в детской ортодонтической практике в связи с его биоинертностью, отсутствием повреждающего действия на ткани полости рта и низкой микробной адгезией.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Полученные теоретические результаты расширяют базу научных знаний о физико-механических, клинико-технологических, эксплуатационных и микробиологических свойствах отечественного светоотверждаемого базисного полимера «Нолатек», а разработанная и апробированная методика его клинического использования отличается простотой, что позволяет изготавливать различные виды ортодонтических устройств при значительно меньших временных затратах с улучшением качества и прочностных свойств аппаратов.

**Методология и методы исследования.** Диссертация выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины. Методология исследования включала экспериментальные, лабораторные и клинические исследования. Методологической основой диссертационного исследования явилось научное обоснование применения отечественного светоотверждаемого полимера при изготовлении съёмных ортодонтических аппаратов у детей. Работа представляет проспективное открытое исследование с использованием лабораторно-экспериментальных и клинических инструментальных, клинико-лабораторных, аналитических и статистических методов. **Методы исследования:** 1. Клинический (диагностический, лечебный, принятые в ортодонтии); 2. Экспериментальный (в лаборатории материаловедения); 3. Лабораторный (газовая

хроматография и масс спектрометрия, микробиологический); 4. Статистический (методы математической статистики, метод группировки и сравнения, клинические и лабораторные методы оценки качества съемных аппаратов и результатов лечения пациентов).

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Светоотверждаемый отечественный наноструктурный полимер «Нолатек» обладает высоким качеством эксплуатационных свойств в детской практике клиники ортодонтии, соответствующих современным требованиям по биоинертности, микробной адгезии, эстетике и функциональности.

2. Экспериментальное обоснование армирования материала «Нолатек» кварцевой сеткой или полимером «Д-Пласт» (РФ) позволяет избежать деформаций и поломок базиса ортодонтического аппарата при длительной коррекции.

3. Ортодонтическая коррекция и постлечебная ретенция у детей в периодах временного, сменного и постоянного прикуса эффективна аппаратами из светоотверждаемого полимера «Нолатек» (РФ).

**Внедрение результатов исследования.** Результаты, полученные в ходе исследования, используются при чтении лекций и проведении практических занятий со студентами, ординаторами, врачами на факультете непрерывного медицинского образования и преподавателями на кафедре стоматологии детского возраста и ортодонтии РУДН. Полученные результаты могут быть использованы при планировании ортодонтической коррекции зубочелюстных аномалий у детей и выборе постлечебных ретенционных аппаратов. Внедрение результатов исследования проводилось в лечебно-профилактической работе: на кафедре стоматологии детского возраста и ортодонтии МИ ФГАОУ ВО «РУДН», в кабинете ортодонтии ООО «Зуб.ру» и ООО «Стоматологический ортодонтический центр «Профессионал».

**Степень достоверности и апробация результатов.** О достоверности результатов работы свидетельствует наукоемкий объем экспериментальных, клинических и лабораторных исследований, связанный с адекватными методами доказательной медицины и статистической обработки полученных данных, разработкой патента.

**Материалы диссертации доложены на:** Научно-практической конференции «Актуальные вопросы стоматологии», 14 марта 2018 года г. Москва: РУДН; Конференции «Актуальные вопросы стоматологии», посвященная 80-летию первого заведующего кафедрой пропедевтики стоматологических заболеваний МИ РУДН профессора В.С. Булгакова, 27 ноября 2019г., Москва: РУДН; Научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы стоматологии», 24.11.2020, г. Москва: РУДН; Международная научно-исследовательская

конференция по экотоксикологии, здоровью человека и экологической безопасности, 24.06.2021, г. Барнаул, Россия, 2021.

**Личное участие автора.** Все клинические исследования выполнены лично автором. Автор участвовала в экспериментальном, лабораторном и клиническом исследованиях. Автором было проведено лечение 140 пациентов с изготовлением 105 расширяющих пластиночных аппаратов с винтами из фотополимера «Нолатек» и акриловой пластмассы холодной полимеризации «Редонт» традиционной технологии - 45 аппаратов. Автор участвовала в разработке, обосновании и использовании предложений по разработке ретенционного аппарата (патент на полезную модель № 184911U1 от 14.11.2018). Аprobация диссертации доложена и одобрена на межкафедральном заседании кафедр Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» на заседании учебно-методической конференции кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии (протокол № 0300-42-04/08 от 21.05.2021) с кафедрами ортопедической стоматологии, пропедевтики стоматологических заболеваний и терапевтической стоматологии.

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 14 печатных работ, из них 3 в международных базах WOS и Scopus и 3 работы ВАК, в том числе, получен патент на изобретение полезной модели «Ретенционный аппарат» № RU 184911U1, опубликовано Бюллетень ВАК № 26, 14.11.2018, 5 в журналах РИНЦ, 2 учебно-методических пособия, 1 учебное пособие.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, главы материалы и методы исследования, двух глав собственных исследований, заключения, выводов и практических рекомендаций, списка литературы. Текст диссертации изложен на 120 страницах машинописного текста, иллюстрирован 15 рисунками, содержит 25 таблицы. Список литературы включает 200 источников, из которых 115 отечественных и 85 зарубежных. Экспериментальная работа проведена в Федеральном государственном бюджетном учреждении Национальный медицинский исследовательский центр "Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии" Министерства здравоохранения Российской Федерации (директор – д.м.н., профессор Ф.Ф. Лосев) в отделе материаловедения лаборатории стоматологических материалов (заведующий, заслуженный деятель науки РФ, д.м.н., профессор И.Ю. Лебеденко).

Лабораторные исследования выполнены в ФБУН МНИИЭМ им. Габричевского «Московский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.Н. Габричевского» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в отделе медицинской биотехнологии под руководством доктора биологических наук, доцента Е.А. Воропаевой (директор, д.б.н., профессор, заслуженный деятель науки А.А. Алешкин, член РАЕН и Нью-Йоркской академии наук).

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Работа включает несколько основных разделов: экспериментальный, клинический, лабораторный, статистический.

