



## Новое поколение фотополимеризаторов пломбировочных материалов

На прошедшей в марте выставке IDS-2003 проявилась наступательная позиция фирм-производителей фотополимеризаторов пломбировочных материалов в активном продвижении на стоматологический рынок новой продукции — фотополимеризаторов на основе излучающих светодиодов (LED) взамен источника света на основе галогенной лампы.

С чем связан столь дружный отказ от отработанных, привычных как для производителей, так и для покупателей конструкций?

На первый взгляд может показаться, что алчные производители в охоте за обновлением и расширением рынка сбыта, используя магический термин «новая технология», предлагают относительно дорогой продукт, незначительно отличающийся от «старого» по своему служебному назначению. Конечно, то, что производитель работает с выгодой для себя — это неоспоримый факт. Но дает ли новая продукция адекватный результат для пользователя? Вот это — вопрос для рассмотрения.

### Галогенные лампы

На рис. 1 схематично показана конструкция подавляющего большинства современных галогенных фотополимеризаторов. С середины 70-х годов и до настоящих дней в качестве источника света в таких конструкциях используются обыкновенные галогенные лампы накаливания. Первоначально использовались лампы, широко применяемые в автомобильной промышленности (отсюда напряжение питания 12 В). Внедрение галогенных ламп было обосновано единственным положительным критерием — самый малогабаритный и дешевый из доступных источников света, на базе которого можно сконструировать фотополимериза-

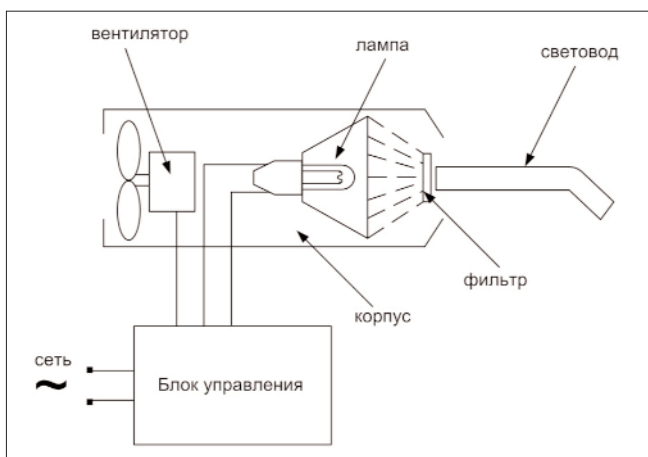


Рис. 1. Конструкция галогенного фотополимеризатора



тор. Это основное и единственное их преимущество. Все остальное — недостатки.

На рис. 2 приведена спектральная характеристика обычной галогенной лампы. Из графика (рис. 2а) видно, что «полезная» составляющая спектра, а именно диапазон от 400 до 500 нм (синий свет), составляет менее двух процентов от всего спектра излучения, а основное излучение лежит в диапазоне красного и инфракрасного («паразитного» теплового) излучений. Для получения необходимой отдачи лампы в синем спектре излучения приходится нагревать нить накаливания до более высоких температур (рис. 2в), жертвуя «временем жизни» лампочки. Дальнейшее увеличение нагрева нити накала приводит к ее перегоранию (рис. 2с).

Каковы же последствия столь низкого коэффициента полезного действия (КПД) галогенной лампы?

Чтобы получить необходимую для полимеризации энергетическую светимость на выходе световода, требуется мощность лампы накаливания в пределах 50-75 Вт.

Во избежание перегрева корпуса фотополимеризатора при работе с такой мощностью необходимы специальные меры отвода тепла (попробуйте подержать включенную лампочку 60 Вт в руках). Самое распространенное — использование вентилятора. При этом время непрерывной работы все равно ограничено.

Использование вентилятора вызывает неприятный шум и вибрации, резко снижает надежность конструкции.

Чтобы не допустить «паразитного» теплового излучения на выходе световода и пропустить только спектр полимеризации (400-500 нм), нужно использовать специальный интерференционный фильтр, который в идеале зеркально отражает весь спектр излучения, кроме синего, а синий пропускает (рис. 3).

Для предотвращения перегорания лампы накаливания при повышении сетевого питания или резкого снижения энергетической светимости при понижении сетевого питания необходим малогабаритный и дешевый электронный стабилизатор напряжения мощностью до 100 Вт, который, в свою очередь, также снижает надежность фотополимеризатора.

