

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
1-я КАФЕДРА ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Л. А. КАЗЕКО, О. С. ГОРОДЕЦКАЯ

# КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2020

УДК 616.314:615.46(075.8)

ББК 56.6я73

К14

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 18.12.2019 г., протокол № 4

Рецензенты: д-р мед. наук, проф. Т. Н. Манак; канд. мед. наук, доц. О. Г. Мальковец

**Казеко, Л. А.**

К14 Композитные материалы : учебно-методическое пособие / Л. А. Казеко, О. С. Городецкая. – Минск : БГМУ, 2020. – 32 с.

ISBN 978-985-21-0657-3.

Изложены общие вопросы состава, свойств, показаний и противопоказаний к применению композитных материалов. Подробно описаны особенности использования композитов специального применения и этапы работы при выполнении композитной реставрации. Содержит задачи и тесты для самоконтроля знаний.

Предназначено для студентов 3-го курса стоматологического факультета и медицинского факультета иностранных учащихся, обучающихся на русском языке.

УДК 616.314:615.46(075.8)  
ББК 56.6я73

---

Учебное издание

**Казеко Людмила Анатольевна  
Городецкая Ольга Сергеевна**

## **КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Учебно-методическое пособие

Ответственная за выпуск Л. А. Казеко

Редактор Н. В. Оношко

Компьютерная вёрстка С. Г. Михейчик

Подписано в печать 01.10.20. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Хероx office».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 40 экз. Заказ 494.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный медицинский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

**ISBN 978-985-21-0657-3**

© Казеко Л. А., Городецкая О. С., 2020  
© УО «Белорусский государственный  
медицинский университет», 2020

## ПОНЯТИЕ О КОМПОЗИТНОМ МАТЕРИАЛЕ

Первый композиционный материал для стоматологии разработал в 1962 году Рей Бовен (R. L. Bowen). В его основе была органическая матрица из бисфенол-А-глицидилметакрилата (Bis-GMA) и наполнителя на основе кварцевой муки, предварительно обработанной силаном, с размерами частиц около 40 мкм (макронаполнитель). Состоял он из порошка и жидкости и был химического отверждения. Наступила эпоха интенсивного применения композитных материалов. Эволюция стоматологических композитов развивалась одновременно в нескольких направлениях, приоритетными из которых были: создание однокомпонентных композитов, в которых полимеризация происходила под влиянием света; материалов различной консистенции; снижение полимеризационной усадки; улучшение физико-механических свойств и эстетики.

Основными составными компонентами композитов являются органический мономер (матрица) и неорганические наполнители, а также инициаторы полимеризации и стабилизаторы, определяющие качество композитов. Кроме того, они включают в себя красители и пигменты (неорганические окислители), добавляемые в малых количествах с целью получения цвета и структуры натуральных зубов (от очень светлых оттенков через желтые к серым), и другие компоненты, например абсорбенты ультрафиолетовых лучей, с целью уменьшения изменений цвета вследствие окисления.

В качестве основы *органической матрицы* используются мономеры Bis-GMA (бисфенол-А-глицидилметакрилата), UDMA (уретандиметилметакрилата), D3MA (декандиолдиметакрилата), TEGDMA (триэтиленгликольметакрилата) и др. Полимерная матрица содержит: ингибитор полимеризации для удлинения сроков хранения материала и увеличения времени работы; катализатор, который обеспечивает начало полимеризации материала; ультрафиолетовый стабилизатор (для уменьшения изменения цвета материала); кокатализатор (в композитах химического отверждения) или фотополимеризатор (в светоотверждаемых композитах). С целью улучшения способности органической матрицы образовывать большее количество связей с наполнителем внедряют мономеры (силораны, а также димеры, диуретаны и диметакрилаты).

*Наполнителем* являются различного размера частицы, рассредоточенные в матрице, которые получают путем раздавливания либо размельчения кварца или стекла. В состав наполнителя входит плавленный и кристаллический кварц, алюмосиликатное, боросиликатное и бариевое стекло, различные модификации двуокиси кремния, предварительно полимеризованный дробленый композит, искусственно синтезированные вещества. Наполнитель составляет 35–84 % массы материала и 10–15 % всего его объема. Содержание наполнителя в композите влияет на величину (степень) полимеризационной усадки, водопоглощение, прочность и устойчивость к истиранию, а также на пластичность и цветостабильность. Присутствие бариевого, стронциевого либо литиевого стекла обеспечивает рентгеноконтрастность.

Размер частиц наполнителя может варьировать от 0,01 до 100 мкм: чем крупнее эти частицы, тем выше прочность материала, меньше усадка при неизменной пластичности. Однако крупные частицы образуют шероховатую, лишенную блеска поверхность, способствуют повышенной истираемости пломбы. Маленькие частицы позволяют сделать композит полируемым, более устойчивым к истиранию. Ввести большое количество мелкого наполнителя в состав материала невозможно, так как маленькие по объему частицы обладают большой площадью поверхности за счет своей формы. В материалах с маленькими частицами наполнителя ухудшаются также основные физические показатели, такие как прочность, водопоглощение, цветостабильность. Форма частиц наполнителя также оказывает огромное влияние на свойства композита. Игольчатый нерегулярный наполнитель становится основой высокой прочности, а круглый наполнитель позволяет композит лучше полировать, делает его более пластичным.

Благодаря высокой наполненности композита частицами наполнителя, достигается улучшение следующих свойств:

- уменьшение полимеризационной усадки (до 0,5–0,7 %);
- предотвращение деформации полимерной органической матрицы;
- снижение коэффициента теплового расширения;
- уменьшение сорбции воды;
- повышение твердости материала, его устойчивость к стираемости и сопротивляемость нагрузкам;
- улучшение эстетических свойств материала, так как наполнитель обладает коэффициентом преломления света и прозрачностью, близким к соответствующим показателям эмали зуба.

Основными свойствами наполнителя, влияющими на качество композита, являются:

- размер частиц наполнителя — этот показатель служит важнейшим параметром, определяющим свойства материала (в различных композитах он колеблется от 45 до 0,04 мкм);
- материал, из которого изготовлен наполнитель;
- форма частиц.

Поверхностно-активные вещества — **силаны** — необходимы для полноценного химического соединения органического матрикса и неорганического наполнителя. Эти вещества повышают прочность и износостойкость материала, снижают водопоглощение, структура композита становится более однородной.

**Камфорохинон** является отличным светочувствительным веществом и инициатором полимеризации. Под воздействием фотонов света он распадается на свободные радикалы и происходит полимеризация. Таким образом, чем интенсивнее свет, тем быстрее происходит полимеризация.

Содержащиеся в композитах **пигменты** позволяют адаптировать материал к тканям зуба. Обычно в комплектах материала находится около 10 и более оттенков, отличающихся цветовым тоном, насыщенностью цвета, опа-

ковостью/прозрачностью, флюоресцентностью и опалесцентностью. Существуют интенсивно-белые оттенки для маскировки пятен либо полос, возникших в результате нарушения развития эмали. Также производятся специальные оттенки композиционных материалов, предназначенные для отбеленных зубов.

Первоначально композиты содержали большие сферические частицы (композиты макрофильные в среднем 40 мкм), замененные позже более мелкими частицами нерегулярной формы (композиты мидифильные 4 мкм и композиты микрофильные 0,4 мкм) и микрочастицами (композиты микрофильные 0,04 мкм), а затем частицами смешанного размера (гибридные композиты).

## **ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Систематизация композиционных материалов является сложной задачей, так как ассортимент их очень широкий и постоянно обновляется. Ниже изложены основные классификационные принципы.

### ***По способу отверждения:***

1. Светоотверждаемые композиционные материалы (фотокомпозитные материалы).
2. Химиотверждаемые композиционные материалы.
3. Композитные материалы теплового отверждения.
4. Композитные материалы двойного (химического и светового) отверждения.

### ***По виду наполнителя:***

1. Макрофильные композиционные материалы.
2. Микрофильные композиционные материалы.
3. Гибридные композиционные материалы.
4. Нанокomпозиционные материалы.
5. Гиомеры.
6. Керомеры.

### ***По виду органической матрицы:***

1. Метакрилатная (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA и др.).
2. Силорановая.

### ***По показаниям к применению:***

1. Универсальные композиционные материалы.
2. Композиционные материалы для реставрации передних зубов.
3. Композиционные материалы для реставрации боковых зубов.

### ***По химическому составу:***

1. Традиционные композиционные материалы.
2. Ормокеры (органически модифицированная керамика).

**По консистенции:**

1. Композиционные материалы низкой плотности (жидкие, текучие).
2. Композиционные материалы универсальные (стандартная консистенция).
3. Композиционные материалы высокой плотности (пакуемые).

**По форме выпуска:**

1. Паста в отдельных баночках (химиокомпозиты).
2. Паста или гель в шприцах.
3. Паста или гель в капсулах для непосредственного внесения в кариозную полость в количестве, достаточном для единичной реставрации.