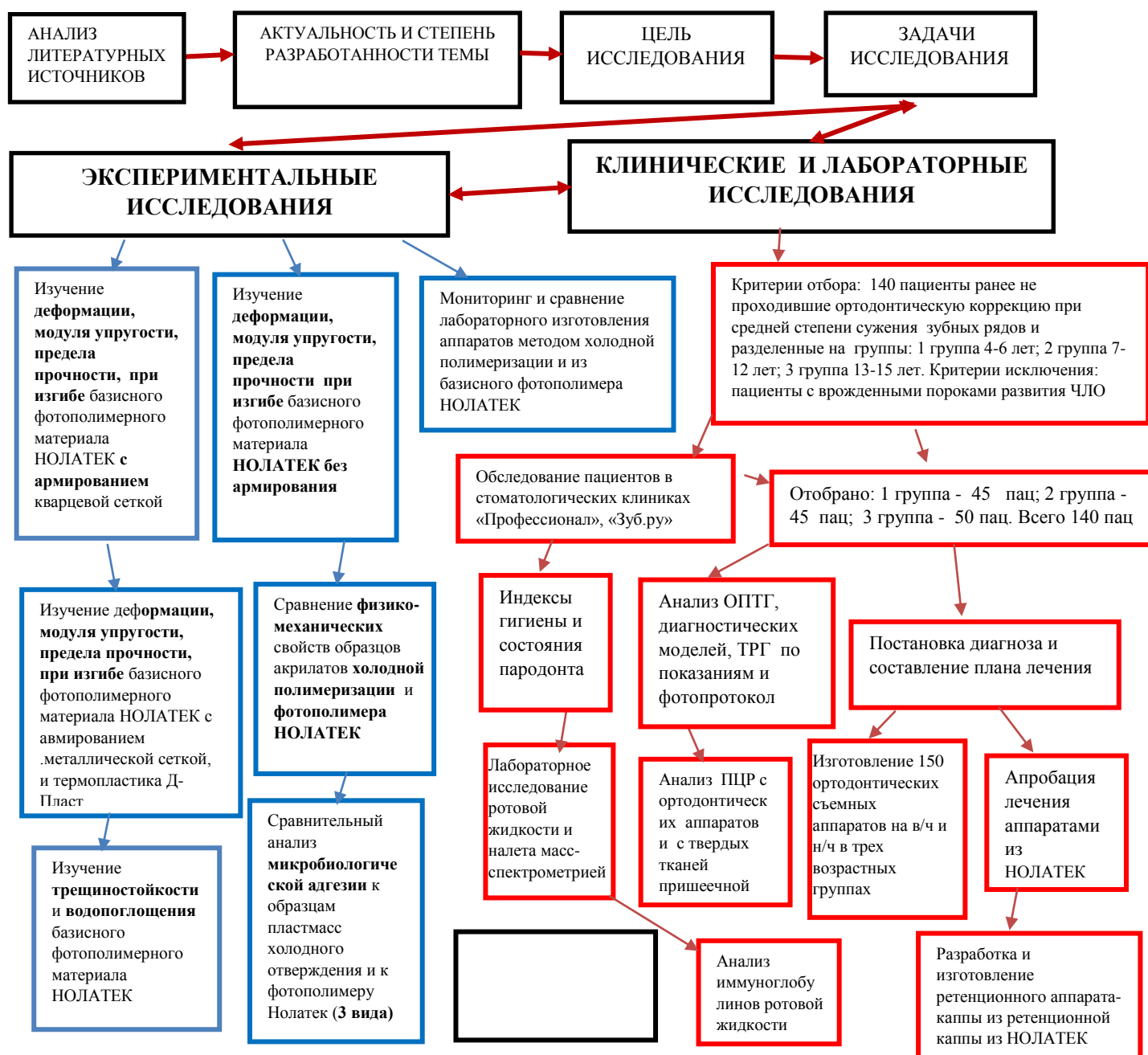


Рис. 1. Дизайн диссертационного исследования.

### Экспериментальные методы исследования

Проводимые нами исследования были направлены на совершенствование технологии изготовления и улучшение прочностных свойств и биосовместимости съемных ортодонтических аппаратов для детей в периодах временного, сменного и постоянного прикуса. Изучались сравнительные свойства 180 образцов материалов зарубежного и отечественного производства: предел прочности, модуль упругости, трещиностойкость, водопоглощение акрилатов холодного



отверждения («Редонт» (Украина), «Вилакрил» (Польша), «Протакрил» (Украина), «Белакрил-М ХО» (РФ) и двух типов светоотверждаемых пластмасс: «Orthocryl LC» (Германия) и «Нолатек» (РФ). Также изучались физико-механические свойства по общепринятым методикам 100 образцов фотополимера Нолатек (без армирования 20 и с армированием: металлической сеткой мелкой ячеистости 20, средней ячеистости 20, кварцевой сеткой 20, с полимером Д-Пласт 20). Прочностные испытания проводились на аппарате Zwick/Roell Z010 с постоянной скоростью траверсы при нагружении ( $5\pm 1$ ) мм/мин, в соответствии с требованиями ГОСТа 31572-2012.

Кроме того, в эксперименте изучали относительную плотность био пленки, полученную на поверхности образцов ортодонтических пластмасс в течение 24 часов инкубации и скорость роста динамики био пленкообразования *Staphylococcus aureus* в течение 96 часов на примере полимера световой полимеризации «Нолатек» двух колористических образцов (розового и белого цвета), а также исходного состояния полимера (жидкотекучего и пластилинообразного). Для исследования интенсивности био пленкообразования были отобраны музейные штаммы *Candida albicans* ATCC 24433 (С.Р. Robin, Berkhout, 1923), *Escherichia coli* ATCC 25922 (Migula, 1895), Castellani & Chalmers, 1919), *Staphylococcus aureus* ATCC 6538-P (Rosenbach, 1884), относящиеся к условно-патогенной микрофлоре. Как представитель индигенной микрофлоры был отобран штамм *Streptococcus oralis* (Bridge & Sneath, 1982). В лаборатории микробиологии изучали образцы на микробную адгезию к отечественным и импортным акриловым пластмассам и отечественному фотополимеру. Исследовали 9 образцов пластмасс белого и розового цветов каждого вида. Смотрели отношение каждого образца пластмасс к 8 культурам. Образцы испытываемых пластин были подобраны в соответствии с размером лунок 24-луночного планшета и составляли 10x10x2мм. В исследовании участвовали по 7 образцов каждой пластмассы. Выделение, культуральные исследования свежeweделенного изолята *Streptococcus oralis* проводили по протоколу. Идентификацию подтверждали с помощью тест-систем производства «Ляхема» (Чехия). Чувствительность штаммов к антибактериальным препаратам проводили с помощью бумажных дисков к стандартному ряду антибиотиков, применяемых при лечении верхних дыхательных путей. Количественную оценку этанольных элюатов проводили по их оптической плотности. Оптическую плотность измеряли на микропланшетном спектрофотометре INFINITE F50 Tecan при длине волны 620 нм [Осипов, 2010; Самойлова, Косырева с соавт., 2019] с программным обеспечением Magellanfor F50. Контролем служили лунки, в которые добавляли жидкую питательную среду без бактерий. Рабочая концентрация микроорганизмов составляла  $3 \cdot 10^6$  КОЕ/мл. Планшеты инкубировали при  $t 37^\circ\text{C}$  в теч. 24 часов.

**Клиническая характеристика обследуемых групп детей:** Клиническое исследование базировалось на приеме 140 ортодонтических пациентов в возрасте 4-15 лет, из них 72 девочки и 68 мальчиков. Родители всех обследуемых подписали информированное согласие для участия в

исследовании. Среди обследованных детей в возрасте 4-6 лет было 45 детей, 7-12 лет—45 детей, 13-15 лет – 50 подростков (табл. 1).

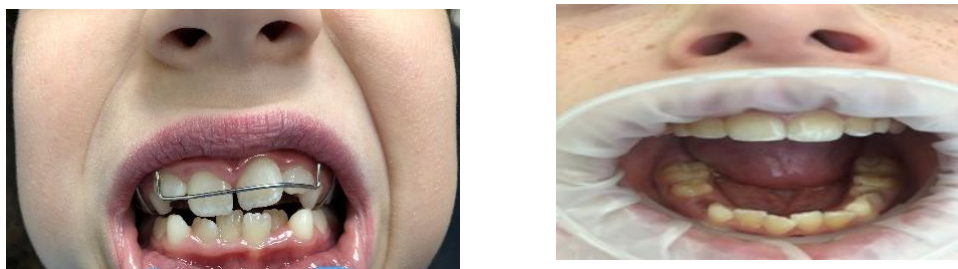


Рис. 2. Типичная картина сужения зубных рядов в периоде сменного прикуса

Критериями включения в исследование служили (рис. 2): Наличие хронологического возраста 4-15 лет; Хорошее сотрудничество со стороны ребёнка, подростка и родителей; Сужение зубных рядов средней степени выраженности (от 2 до 4 мм); Отсутствие тяжёлых соматических заболеваний. Критерии не включения: Пациенты с врождённым пороком развития челюстно-лицевой области; Неконтактные дети; Дети с тяжёлыми хроническими соматическими заболеваниями (включая аллергию, лор заболевания и вредные привычки).

