

## АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ЛИНЗ

Бордина Г.Е., Лопина Н.П., Некрасова Е.Г., Богочанов В.С., Кузнецова Д.И.  
ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава РФ

## THE ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF MATERIALS USED FOR THE MANUFACTURE OF CONTACT LENSES

Bordina G.E., Lopina N.P., Bogochanov V.S., Kuznetsova D.I.  
Tver State Medical University

**Резюме.** В связи с развитием цифровых технологий внимание общественности к проблемам ухудшения зрения возросло. Контактные линзы, на данный момент, являются одним из лидирующих способов коррекции зрения. К тому же современные веяния моды диктуют применение линзы и в декоративных целях. По причине большой значимости линз в нынешнем мире была выбрана эта тема. В данной статье были изучены материалы, входящие на сегодняшний день в состав контактных линз. Для этого были проанализированы современные и актуальные источники

**Ключевые слова:** контактные линзы; полимеры; смачиваемость; кислородопроницаемость.

**Введение.** Контактные линзы – это линзы небольших размеров, изготавливаемые из прочных, прозрачных, биосовместимых и газопроницаемых материалов, закрепляемые на роговице глаза [1]. Материалы для таких линз получают путём сополимеризации определенных мономеров в присутствии веществ-инициаторов. Начальные стадии характеризуются образованием жидкого предполимера, который постепенно затвердевает, образуя полимер. В состав мягких контактных линз обычно входят гели.

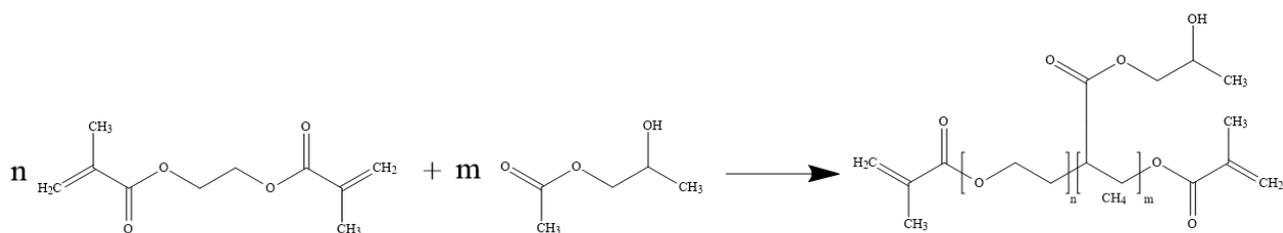
Для оценки пригодности новых материалов в контактной коррекции зрения используются следующие критерии: химическая и механическая стабильность, биологическая инертность, оптическая прозрачность, прочность, эластичность, смачиваемость, повышенная кислородопроницаемость [2].

В зависимости от того, на основе каких материалов получены те или иные контактные линзы, их можно условно классифицировать на жёсткие и мягкие. Жёсткие, в свою очередь, можно подразделить на газопроницаемые и газонепроницаемые, а мягкие – на гидрогелевые и силикон-гидрогелевые.

В состав мягких контактных линз входят, как уже было сказано выше, гидрогелевые и силикон-гидрогелевые полимеры, каждый из которых обладает своим определённым влагосодержанием и своим коэффициентом кислородопроницаемости ( $Dk/L$ ), отражающим степень доступа кислорода к роговице и выражаемым отношением параметра кислородопроницаемости к толщине линзы [3].

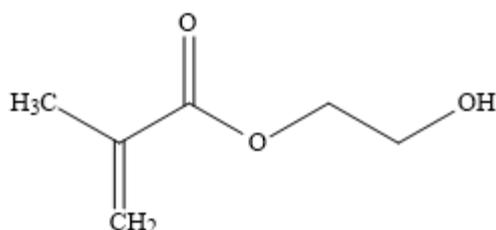
В состав гидрогелевых линз входит гидрогель, который впервые был синтезирован в конце 1950-х годов путём сополимеризации гидроксипропилметакрилата с диметакрилатом этиленгликоля

(рис. 1).

