

## СТАТЬИ

УДК 615.242:616.314

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ОТДЕЛЬНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ СВЕТОВОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ****Зубарева Г.М., Суханова А.Д.***ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, Тверь,**e-mail: gmzubareva@yandex.ru, suhanova999@mail.ru*

В статье представлен анализ химического состава и физико-механических свойств двух композитных материалов разных производителей: Filtek Ultimate Universal Restorative material (производитель: 3M ESPE, USA) и ЭСТЕЛЮКС НК (производитель: Россия). Установлено, что каждый композит представляет собой комбинацию основных (матрица, неорганический наполнитель) и дополнительных компонентов, от которых зависят физико-механические свойства (плотность, прочность и прочность на изгиб, вязкость, быстрота отверждения, эффект хамелеона), которые обеспечивают качественное проведение необходимых плановых манипуляций. Дифференциация химического состава позволила наглядно сравнить компоненты и выявить вклад каждого из них в организацию структуры композита за счет образования химических связей. В частности, наличие поверхностно-активных веществ обеспечивает соединение разных по природе матрицы и наполнителя, что способствует структурообразованию материала. Сочетание различных оксидов металла и размеров наполнителя обеспечивает цветовую гамму субстанции. Удачная комбинация компонентов стоматологических материалов позволяет добиться рентгеноконтрастности, низкой полимеризационной усадки, создать высокую эстетику, что повышает качество выполненной работы и обеспечивает высокое качество жизни пациентов. Анализ двух композитных материалов показал множество сходных свойств, которые обеспечивают качество и взаимное замещение друг друга, что открывает широкие перспективы использования в стоматологической практике отечественного материала ЭСТЕЛЮКС НК.

**Ключевые слова:** композитные материалы светового отверждения, химический состав, положительные и отрицательные свойства

**COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF CHEMICAL COMPOSITION AND SELECTED PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF MODERN LIGHT-CURING COMPOSITE MATERIALS****Zubareva G.M., Sukhanova A.D.***Tver State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Tver,**e-mail: gmzubareva@yandex.ru, suhanova999@mail.ru*

The chemical composition and physical-mechanical properties of two composite materials from different manufacturers were analyzed: Filtek Ultimate Universal Restorative material (manufacturer: 3M ESPE, USA) and ESTELUX NK (manufacturer: Russia). It was found that each composite material is a combination of main components (matrix, inorganic filler) and additional components that determine the physical-mechanical properties (density, strength, flexural strength, viscosity, curing rate, chameleon effect) necessary for high-quality dental procedures. Differentiation of the chemical composition allowed for a comparison of the components and their contribution to the organization of the composite structure through the formation of chemical bonds. For instance, the presence of surfactants facilitates the connection of different types of matrix and filler, which contributes to material structuring. The combination of different metal oxides and filler sizes ensures a wide range of colors for the substance. A successful combination of dental material components can achieve radiopacity, low polymerization shrinkage, and high aesthetics, thereby improving the quality of dental work and ensuring high-quality patient care. The analysis of the two composite materials showed numerous similar properties that ensure quality and mutual replacement, opening up broad prospects for using the domestic ESTELUX NK material in dental practice.

**Keywords:** light-cured composite materials, chemical composition, positive and negative properties

В последнее время ученые-медики все больше внимания уделяют вопросам, связанным с качеством жизни человека. У стоматологов появился термин Oral health-related quality of life, который напрямую связывает качество жизни и здоровье полости рта. Составной частью термина является понятие психосоматического благополучия пациента, зависящее от многих факторов, в частности от эстетики лица и красоты улыбки.

Общепризнано, что стоматологическое лечение не только устраняет зубную боль, восстанавливает утраченные зубы и правильный прикус, но и придает красо-

ту зубам. Новый взгляд на зубы человека как один из факторов качества жизни способствует формированию новых подходов к лечению стоматологических заболеваний с использованием в практике современных композитных материалов светового отверждения [1, 2].

