

УДК 617.7-089.243

<https://doi.org/10.33791/2222-4408-2026-2-164-166>

Кислородная проницаемость в современной практике жестких контактных линз: переоценка роли материалов с высоким показателем Dk

Марк Эдлстон*

ООО «Контамак»,

Карлтон Хаус, Шайя Хилл, Сафрон Волдэн, Эссекс, CB11 3AU, Великобритания

* Для контактов: Ирина Сандерс, e-mail: irinas@contamac.co.uk**Резюме**

В статье рассматривается значение высокой кислородной проницаемости (Dk) для современных жестких контактных линз, особенно в условиях ночного ношения (ортокератология) и использования склеральных линз. Применение силиконовых мономеров, таких как Stylr TRIS, позволяет достигать значений Dk до 180–250 с одновременным улучшением жесткости и смачиваемости материалов. Новые разработки компании Contamac (Optimum Infinite и Optimum Breathe) обеспечивают безопасную оксигенацию роговицы даже при увеличенной толщине.

Ключевые слова: кислородная проницаемость (Dk), жесткие газопроницаемые линзы, ортокератология, склеральные линзы, силиконовые мономеры, Optimum Infinite

Конфликт интересов: автор является сотрудником компании ООО «Контамак».

Финансирование: статья опубликована при финансовой поддержке компании ООО «Контамак».

Для цитирования: Эдлстон М. Кислородная проницаемость в современной практике жестких контактных линз: переоценка роли материалов с высоким показателем Dk. The EYE GLAZ. 2026;28(2):164–166. doi: 10.33791/2222-4408-2026-2-164-166

*Поступила: 04.05.2026**Принята после доработки: 05.05.2026**Принята к публикации: 05.05.2026**Опубликована: 30.06.2026*

Перевод статьи: Наталия Кинтюхина

**Об авторе**

Доктор Марк Эдлстон защитил степень доктора наук (PhD) в Кембриджском университете в 2012 г. Впоследствии занимал позицию руководителя проектов в научно-исследовательском отделе (R&D) компании Contamac, где приобрел значительный опыт в области управления разработками в сфере материалов для контактной коррекции.

Oxygen transmission in modern rigid contact lens practice: reassessing the role of high-Dk materials

Mark Eddleston*

Contamac Ltd.,

Carlton House, Shire Hill, Saffron Walden, Essex CB11 3AU, United Kingdom

* For contacts: Irina Sanders, e-mail: irinan@contamac.co.uk**Abstract**

The article discusses the importance of high oxygen permeability (Dk) for modern rigid contact lenses, especially in conditions of night wear (orthokeratology) and the use of scleral lenses. The use of silicone monomers such as Stylr TRIS makes it possible to achieve Dk values up to 180–250 while simultaneously improving lens stiffness and wettability. New developments from Contamac (Optimum Infinite and Optimum Breathe) provide safe corneal oxygenation even with increased lens thickness.

Keywords: oxygen permeability (Dk), rigid gas-permeable lenses, orthokeratology, scleral lenses, silicone monomers, Optimum Infinite

Conflict of interest: The author is an employee of Contamac Ltd.

Funding: This article was published with financial support from Contamac Ltd.

For citation: Eddleston M. Oxygen transmission in modern rigid contact lens practice: reassessing the role of high-Dk materials. The EYE GLAZ. 2026;28(2):164–166. doi: 10.33791/2222-4408-2026-2-164-166

*Received: 04.05.2026**Revised and accepted: 05.05.2026**Accepted for publication: 05.05.2026**Published: 30.06.2026*

Translation of the article: Nataliya Kintyukhina

Когда контактная линза находится на глазу, она становится барьером между аваскулярной роговицей и источником кислорода. С момента появления первых газопроницаемых материалов в 1970-х годах увеличение доступа кислорода к роговице стало движущей силой их развития.

В современных газопроницаемых материалах кислородная проницаемость достигается за счет включения в полимерные цепи как силиконовых, так и фторированных мономеров.

Молекулы кислорода легко проникают через материалы, содержащие силикон, потому что химические связи между атомами кремния и кислорода в силиконах обладают высокой гибкостью. Напротив, проницаемость фторированных материалов обусловлена высокой растворимостью кислорода в таких соединениях.

Ни силиконовые, ни фторированные момеры сами по себе не обеспечивают оптимальных свойств в газопроницаемых материалах. Силиконы обладают высокой кислородной проницаемостью, но, как правило, оказывают негативное влияние на другие важные свойства, такие как твердость, смачиваемость и устойчивость к отложениям. По отдельности фторсодержащие момеры обеспечивают лишь умеренные уровни кислородной проницаемости, однако в комбинации повышают проницаемость силиконовых компонентов, модифицируя фазовую структуру материалов. Это означает, что кислородной проницаемости можно достичь с использованием меньшего количества силикона и при этом снизить его негативное влияние на свойства линзы.