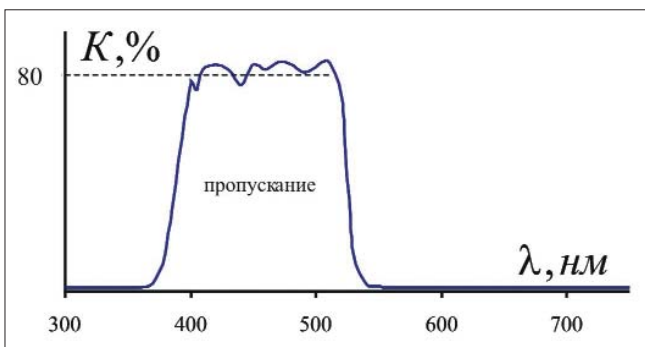


Рис. 3 Спектр пропускания интерференционного фильтра

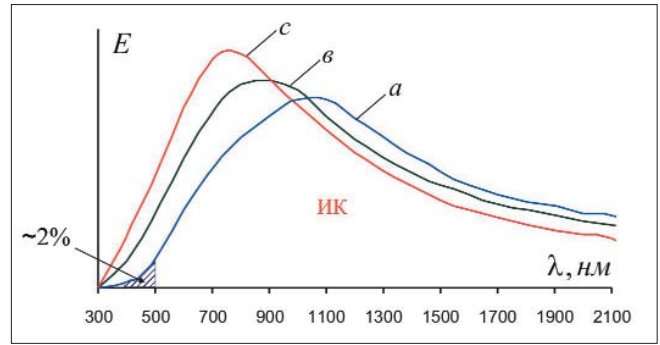


Рис. 2. Спектральная характеристика галогенной лампы накаливания  
 а)  $T=3000\text{K}$ . Лампа накаливания в обычном режиме  
 Срок службы — 2000 часов  
 б)  $T=3400\text{K}$ . Лампа накаливания в режиме «перекала»  
 Срок службы — 25 часов  
 в)  $T=3600\text{K}$ . Предельный режим — перегорание

Чтобы передать синий спектр излучения от галогенной лампы непосредственно к фотокомпозиционному материалу, принципиально необходим волоконный либо монолитный световод (хрупкий и дорогой), так как сам источник света имеет высокую температуру и не может в процессе полимеризации располагаться в непосредственной близости от пломбируемого зуба. Кроме того, световод поглощает часть полезной энергии, что снижает световой поток фотополимеризатора приблизительно на 10-15%.

Вот такая высокая плата за низкий КПД! При эксплуатации картина не лучше.

Интерференционный фильтр — основная преграда прохождению теплового излучения к фотокомpositу. Поскольку в технике ничего идеального не существует, светофильтр частично поглощает тепловое излучение и во время работы лампы сам разогревается до температуры около  $200^{\circ}\text{C}$ , после чего остывает. В процессе эксплуатации фотополимеризатора этот процесс повторяется многократно. При этом влага во время охлаждения конденсируется на поверхности фильтра, а при нагреве испаряется. Такой циклический процесс разрушает окисные слои интерференционного фильтра (рис. 4), изменяя его характеристики. В результате постепенно увеличивается «паразитная» тепловая составляющая выходного светового потока, а пропускание синего света ослабляется (рис. 5).



Рис. 4 «Старый» фильтр

К чему же может привести увеличение «паразитной» тепловой составляющей?

**Фактор 1:** увеличение «паразитной» тепловой составляющей может привести к существенному и неконтролируемому по своей величине нагреву твердых тканей зуба, что, в свою очередь, будет

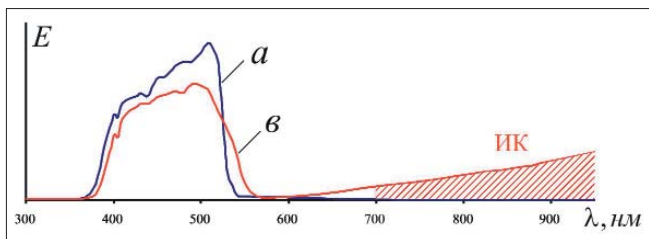


Рис.5 Спектр излучения галогенного фотополимеризатора:  
а — с новым фильтром;  
в — со старым фильтром

оказывать отрицательное воздействие на состояние пульпы.