Таблица 1. Распределение пациентов по возрастным группам, полу и технологическим особенностям изготовленных аппаратов из «Редонт» и «Нолатек» (с армированием и без)

Группа	Пол	Гр.1 (4-6 лет)	Гр.2 (7-12 лет)	Гр.3 (13-15 лет)	Всего (n=140)
<b>Иа Группа пациентов (n=45) носили съёмные расширяющие аппараты из акрилата «Редонт» без армирования (N= 45 аппаратов)</b>					
Из них	женский	8	8	9	25
Из них	мужской	7	7	6	20
Группа Иа, Всего 45 пациентов, 45 аппаратов без армирования «Редонт»					
<b>Группы пациентов Иа + Иб (n=95) носили съёмные расширяющие аппараты из фотополимера «Нолатек» (105 апп)</b>					
<b>Иа Группа пациентов (n=45) носили съёмные расширяющие аппараты из фотополимера «Нолатек» без армирования (N=45 апп)</b>					
Из них	женский	8	8	7	23
Из них	мужской	7	7	8	22
Группа Иа, Всего 45 пациента, 45 аппаратов без армирования «Нолатек»					
<b>Иб Группа пациентов (n=50) носили съёмные расширяющие аппараты из фотополимера «Нолатек» с армированием (N=60 апп)</b>					
Из них	женский	10	7	8	25
Из них	мужской	10	8	7	25
Всего 50 пациентов, 60 аппаратов с армированием «Нолатек»					
<b>Итого</b>	<b>140 пац</b>	<b>50 пац</b>	<b>45 пац</b>	<b>45 пац</b>	<b>150 аппарат</b>

Пациенты второй группы были разделены на две подгруппы: а и б, где, а - без армирования, б - с армированием базиса кварцевой сеткой. Все участники имели сужение верхнего и нижнего зубных рядов различной степени выраженности. В каждой группе, после снятия слепков, детям были изготовлены съёмные ортодонтические аппараты из базисного полимера «Нолатек» со срединным расширяющим винтом, удерживающими кламперами и вестибулярной дугой из проволоки медицинской стали диаметром 0,6 мм и 0,8 мм (табл. 2).

Применялись клинические и дополнительные рентгенологические исследования, общепризнанные в ортодонтии (ОПТГ, ТРГ головы (по показаниям), фотопротокол, измерение моделей челюстей). Было проведено обучение детей и их родителей правилам индивидуальной гигиены рта и методике применения съемных расширяющих пластинок. Контрольные осмотры пациентов проводили через 7, 30 дней, и 3 и 6 месяцев.

Таблица 2. **Количество изготовленных аппаратов из акрилата холодной полимеризации «Редонт» и фотополимера «Нолатек» (%)**

Группы пациентов	4-6 лет	7-12 лет	13-15 лет
<b>Ia-аппараты из акрилата холодной полимеризации «Редонт» (45 апп)</b>			
Группа Ia пац. (45)	15(33,3%)	15(33,3%)	15(33,3%)
	6 в/ч, 9 н/ч	6 в/ч, 9 н/ч	8 в/ч, 7 н/ч
<b>IIa-аппараты из фотополимера «Нолатек» без армирования базиса (45 апп)</b>			
Группа IIa пац.(45)	15(33,3%)	15(33,3%)	15(33,3%)
	6 в/ч, 9 н/ч	7 в/ч, 8 н/ч	8 в/ч, 7 н/ч
<b>IIб -аппараты из фотополимера «Нолатек» с армирования базиса (60 апп)</b>			
Группа IIб пац.(50)	20 (33,3%)	20 (33,3%)	20 (33,3%)
	9 в/ч, 11 н/ч	12 в/ч, 8 н/ч	11 в/ч, 9 н/ч
<b>Всего аппаратов в каждой возрастной гр.</b>	<b>50 аппаратов</b>	<b>50 аппаратов</b>	<b>50 аппаратов</b>
<b>Итого: 140 пац</b>	<b>150 аппаратов (73 в/ч, 77 н/ч)</b>		

При плановом посещении проводили тщательное клиническое обследование пациентов, обращая особое внимание на выяснение и анализ специфических жалоб, которые могли свидетельствовать о недостаточной биосовместимости материала пластинки и слизистой оболочки, наблюдали за состоянием мягких тканей непосредственно под пластинкой. На каждом приёме также проводили тщательный осмотр ортодонтического аппарата, контролировали целостность конструкции, сохранность полированной поверхности и её гигиеническое состояние. Уровень гигиенического состояния протеза определяли по площади налёта на протезе: от 0 до 10% — высокий уровень; от 10% до 30% — удовлетворительный уровень; от 30% до 50% — низкий уровень гигиенического состояния ортодонтического аппарата. Определялось изменение позиции и наклона первых постоянных моляров в процессе ортодонтической коррекции.

#### **Клинико-лабораторные микробиологические исследования**

Проведены исследования ротовой жидкости методом газовой хроматографии и масс спектрометрии для определения бактериального эндотоксина и плазмалогена. Кроме того, изучалась ротовая жидкость, слизистая оболочка и налет с пришеечной области зубов и соответствующей области пластинок с внутренней поверхности у трех возрастных групп пациентов, носящих ортодонтические расширяющие пластинки из материала «Нолатек», на определение микробной флоры. Исследования проведены на основе 5 проб, взятых у 60 пациентов до наложения ортодонтической пластинки через 7 дней, месяц, три и шесть месяцев.

Обработку результатов измерений проводили с использованием параметрического критерия между группами и при сравнении связанных значений внутри группы – парным критерием Стьюдента. Для всех показателей референтные значения рассчитывались после отброса 5% крайних значений, выпадающих за пределы диапазона унимодального распределения. Для удобства восприятия средние значения тысячных величин представлены целыми числами. Уровень значимости между сравниваемыми величинами принимали достоверным при  $p < 0,05$ . Статистическую обработку полученных данных проводили с применением программы Microsoft Excel.

**Методика хронометража лабораторного изготовления ортодонтической пластинки из материала «Редонт» и «Нолатек».** Нами были изучены затраты времени зубных техников на проведение основных этапов изготовления ортодонтических аппаратов из полимерных материалов «Редонт» (акрилат холодного отверждения) и «Нолатек» (светоотверждаемая пластмасса), обладающих различными физико-механическими свойствами. Исследование проводилось со следующими целями: проведение сравнительного анализа хронометража, затраченного на каждый метод; изучения экономической эффективности с учетом стоимости «нормо-часа» в клинике и лаборатории; составление рациональной схемы планирования лечения и расчета стоимости лечения по отдельным манипуляциям. Была составлена калькуляция стоимости расходных материалов в каждой методике в отдельности. Хронометраж осуществлялся с помощью секундомера на протяжении всего рабочего дня ежедневно. Заводилась "Карта хронометражных наблюдений", в которой фиксировались все элементы лабораторного процесса. При проведении хронометрирования учитывались определенные условия, влияющие на затраты времени для осуществления тех или иных манипуляций. К ним относятся: текущее время, продолжительность (сек), наименование элемента трудовой операции, номер лабораторной работы.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

**Результаты экспериментальных исследований.** В качестве испытуемых образцов использовали 4 акриловых полимеров холодного отверждения «Редонт» (Украина), «Вилакрил» (Польша), «Протакрил» (Украина), «Белакрил-М ХО» (РФ) и два типа светоотверждаемых пластмасс «Orthocryl LC» (Германия) и «Нолатек» (РФ). зарубежного и отечественного производства. Среди изученных акриловых полимерных базисных материалов не было обнаружено ни одного материала, который бы превосходил остальные по всем характеристикам. Показатели трещиностойкости и водопоглощения у фотополимера «Нолатек» лучше, чем у фотополимера «Orthocryl LC» (Германия), соответственно, на 8,2% и 56,9%. Светоотверждаемый полимер «Нолатек» статистически не отличается от показателей акрилатов холодной полимеризации и имеет меньший модуль упругости при изгибе по сравнению с зарубежным аналогом «Ортокрил

LC» на 12,6%, что объясняет его сравнительно лучшие показатели по прочности, хрупкости и жесткости.

На основании результатов данного экспериментального исследования были получены следующие результаты: механические свойства полимерных акриловых материалов с метилметакрилатом и светоотверждаемых без метилметакрилата связаны с химическим составом материала и конкретной технологией полимеризации, их прочностные свойства отличаются по показателю предел прочности в пределах 20%. Отсутствие мономера значительно облегчает приобретение материала, так как отсутствуют жесткие требования к нему со стороны службы наркоконтроля. В полимерную матрицу «Нолатек» входит фотоинициируемый состав на основе уретандиметакрилата с акриловым сополимером, не обладающим аллергенностью и запахом. Этот состав заменяет токсичный мономер метилметакрилат, что способствует эффективной профилактике развития аллергических протезных стоматитов. Подобный химический состав полимерной матрицы обеспечивает высокую степень отверждения, улучшение физико-механических свойств материала, а также биосовместимость, отсутствие токсичности и низкую бактериальную адгезию к базису.