В состав современных композитных материалов входят следующие.

1. Полимерная матрица – образует каркас, в котором равномерно распределяются компоненты; основными из них являются:

– BIS-GMA – бисфенол-А-глицидилметакрилата, который состоит из двух полиме-

ризуемых групп, что способствует формированию сшитого полимера, необходимого для создания реставраций (рис. 1а);

– UDMA – уретандиметилметакрилата – отличается высокой молекулярной массой и благодаря длинной молекулярной цепи оказывает положительное влияние на прочность на изгиб (рис. 1б). Кроме того, он устойчив к пигментации и мало впитывает влагу;

– TEGDMA – триэтиленгликольдиметакрилат (рис. 1в) – применяют в небольших концентрациях для достижения оптимальной вязкости и усадки.

2. Неорганический наполнитель представлен алюмосиликатным стеклом, комплексные анионы которого состоят из кремния и алюминия:  $[AlSiO_4]^-$ ,  $[AlSi_4O_{10}]^-$ ,  $[Al_2Si_3O_{10}]^{2-}$ . В качестве катионов выступа-

ют  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , а иногда  $Ba^{2+}$  и  $Li^+$ . В борсиликатном стекле щелочные компоненты исходного сырья заменены на оксид бора ( $B_2O_3$ ). Также в наполнитель входят кварц плавный и кристаллический ( $SiO_2$ ), двуокись кремния модифицированная, циркониевый наполнитель (Zr), пыль алмазная и др. Такой состав композита обеспечивает минимальную усадку, высокую прочность и хорошую рентгеноконтрастность.

3. Поверхностно-активные вещества, в частности силаны, – кремнийорганические соединения. Формула:  $(RO)_3Si(CH_2)_n-X$ , где RO – гидролизуемые группы, например метокси- ( $CH_3-O$ ), этокси- ( $C_2H_5-O$ ); X – амино- ( $NH_2$ ), метакрилокси- ( $CH_2=C(CH_3)C(O)O-$ ), глицидоксигруппы ( $-O-CH_2-C_2H_3O$ ) и др. Силаны необходимы для сцепления органической матрицы и наполнителя.