**Фактор 2:** предприятие-изготовитель фотокомпозиционных материалов гарантирует их физические свойства только при полимеризации источником синего света, инициируемой камфороксином (основным источником свободных радикалов при полимеризации). Под действием «паразитного» теплового излучения происходит изменение процесса фотополимеризации, приводящее к ухудшению механических характеристик пломбирочного материала (пластичность, твердость), в результате чего наблюдается заметное ухудшение клинических и эстетических параметров реставрации.

**Фактор 3:** так как теплопроводность пломбирочного материала очень низкая, в объеме композита происходит неравномерная полимеризация, что, в свою очередь, приводит к возникновению местных внутренних напряжений и деформации материала.

Итак, перечислим основные недостатки галогенных фотополимеризаторов:

- низкий КПД (около 2-4%);
- необходимость замены лампы накаливания с периодичностью раз в полгода;
- необходимость замены фильтра с периодичностью раз в год;
- высокие требования к постоянству питающего напряжения либо наличие встроенного электронного стабилизатора напряжения, приводящее к увеличению стоимости и снижению надежности изделия;

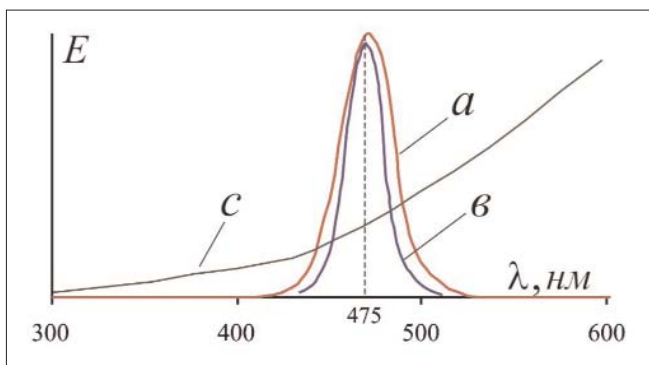


Рис.6 Спектральные характеристики:  
а — спектр поглощения камфорхинона  
в — спектр излучения LED  
с — спектр излучения галогенной лампы

- наличие встроенного в рукоятку вентилятора и, как следствие, шум и вибрация;
- принципиальное наличие световода — дорогого и хрупкого;
- невозможность сконструировать беспроводную конструкцию из-за высокой потребляемой мощности;
- необходимость периодического технического обслуживания (замена дорогостоящих ламп и фильтров), а также контроля основных параметров выходного светового потока (его «полезной» и «паразитной» составляющей).

### Светодиоды

С этими недостатками так и приходилось бы мириться, если бы на техническом горизонте не появились альтернативные источники синего света — светодиоды (Light Emitting Diode, LED), спектр излучения которых удивительным образом совпадает со спектром поглощения камфорхинона (рис. 6а и 6в). Обратите внимание, что в отличие от спектра излучения галогенной лампы, спектр LED-излучателя не имеет ни тепловой, ни ультрафиолетовой составляющих — вся энергия излучения лежит в диапазоне синего света и участвует в процессе фотополимеризации. При этом срок службы светодиодов составляет десятки тысяч часов работы без потери энергетических параметров.

Какие же преимущества можно получить используя в качестве источника света новый светодиодный излучатель?

Спектр излучения светодиода практически, идеально совпадает со спектром поглощения камфорхинона — высокий КПД (практически 100%). При этом не требуется периодическая замена излучателя, т.к. средний срок службы светодиодов сопоставим со средним сроком службы изделия. Отсутствует оптический фильтр, а спектр гарантированный. Следующее преимущество — стабильность светового потока во времени, а также возможность разработки конструкции без использования дорогого и хрупкого световода. Спектр излучения не имеет тепловой составляющей, что исключает возможность перегрева твердых тканей зуба, периодонта и фотокомпозитного материала, не нужен вентилятор, поэтому нет шума и вибрации. Низкая потребляемая мощность делает возможным применение аккумуляторов, беспроводных конструкций.