Для придания базису ортодонтических аппаратов повышенной и долговременной прочности целью работы было также определить возможности модификации материала «Нолатек» методом армирования после введения армирующей кварцевой или металлической сетки. Следует отметить, что армирование металлической сеткой менее эффективно для повышения прочностных свойств материала «Нолатек», чем применение в качестве армирующего элемента кварцевой сетки. Введение кварцевой армирующей сетки «Quartz splint mesh» оказывает существенное влияние на показатели прочности и модуль упругости при изгибе только в случае нижнего расположения кварцевой сетки, прочность при изгибе в таком варианте армирования повышается на 111,7 % ( $p = 0,02$ ), а модуль упругости – на 40,4% ( $p=0,009$ ). Значения показателя трещиностойкости  $K_1$  при нижнем расположении кварцевой сетки составляют  $3,72 \pm 0,43 \text{ МН/м}^{1,5}$ , что значительно, в 4,9 раза, превышает  $K_1$  для неармированного материала «Нолатек» ( $p = 0,0001$ ). Эффективность армирования в клинике стоматологии достигается только при применении кварцевой сетки и оптимальном расположении армирующего материала в зонах повышенного напряжения. Экспериментальное обоснование армирования материала «Нолатек» кварцевой сеткой позволяет избежать деформаций и поломок базиса ортодонтического аппарата.

При сравнении светоотверждаемого «Нолатека» в пластичной пастообразной форме, соединенного с пластиной «Д-Пласт», и импортного аналога «Ортокрил LC», прочностные свойства гораздо лучше у отечественного полимера: предел прочности при изгибе увеличивается в 2 раза, модуль упругости при изгибе увеличивается в 2,16 раза, а процент максимальной деформации при изгибе увеличивается в 1,24 раза. Кроме того, выявлено, что «Ортокрил LC» не

соединяется с «Д-Пласт». Светоотверждаемый «Нолатек» в пастообразной форме, соединенный с пластиной «Д-Пласт», показывает наилучшие результаты по сравнению с предыдущими образцами по пределу прочности.

Кроме того, «Нолатек» выгодно отличается низкими показателями к биопленкообразованию не только в отношении изучаемых культур, но и в сравнении с образцами акриловых полимеров, полученных методом холодного отверждения. В данном случае низкий процент биопленкообразования (минимальные значения регистрировались в 93,7% всех случаев при сравнении с другими материалами), и во многом определяли низкие показатели адгезии (от 10,2 до 25,3 ОЕ). Таким образом, материал «Нолатек» можно считать «интактным» к патогенам, что снижает риск перехода планктонных микроорганизмов к биопленкоформированию. Такая устойчивость материала, по-видимому, определяется световым способом полимеризации, что снижает вероятность «образования пористости» и, следовательно, способствует уменьшению протективно-деструктивных свойств поверхности. Доказательством принципиального отличия поверхности может послужить расширенное исследование, основанное на дополнительном изучении биопленкообразующей способности на примере *Staphylococcus aureus*. В данном случае, *Staphylococcus aureus* был отобран как наиболее часто выделяемый патоген в составе микрофлоры полости рта, и соответственно, несущий этиологически значимую роль в развитии инфекционно-ассоциированного заболевания.

Для проверки возможности образования биоплёнок на поверхности пластмассы, микроорганизмы инкубировали в соответствии со стандартным временем, необходимым для достижения логарифмической фазы роста, что отбрасывало синергетическое взаимодействие бактерий для возможности формирования агрегационного кластера. Учёт велся относительно начальной фазы созревания биоплёнки. Для оценки удельной скорости роста использовали математическое моделирование.

Проведенное исследование позволило выявить, что первичная адгезия микроорганизмов отличается только в первые сутки наблюдения, в то время как дальнейшие наблюдения показали, что процесс биопленкообразования регулируется непосредственно особенностями микроорганизмов вне зависимости от физико-химических свойств поверхности. Тем не менее, полученные данные продемонстрировали, что фотополимерный тип изготовления дает более низкий потенциал адгезионной способности бактерий к поверхности, а это, в свою очередь, уменьшает вероятность формирования биоплёнок (табл. 3). Проведённое исследование ещё раз подтверждает индивидуальный характер биопленкообразования для *Candida albicans*, *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* и потенциальную взаимосвязь между особенностями биопленкообразования штаммов *Candida albicans*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и изучаемого материала «Нолатек». Отличительно низкие показатели биопленкообразования для

*Streptococcus oralis* убедительно продемонстрировали, что данный штамм обладает самым низким уровнем в возможности развития инфекционно-ассоциированного заболевания, связанного с использованием ортодонтического аппарата.

Полученные данные для всех типов материала «Нолатек» свидетельствуют, что среди трёх видов данного материала не выявлено выраженных отличий, но низкий уровень адгезии в полной мере позволяет конкурировать с акриловыми пластмассами других типов. Анализ результатов лабораторных исследований способствует расширению диапазона применения на базе данного стоматологического полимера конструкций ортодонтического профиля, включая ретенционные аппараты. Это особенно касается пациентов с высокими аллерготитрами, пациентов младшего и среднего возраста, чья иммунная система находится еще в процессе формирования, а также пациентов склонных к хронизации заболеваний верхних дыхательных путей.

Таблица 3. Относительная плотность биопленки (ОЕ), полученная на поверхности образцов в течение 24 часов инкубации

Образцы	Штаммы микроорганизмов			
	St. aureus	St. oralis	Esch. coli	C. albicans
<b>Акриловые пластмассы холодной полимеризации</b>				
«Редонт» розовый	21,9±3,8	12,6±4,0	23,3±4,3	24,3±3,96
«Редонт» белый	18,0±2,5	12,0±2,5	20,3±3,4	25,3±0,8
«Виллакрил Орто» розовый	47,9±12,3	17,6±9,4	52,1±8,6	71,3±11,2
«Виллакрил Орто» белый	41,3±8,6	21,2±10,2	40,4±5,4	46,2±9,5
«Белакрил-М ХО» розовый	28,5±5,4	18,4±7,4	42,3±11,2	23,3±4,5
«Белакрил-М ХО» белый	25,3±4,4	19,6±8,4	61,1±8,6	18,6±6,7
<b>Светоотверждаемые полимеры</b>				
«Нолатек» базисный розовый	14,4±0,27**	11,2±7,8	25,3±0,75*	11,8±1,76*
«Нолатек» жидкотекучий	13,2±0,27**	11,4±6,2	24,4±0,5*	11,6±2,7*
«Нолатек» белый	10,4±0,72**	10,4±5,6	23,3±0,78*	10,2±0,88*

Примечание: \* - статистически значимые отличия значений относительной плотности биопленки штаммов на светоотверждаемом полимере «Нолатек» относительно Акриловых пластмасс холодной полимеризации ( $p < 0,05$ ); \*\* - статистически значимые отличия значений относительной плотности биопленки штаммов на светоотверждаемом полимере «Нолатек» относительно «Белакрил-М ХО» и «Виллакрил Орто» ( $p < 0,05$ ).

Съёмные конструкции из нанокompозита «Нолатек» могут быть рекомендованы в детской ортодонтической практике в связи с его биоинертностью и отсутствием повреждающего действия на ткани полости рта и низкой микробной адгезией. Скорость роста динамики биопленкообразования *Staphylococcus aureus* на «Нолатек» розового и белого цвета, а также исходного состояния светоотверждаемого полимера (жидкотекучий и пастообразный) отличаются только в первые 24 часа инкубации, далее при наблюдении 96 час мало различаются (рис. 3).