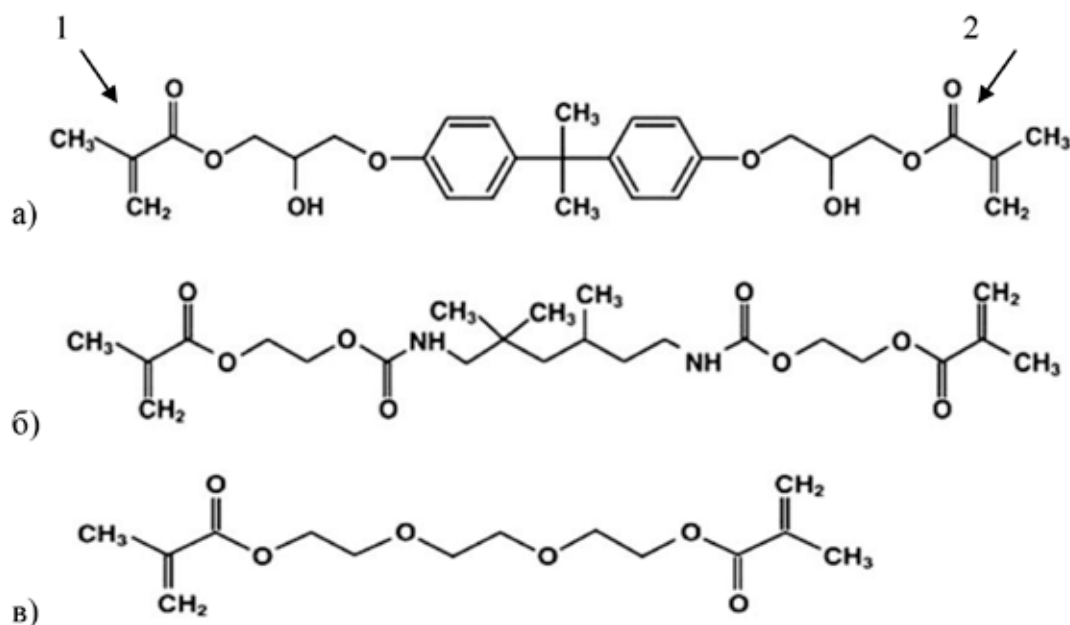


Рис. 1. Структурные формулы составных компонентов полимерной матрицы: 1 – первая полимеризуемая группа; 2 – вторая полимеризуемая группа; а) BIS-GMA; б) UDMA; в) TEGDMA

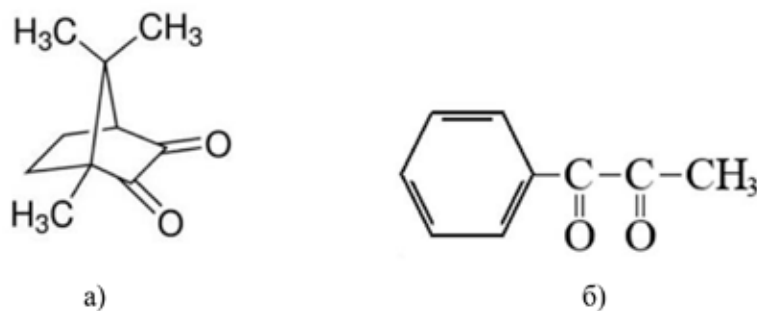


Рис. 2. Структурные формулы веществ, входящих в состав инициатора: а) камфорахинон; б) бензилпропандион

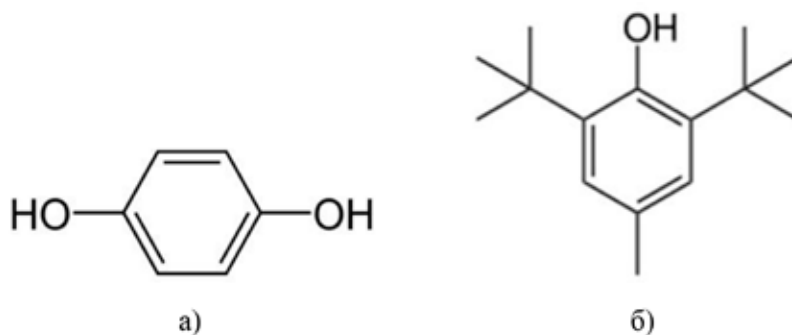


Рис. 3. Структурная формула вещества, входящего в состав стабилизатора:  
а) гидрохинон; б) гидрокситолуол