**По размеру частиц наполнителя:**

1. Макронаполненные (размер частиц — 40 мкм и более);
2. Мининаполненные композиты — с малыми частицами (размер частиц — 4 мкм);
3. Микронаполненные (размер частиц — 0,04–0,4 мкм);
4. Макрогибридные (смесь частиц различного размера: от 0,04–0,1 и до 8–12 мкм);
5. Микрогибридные (смесь частиц различного размера: от 0,04–0,1 и до 1–5 мкм);
6. Гибридные тотально выполненные композиты (смесь частиц различного размера: 5–8 мкм; 1–5 мкм; 0,01–0,1 мкм).

В настоящее время абсолютными лидерами по популярности применения в стоматологии являются *фотокомпозитные материалы*. Их активное использование объясняется рядом положительных свойств: удобство в работе (отсутствует смешивание, относительно длительная работа с материалом), полимеризация «по команде», работа без отходов, высокие механические и эстетические свойства, цветоустойчивость. К недостаткам фотокомпозитных материалов относят: большие временные затраты при выполнении реставрации (в среднем 40–60 минут), относительно высокая стоимость, необходимость использования дополнительных материалов и приспособлений (системы изоляции операционного поля, фотополимеризатора и защитных экранов или очков).

Относительно недавно получили широкое применение нанофильные композиты, которые содержат частицы размером 0,01 мкм (10 нм). Большинство композитов содержат мелкочастичные (0,2–3,0 мкм) либо микрофильные (0,04 мкм) наполнители. Микрофильным наполнителем чаще всего является кварц, кремний, стронций, барий, цинк. Микронаполнители являются коллоидными частицами кремния, стронция, цинка и не пропускают рентгеновские лучи. До 60–70 % объема и 77–84 % массы микрогибридных композитов составляет наполнитель, представляющий собой смесь мелких и очень мелких частиц (борокремниевого стекла, кремния, лития, стронция, цинка, кварца либо циркония). Микрочастицы (до 5–15 %) заполняют пространство между мелкими частицами наполнителя, что улучшает характеристики материала.

## ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ КОМПОЗИТА

Полимеризация композита происходит в системе «инициатор–активатор». Это полимеризация аддиционная, инициированная через свободные радикалы, которые генерируются путем химической активации, либо через внешнюю энергию, получаемую благодаря подогреву или свету.

Самополимеризующиеся двухкомпонентные композиты отверждаются химическим путем после смешивания 2 компонентов — базы и катализатора (2 пасты либо порошок и жидкость). После смешивания двух компонентов процесс полимеризации происходит быстро при комнатной температуре.

В односоставных светоотверждаемых композитах (паста в шприце) полимеризация происходит под влиянием видимого синего света с пиком длины волны 470–480 нм. Этот свет поглощается (абсорбируется) фотоактиватором — камфорохиноном, который добавляется в количестве 0,2–1,0 %. Реакция ускоряется присутствием акселератора — органического амина, содержащего двойные углеродные связи. Оба эти соединения (фотоактиватор и акселератор) стабильны при комнатной температуре, пока композит не попадает на свет. Добавление камфорохинона придает светло-желтый тон непolyмеризованной композитной массе, однако после полимеризации она светлеет, и в клинических условиях это может привести к незначительному искажению выбранного цвета. Степень полимеризации светом зависит от расстояния от источника света до композита и времени засвечивания и колеблется в пределах 35–80 %.

Композиты двойного отверждения применяются для восстановления коронки зуба целиком либо для временных реставраций. Они содержат инициаторы и акселераторы, позволяющие осуществить активацию светом, в результате которой наступает химическое отверждение. Процесс полимеризации приводит к возникновению полимерной сети через матрицу двойных углеродных связей ( $C=C$ ) единичными ковалентными связями ( $C-C$ ). Степень трансформации мономера в полимер существенна для прочности пломбы, так как непосредственно связана с физическими и механическими характеристиками материала (микротвердость). Она зависит от таких факторов, как структура мономера, число и вид частиц наполнителя, цвет композита, время засвечивания, интенсивность и глубина проникновения света.

## ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

К *достоинствам* композитов относятся:

1. Хорошие механо-физические свойства: низкое поглощение воды, коэффициент термического расширения, подобный тканям зуба, износостойчивость и прочность на излом, хорошая полируемость.
2. Устойчивость к среде ротовой полости.
3. Биосовместимость.

4. Широкая гамма цветовых оттенков, выбор упаковки/ прозрачности материала.

5. Эстетическое восстановление всех классов кариозных полостей и некариозных поражений, посттравматических переломов коронок зубов.

6. Доступность и широкое применение в клинической практике.

**Недостатки** композитных материалов:

1. Полимеризационная усадка.
2. Гидрофобность.
3. Отсутствие непосредственной связи с тканями зуба, необходимость использования адгезивных систем.

**Показания** к применению композиционных материалов следующие:

1. Реставрация кариозных поражений, включая все полости по Блэку.
2. Некариозные поражения.
3. Аномалии формы и цвета зубов.
4. Травмы зубов.
5. Изменения зубов по цвету.
6. Коррекция формы зубов.
7. Герметизация фиссур.
8. Прямые виниры.
9. Восстановление культи зуба.
10. Временные коронки и другие ортопедические конструкции.
11. Починка фасеток несъемных протезов.
12. Шинирование подвижных зубов при болезнях периодонта и травме.
13. Фиксация ортодонтических аппаратов и ортодонтических конструкций.

Общие **противопоказания** к использованию композиционных материалов:

1. Аллергические реакции на любой из компонентов композиционного материала у стоматолога или пациента. При аллергии на метакрилаты можно использовать ормокеры с собственными адгезивными системами (Admirabond, Definitemultibond), органически-неорганическая матрица которых почти полностью связывает мономеры.

2. Наличие у пациента стимулятора сердечного ритма, поскольку включение фотополимеризатора может вызвать нарушение частоты импульсов аппарата и привести к остановке сердца. Альтернатива — композиты химической полимеризации.

3. Неудовлетворительная гигиена полости рта (значение индекса гигиены ОНI-S > 0,6).

4. Болезни тканей периодонта (кровоточивость десны, значение десневого индекса GI > 0,8).



5. Невозможность изоляции или загрязнение рабочего поля ротовой или десневой жидкостью, кровью.

6. Повышенная окклюзионная нагрузка в различных вариантах. При сочетании прямого прикуса и истирания вначале проводят ортопедическое лечение, а затем — реставрацию. Пациентам с прямым прикусом, бруксизмом и множественной потерей жевательных зубов не следует применять прямое винирование и закрывать межзубные промежутки/применять композитные пломбы, расположенные в поддесневой области, так как нарушена адгезия композитов с цементом зуба.

## КЛИНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Время работы со светоотверждаемыми композитами регулируется непосредственно врачом, так как полимеризуются они «по требованию» в результате фотополимеризации. Твердость обретается в течение нескольких секунд после воздействия на них фотополимеризатором. И хотя непосредственно после фотополимеризации композиты кажутся твердыми и полностью отвержденными, реакция полимеризации продолжается (длится примерно сутки), так как около 25 % двойных углеводородных связей остаются непрореагированными. Если поверхность реставрации не изолирована от воздуха (окружающей среды), полимеризация тормозится и количество непрореагированных двойных углеводородных связей может достигать 75 %. Таким образом, поверхность всех композитов, отвержденных на воздухе, покрыта слоем, ингибированным кислородом. Данный слой способствует лучшему скреплению слоев композита между собой. Однако при избытке слоя, ингибированного кислородом, процесс соединения слоев композита нарушается, что может вызвать ослабление конструкции и возникновение трещин, выделяющийся при распаде перекиси водорода. Поэтому обрабатывать полость зуба  $H_2O_2$  перед использованием полимерных материалов не рекомендуется. По этой же причине не следует пломбировать зубы сразу после курса отбеливания, необходимо выждать несколько дней перед выполнением реставрации для уменьшения насыщения тканей зуба кислородом. Обычно реставрацию окончательно обрабатывают непосредственно после полимеризации, однако оптимальные физические свойства материал приобретает спустя 24 часа от начала полимеризации. Необходимо помнить, что освещение операционного поля лампой стоматологической установки может инициировать полимеризацию композитной массы, на которую попадает этот свет. Через 60–90 секунд такого воздействия композит утрачивает текучесть по отношению к твердым тканям зуба, и дальнейшая работа с таким материалом затруднена.

Время отверждения химиотверждаемых композитов составляет 3–5 минут. Его можно пролонгировать путем уменьшения дозы катализатора.

## ПОЛИМЕРИЗАЦИОННАЯ УСАДКА

Объемная полимеризационная усадка микрогибридных композитов составляет 0,6–1,4 %, тогда как микрофильных композитов — 2–3 %. Усадка создает усадочное напряжение между композитом и стенками зуба, которое может достигать 13 МПа. В результате между композитом и зубом возникают микрощели, которые становятся причиной нарушения краевого прилегания. Если напряжение превышает силу адгезии к эмали, то вдоль линии краевого прилегания возникают трещины и изломы эмали.