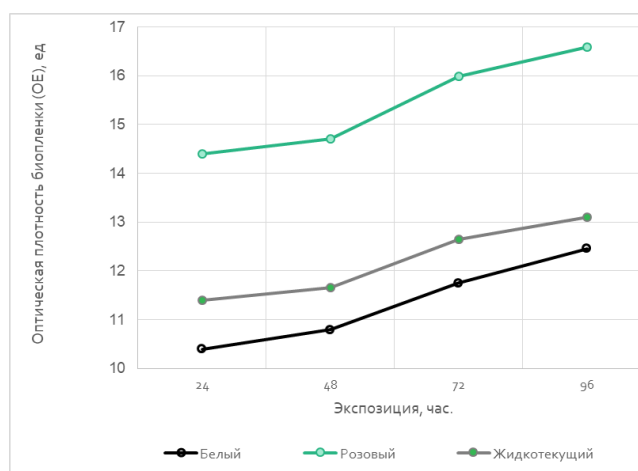


Рис.3. Динамика биопленкообразования *St. aureus* на примере фотополимера «Нолатек»

### Результаты клинических исследований

Клиническая часть исследования включала апробацию ортодонтических аппаратов из фотополимера «Нолатек» у 95 детей в возрасте от 4 до 15 лет в периодах временного, сменного и постоянного прикуса. Изучены прочностные свойства 105 базисных ортодонтических приспособлений из фотополимерного материала «Нолатек» без армирования (45 аппаратов, из них 21 на верхнюю челюсть, 24 на нижнюю челюсть) и с армированием базиса кварцевой сеткой (60 аппаратов: 32 на верхнюю челюсть, 28 на нижнюю челюсть). Специфический симптомокомплекс аллергических реакций при ношении съемных аппаратов из светоотверждаемого полимера «Нолатек» не выявлен. Наблюдения продолжались в течение двух лет. Всего поломки базиса в аппаратах без армирования отмечены в 4,9% случаев наблюдения. Клиническая часть исследования результативно отражает положительные тенденции при армировании базиса из «Нолатек». Полученные результаты прочностных свойств армированного базиса из светоотверждаемого полимера «Нолатек» и отсутствие поломок, трещин и иных деформаций дают возможность изготавливать надежные расширяющие ортодонтические съемные конструкции, а также рекомендовать данный биоинертный материал при коррекции аномалий зубных рядов у детей в клинике ортодонтии. Это позволит улучшить качество оказываемых услуг, значительно сократит сроки ортодонтической коррекции зубочелюстных аномалий у детей.

Контрольные осмотры пациентов проводили через 7, 30 дней, и каждый последующий месяц до 18 - 24 месяцев на предмет деформаций, трещин, перелом базиса. Ортодонтические аппараты из наноструктурного полимера «Нолатек» имеют ряд отличительных свойств по сравнению с аппаратами из акрилатов холодной полимеризации: высокая химическая инертность, не требуется наличия дорогостоящего лабораторного оборудования и сложных зуботехнических навыков специалиста, так как все манипуляции по изготовлению съемной конструкции возможно выполнить без участия зубного техника. По нашим данным время изготовления аппаратов из «Нолатек» сокращается в 1,5 раза. Проведенное ранее экспериментальное исследование



подтвердило, что предложенное нами армирование «Нолатек» кварцевой сеткой позволило усилить его прочностные свойства в 2,1 раза. При этом модуль упругости повышается на 40,4%, а сопротивляемость к деформации при изгибе улучшается на 73,3%.

Кроме того, проведены клинико-лабораторные исследования ротовой жидкости и посевов с поверхности ортодонтических аппаратов и тканей полости рта. Изучены концентрации биохимических маркеров микробиоценоза ротоглотки, а именно малые молекулы, компоненты клеточной стенки микроорганизмов, бактериальный эндотоксин и плазмалоген в ротовой жидкости у пациентов, использующих ортодонтические пластинки для исправления прикуса. Определяли концентрации биомаркеров микробиоценоза ротоглотки до начала, через 1 месяц, 3 и через 6 месяцев ношения коррекционных пластинок зубных рядов, сделанных из полимера «Нолатек», инертного по отношению к микробиоценозу ротоглотки. Выявлено, что в течение всего срока ношения увеличивается концентрация бактериального плазмалогена в слизистой оболочке ротовой полости. Также увеличивается концентрация декановой кислоты (компонента клеточной стенки *Streptococcus spp.*) на аппарате при временном и постоянном прикусе. Изменения концентрации бактериального эндотоксина, биохимических маркеров грамотрицательной, грамположительной микрофлоры, а также грибов и актиномицетов в слизистой оболочке, в зубном налете и на поверхности ортодонтической пластинки статистически незначимы. Присутствие в ротовой полости коррекционной пластинки из материала инертного к микробиоценозу ротоглотки не имеет отрицательного влияния на микробиоценоз пациента.

Методами газожидкостной хроматографии – масс - спектрометрии определяли концентрации в слюне метаболитов – жирных кислот, спиртов, кетонов, и альдегидов, которые продуцируются микрофлорой и являются индикаторами активности отдельных групп микроорганизмов. По концентрации пальмитинового альдегида определяем содержание бактериального плазмалогена - главного липидного компонента клеточных мембран, который сопутствует жирам в пище и служат источником фосфорной кислоты, необходимой для жизни человека. Кроме фосфолипидов – бактериального плазмалогена микрофлора продуцирует эндотоксины, которые так же определяются газожидкостной хроматографией масс-спектрометрией слюны. Эндотоксины представляют собой обязательный компонент наружной части клеточной мембраны всех грамотрицательных микроорганизмов (бактерий и кокков), которые освобождаются в окружающую среду лишь при их разрушении. Исход реакции эндотоксина с клетками макроорганизма зависит от его концентрации.

Самая высокая концентрация плазмалогена отмечается на слизистой оболочке ротовой полости, меньше в зубном налете и самая низкая - на исследуемой пластинке (табл.4). Это объясняется адгезивными возможностями микрофлоры в данных экологических нишах.

Таблица 4. Изменение концентрации плазмогена на слизистой оболочке, на поверхности пластинки и в ротовой жидкости у пациентов с временным, сменным и постоянным прикусом до начала, через 1 и 6 месяцев после ношения пластинки (\*P<0,05)

Группы	Временный, n=20	Сменный, n=20	Постоянный, n=20
<b>Зубной налет</b>			
До начала	1,25 (0,98 - 1,28)	2,8 (2,68 - 2,94)	1,87 (1,7 - 1,9)
1 месяц	2,3 (2,25 - 2,38)*	2,6 (2,25 - 2,89)	1,49 (1,3 - 1,6)
6 месяцев	2,5 (2,3 - 2,58)*	1,8 (1,5 - 1,9)*	2,3 (2,1 - 2,5)*
<b>Слизистая оболочка</b>			
1 месяц	3,55 (3,28 - 3,58)	4,88 (4,76 - 5,02)	2,66 (2,49 - 2,72)
6 месяцев	5,13 (5,08 - 5,21)*	7,25 (6,9 - 7,54)*	4,5 (4,31 - 4,61)*
<b>Пластинка ортодонтическая</b>			
1 месяц	0,95 (0,68 - 1,03)	1,33 (1,21 - 1,62)	0,58 (0,41 - 0,69)
6 месяцев	1,15 (1,1 - 1,23)	0,45 (0,15 - 0,55)*	1,08 (0,89 - 1,28)*

Слизистая оболочка насыщена микроорганизмами, что объясняется природой данной экологической ниши, которая эволюционно существует в симбиозе с нормальной микрофлорой ротоглотки, основного продуцента плазмалогена. Наличие микрофлоры в зубном налете может иметь высокую интенсивность обсемененности при образовании зубной бляшки. Данная экологическая ниша заселяется при образовании тонкой пленки пелликулы, на которой, в первые 1-2 часа заселяются *Streptococcus* spp., а затем представителями анаэробной микрофлоры *Veillonella* spp, *Corynebacterium* spp., *Actinomyces* spp., которые могут быть источником бактериального плазмалогена. Регулярная чистка зубов разрушает пленку и препятствует образованию зубной бляшки, что приводит к отсутствию закономерности и видимых тенденций при оценке концентрации плазмалогена в зубном налете. Пластинка обладает низкой адгезионной способностью, что снижает вероятность развития на ней биопленки, а, следовательно, высокой концентрации плазмалогена. Определенное влияние оказывает регулярная гигиена пластинки и полости рта.

Концентрация бактериального эндотоксина в зубном налете в 5-10 раз превышает концентрацию эндотоксина на слизистой оболочке неба. Концентрация эндотоксина на пластинке не превышает концентрацию эндотоксина на слизистой оболочке неба, что объясняется невысокой адгезионной способностью пластинки для микроорганизмов, продуцирующих эндотоксин.

Присутствие компонентов клеточной стенки маркерных микроорганизмов для исследуемых экологических ниш определяет функциональное состояние микробиоценоза в результате ношения ортодонтической пластины. Основную часть микробиоценоза ротоглотки составляют *Streptococcus mutans* и *Streptococcus salivarius*, *Neisseria flavescens*, а также *Lactobacillus* spp, *Bifidobacterium* spp.