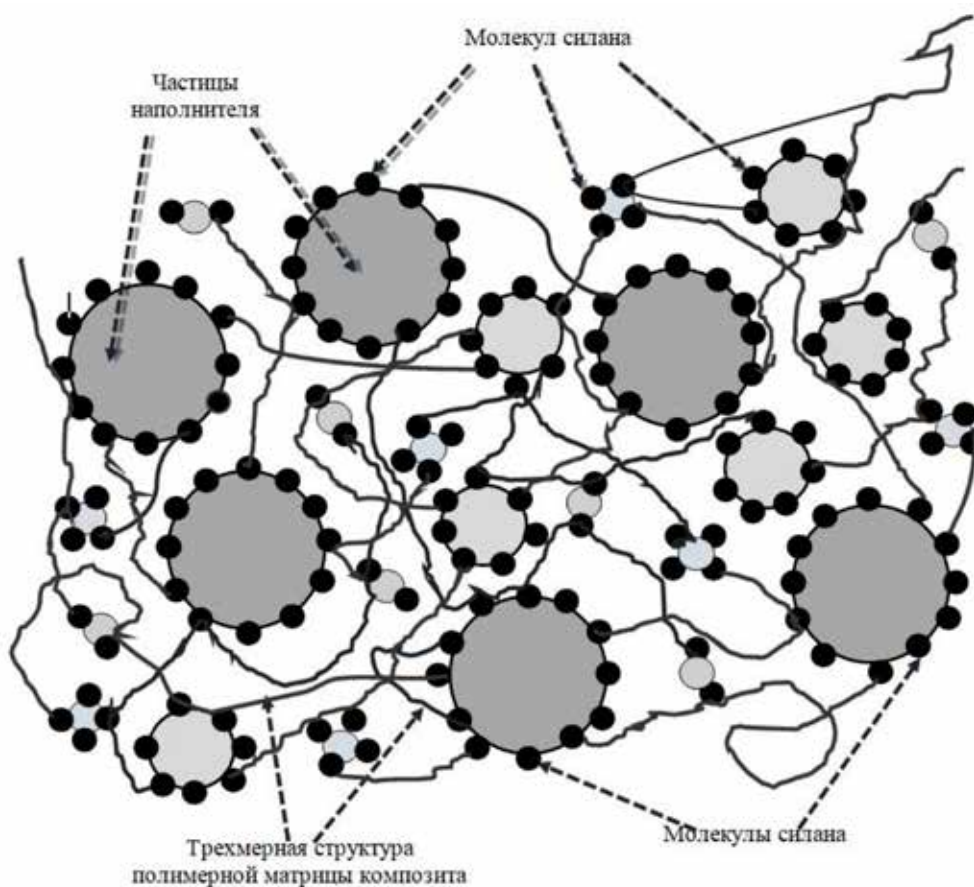


Рис. 4. Изображение композитного материала

При этом в композитные материалы входят дополнительные компоненты.

1. Инициаторы: камфорахинон (рис. 2а), фенилпропандион (рис. 2б) и иные, которые запускают реакцию с образованием свободных радикалов, что обеспечивает связь между компонентами матрицы.

2. Стабилизаторы: метиловый эфир гидрохинона (рис. 3а), гидрокситолуол (рис. 3б) и иные – препятствуют самостоятельному взаимодействию компонентов, входящих в композиционный материал.

3. Краситель: оксид алюминия ( $Al_2O_3$ ), титана ( $TiO_2$ ) – придает композиционному материалу необходимый цвет [3].

Таким образом, композиты представляют собой материалы, состоящие из двух или более компонентов, с четко выраженной границей раздела фаз между ними, соединение между которыми осуществляется поверхностно-активными веществами, что обеспечивает образование трехмерной структуры, которая представлена на рисунке 4.

Такой разноплановый состав материала позволяет врачу-стоматологу подобрать подходящий материал, который будет отвечать всем требованиям лечения [4].

Цель исследования: провести анализ и сравнить объективные физико-механические свойства композиционных материалов светового отверждения различного химического состава.

### Материалы и методы исследования

Изучены научные работы, связанные с проблемой данной статьи; проведен анализ наиболее часто используемого на практике универсального реставрационного стоматологического материала Filtek Ultimate Universal Restorative material и наногибридного – ЭСТЕЛЮКС НК.

Химический состав Filtek Ultimate Universal Restorative material (производитель: 3M ESPE, USA) представлен полимерной матрицей – BIS-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA и bis-EMA. Характеристики композитных материалов зависят от соотношения компонентов, входящих в полимерную матрицу. Матрица на основе BIS-GMA имеет полимеризационную усадку не более 7%, быстрое отверждение по принципам свободно-радикального инициирования, хорошую прочность. При этом недостатками данного компонента являются повышенная вязкость, которая составляет при температуре 23°C – от 500 до 800 тысяч МПа·с, и хрупкость. Для уменьшения вязкости в полимерную матрицу производители добавляют TEGMA, который разбавляет структуру композита. UDMA, имея наименьшую вязкость (от 5000 до 10000 МПа·с), обеспечивает хорошую адаптацию и клеиваемость [5]. В композите Filtek Ultimate Universal Restorative material часть TEGDMA замещается на BIS-GMA и UDMA, и это способствует повышению наполненности и механической прочности. Таким образом, при работе с данным композитом отмечается низкая полимеризационная усадка (1,8%), что препятствует образованию краевой щели и обеспечивает хорошие манипуляционные свойства [6, 7, 8].