Возникающая в результате полимеризации усадка является следствием сближения частиц и уменьшения объема материала. На более ранней стадии отвердевания усадка максимальна, но в этот период материал еще не твердый и может растекаться (фаза гелеобразования). На более поздней стадии (фаза после гелеобразования) усадка уменьшается, а материал становится более твердым, устойчивым и обладает небольшой текучестью.

Нанодиффузионный композит характеризуется низкой объемной усадкой, составляющей 1,4 %.

Полимеризационное напряжение в композитном адгезивном материале пропорционально полимеризационной усадке, а также твердости материала. Композитные материалы при помощи адгезии связываются со стенками кариозной полости. Силы усадки могут, к сожалению, превышать связующую силу адгезивных систем. Усадочное напряжение, компенсирующее текучесть материала, возможно лишь в случае свободных несвязанных поверхностей. Поэтому напряжение в реставрациях из композитных материалов также зависит от конфигурации реставрации. С-фактор (Cavity factor) конфигурации определяется как соотношение количества покрываемых композитом (связанных) стенок кариозной полости к количеству поверхностей без композита. При быстрой полимеризационной усадке С-фактор низкий в случае реставрации кариозных полостей IV класса, высокий — в реставрациях полостей I–II классов. Кариозная полость I класса ящикообразной формы имеет 5 связанных стенок и лишь одну несвязанную — жевательную поверхность зуба. Значение С-фактора в этом случае равно 5 (5/1). Более низким значением С-фактора обладают кариозные полости V класса (обычно 1,5–3

в зависимости от формы), а также кариозные полости II и III классов (обычно 1–2), а самое низкое значение имеет кариозная полость IV класса (менее или равно 1). Следствием усадочного напряжения, возникшего при полимеризационной усадке, являются деформации, которые становятся причиной сколов эмали зуба, перемещения бугорков, микротрещин в композите, нарушения адгезионного соединения гибридного слоя, что приводит к возникновению микрощелей и появлению послеоперационной чувствительности, микроподтеканий и вторичного кариеса.

В практической деятельности врача применяют специальные техники для редукации полимеризационного напряжения в композитных реставрациях, которые требуют соответствующего понимания, а также мануальных навыков:

- послойное внесение в кариозную полость и отдельная полимеризация каждого слоя композита толщиной 2 мм (за исключением композитов Bulk Fill);
- наложение композита диагональными слоями с учетом С-фактора применение «сэндвич-техники»;
- использование адекватного слоя адгезива или текучего композита.

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ

**Термические свойства.** Линейный коэффициент термической экспансии композита более высокий, нежели соответствующий коэффициент эмали и дентина. В ротовой полости композитная реставрация подвергается циклическим изменениям температуры, которые могут привести к усталости материала и потере адгезивной связи. Если возникает микрощель, разница между коэффициентом термической экспансии композита и твердыми тканями зуба становится причиной просачивания в полость жидкости. Впитывание воды в результате постоянного воздействия ротовой жидкости становится причиной расширения материала. Гибридные композиты демонстрируют меньшее поглощение воды, чем микрофильные.

**Растворимость.** Растворимость композитов в воде колеблется от 0,25 до 2,5 мг/мм<sup>2</sup>. Недостаточная полимеризация увеличивает проникновение воды и растворимость композитной реставрации, в клинических условиях это проявляется нестабильностью цвета.

**Цвет и стабильность тона.** Изменение цвета по отношению к окружающим реставрацию твердым тканям зуба часто становится причиной ее замены. Трещины, образованные в результате полимеризационной усадки в полимерной матрице, и частичный дебондинг наполнителя от смолы (матрицы)

способствуют гидролизу, который увеличивает опакость материала. Изменение тона связано с окислением по причине импрегнации воды внутри полимерной матрицы и ее взаимодействием с непрореагированным полимером.

**Механические свойства.** Прочность на изгиб и сжатие композитов микрофильных и жидкотекучих меньше почти в 2 раза, чем композитов гибридных, универсальных и конденсируемых, что отражает меньшее объемное содержание наполнителя в микрофильных и жидкотекучих материалах.

**Сила адгезии к твердым тканям зуба.** Сила адгезии к протравленным эмали и дентину составляет 25–30 МПа. Сила адгезии, прежде всего, является результатом микромеханической ретенции в результате образования гибридного слоя.

В дентине возникает гибридный слой, связывающий смолу и коллаген. Также возникают «щупальца» гибридного слоя, проникающие на определенную глубину в дентинные канальца.

## КЛИНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ

**Глубина полимеризации.** Интенсивность света уменьшается при отделении источника света и прохождении его через рассеивающую среду. Глубина проникновения света в композит зависит от длины волны света, времени воздействия и рассеивания, которое возникает внутри пломбы. Концентрация фотоинициатора должна быть такой, чтобы наступала реакция при соответствующей длине и интенсивности световой волны. Содержание наполнителя и величина его частиц существенно влияют на рассеивание света. Например, микрофильные композиты свет рассеивают меньше, нежели микрогибридные композиты. Следовательно, микрофильные композиты требуют более продолжительной полимеризации. Интенсивность света на поверхности существенна для полимеризации поверхности и внутри материала. Кончик полимеризатора должен быть максимально приближен к поверхности (1 мм от поверхности), чтобы обеспечить оптимальную экспозицию (воздействие). Более опакые оттенки уменьшают трансмиссию света и полимеризуются на минимальную глубину до 1 мм. Стандартное время экспозиции составляет 20 секунд. Этого времени достаточно, если слой материала светлого цвета и имеет толщину 2–2,5 мм, а кончик полимеризационной лампы находится в непосредственной близости к отверждаемой поверхности. Фотополимеризация в течение 40 секунд увеличивает степень полимеризации и рекомендуется для более темных оттенков материала. В случае больших реставраций наконечник лампы необходимо перемещать по поверхности, чтобы обеспечить полимеризацию всей пломбы.

**Рентгеноконтрастность.** Современные композиты рентгеноконтрастны благодаря содержанию в них мелких частиц металлов.

**Стираемость.** У современных композитных материалов стираемость минимальна.

**Краевое прилегание.** В области краевого прилегания реставрации с течением времени наступает деградация, которую приписывают несоответствующей подготовке кариозной полости, нарушению адгезии, полимеризационной усадке и нарушению краевого прилегания. В месте нарушения краевого прилегания наблюдается изменение цвета (обесцвечивание), часто интерпретируемое как вторичный кариес, что не всегда соответствует фактическому состоянию.

**Биосовместимость.** Практически все составляющие композита, в том числе Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, в чистом виде цитотоксичны в условиях *in vitro*. В клинических условиях их токсичность зависит от вида композита и степени полимеризации. Хотя композиты в течение нескольких недель выделяют определенное количество своих компонентов, нет единого мнения, какое влияние на макроорганизм они оказывают. Дентин является барьером, который в значительной степени редуцирует их проникновение в пульпу. В случае преодоления барьера компоненты композита воздействуют на пульпу в более низкой концентрации. Эффекты длительного воздействия на клетки пульпы до конца не изучены. Применение композитных материалов для непосредственного покрытия пульпы связывается с высоким риском отрицательных биологических ответов, так как отсутствует дентинный барьер, редуцирующий влияние композитов. Не известны также эффекты воздействия составляющих, высвобождающихся из полимеризованного композита в ротовую полость. Составляющие композитов — известные аллергены, но большинство сообщений касается контакта стоматологического персонала с непolyмеризованным композитом.

## КОМПОЗИТЫ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

**Макронаполненные композиты.** Такие композиты содержат частицы неорганического наполнителя большого размера (8–45 мкм). Наполнителем обычно служит кварц, молотое стекло, керамика. Их положительными свойствами являются: высокая прочность, приемлемые механические и эстетические качества, рентгеноконтрастность. Главные недостатки макрофильных композитов связаны с относительно большим размером, а также «нерегулярностью» формы частиц наполнителя. Невозможность идеально отполировать поверхность реставрации приводит к быстрому абразивному износу органической матрицы. В дальнейшем частицы наполнителя высвобождаются из матрицы и выпадают, еще больше увеличивая шероховатость поверхности. Пористость поверхности пломбы способствует отложению зубного налета, пищевых пигментов, что приводит к изменению ее цвета. Следовательно, макронаполненные композиты показаны для пломбирования полостей I и II, а также V класса в молярах и премолярах и непригодны для эстетических реставраций, так как не обладают устойчивостью к истиранию, цветовой стабильностью и полируемостью. Возможно их применение для восстановления

сильно разрушенных коронок фронтальных зубов с последующей облицовкой вестибулярной поверхности, для моделирования культи зуба под коронку.

**Микрофильные композиты.** Микронаполненные композитные материалы были разработаны в 1977 году. Они содержат в среднем 37 % наполнителя по объему, размер частиц — 0,01–0,4 мкм.

Большая суммарная площадь поверхности частиц наполнителя требует для связывания большого количества органического матрикса, поэтому прочность материала снижается. Однако эти материалы отлично полируются до «сухого» зеркального блеска.