Во всех исследуемых локусах отмечаются высокие значения концентрации компонентов клеточной стенки, микроорганизмов, относящихся к нормофлоре. Отмечается статистически

значимое увеличение концентрации на слизистой оболочке для пациентов периода сменного прикуса в связи с активной сменой зубов после 6 месяцев ношения пластинки и для локуса зубной налет через 1 месяц ношения пластинки. Увеличение количества нормофлоры является положительным эффектом, который может быть связан с регулярной гигиеной данных локусов и разрушением пленки грамнегативной микрофлоры с увеличением колонизационной резистентности нормальной микрофлоры ротоглотки. Результаты показали, регистрируемые изменения концентрации грамположительной микрофлоры повторяют изменения нормофлоры, так как грамположительная микрофлора и нормофлора имеют много общих маркеров.

Высокая интенсивность обсемененности грамотрицательной микрофлорой характерна для зубного налета. Самая низкая обсемененность отмечается для слизистой оболочки неба. Интенсивность обсемененности пластинки более высокая, чем слизистой оболочки и в 2-5 раз ниже зубного налета. Изменения, регистрируемые для грамотрицательной микрофлоры, имеют выраженное сходство с изменением концентрации эндотоксина в указанных локусах. Источником эндотоксина является грамотрицательная микрофлора, что объясняет сходство профилей.

Отмечена высокая интенсивность обсемененности грибами слизистой оболочки неба, самая низкая интенсивность обсемененности в зубном налете. Интенсивность обсемененности в группе постоянный прикус в 3 раза выше, чем в группе временный прикус. Более высокая интенсивность обсемененности грибами слизистой оболочки объясняется более приспособленной экологической нишей, так как биопленка зубного налета регулярно разрушается при чистке зубов и грибы не имеют достаточно времени для формирования новой биопленки, обеспечивающей стабильный рост и метаболизм колоний. Интенсивность обсемененности поверхности пластинки грибами несущественно превышает интенсивность обсемененности зубного налета.

Из полученных результатов можно констатировать, что на пластине отмечается самая низкая концентрация грамположительной, грамотрицательной, нормальной микрофлоры, грибов, а также плазмалогена и бактериального эндотоксина. Это можно объяснить свойствами материала «Нолатек» ортодонтической пластинки, который является инертным по отношению к микроорганизмам и обладает гидрофобностью, что предупреждает образование и рост биопленок, важного фактора микробного роста. Влияние съёмной пластинки на микробиоценоз ротоглотки является наиболее положительным, так как увеличивается интенсивность обсемененности десен и неба микроорганизмами нормальной микрофлоры, а также увеличивается концентрация плазмалогена. При этом отсутствует увеличение концентрации бактериального эндотоксина и рост грамнегативной микрофлоры и грибов во всех исследуемых локусах. Эксплуатация съёмной пластинки связана с регулярной гигиеной полости рта, чисткой зубов, что благоприятно влияет на состояние микробиоценоза ротоглотки. Применение ортодонтической пластинки из инертного и гидрофобного материала «Нолатек» благоприятно влияет на состояние микробиоценоза рта.

Ортодонтическая пластинка препятствует образованию и росту биопленок грамотрицательных микроорганизмов, что предупреждает накопление бактериального эндотоксина и усиление связанных с эндотоксином патофизиологических процессов.

Экономия времени как врача, зубного техника, так и пациента, с учетом увеличения качества самого лечения, представляется нам весьма существенным аргументом при выборе метода ортодонтического лечения детей съёмными аппаратами. Внедрение в практику врача ортодонта светоотверждаемого полимера «Нолатек» дало возможность решить комплекс медицинских, эстетических и функциональных ортодонтических задач. Однако встает проблема универсализации работы врача ортодонта и зубного техника. При этом вопросы экономического характера становятся актуальными (стоимость лечения/затраченное время), в частности, на изготовление аппарата. В связи с этим, нами было проведено изучение затрат времени зубного техника на проведение основных этапов изготовления аппарата из фотополимера «Нолатек» по сравнению с акриловой пластмассой холодной полимеризации «Редонт». Сравнение временных затрат на использование методик показало, что использование при изготовлении аппаратов из «Нолатек» предпочтительно из-за сокращения затраченного времени, в среднем, на  $53,3 \pm 0,4$  %.

Нами составлена калькуляция стоимости расходных материалов в каждой методике в отдельности. Производственное обеспечение фотополимерной технологии «Нолатек» в 3,7 раза меньше по сравнению с технологией акриловых пластмасс холодной полимеризации. К тому же при наличии светового бокса срочное изготовление ортодонтического приспособления может осуществляться в клинических условиях непосредственно врачом ортодонтом. Важно отметить, что изготовление аппарата из акриловой пластмассы холодной полимеризации сопровождается выделением токсичного метилметакрилата, что является вредным фактором в работе зубного техника. Алгоритм изготовления ортодонтической пластинки полимером холодного отверждения «Редонт» и фотополимера «Нолатек» включает похожие манипуляции. Однако специфика выполнения некоторых манипуляций различаются по времени: подготовки полимерной массы Редонт, её смешивание и время полимеризации значительно больше (в два раза), чем время полимеризации «Нолатек». Пример существенной экономии времени зубного техника одновременно с повышением качества ортодонтического аппарата является важным. Кроме того, калькуляция материального обеспечения при изготовлении ортодонтических аппаратов из «Нолатек» в 3,7 раза меньше, чем из акрилового полимера холодной полимеризации.

Таким образом, внедрение в практику отечественного светоотверждаемого полимера «Нолатек» решает комплекс медицинских, эстетических и функциональных задач ортодонтии.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В связи с задачей Правительства РФ об импортозамещении использование отечественных безвредных светоотверждаемых базисных материалов в клинике ортодонтии является актуальным

направлением современной стоматологии. Сравнительная оценка физико-механических показателей базисных материалов импортного и отечественного производства для изготовления съемных ортодонтических приспособлений показала близость их прочностных параметров и отсутствие материала, превосходящего остальные по всем характеристикам, однако преимущество «Нолатек» в отсутствии токсичного мономера. Предложено усиление прочностных свойств ортодонтических аппаратов из светоотверждаемого полимера «Нолатек» кварцевой сеткой (на 77,6%) и материалом «Д-Пласт» (РФ) (на 20%). Экспериментальное обоснование армирования материала «Нолатек» кварцевой сеткой или полимером «Д-Пласт» (РФ) позволяет избежать деформаций и поломок базиса ортодонтического аппарата при длительной коррекции. Светоотверждаемый отечественный наноструктурный полимер «Нолатек» обладает высоким качеством эксплуатационных свойств в детской практике клиники ортодонтии, соответствующих современным требованиям по биоинертности, микробной адгезии, эстетике и функциональности. Полученные данные продемонстрировали, что светоотверждаемый тип полимера отражает более низкий потенциал адгезионной способности бактерий к поверхности, что уменьшает вероятность формирования микробных биоплёнок. Кроме того, изучены методом газовой хроматографии и масспектрометрии бактериальный эндотоксин и плазмалоген в ротовой жидкости у детей (низкие показатели) при ношении ортодонтических аппаратов из полимера «Нолатек» в разных возрастных группах детей как биологических маркеров воспалительной реакции. В работе на основании результатов клинических исследований доказана целесообразность использования отечественного фотополимера «Нолатек» для изготовления ортодонтических устройств детям с зубочелюстными аномалиями без риска осложнений и побочных эффектов, хороших микробиологических показателей ротовой жидкости, высокой гигиеничности базиса из этого материала. Проведено экономическое обоснование технологии изготовления ортодонтического аппарата из отечественной фотополимерной пластмассы «Нолатек» в детской стоматологической практике. Практическую значимость имеет разработанная и клинически испытанная конкретная методика изготовления ретенционных аппаратов из светоотверждаемого материала «Нолатек», позволяющая получать ортодонтические конструкции высокого качества. Проведенный хронометраж традиционного лабораторного изготовления ортодонтического аппарата из пластмассы холодной полимеризации «Редонт» и фотополимерного материала «Нолатек» показал, что метод изготовления из «Нолатек» отличается простотой и позволяет изготавливать различные виды ортодонтических устройств при значительно меньших временных затратах (в два раза) с улучшением качества и прочностных свойств аппаратов. Составлена калькуляция стоимости расходных материалов в каждой методике в отдельности. Производственное обеспечение фотополимерной технологии «Нолатек» в 3,7 раза меньше по сравнению с технологией акриловых пластмасс холодной полимеризации. Сравнительная клиническая проспективная оценка аппаратов

из акрилатов холодной полимеризации и аппаратов из отечественного светоотверждаемого полимера «Нолатек» в период коррекции и постлечебной ретенции показала предпочтительность последних в связи с отсутствием повреждающего действия на ткани полости рта и низкой микробной адгезией. Наблюдения продолжались в течение двух лет. Всего поломки базиса в аппаратах без армирования отмечены в 4,9% случаев наблюдения, в то время у армированных аппаратов деструктивных изменений конструкций не было выявлено. Съёмные конструкции из нанополимера «Нолатек» могут быть рекомендованы в детской ортодонтической практике.