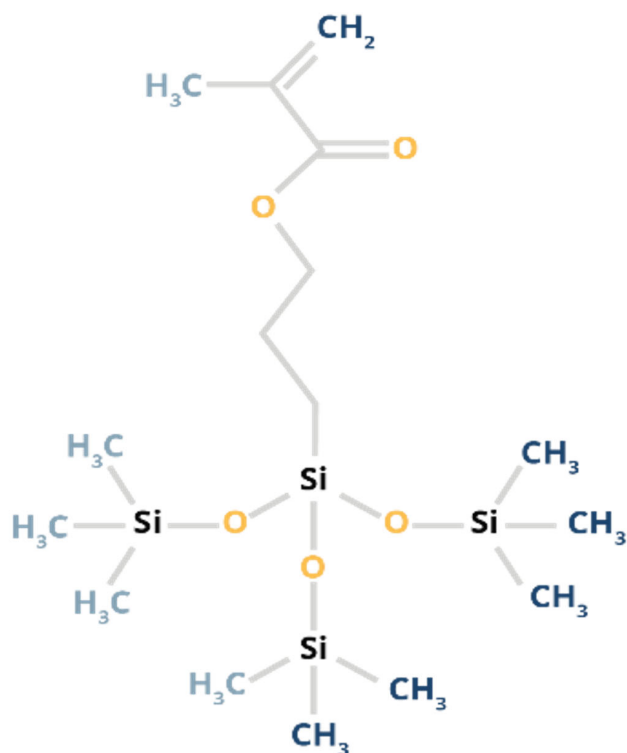


Рис. 1. ТРИС
Fig. 1. TRIS

Введение фторсодержащих мономеров позволило устранить проблемы, связанные с применявшимися ранее силикон-акрилатными материалами, и обеспечило постепенную эволюцию полимеров, в результате которой в последние годы XX в. стали доступными материалы с Dk около 100. В этот период их использовали в основном в роговичных линзах, которые снимались на ночь и подбирались с диаметром меньшим, чем диаметр роговицы. Такие линзы могли двигаться при моргании, и свежая, обогащенная кислородом слезная жидкость поступала под линзу, удаляя отложения и дополнительно обеспечивая роговицу кислородом. Лимбальная зона роговицы при этом не перекрывалась линзой и таким образом получала атмосферный кислород во время ношения. Исторически ежедневное ношение роговичных газопроницаемых линз считается более безопасным по сравнению с другими формами контактной коррекции зрения [1].

В начале 2000-х гг. стали широко применяться ночное ношение линз для ортокератологии (орто-к), а также склеральные линзы для коррекции эктазий роговицы, вследствие чего повысились требования к материалам, используемым при их изготовлении.

Holden и Mertz [2], а позднее Harvitt и Bonanno [3] показали, что при ночном ношении требуется значительно более высокая кислородопроницаемость по сравнению с дневным ношением для предотвращения аноксии. Тем не менее толщина большинства ортокератологических линз больше, чем обычных роговичных линз. Увеличение толщины необходимо для того, чтобы линза сохраняла свою форму во время ношения, обеспечивая предсказуемый

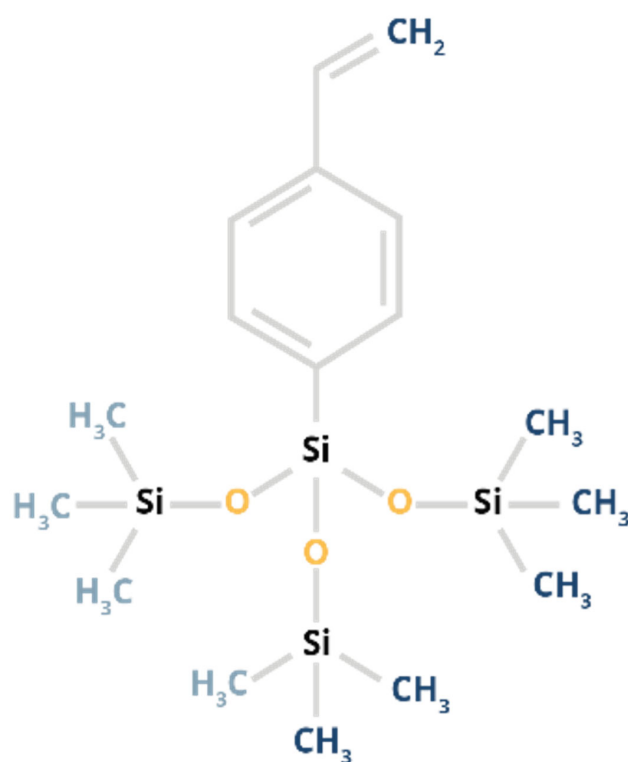


Рис. 2. Стирил ТРИС
Fig. 2. Styryl TRIS

Таблица. Сравнение эксплуатационных свойств нового материала с существующими на рынке материалами, имеющими Dk 100