Важной характеристикой микронаполненных композитов является хорошая эстетика и богатая цветовая гамма материала. Как правило, в наборы входят оттенки различной opakовости/прозрачности: дентинные (опаковые) оттенки, эмалевые, оттенки шейки зуба, режущего края, отбеленных зубов. Широкий диапазон оттенков материала позволяет изготовить реставрацию, которая полностью соответствует по цвету и структуре натуральному зубу. Рекомендованы эти композиты, прежде всего, для реставраций кариозных полостей, для которых полировка и эстетика чрезвычайно важны, например полостей III и V классов. Однако в виду того, что микронаполненные композиты содержат меньше наполнителя, они характеризуются большей полимеризационной усадкой, большим впитываем воды и большим коэффициентом термического расширения по сравнению с микрогибридными композитами.

Положительные свойства микронаполненных композитов:

- хорошая полируемость;
- стойкость «зеркального блеска»;
- высокая цветостойкость;
- хорошие эстетические качества;
- низкий абразивный износ.

Отрицательные свойства:

- отсутствие рентгеноконтрастности;
- низкая механическая прочность;
- высокий коэффициент термического расширения.

Показания к применению микронаполненных композитов:

- кариозные полости III, V классов;
- пломбирование дефектов при некариозных поражениях зубов;
- эстетические реставрации полостей IV класса.

Разновидностью микронаполненных композитов являются негомогенные микронаполненные композиты. В их состав входят мелкодисперсные частицы двуокиси кремния и преполимеризаты. Преполимеризаты получают промышленным путем. Для этого микронаполненный материал, содержащий органическую основу и неорганический компонент, полимеризуют, затем измельчают до получения частиц размером 20–30 мкм.

Таким образом, эти материалы содержат и мелкие частицы, и предварительно полимеризованные частицы этого же материала (наполненность — 75–80 %). Реставрации из негомогенного микронаполненного композита име-

ют хорошие эстетические качества и более прочны, чем реставрации из гомогенных микронаполненных материалов, легко полируются до «сухого блеска», имеют высокую абразивную устойчивость.

Наиболее известные микронаполненные композиты: Evicrol Solar LC, Призмафил, Durafil VS и др; негомогенные микронаполненные композиты: Filtek A110, Helio Progress, Silux Plus и др.

**Гибридные композитные материалы.** Совершенствование микронаполненных композитов привело к тому, что в их состав были включены частицы наполнителя большого, малого и сверхмалого размеров. Такие композиты получили название гибридов.

Введение в состав микронаполненного композита частиц большого размера (8–12 мкм) привело к разработке макрогибридных композитов, малого размера (1–5 мкм) — микрогибридных композитов, одновременно большого и малого — тотально выполненных композитов.

Введение в материал частиц большого и малого размера повышает его прочность, абразивную устойчивость, приближает коэффициент термического расширения к значению этого коэффициента твердых тканей зуба, улучшает краевое прилегание. Введение частиц сверхмалого размера улучшает эстетические свойства, полируемость, уменьшает полимеризационную усадку и др.

Положительные свойства макрогибридных композитов:

- хорошая эстетика;
- достаточная прочность;
- лучшее качество поверхности реставрации по сравнению с макронаполненными композитами;
- рентгеноконтрастность.

Отрицательные свойства — неидеальное качество поверхности (хуже, чем у микрофилов).

Представители макрогибридных композитов: EvicrolMolar, Prismafil, Polofil и др.

Положительные свойства микрогибридных композитов:

- отличная эстетика;
- хорошие физико-механические свойства;
- хорошая полируемость;
- хорошее качество поверхности реставрации;
- высокая цветостойкость.

Отрицательные свойства:

- неидеальное качество поверхности (хуже, чем у микрофилов);
- недостаточная прочность и пространственная стабильность;
- высокая полимеризационная усадка (от 3 до 5 %);
- сложность клинического применения и высокие профессиональные навыки врача (послойное внесение материала, направленная полимеризация).

Показания к применению микрогибридных композитов:

- реставрации полостей всех классов;

- изготовление виниров;
- починка сколов коронок.

Представители: Tetric, Te Econom, Herculite XRV, Prodigy, Prisma TPH, Degufil Metra, Унирест.

**Тотально выполненные композиты (максимально наполненные композиты).** Это композиты с высокой степенью наполненности (80–90 %) благодаря содержанию макро-, мини- и микрочастиц наполнителя.

Тотально выполненные композиты имеют модифицированную органическую матрицу, малую усадку (1,7–2,0 %), что позволяет отказаться от методики направленной полимеризации. Большинство материалов имеют свойство «хамелеона», то есть пломбы способны приобретать оптически цвет зуба, а также хорошо полируются.

Показания к применению: пломбирование полостей I–V классов.

Представители: Arabesk TOP, Filtek Z250, Tetric Ceram.

**Наногибридные композиты.** Впервые термин «нанотехнология» ввел в 1974 году японский исследователь Танигучи (от греч. nanos — карлик). *Нанотехнология* — это технология, оперирующая величинами порядка нанометра (1 нанометр = 1/1 000 000 000 (одна миллиардная) метра или 1/1000 (одна тысячная) микрона). Эта величина примерно в 10 раз больше диаметра водородного атома, в 80 000 меньше диаметра человеческого волоса и в сотни раз меньше длины волны видимого света. Продукты нанотехнологий внедрены в различные сферы производственной деятельности: промышленность, сельское хозяйство, освоение космоса, медицину, в том числе и стоматологию.

Первым представителем нанокомпозитов является Filtek™ Supreme, который был представлен в 2002 году компанией 3M ESPE на Международной стоматологической выставке в Вене. Этот материал содержит кремнево-циркониевый наполнитель сферической формы размером от 5 до 75 нм. Часть частиц-наночастиц объединены в комплексы — нанокластеры. Их размер варьируется от 0,6 до 1,4 мкм, что позволяет наполнить материал до 78,5 % по массе. Это придает материалу высокую прочность.

Свойства нанокомпозитов:

- высокая прочность, быстрота получения «сухого» блеска реставрации, что делает материал универсальным с точки зрения применения;
- низкая полимеризационная усадка (до 2 %);
- идеальная пластичность и высокие моделировочные свойства;
- богатый выбор оттенков материала по цвету, opakовости/прозрачности.

Представители: SupremeXT, Grandio, Premise и др.

**Конденсируемые композиты.** Характеризуются высокой плотностью по сравнению с универсальными композитами. В кариозную полость их вносят и утрамбовывают с определенным усилием. Негомогенные частицы наполнителя составляют 66–70 % объема. Для них характерны: большая глубина полимеризации, более низкая полимеризационная усадка, рентгеноконтраст-



ность, низкая стираемость (3,5 мкм в год). Рекомендуется вносить в кариозную полость одной порцией.

Клиническими показаниями к применению являются:

– восстановление кариозных полостей с высокой окклюзионной нагрузкой (I и II класса);

– пломбирование полостей V класса в жевательных зубах;

– создание культи зуба;

– шинирование зубов;

– изготовление не прямых реставраций.

Основные свойства:

– очень высокая прочность (близкая к амальгаме);

– высокая устойчивость к истиранию, плотная консистенция (конденсируется, не течет, не липнет к инструменту);

– низкая полимеризационная усадка (1,6–1,8 %).

Представители: Solitaire 2, Filtek P60, Alert, Pyramid Dentin, Sure Fil, Synergy Compact, Prodigy Condensable, Ariston pHc и др.

**Жидкотекучие композиты.** Помимо композитов пастообразной консистенции в конце 1970-х годов появились жидкие, текучие композиты. Они имеют модифицированную полимерную матрицу на основе высокотекучих смол. Эти материалы обладают низким модулем упругости, поэтому их называют еще низко модульными композитами. Они могут содержать микрогибридный или микрофильный наполнитель. Отдельные материалы выделяют фтор и поэтому применяются для профилактики кариеса. Некоторые фирмы производят композиты различной степени текучести: среднетекучие и сильнотекучие. Благодаря свойству тиксотропности — способности растекаться, образуя тонкую пленку, — материал хорошо проникает в труднодоступные участки и не стекает обратно с поверхности.

Светоотверждаемые композиты с низкой вязкостью рекомендуются для восстановления пришеечных кариозных полостей, полостей, не подверженных воздействию окклюзионных сил, кариозных полостей временных зубов, коррекции реставраций и применения в качестве первого слоя композита в больших кариозных полостях. Они содержат частицы наполнителя величиной 0,4–3 мкм, которые составляют 42–53 % их объема. Их модуль Юнга (коэффициент эластичности) низок, они имеют малую жесткость, благодаря чему рекомендуются для восстановления абфракционных дефектов. Из-за низкого содержания наполнителя жидкотекучие композиты характеризуются высокой полимеризационной усадкой и низкими физико-механическими свойствами по сравнению с микрогибридными композитами. В виду высокой вязкости могут фасоваться в шприцы с целью непосредственного внесения в кариозную полость.

Положительные свойства жидкотекучих композитов:

– достаточная прочность;

– хорошая эстетика;

– рентгеноконтрастность;

– высокая эластичность.

К отрицательным свойствам относится значительная полимеризационная усадка (около 5 %), в связи с чем материал наносится тонким слоем не более 1,5 мм.