Ко всему перечисленному хотелось бы еще добавить, что процесс фотополимеризации — это реакция экзотермическая (сопровождается выделением тепла), а это даже при отсутствии тепловой составляющей в спектре излучателя в конечном итоге приводит к нагреву композиционного материала. Однако было замечено, что хотя при полимеризации «холодным» светом светодиодной лампы нагрев материала и происходит, но темпера-

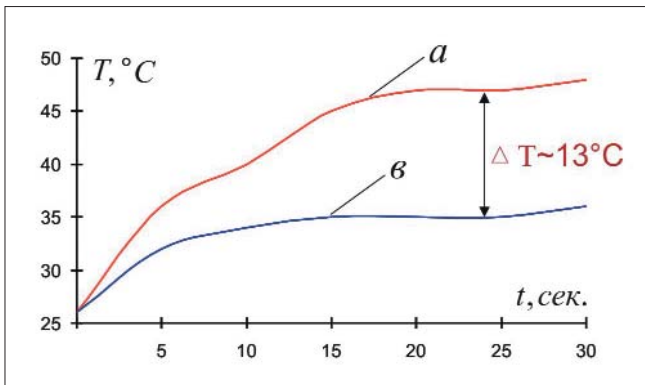


Рис. 7. Характеристики нагрева композитных материалов при полимеризации:  
а — галогенным фотополимеризатором;  
в — светодиодным фотополимеризатором.

тура достигает меньших значений приблизительно на 30% (рис. 7в), чем при использовании галогенного фотополимеризатора (рис. 7а). В результате можно ожидать уменьшения внутренних напряжений и деформации материала (естественно, при прочих равных условиях).

Если перечисленных преимуществ недостаточно, то что тогда можно назвать более качественным источником света для стоматологических целей?

**Вопросы на сайт [www.dentart.org](http://www.dentart.org)**

**При применении дентин-герметизирующего ликвида при глубоком кариесе нужно ли применять изолирующую прокладку? Применение травящего геля должно быть до или после дентин-герметизирующего ликвида? Почему?**

Анна,  
г. Екатеринбург clinic@averon.ru

Из инструкции фирмы-производителя следует, что дентин-герметизирующий ликвид сам по себе является прокладкой, надежно запечатывает дентин и не требует изоляции от любого пломбирочного материала. В комплект дентин-ликвида входят две жидкости для первого и второго пропитывания. Первая жидкость наносится на сухой обезжиренный дентин. Герметизация дентина происходит благодаря веществу, которое образуется в результате последовательного нанесения обеих жидкостей. Это вещество представляет собой высокомолекулярный полимер кремниевой кислоты с субмикроскопическими вкраплениями кристалликов фтористого кальция и фтористой меди-II. После этого для восстановления полости поверхность полученной прокладки и оставшихся стенок полости готовится в соответствии с инструкцией к выбранному вами пломбирочному материалу.



При применении химических композитов, в комплекте которых нет адгезива для дентина, а есть только адгезив для эмали, использование дентин-герметизирующего ликвида оправдано и повышает качество лечения, потому что для такого химического композита протравливается только эмаль, а дентин должен быть надежно защищен. В этом случае сначала проводится герметизация дентина дентин-ликвидом, после этого следует протравливание эмали, нанесение адгезивной системы на эмаль и внесение порций композита.

Нужно ли применять дентин-ликвид под светоотверждаемые композиты, которые применяются с техникой тотального протравливания и дентинными адгезивными системами? Тотальное протравливание создает микропространства в дентине и эмали для проникновения тяжелой смолы и соединения композита с зубными тканями. При этом дентинная адгезивная система надежно герметизирует дентин и в то же время обеспечивает прочное соединение с композитом. Образуется единый комплекс композитный материал/зубные ткани. Если применить дентин-ликвид перед тотальным протравливанием и адгезивной подготовкой, соединение адгезива, а значит и композита со стенками будет недостаточно прочным и гомогенность соединения в целом окажется под вопросом. В этом случае реставрация будет, скорее всего, просто опираться на стенки, а не склеиваться с ними и укреплять их. Поэтому потребуются создание ретенционных площадок и соблюдение принципов препарирования Блэка, кроме того, теряется смысл концепции дентинных адгезивов. Мы считаем, что нет необходимости применять дентин-ликвид с техникой тотального травления и дентинной адгезивной системой. Однако он может быть с успехом применен в качестве герметизатора дентина под химические композиты, которые не имеют в комплекте дентинного адгезива.

Ирина Кибенко, врач-стоматолог  
стоматологической клиники-студии «Аполлония».