Неорганический компонент определяется размером частиц, который представлен комбинацией неагломерированного/неагрегированного 20 нм кремниевого наполнителя, неагломерированного/неагрегированного 4–11 нм циркониевого наполнителя и дисперсного циркониевого/кремниевого кластерного наполнителя (состав – частицы кремния размером 20 нм и частицы циркония размером 4–11 нм). При этом в композит входят разные количества разноразмерных частиц. Средний размер составляет

0,6–10 мкм и определяет универсальные оттенки «боди» дентина, эмали; 0,6–20 мкм у прозрачных оттенков. Доля неорганического наполнителя в композите составляет около 72,5% веса (55,6% объема) для прозрачных оттенков и 78,5% веса (63,3% объема) для всех остальных оттенков. Малый размер частиц обеспечивает высокие эстетические свойства, легкость полировки и хорошую износостойкость, так как полимерная матрица лучше защищена от истирания благодаря более плотному расположению частиц в смоле. Крупные частицы обеспечивают высокую твердость, рентгеноконтрастность, устойчивость к жевательным нагрузкам и снижают коэффициент термического расширения, но при этом отмечается шероховатость на поверхности материала.

Таким образом, стоматологический материал «Filtek Ultimate Universal Restorative material» производят в большой вариации кластерного размера, что обеспечивает хорошую наполненность материала и не влияет на ретенцию блеска. Материал обладает флюоресценцией, сходной с тканями зуба, и выраженным хамелеон-эффектом. Структура материалов-хамелеонов создает диффузное отражение света, подобное натуральным структурам зуба. Соотношение различных частиц подобрано таким образом, что вместе они образуют сложный комплекс взаимных отражений света, а благодаря их разной отражающей способности создают диффузное отражение света, которое также свойственно тканям зуба. Световой пучок проходит внутрь реставрации и отражается как от поверхности частиц наполнителя, так и от структур зуба. В результате реставрация сливается с окружающими тканями, воспринимаясь как единое целое. Благодаря мультиповерхностным структурам достигается высокий эстетический уровень [9]. Нанокластеры структурно интегрированы и обеспечивают высокую прочность на изгиб – 152,3 МПа, а при диаметральном растяжении – 77,5 МПа [6, 7]. Таким образом, рассматриваемый нами материал рекомендуется для пломбирования как передних, так и боковых групп зубов, удобен в работе и сокращает временные затраты при создании реставраций, однако имеет высокую стоимость.

### Результаты исследования и их обсуждение

Анализ состава и свойств композитов российских производителей позволил определить наиболее качественный и широко используемый в практике наногибридный материал – ЭСТЕЛЮКС НК,

который представлен полимерной матрицей, состоящей из аналогичных для «Filtek Ultimate Universal Restorative material» составных частей, а именно: UDMA – уретандиметакрилат, BIS-GMA – бисфенол-А-глицидилметакрилат и ТГМ – триэтиленгликольдиметакрилат. За счет этих компонентов обеспечиваются прочность на изгиб не менее 50 МПа, диаметральной прочностью не менее 34 МПа, что несколько уступает импортному материалу [10]. При этом сохраняются положительные качества, такие как низкая полимеризационная усадка, которая предотвращает риск образования рецидива кариеса, поскольку обеспечивает хорошее краевое прилегание.