### **ВЫВОДЫ**

1. Физико-механические свойства акриловых пластмасс с метилметакрилатом холодной полимеризации и светоотверждаемых полимеров-олигомеров связаны с химическим составом материала и конкретной технологией их отверждения. Отечественный фотополимер «Нолатек» соответствует требованиям п. 5.2.7 ГОСТ 31572-2012 и не отличается по модулю упругости от акриловых пластмасс холодной полимеризации, однако является менее прочным при изгибе, чем образцы акриловых пластмасс холодной полимеризации «Редонт» (Украина) на 21,7%, «Протакрил» (Украина) на 20%, «Белакрил-М ХО» (РФ) на 6,5%, но выше на 16%, чем у материала «Вилакрил Орто» (Польша). Среди изученных акриловых базисных материалов не было обнаружено ни одного материала, который бы превосходил остальные по всем характеристикам. Преимущество «Нолатек» в отсутствии токсичного мономера.
2. Выявлено значительное улучшение прочностных свойств (трещиностойкость в 4,9 раза, максимальная деформация при изгибе на 85,7%) при армировании базисного полимера «Нолатек» кварцевой сеткой. При этом модуль упругости повышается на 40,4% за счет жесткости, а устойчивость к деформации при изгибе улучшается на 77,6% при нижнем расположении кварцевой сетки, соответствующем оптимальному расположению армирующего материала в зонах повышенного напряжения. При соединении «Нолатек» с пластиной «Д-Пласт» процент максимальной деформации при изгибе увеличивается на 24 %, предел прочности при изгибе увеличивается на 20%, но модуль упругости уменьшается на 25%, что уменьшает жесткость и хрупкость аппарата с сохранением его пластичности.
3. Сравнение относительной плотности и скорости биопленкообразования различными штаммами колониеобразующих микроорганизмов верхних дыхательных путей на образцах ортодонтических акриловых пластмасс холодной и световой полимеризации позволило выявить, что образцы из светоотверждаемого полимера статистически значимо отличались меньшим уровнем микробной адгезии от акрилатов холодной полимеризации. Первичная адгезия микроорганизмов на образцах «Нолатек» (белого и розового цвета, жидкотекучий и пластилиноподобный) отличается только в первые сутки наблюдения, в дальнейшем процесс биоплёнкообразования регулируется

непосредственно особенностями микроорганизмов вне зависимости от физико-химических свойств поверхности.

4. Хронометраж изготовления ортодонтической пластинки из полимера холодного отверждения «Редонт» и фотополимера «Нолатек» отличается видом полимеризации и включает похожие манипуляции. Однако специфика выполнения некоторых манипуляций различаются по времени: подготовки полимерной массы «Редонт», её смешивание и время полимеризации значительно больше (в два раза), чем время полимеризации «Нолатек». Сравнение временных затрат на проведение методик показало, что использование методики с «Нолатек» предпочтительно из-за сокращения затраченного времени, в среднем на  $53,3 \pm 0,4\%$ . Исследование показало преимущества и экономическую эффективность изготовления аппаратов из светоотверждаемого полимера «Нолатек» по сравнению с акриловой пластмассой холодной полимеризации «Редонт». Калькуляция материального обеспечения при изготовлении ортодонтических аппаратов из «Нолатек» в 3,7 раза меньше, чем из акриловой пластмассы холодной полимеризации.

5. В течение всего срока ношения ортодонтического аппарата из «Нолатек» по данным газовой хроматографии и масс-спектрометрии изменения концентрации бактериального эндотоксина, биохимических маркеров грамотрицательной, грамположительной микрофлоры, а также грибов и актиномецетов в слизистой оболочке, в зубном налете и на поверхности пластины статистически незначимы. Аппарат из фотополимера «Нолатек», который является инертным по отношению к микроорганизмам и гидрофобным, обладает низкой адгезионной способностью, что снижает вероятность развития на нем микробной биопленки, а, следовательно, высокой концентрации плазмалогена и благоприятно влияет на состояние микробиоценоза полости рта ребенка.

6. При сравнительном наблюдении ортодонтических аппаратов у детей в возрасте 4-15 лет из пластмассы холодной полимеризации «Редонт» (45 аппаратов) отмечены поломки и аллергические проявления на слизистой рта, соответственно в 16% и 11% случаев; из отечественного фотополимера «Нолатек» с армированием (60 аппаратов) не было специфических жалоб (неприятный запах, жжение слизистой, воспалительные проявления), отсутствовал симптомокомплекс непереносимости к пластмассам, гигиеническое состояние удовлетворительное (11-31%). За весь период наблюдения ни на одном аппарате не появились шероховатости, поры или царапины от средств гигиены. Все пациенты отмечали, что пластинки легко очищались от налёта и остатков пищи. Все аппараты с армированием базиса кварцевой сеткой или пластиной «Д-Пласт» не имели поломок. Наблюдения проводились в течение двух лет. Для постлечебной ретенции разработан аппарат из фотополимерного материала «Нолатек» (патент на полезную модель №184911U1 от 14.11.2018). Комплексом исследований обоснована целесообразность применения светоотверждаемого материала «Нолатек» в клинике ортодонтии.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. У детей в возрасте 4-15 лет с сужением зубных рядов рекомендуется изготовление ортодонтических конструкций из отечественного фотополимера «Нолатек» как наноструктурного биоинертного, гидрофобного материала, благоприятно влияющего на состояние микробиоценоза полости рта детей. 2. При выраженной зубочелюстной аномалии рекомендуется усиливать прочностные свойства базисного материала «Нолатек» армированием кварцевой сеткой в местах наибольшего напряжения. 3. Полимеризацию ортодонтической пластинки из «Нолатек» возможно проводить в отечественном фотополимерном боксе «Фотопресс 1.0» с режимом по 6 мин с двух сторон при длине волны в пределах 460-470 Нм. 4. Лечение сужения зубных рядов в периоде временного и сменного прикуса возможно проводить съёмными расширяющими пластинками с двумя винтами по сагиттальной линии из материала «Нолатек», который полностью исключает токсическое и аллергическое действие на слизистую полости рта. 5. Для постлечебной ретенции рекомендуется применять разработанный аппарат из фотополимерного материала «Нолатек» (патент на полезную модель №184911U1 от 14.11.2018). 6. При наличии светового бокса срочное изготовление ортодонтического приспособления может осуществляться в клинических условиях непосредственно врачом -ортодонтом. 7. При проведении починок и армировании базисов съёмных пластиночных аппаратов рекомендуется обрабатывать пластилинообразную массу «Нолатек» прилагаемым модифицирующим составом. 8. Для изготовления высокого качества расширяющих пластинок из фотополимера «Нолатек» рекомендуется отливать рабочие модели из супергипса III или IV класса. 9. Хранить аппарат рекомендуется в предназначенном для этого контейнере.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Эффект ускорения ортодонтической коррекции зубочелюстных аномалий вакуум-градиентной терапией / Косырева Т.Ф., Бирюков А.С., Воейкова О.В., Давидян О.М // **Стоматология. -М.: Издательство Медиа Сфера. 2020;99(5).** С. 69-73. <https://doi.org/10.17116/stomat20209905169>
2. Армирование светоотверждаемого полимера для базисов ортодонтических аппаратов / Косырева Т.Ф., Лебеденко И.Ю., Воейкова О.В., Русанов Ф.С., Сутугина Т.Ф., Поюровская И.Я.// **Стоматология. 2021. - М.: Издательство Медиа Сфера. 2021;100(4).** С.83-87. <https://doi.org/10.17116/stomat202110004183>
3. Клинико-лабораторные исследования светоотверждаемого базисного материала для изготовления внутриротовых ортодонтических приспособлений / Косырева Т.Ф., Воейкова О.В., Голочалова Н.В. // **Стоматология. 2021. - М.: Издательство Медиа Сфера. 2021- №5. С.58-61.**
4. Патент на изобретение полезной модели «Ретенционный аппарат» Косырева Т.Ф., Васильева М.Б., Воейкова О.В., № RU 184911U1, опубликовано **Бюллетень ВАК № 26, 14.11.2018.**