Показания к применению:

- первый (адаптационный) слой в кариозных полостях I и II класса;
- герметизация фиссур;
- первый слой как лайнер и база;
- восстановление микродефектов I и III класса;
- восстановление абфракционных кариозных дефектов;
- коррекция и ремонт реставраций из композита и керамики.

Представители: AeliteFlo, FiltekFlow, HeliomolarFlow, PermaFlo, Revolution 2, TetricFlow, Wave, Xflow, ArabeskFlow, AdmiraFlow, Alphaflow, FlowIt, FlowLine и др.

**Композиты типа Bulk Fill.** Недавно внедрены светоотверждаемые композиты типа Bulk Fill, которые возможно вносить в кариозные полости слоями толщиной до 4 мм. Эти материалы характеризуются низкими полимеризационным стрессом и усадкой, эластичностью и растеканием, что дает хорошую адаптацию к стенкам кариозной полости, прозрачностью, а также высокой компрессионной прочностью и износоустойчивостью. Композитные материалы этого типа применяются в качестве базовой подкладки при прямых реставрациях кариозных полостей I и II класса, для формирования культи зуба, для восстановления окклюзионных полостей. Эти композиты фасуются в шприцы либо капсулы для непосредственного внесения материала в полость. В связи с высокой прозрачностью (светопропускной способностью) необходимо покрытие универсальным композитом слоем до 2 мм. Композитами Evo Ceram Bulk Fill и QuiXX Posterior Bulk Fill можно окончательно заполнить всю полость в боковых зубах одним слоем материала толщиной 4 мм. К этой группе материалов можно также отнести SonicFill-систему, в состав которой входит наконечник фирмы KaVo, проводящий звуковую активацию специально разработанного композитного материала фирмы Kerr. Этот материал фасуется в одноразовые капсулы, которые накладываются на звуковой наконечник и вводятся непосредственно в полость. В активированном звуком композите уменьшается вязкость (повышается текучесть), что дает хорошую адаптацию к стенкам полости. Материалом можно окончательно заполнить полость глубиной до 5 мм. Реставрация засвечивается полимеризационной лампой мощностью 550 мВ/см<sup>2</sup> со стороны окклюзионной поверхности 20 секунд и по 20 секунд с вестибулярной и оральной поверхностями.

Представители: SureFilSDR, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill, QuiXX Posterior Bulk Fill, X-traBase.

**Композиты для восстановления культи зуба.** Материалы служат для восстановления утраченных твердых тканей зуба под искусственную коронку. Это типичные химиотверждаемые композиты, состоящие из 2 паст, но

существуют также светоотверждаемые композиты и композиты двойного отверждения. Обычно подбирают цвет, контрастный тканям зуба (синий, белый или опаловый). Некоторые композиты выделяют ионы фтора. Их ретенция основывается на адгезионном соединении с эмалью и дентином.

Представители: Multico, LuxaCore, ClearfilCore, N'DuranceDimerCore.

**Композиты для временного восстановления (при протезировании).**

Служат для защиты препарированного зуба между посещениями врача (связано с техническими этапами изготовления постоянных ортопедических конструкций) либо для планирования лечения и отсроченного протезирования. Они более твердые, жесткие и стабильные в цвете.

Представители: Protemp3 и -4, Tempofit.

**Лабораторные композиты.** Служат для изготовления вкладок и накладок, облицовок или коронок в лабораторных условиях. Для увеличения степени полимеризации и улучшения механических свойств используются комбинации света, подогрева, давления и вакуума. Эти композиты могут содержать стекловолокна, добавляемые для упрочения материала. Полученные реставрации крепят к зубу адгезивным способом

Представители: Simfony, Targis.

## ТЕХНИКА РАБОТЫ С КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

**Организация рабочего места.** Реставрация зубов занимает много времени, поэтому лучше, чтобы пациент находился в положении лежа. Такое положение создает врачу оптимальный доступ к полости рта и удобно пациенту. Предпочтительно работу с композиционными материалами проводить в «четыре руки», то есть при участии специально обученного ассистента. Обязательным условием работы является подача воды и наличие слюноотсоса (пылесоса). Желательно иметь безмасляный компрессор, так как микрокапли масла могут поступать в дыхательные пути пациента и врача. Также частицы масла при вращении бора неизбежно попадают на ткани зуба, что приводит к образованию тонкой масляной пленки на препарированной поверхности полости, которая является непреодолимым препятствием на пути формирования прочной адгезии между композитом и твердыми тканями зуба.

Оптимальная температура воздуха в стоматологическом кабинете составляет 21–23 °С. При понижении температуры композиционные материалы начинают терять свою пластичность, а при температуре выше 23–24 °С — становятся текучими, вязкими, прилипают к инструментам, что, в конечном итоге, сказывается на качестве реставраций.

**Предоперационная подготовка.** Необходимым условием качественной работы светоотверждаемыми композитами считается хороший гигиенический уход пациентами за полостью рта. Необходимо отметить, что во всех случаях перед применением светоотверждаемых композиционных пломбирочных материалов следует проводить профессиональную гигиену, обращая особое

внимание на состояние пришеечных областей коронок и межзубных промежутков. Качественно проведенная профессиональная гигиена позволит наиболее точно подобрать цвет пломбировочного материала для восстановления дефекта твердых тканей зуба и будет способствовать качественной работе.

**Выбор цвета.** Проблема выбора цвета является одной из наиболее значимых для стоматологической практики. Современные светоотверждаемые композиционные пломбировочные материалы имеют широкую цветовую гамму. Визуальный метод основан на субъективном восприятии цвета зубов врачом, его ассистентом, зубным техником, медсестрой и даже пациентом. Для этого в клинической практике чаще всего используются стандартные шкалы оттенков: Vita, Chromascop, Vitapan 3D Master и др. Однако ни одна из них не является совершенной, так как не отображает всего многообразия оттенков естественных зубов, которые по своей природе являются мультихромными. Преимуществами же данного метода является экономическая доступность и клинический опыт врача-стоматолога по определению цвета.

Существует аппаратный метод определения цвета зубов, основанный на компьютерном анализе изображений, полученных в идеальных оптических условиях. Этот способ является более объективным, в отличие от визуального, так как исключает такие субъективные факторы, как острота зрения и индивидуальное восприятие цвета. К приборам, определяющим оттенки зубов, относятся спектрофотометры, колориметры и цифровые камеры, такие как VitaEasysshade, ShadeEye NCC фирмы (Shofu), Shadepilot (DeguDent), ShadeVision (AMMAN GIRRBACH) и др. Однако одним из главных недостатков представленных аппаратов является их высокая стоимость, что определяет их низкую доступность.

Цвет натурального зуба — это результат наложения оттенков и объема различных по структуре тканей (эмали, дентина, пульпы). При выборе цвета пломбировочного материала следует учитывать степень прозрачности тканей зуба, которая бывает трех видов: высокая, средняя и низкая, а также необходимо ориентироваться на глубину дефекта твердых тканей зуба. Эмаль обычно демонстрирует высокую прозрачность, через нее просвечивается дентин. Цвет восстанавливаемого зуба также зависит от его расположения в зубной дуге — боковые зубы имеют более желтоватые оттенки.

При выборе оттенка пломбировочного материала необходимо условно разделить коронку зуба на тело (основную среднюю часть коронки), шейку и режущий край (жевательную поверхность). Учитывая большую площадь вестибулярной поверхности тела зуба, основной цвет подбирают соответственно цвету тела. После можно выбрать оттенки для режущего края (жевательной поверхности) и шейки зуба.

Цветовые характеристики пломбировочных материалов:

1. Тон — обозначается буквами: А — красно-коричневый, В — соломенно-желтый, С — серый, D — коричнево-серый. А и D — теплые цвета, В и С — холодные.

2. Оттенок — обозначаются цифрами: например, А2, А3, А4, С3.
3. Яркость — это способность материала отражать фотоны света.
4. Насыщенность — это количество пигмента в материале.

Правила определения цветовых характеристик композитного материала:

1. Идеальным источником света является естественное освещение, без прямых солнечных лучей, сезон осень–весна, около 12 часов дня, пасмурная погода, большие окна в помещении.

2. Важно помнить, что на восприятие цвета могут влиять яркие посторонние цветовые раздражители (яркая помада, одежда). Яркую одежду пациента желательно закрыть тканью нейтрального цвета.

3. Поверхность зубов должна оставаться влажной, так как дегидратированные зубы светлее, а пересушенный зуб восстанавливает влагу до нормального уровня не менее 2 часов.

4. Сначала определяется цвет, для этого выбирают цветообразцы разных букв, но одинаковых цифр самого светлого тона, (например, А1, В1, С1, D1). После определения тона выбирают оттенок (например, «А» — А1, А2, А3 и т. д.).

5. В сложных клинических ситуациях рекомендуется индивидуально подбирать оттенок композита с помощью фотополимеризованных на поверхности зуба порций материала (без адгезива).

**Изоляция операционного поля.** Изоляция препарированной кариозной полости от влаги является немаловажным моментом, обеспечивающим хорошее качество реставрационных работ. Для изоляции зубов перед реставрацией максимальной эффективностью обладает коффердам. Можно использовать гигроскопичные стандартные ватные валики и ретракторы мягких тканей полости рта. Для предупреждения попадания десневой жидкости в полости, расположенные в пришеечной области зубов, применяют ретракционные нити, пропитанные вазоконстриктором.