Неорганический наполнитель российского материала представлен следующими компонентами: бариевое алюмоборосиликатное стекло ПМ-3, стеклонаполнитель GM 32087, стеклонаполнитель Nano Fine 27884. Дисперсность частиц наполнителя составляет 20–100 нм, 0,04–1,0 мкм, что создает плотную массу при пломбировании. За счет небольшого размера частиц композита сохраняются цветостабильность и легкость полировки до сухого блеска. В этих свойствах российский материал не уступает «Filtek Ultimate Universal Restorative material». Эмалевый оттенок обладает повышенной прозрачностью, которая близка к цвету эмали зуба. При этом в материале ЭСТЕЛЮКС НК также отмечается эффект хамелеона, что обеспечивает невидимую границу между эмалью зуба и реставрацией. Степень заполнения наполнителем составляет 80%, что несколько выше, чем у импортного материала, и это объясняет высокую прочность и рентгеноконтрастность.

В ЭСТЕЛЮКС НК также входят поверхностно-активное вещество – силан А-174 – и дополнительные компоненты – пигменты железистые и флуоресцирующий пигмент, стабилизатор – бутилированный гидрокситолуол и инициатор – камфорон. ЭСТЕЛЮКС НК легко моделируется, так как обладает тиксотропностью, то есть после механического давления на материал композит способен изменять свою консистенцию. Это свойство, безусловно, создает определенные удобства для врача-стоматолога в процессе работы. Анализируемый материал рекомендуется для пломбирования как передних, так и боковых групп зубов. Немаловажно отметить доступную стоимость материала.

## Заключение

Анализ двух композитных материалов показал множество сходных свойств, которые обеспечивают качество и взаимное замещение друг друга. Filtek Ultimate Universal Restorative material и ЭСТЕЛЮКС НК находятся практически на одном уровне. В связи с современными событиями, связанными с наложением санкций и проведением политики импортозамещения, открываются широкие перспективы использования отечественного материала ЭСТЕЛЮКС НК, который не уступает по своим свойствам импортному.

## Список литературы

1. Колодий Ю.Р., Петрова А.П., Венатовская Н.В. Инновационный нанокompозитный материал в стоматологии // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2017. № 9. С. 1418-1419.
2. Федорова Н.С., Салеев Р.А. Определение понятия «Здоровье» в рамках исследования качества жизни пациентов стоматологического профиля // Вестник современной клинической медицины. 2014. № 3. С. 58-61.
3. Чистякова Г.Г., Шалухо Н.М., Изобелло Ю.Н. Физико-механические свойства композиционных материалов светового отверждения // Стекло и керамика. 2014. № 1. С. 38-40.
4. Данилова М.А., Мачулина Н.А., Шевцова Ю.В., Каменских Д.В. Клинико-экспериментальное обоснование применения различных пломбировочных материалов у детей дошкольного возраста // Стоматология детского возраста и профилактика. 2019. № 2. С. 31-36.
5. Четверикова А.И. Модификация полимерных стоматологических пломбировочных композитов функциональными олигосилоксанами и олигофосфазенами: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2016. 137 с.
6. Бутвиловский А.В., Володкевич Д.Л. Возможности и перспективы использования нового композиционного материала с хамелеон-эффектом в стоматологической практике // Современная стоматология. 2021. № 2. С. 34-36.
7. Швитко Д.Б., Марахова А.И. Актуальность изучения физико-механических и других свойств материалов, применяемых стоматологии методом сканирующей зондовой микроскопии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5-3. С. 435-439.
8. Стародубова А.В., Поюровская И.Я., Русанов Ф.С., Винниченко Ю.А. Оценка основных физико-механических свойств композитных материалов для восстановления зубов прямым методом // Стоматология. 2016. № 6-2. С. 112-113.
9. Комиссаров В.А., Петрова А.П., асс. Венатовская Н.В. Эффект хамелеона у пломбировочных стоматологических материалов // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2017. № 10. С. 1560-1563.
10. Скрипкина Г.И., Гарифуллина А.Ж., Бреславская Е.А. Сравнение объективных показателей различных свойств фотокомпозитных материалов с субъективной оценкой врачей-стоматологов // Стоматология детского возраста и профилактика. 2020. № 2. URL: <https://dentalcommunity.ru/articles/2425/> (дата обращения: 14.03.2023).