5. Опыт применения безмономерной пластмассы «Нолатек» для изготовления ортодонтических конструкций / О. В. Воейкова, Т. Ф. Косырева, А. Е. Анурова // Молодой ученый-2017.-№16(150). С.34-37.
6. Ретенционный аппарат в ортодонтическом лечении / Воейкова О.В. // Актуальные вопросы стоматологии. Сборник тезисов межвузовской конференции (РУДН, Москва, 14 марта 2018 г. г.). М., 2018. С.73-74
7. Исследования эффективности модифицированных изменений базиса ортодонтических аппаратов на основе фотополимерного материала «Нолатек» / Воейкова О.В. Косырева Т.Ф., Байракова А.Л.// Межвузовская конференция «Актуальные вопросы стоматологии», посвященная 80-летию первого заведующего кафедрой пропедевтики стоматологических заболеваний МИ РУДН профессора В.С. Булгакова. Сборник тезисов межвузовской конференции (РУДН, Москва, 27 ноября 2019 г.). М., 2019. С 84-86
- 8.Биоплёнкообразование условными патогенами на базисах ортодонтических аппаратов: факторы адгезии микробиоценоза на пластмассах для протезирования / Воейкова О.В., Косырева Т.Ф., Байракова А.Л., Лахтин В.М., Алешкин В.А. // Sheffield science and education ltd. Чехия. Vol.4 (1).2019-2020. С.3-11
9. Практическое применение светоотверждаемого базисного полимера для изготовления ортодонтических конструкций / Воейкова О.В., Косырева Т.Ф., Голочалова Н.В. // Актуальные вопросы стоматологии. Сборник тезисов межвузовской конференции (РУДН, Москва, 24.11.2020г.). М., 2020. С.17-20
10. Гингивит у детей / Косырева Т.Ф., Тутуров Н.С., Бирюков А.С., Самойлова М.В., Бельфер М.Л., Воейкова О.В., Катбех Имад, Абакелия К.Г. // М., Рудн. 2020.- 45с
11. Бельфер Марина Леоновна, Косырева Тамара Федоровна, Самойлова Марьяна Вячеславовна, Тутуров Николай Станиславович, Воейкова Ольга Вячеславовна / Ранняя ортодонтическая диагностика формирования зубочелюстных аномалий у детей // М., Рудн. 2020.- 64с
12. Современные подходы к аппаратурной коррекции зубочелюстных аномалий в клинике ортодонтии / Косырева Т.Ф., Тутуров Н.С., Самойлова М.В., Бирюков А.С., Воейкова О.В., Бельфер М.Л., Катбех Имад // Учебное пособие. М.: Рудн. 2021.-115 с ил.
13. Применение отечественного светоотверждаемого полимера при изготовлении съемных ортодонтических аппаратов/ КосыреваТ.Ф., Воейкова О.В., Голочалова Н.В.// **Медицинский алфавит.-М.:2021. №24.С. 59-63 DOI: 10.33667/2078-5631-2021-24-59-63.**
14. Алгоритм диагностики и лечения пациентов с дистальной окклюзией в периоде сменного прикуса/ Тутуров Н.С., Воейкова О.В., Лебедев В.Г., Босых Ю.Ю., Лежава Н.Л., Кузнецова Т.Е.//**Стоматология для всех.-М.: 2021. №3 (96) С. 56-60** [https://doi.org/10.35556/idr-2021-3\(96\)56-60](https://doi.org/10.35556/idr-2021-3(96)56-60)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ:** Перспективным направлением дальнейшей разработки темы является разработка новых методик клинико-лабораторного применения материала «Нолатек» с использованием Д-Пласт с целью повышения прочностных свойств фотополимера. Такая конструктивная модификация реализуется за счет отличной химической адгезии полимера с Д-Пласт, что позволяет тем самым улучшить как фиксацию искусственных акриловых зубов и металлических удерживающих и активных элементов съемного ортодонтического аппарата, улучшения фиксации. Продолжить разработку ортодонтических аппаратов, применяемых в комплексном лечении изучаемой зубочелюстной аномалии.

**РЕЗЮМЕ****кандидатской диссертации Воейковой О.В. (РФ) «Применение отечественного светоотверждаемого полимера при изготовлении съёмных ортодонтических аппаратов у детей»**

Работа посвящена решению актуальной задачи – научному обоснованию применения отечественного светоотверждаемого полимера при изготовлении съёмных ортодонтических аппаратов у детей, соответствующих современным требованиям по биоинертности, микробной адгезии, эстетике и функциональности. На основании научных результатов клинико-лабораторного и экспериментального исследования выявлены особенности армирования кварцевой сеткой и полимером Д-Пласт (РФ) нового отечественного светоотверждаемого полимера «Нолатек», повышающих прочностные свойства, позволяющих избежать деформаций и поломок базиса ортодонтического аппарата при длительной коррекции. Светоотверждаемый тип полимера отражает более низкий потенциал адгезионной способности бактерий к поверхности, что уменьшает вероятность формирования микробных биоплёнок. Изучены методом газовой хроматографии и масспектрометрии бактериальный эндотоксин и плазмалоген в ротовой жидкости у детей (низкие показатели) при ношении ортодонтических аппаратов из полимера «Нолатек» в разных возрастных группах как биологические маркеры воспалительной реакции. В работе на основании результатов клинических исследований доказана целесообразность использования отечественного фотополимера «Нолатек» для изготовления ортодонтических приспособлений детям с зубочелюстными аномалиями с хорошими микробиологическими показателями ротовой жидкости, высокой гигиеничности базиса из этого материала без риска осложнений и побочных эффектов. Проведено экономическое обоснование технологии изготовления ортодонтического аппарата из отечественной фотополимерной пластмассы «Нолатек» в детской стоматологической практике.

**ABSTRACT****of PhD thesis of O.V. Voejkova (Russian Federation) "Use of domestic light-cured polymer at production of removable orthodontic devices at children"**

Work is devoted to the solution of a relevant task - to scientific justification of use of domestic light-cured polymer at production of removable orthodontic devices at the children conforming to modern requirements for bioinertness, microbic adhesion, an esthetics and functionality. Based on the scientific results of clinical, laboratory and experimental research, the features of reinforcement with quartz mesh and D-Plast polymer (RF) of the new domestic light-cured polymer "Nolatek" were revealed, which increase the strength properties and avoid deformations and breakdowns of the base of the orthodontic apparatus during long-term correction. The light-curing type of polymer reflects the lower potential for bacterial adhesion to the surface, which reduces the likelihood of microbial biofilm formation. Bacterial endotoxin and plasmalogen in the oral fluid of children (low indicators) were studied by gas chromatography and mass spectrometry in children wearing orthodontic appliances made of polymer "Nolatek" in different age groups as biological markers of the inflammatory response. In this work, based on the results of clinical studies, the expediency of using the domestic photopolymer "Nolatek" for the production of orthodontic appliances for children with dentoalveolar anomalies with good microbiological parameters of the oral fluid, high hygiene of the basis made of this material without the risk of complications and side effects. The economic substantiation of the technology of manufacturing the orthodontic apparatus from the domestic photopolymer plastic "Nolatek" in children's dental practice has been carried out.