**Препарирование кариозной полости.** Подготовка кариозной полости к пломбированию играет большую роль, несмотря на существование прогрессивных адгезивных технологий. Прежде всего, следует отметить отсутствие необходимости препарирования кариозных полостей по принципам Блэка (ящикообразная форма кариозной полости, принцип профилактического расширения). Современными и актуальными правилами препарирования кариозной полости являются: свободный дизайн кариозной полости, принцип биологической целесообразности, обязательный скос эмали, что вместе с эффективным охлаждением вращающегося инструмента водой обеспечивает максимально щадящий режим препарирования. Общепринято, что качественное препарирование кариозных полостей можно провести только при условии использования современных высокоскоростных наконечников и алмазных или карбид-вольфрамовых вращающихся инструментов. Применение качественных боров позволяет максимально точно и наименее травматично провести формирование всех необходимых элементов полостей кариозного и не-кариозного происхождения.

Скос эмали (фальц) является необходимым этапом препарирования и подготовки кариозной полости к пломбированию композитами. Наружная часть эмалевых призм у входного отверстия кариозной полости, как правило, не имеет опоры и является участком, менее устойчивым к жевательному давлению. Отлом краев эмали по периферии пломбы ведет к нарушению краевого прилегания пломбы и развитию рецидивного кариеса.

Скос эмали проводят с целью раскрытия эмалевых призм для обеспечения микромеханической адгезии и создания гибридного слоя. Кроме того, правильно выполненный скос эмали выполняет эстетическую функцию — маскирует границу «эмаль – композит». Препарирование без формирования скоса эмалевого края ведет к параллельному разрезу призматического угла и создает условие для образования краевой щели.

Как правило, с помощью алмазного вращающегося инструмента на эмали выполняется скос под углом, обеспечивающий максимальное раскрытие призм для увеличения адгезии и маскировки по границе «эмаль – композит».

Первоначально классическое понятие «скос эмали» подразумевало раскрытие эмалевых призм под углом  $45^\circ$  на всю толщину эмали. Современное трактование скоса не носит строго директивного характера и зависит, в основном, от клинической ситуации. Также изменилось значение термина «угол скоса». Если раньше так обозначали угол между поверхностью зуба и плоскостью скоса, то в настоящее время под этим термином понимают угол между первоначальным положением стенки полости и плоскостью скоса. Такой подход удобнее для практических врачей, ориентирующихся при создании скоса на конусность бора, угол его наклона по отношению к стенке полости и на степень удаления эмали при создании скоса (рис. 1).

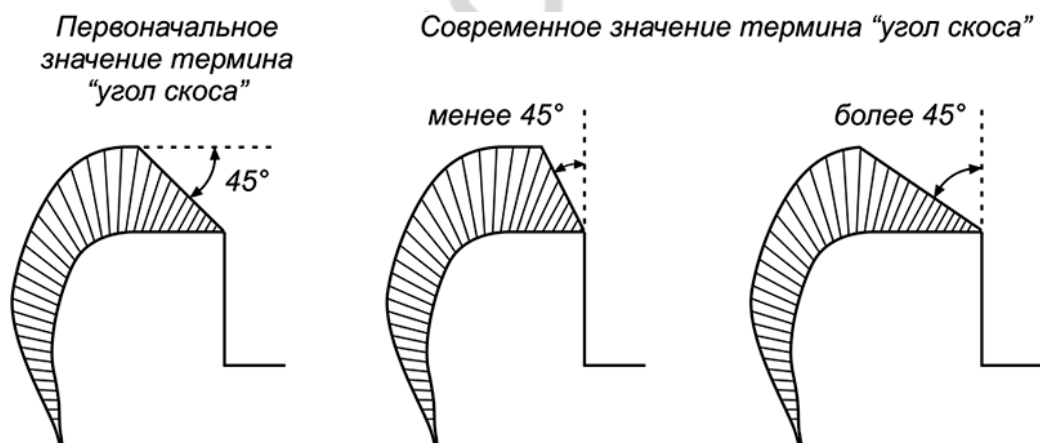


Рис. 1. Понятие «угол скоса» эмали

При применении композитов единый подход к созданию скоса эмали на жевательной поверхности пока не выработан (рис. 2). Предлагаются разные варианты скоса по форме (прямой, вогнутый), длине (длинный — на всю толщину эмали или короткий — на часть эмали) и величине угла. При очень узких кариозных полостях (например, в случае инвазивной герметизации фиссур), когда эмалевые призмы раскрываются при препарировании полости, скос эмали не нужен. Линия скоса точно так же, как и граница плом-

бы с тканями зуба, через точки окклюзионных контактов проходить не должна.

Скос эмали создается алмазными конусовидными и пулевидными борами или твердосплавными 10–12-гранными финирами, турбинным наконечником с обильным воздушно-водяным охлаждением. Для создания скоса эмали, особенно если пломбирование полости сочетается с инвазивной герметизацией фиссур, удобно применять твердосплавные боры Fissurotomy, SS White, создающие скос эмали на жевательной поверхности в пределах  $10\text{--}15^\circ$  уже в процессе препарирования (рис. 3).

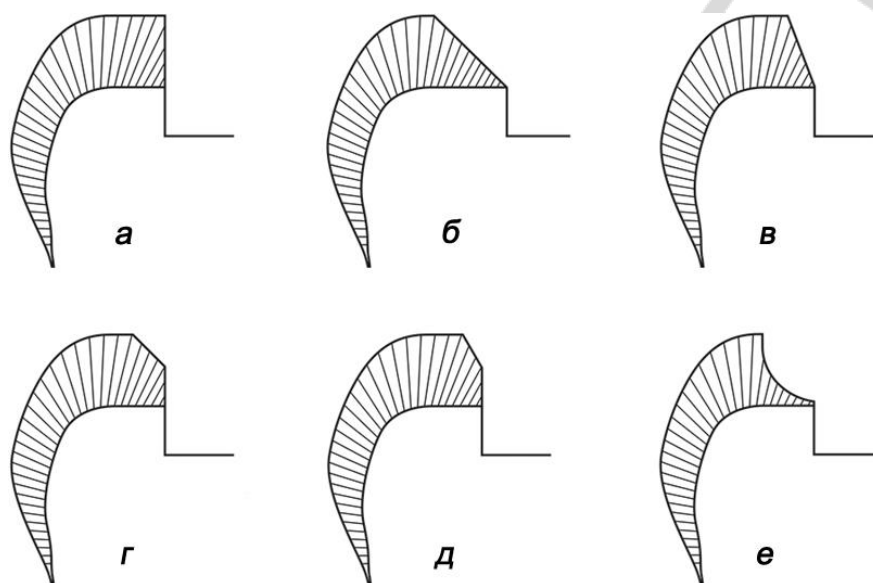


Рис. 2. Различные варианты препарирования скоса эмали:  
*a* — без скоса; *б* — длинный скос под углом  $45^\circ$ ; *в* — длинный скос под углом  $10\text{--}40^\circ$ ;  
*г* — короткий скос под углом  $45^\circ$ ; *д* — короткий скос под углом  $10\text{--}40^\circ$ ; *е* — вогнутый (желобовидный) скос

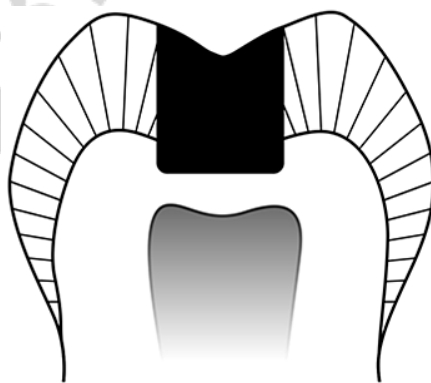


Рис. 3. Скос эмали при инвазивной герметизации фиссур

Для предупреждения образования краевой щели обязательным является выполнение скоса эмали в придесневой стенке кариозной полости (рис. 4).

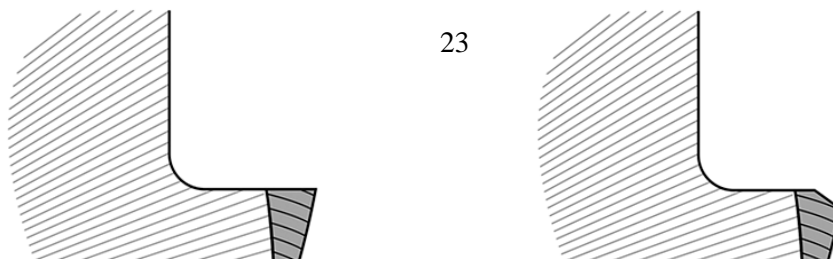


Рис. 4. Варианты скоса эмали в придесневой стенке кариозной полости

В тех клинических ситуациях, когда придесневая стенка кариозной полости на уровне или ниже десны, скос эмали невозможно выполнить из-за недостаточного количества или отсутствия ткани зуба (непосредственно эмали). Для предупреждения краевой щели проводится открытая «сэндвич-техника» с комбинированным использованием стеклоиономерного цемента и композита. Химическая адгезия стеклоиономерного цемента со всеми твердыми тканями зуба (эмалью, дентином, цементом) обеспечивает надежное краевое прилегание (рис. 5).