Table. Comparison of the key performance indicators of the new material with available 100 Dk products

| | A/A | Б/В | В/С | Г/Д |
|--|------|------|------|------|
| Коэффициент кислородной проницаемости Dk | 180 | 100 | 100 | 100 |
| Модуль упругости при изгибе Flexural modulus | 1500 | 1409 | 1048 | 1046 |
| Твердость Hardness | 81 | 81 | 77 | 75 |
| Угол смачивания Wetting angle | 88 | 97 | 92 | 100 |

и надежный эффект лечения, однако это привело к снижению кислородопроницаемости.

Толщина склеральной линзы обычно вдвое больше, чем роговичной. Причина та же: предотвращение деформации и возможного разрушения. Но кислородная проницаемость ниже на 50%. Склеральная линза покрывает всю роговицу, устраняя как механизм слезного насоса, так и доступ к атмосферному кислороду во время ношения. Хотя склеральные линзы не носят в условиях закрытого глаза, их пользователи, как правило, нуждаются в более длительном времени ношения, что приводит к сокращению времени на восстановление между ношением и сном.

Таким образом, оба режима требуют не только улучшенной кислородной проницаемости, но и повышенной жесткости в их конечной форме для достижения желаемого результата.

В составе большинства традиционных роговичных материалов использовался силиконовый мономер, известный как TRIS (3- [трис (триметилсилокси)силлил]пропилметакрилат) (рис. 1). Его преимуществом является доступность, а также то, что в сочетании с фторсодержащими мономерами он позволяет без затруднений достигать значений Dk до 100 и немного выше.

Однако в пропорциях, необходимых для значительного увеличения кислородной проницаемости выше 100 Dk, TRIS может снижать смачиваемость, а также приводить к нежелательной гибкости линзы. В качестве альтернативы используется силиконовый

мономер Styrl TRIS (рис. 2), который менее доступен, но содержит пропильную группу, показанную на схеме в виде гексагональной группы в середине молекулы. Это не только придает молекуле большую жесткость, уменьшая склонность к деформации, но и способствует лучшему прохождению кислорода за счет расширения полимерной матрицы.

Использование Styrl TRIS позволило снизить его необходимое содержание для достижения более высоких значений Dk и при этом обеспечить более низкий угол смачивания. Модуль упругости при изгибе (Flexural Modulus), характеризующий жесткость материала, увеличился, а склонность материала к изгибу уменьшилась. Теперь стало возможным достигать значений Dk порядка 180 при характеристиках смачиваемости, превосходящих многие материалы с Dk 100. В таблице приведено сравнение ключевых эксплуатационных свойств нового материала с существующими на рынке материалами, имеющими Dk 100.

Optimum Infinite получил одобрение FDA к применению как для склеральных, так и для ортокератологических линз, и в настоящее время широко предлагается лабораториями, работающими с материалами нового поколения. Хотя материал с Dk 180 должен обеспечивать достаточную кислородопроницаемость при большинстве состояний роговицы, в ряде сложных случаев может потребоваться дополнительное поступление кислорода. Для таких случаев на недавнем форуме EFCLIN был представлен материал с Dk 250 Optimum Breathe.

Литература / References

1. Stapleton F, Keay L, Edwards K, et al. The incidence of contact lens-related microbial keratitis in Australia. *Ophthalmology*. 2008;115(10):1655–1662. doi: 10.1016/j.ophtha.2008.04.002
2. Holden BA, Mertz GW. Critical oxygen levels to avoid corneal edema for daily and extended wear contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1984;25(10):1161–1167.

Сведения об авторе

Марк Эдлстон, доктор наук Кембриджского университета (Великобритания), ведущий специалист отдела исследований и разработок компании «Контамак».

3. Harvitt DM, Bonanno JA. Re-evaluation of the oxygen diffusion model for predicting minimum contact lens Dk/t values needed to avoid corneal anoxia. *Optom Vis Sci*. 1999;76(10):712–719. doi: 10.1097/00006324-199910000-00023

Information about the author

Mark Eddleston, PhD from the University of Cambridge, Project Leader within the R&D Team at Contamac Ltd.