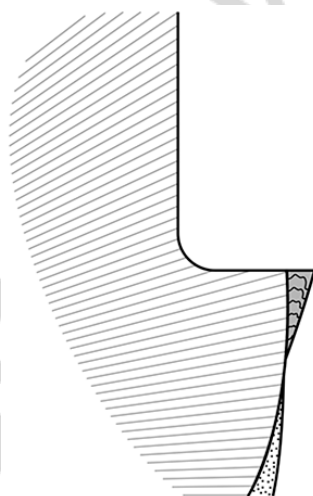
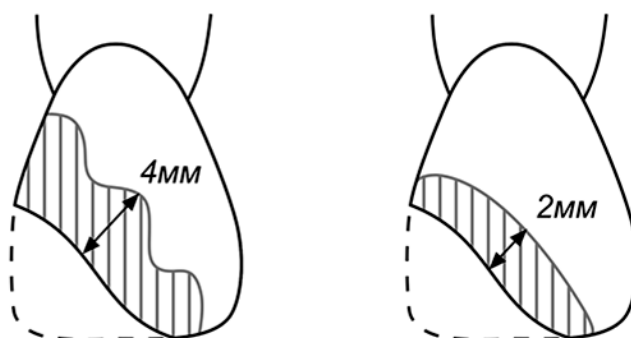


Рис. 5. Особенности препарирования придесневой стенки кариозной полости, расположенной на уровне десны или ниже

Особое внимание уделяется формированию скоса эмали при выполнении эстетических реставраций на фронтальной группе зубов. Рекомендуется выполнять широкий до 4 мм S-образный или волнообразный скос эмали с вестибулярной поверхности зуба для улучшения эстетики и маскировки четкой границы «эмаль – композитная реставрация» (рис. 6).





*а*

*б*

*Рис. 6.* Особенности препарирования скоса эмали на фронтальной группе зубов:  
*а* — вестибулярная поверхность зуба; *б* — небная поверхность зуба

После обработки алмазными или твердосплавными борами на большой скорости эмаль по краям кариозной полости ослаблена, имеет трещины, неровности, эмалевые призмы фрагментированы, не имеют связи с подлежащими тканями. В дальнейшем это может явиться причиной нарушения краевого прилегания пломбы, развития рецидивного кариеса. Все это диктует необходимость финирирования — заключительной (финишной) обработки краев полости, предусматривающей удаление поврежденных, ослабленных участков эмали и придание ей гладкости.

Финирирование обеспечивает наилучшее взаимодействие и надежное краевое прилегание между пломбировочным материалом и тканями зуба. Эта манипуляция выполняется 16- и 32-гранными твердосплавными финирами или мелкозернистыми алмазными головками (красная или желтая полоса). Работать финишными борами рекомендуется на малой скорости без давления с обязательным воздушно-водяным охлаждением. Эффективно проводить заключительную обработку краев кариозной полости эмалевыми ножами и триммерами десневого края, которые удаляют тонкий слой поверхностной эмали, исключая возможное негативное воздействие вибрации, перегревания и других факторов, имеющих место при обработке тканей зуба вращающимися инструментами.

Созданием скоса эмали и финирированием заканчивается формирование кариозной полости.

**Применение лечебных и изолирующих прокладок.** Несмотря на достаточно высокие защитные свойства современных адгезивов, применение лечебных и изолирующих прокладок признается необходимым в определенных клинических случаях. При топографически глубокой кариозной полости пульпу зуба необходимо защитить стеклоиономерным цементом.

**Внесение адгезивной системы.** Важным этапом в подготовке кариозной полости к пломбированию композиционными пломбировочными материалами является протравливание твердых тканей зуба. Большинство стоматологов с этой целью используют в своей практике 30–40%-ные растворы (гели) ортофосфорной кислоты. Вместе с тем периодически возникают дискуссии о концентрации кислоты и времени протравливания эмали.

Осуществляя выбор времени протравливания эмали, следует ориентироваться на рекомендации, изложенные в инструкции по применению материала. Гораздо позже была предложена методика тотального протравливания твердых тканей зуба.

Основанием для применения технологии протравливания дентина является образование в результате препарирования полости так называемого смазанного слоя. В состав смазанного слоя входят обломки дентинных трубочек, клетки микрофлоры полости рта, слущенные эпителиоциты. Располагаясь на поверхности дентина, смазанный слой снижает его проницаемость и препятствует образованию гибридной зоны. За счет образования гибридного слоя создается высокопрочная адгезивная связь композиционного материала с дентином. Для протравливания дентина, помимо традиционной ортофосфорной кислоты, можно использовать малеиновую кислоту и 10%-ный раствор ЭДТА. Учитывая разносторонность информации об оптимальном времени протравливания дентина, как и в случае с эмалью, целесообразно придерживаться рекомендаций фирмы, выпускающей материал.

Предварительная обработка дентина различными медикаментами и составами может приводить как к повышению, так и к понижению адгезионной связи между пломбировочным материалом и дентином. Установлено, что при обработке кариозной полости перед постановкой пломб из композиционных материалов не следует применять этиловый спирт, который способствует разрушению органической матрицы материалов, а также препараты, содержащие фенол и эвгенол, ингибирующие процесс полимеризации композитов.

Для получения соответствующей адгезии к твердым тканям зуба его поверхность протравливается ортофосфорной кислотой, затем наносится несколькокомпонентная адгезивная система либо самопротравливающая адгезивная система. Важным этапом подготовки кариозной полости к внесению адгезивов является процедура промывания и высушивания полости после протравливания эмали и дентина. Присутствие кислоты в недостаточно промытой кариозной полости приводит к значительному снижению адгезии композиционных материалов к тканям зуба. Считается, что для полного удаления следов ортофосфорной кислоты промывание следует осуществлять на протяжении 20–30 секунд, после чего необходимо высушить полость. Однако полость не должна быть пересушена, так как практически все современные адгезивы обладают гидрофильными свойствами и работают по принципу создания влажной адгезионной связи.

При использовании светоотверждаемых композитов на бумажный блокнот выкладывают требуемое для реставрации количество композита. Так как композит обладает тиксотропностью (способностью растекаться от механического воздействия), материал продолжает вытекать из шприца и после оборота поршня. Следовательно, после поршень шприца необходимо повернуть в обратном направлении и плотно закрыть крышку на шприце.

Композиты химического отверждения вносятся в кариозную полость одной порцией. Одним из основных условий правильного применения фотокомпозитов является послойная техника внесения пломбировочных материалов в кариозную полость (слоями по 2 мм) и их поэтапная полимеризация (отдельно полимеризуется каждый слой), которая обеспечивает компенсацию

полимеризационной усадки и возможность корректировки цвета материала по ходу проведения пломбирования. Ориентация слоев вносимого композита может быть различной, однако наиболее часто встречается информация о необходимости последовательного наложения композита диагональными слоями с последующей направленной полимеризацией каждого слоя через твердые ткани зуба (рис. 7). Считается, что такой метод полимеризации предупреждает пристеночный отрыв материала от зуба, так как усадка направлена в сторону источника света. В тех клинических случаях, когда у кариозной полости толстые непрозрачные стенки или на зубе зафиксирована металлическая матрица и невозможно использовать направленную полимеризацию, применяется U-полимеризация.



Рис. 7. Ориентация слоев вносимого композита

**Окончательная обработка и полировка.** Выполняется во влажном операционном поле (под струей воды), чтобы предупредить повреждение реставрации. Удаление излишков реставрации проводится при помощи алмазных боров, углеводородных (карбидных) головок для полировки, дисков и штрипс с соблюдением порядка абразивности (от крупных к мелким). Процедура заканчивается полировкой с использованием полировочной пасты. Затем реставрацию можно покрыть специальным лаком, придающим блеск, либо лаком с частицами наполнителя (SurfaceCoat), можно выполнить ребондинг или нанести на отполированную поверхность состав, обладающий реминерализующими свойствами.

Пломбирование зубов светоотверждаемыми композиционными пломбировочными материалами является многогранным, сложным процессом, а достижение высокого качества реставраций зависит от точного соблюдения всех необходимых клинико-технологических условий.

## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

### ТЕСТЫ

**1. Основными компонентами органической матрицы композитных материалов являются:**

- а) Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, EGDMA;

- б) Bis-GMA, 4-МЕТА, НЕМА, UDMA;  
в) UDMA, EGDMA, PENTA, BPDМ.
- 2. Принципами классификации композиционных материалов являются:**
- а) способ отверждения;
  - б) вид наполнителя;
  - в) вид органической матрицы;
  - г) консистенция;
  - д) все перечисленное.
- 3. Основными недостатками композитных материалов являются:**
- а) полимеризационная усадка;
  - б) гидрофобность;
  - в) отсутствие непосредственной связи с тканями зуба, опосредованно с использованием адгезивных систем;
  - г) все перечисленное.
- 4. Низкой полимеризационной усадкой характеризуется:**
- а) макрокомпозит;
  - б) нанокомпозит;
  - в) текучий композит.
- 5. Полимеризационная усадка нанокомпозита составляет в среднем:**
- а) 0–1 %;
  - б) до 1,5 %;
  - в) 2–3 %;
  - г) 3–5 %.
- 6. Полимеризационная усадка текучего композита составляет в среднем:**
- а) 0–1 %;
  - б) 2–3 %;
  - в) 3–4 %;
  - г) 4–5 %.
- 7. Основными показаниями для использования текучих композиционных материалов являются:**
- а) минимально инвазивные методы;
  - б) полости III–V классов по Блэку;
  - в) коррекция и ремонт реставраций из композита;
  - г) адаптационный слой в кариозных полостях I и II классов;
  - д) все перечисленное.
- 8. Укажите показания для использования конденсируемых композитов:**
- а) полости III–V классов по Блэку;
  - б) полости I–II классов по Блэку, наращивание культи зуба;
  - в) изменение формы и цвета зубов;
  - г) все перечисленное.
- 9. Укажите основное клиническое свойство композитов типа Bulk Fill:**
- а) отличная эстетика, полируемость;
  - б) возможность внесения в кариозную полость слоями до 4 мм;

в) текучесть.

**10. Абсолютным противопоказанием для использования композиционного материала является:**

- а) удовлетворительная гигиена полости рта у пациента;
- б) кровоточивость десны;
- в) аллергия на любой из компонентов материала;
- г) низкая платежеспособность пациента.

**11. Относительным противопоказанием для использования композиционного материала не является:**

- а) неудовлетворительная гигиена полости рта у пациента;
- б) кровоточивость десны;
- в) наличие у пациента стимулятора сердечного ритма;
- г) острая инфекция ротовой полости.

**12. Цвет композиционного материала рекомендовано выбирать:**

- а) до проведения анестезии и до наложения системы коффердама;
- б) до проведения анестезии и после наложения системы коффердама;
- в) сразу после препарирования кариозной полости.

**13. Современными принципами препарирования кариозной полости являются:**

- а) принцип профилактического расширения;
- б) принцип биологической целесообразности;
- в) свободный дизайн (free design);
- г) ящикообразная форма кариозной полости;
- д) скос эмали.

**14. Функции скоса эмали:**

- а) раскрытие эмалевых призм для обеспечения микромеханической адгезии;
- б) эстетическая функция, так как маскируется граница «эмаль – композит»;
- в) предупреждение образования краевой щели;
- г) все вышеперечисленное.

**15. При применении композитных материалов и адгезивных систем характерно возникновение адгезии:**

- а) микромеханической;
- б) химической;
- в) механической;
- г) ионной.

**16. Полирование реставрации без водяного охлаждения может привести к следующим осложнениям:**

- а) повреждение поверхности реставрации;
- б) выпадение пломбы;
- в) вторичный кариес;
- г) все вышеперечисленное.

## СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Больной М., 20 лет. Жалобы на кратковременную быстропроходящую боль в зубе 16. Стоматолога посещает самостоятельно 2 раза в год, мотивирован, наличие общесоматических болезней и аллергических реакций отрицает.

Объективно: ОНI-S составляет 0,6, GI — 0,6. На жевательной поверхности зуба 16 пигментированные глубокие фиссуры, потеря блеска эмали, изменение цвета эмали и появление сероватой тени по периметру фиссуры.

Какова тактика врача при проведении дополнительных методов диагностики и составлении плана лечения. Опишите оптимальный выбор в отношении пломбировочного материала.

**Задача 2.** Пациент А., 35 лет. Жалобы на наличие кариозной полости в зубе 26, беспокоит застревание пищи и боль от сладкого. Стоматолога последний раз посещал около 2 лет назад. Наличие общесоматических болезней и аллергических реакций отрицает. Курит ежедневно.

Объективно: обильный мягкий и пигментированный налет на всех зубах, наддесневые зубные отложения в области нижних резцов с язычной поверхности. Десна отечна, гиперемирована, кровоточит при зондировании. Глубина зондирования — до 3 мм. В зубе 26 на окклюзионной и апроксимальной поверхностях кариозная полость средней глубины, выполненная размягченным пигментированным дентином. Зондирование эмалево-дентинной границы болезненно, дна — безболезненно. Холодовая проба положительна, быстропроходящая боль.

Изложите тактику врача в определении периодонтологического диагноза и причинного зуба. Опишите этапы лечения зуба 26.

**Задача 3.** Пациент Н. обратился с жалобами на наличие кариозной полости в зубе 33, на кратковременную боль от сладкого и холодного в области нижней челюсти слева. Боль возникла впервые 1 месяц назад.

Объективно: мягкий светло-желтый налет на вестибулярной поверхности верхних и нижних резцов и клыков. Десна отечна, гиперемирована, кровоточит при зондировании. Глубина зондирования — до 3 мм. В пришеечной области зуба 33 кариозная полость в пределах эмали и дентина светло-коричневого цвета. Зондирование стенок болезненно. Реакция на холод болезненна, быстропроходящая. ОНI-S составляет 0,8, GI — 1,0.

Укажите тактику врача в определении периодонтологического диагноза и причинного зуба. Составьте план лечения. Опишите этапы лечения зуба 33.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виллерсхаузен, Б.* Влияние бактерий полости рта на поверхности стоматологических полимерных пломбировочных материалов / Б. Виллерсхаузен, К. Эрнст // Клиническая стоматология. 1999. № 1. С. 4–9.
2. *Виллерсхаузен, Б.* Актуальное определение места стоматологических пломбировочных композитов / Б. Виллерсхаузен, К. Эрнст // Клиническая стоматология. 2003. № 3. С. 10–21.
3. *Луцкая, И. К.* Эстетическая стоматология / И. К. Луцкая. Минск : Бел. наука, 2000. 246 с.
4. *Макеева, И. М.* Восстановление зубов светоотверждаемыми композиционными материалами / И. М. Макеева. Москва : Стоматология, 1997. 72 с.
5. *Николаев, А. И.* Практическая терапевтическая стоматология / А. И. Николаев, Л. М. Цепов. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский институт стоматологии, 2001. 390 с.
6. *Bouschlicher, M. R.* Radiopacity of compomers, flowable and conventional resin composites for posterior restorations / M. R. Bouschlicher, D. S. Cobb, D. V. Boyer // Oper. Dent. 1999. Vol. 24 (1). P. 5–20.
7. *Properties of packable dental composites* / К. К. Choi [et al.] // J. Esthet. Dent. 2000. Vol. 12. P. 216–226.
8. *Choi, K. K.* The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite / К. К. Choi, J. R. Condon, J. L. Ferracane // J. Dent. Res. 2000. Vol. 79 (3). P. 7–812.
9. *How long do routine dental restorations last? A systematic review* / M. C. Downer [et al.] // Br. Dent. J. 1999. Vol. 187. P. 432–439.
10. *Drake, C. W.* A comparison of restoration longevity in maxillary and mandibular teeth / C. W. Drake // J. Amer. Dent. Assoc. 1998. Vol. 116. P. 651–654.
11. *Didem, A.* Comparative Mechanical Properties of Bulk-Fill Resins / A. Didem, Y. Gozde, O Nurhan // Open Journal of composite materials. 2014. Vol. 4. P. 117–121.
12. *Kugel, G.* Direct and indirect adhesive restorative materials : a review / G. Kugel // American journal of dentistry. 2000. Vol. 13. P. 35–40.
13. *Leinfelder, K.* Packable composites : overview and technical considerations / K. Leinfelder, S. Bayne, E. Swift // J. Esthet. Dent. 1999. Vol. 11. P. 234–249.
14. *Effect of thickness of flowable resins on marginal leakage in class II composite restorations* / H. Malmstrom [et al.] // Oper. Dent. 2002. Vol. 27(4). P. 80–373.
15. *Attar, N.* Flow, strength, stiffness and radiopacity of flowable Resin Composites / N. Attar, L. E. Tam, D. McComb // J. Can. Dent. Assoc. 2003. Vol. 69 (8). P. 21–516.
16. *Sergio, L. S.* One-year clinical evaluation of tooth-colored materials in non-carious cervical lesions / L. S. Sergio, B. F. Eduardo // J. Appl. Oral. Sci. 2003. Vol. 11(3). P. 80–175.
17. *Wakefield, C.* Advances in restorative materials / C. Wakefield, K. Kofford // Dent. Clin. North Am. 2001. Vol. 45. P. 7–29.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Понятие о композитном материале.....	3
Принципы классификации композиционных материалов .....	5
Полимеризация композита.....	7
Основные свойства композитных материалов.....	7
Клинические характеристики композитных материалов .....	9
Полимеризационная усадка .....	10
Физические свойства композитов .....	11
Клинические свойства композитов .....	12
Композиты специального применения.....	13
Техника работы с композиционными материалами.....	19
Самоконтроль усвоения темы.....	27
Список использованной литературы .....	31