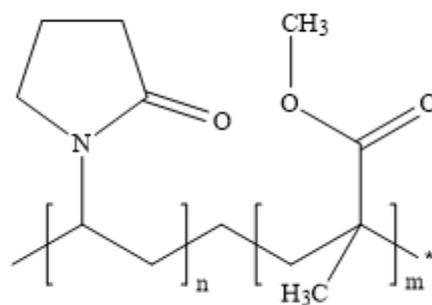


**Рис. 1. Сополимеризация диметакрилата этиленгликоля и гидроксиэтилметакрилата**

Данный полимер до гидратации находится в твердом состоянии, но из-за обилия гидрофильных групп (-ОН, >С=О) в воде происходит набухание. В таком виде он становится мягким и проницаемым для мелких ионов и лекарственных препаратов. Кислородпроницаемость гидрогелевых материалов прямо пропорциональна содержанию в них воды. Так, например, в НЕМА (гидроксиэтилметакрилат) (рис. 2) количество воды недостаточно, примерно 38%, поэтому для увеличения гидрофильности в его состав добавляют разные вещества. Для гидрогелевых линз используются материалы, основанные как на гидроксиэтилметакрилате, так на других полимерных веществах (например, Lydophilkon А – сополимер метилметакрилата и N-винилпирролидона с содержанием воды до 70% (рис. 3)) [4].



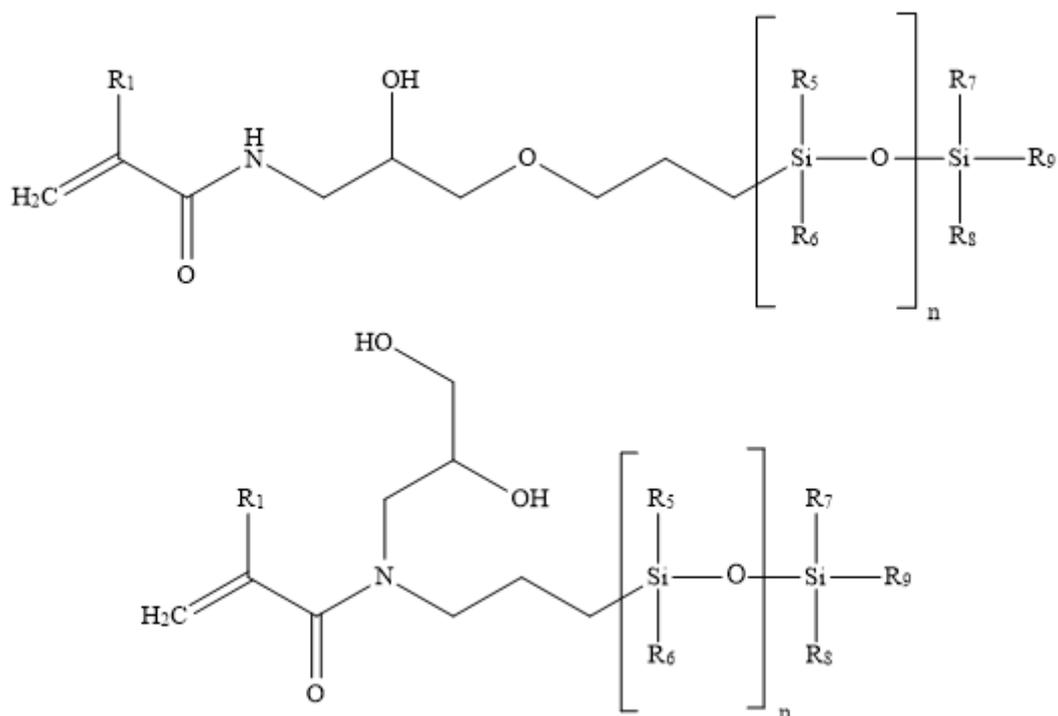
**Рис. 2. Гидроксиэтилметакрилат**



**Рис. 3. Lydophilkon А**

Гидрогелевые линзы являются хорошо совместимыми с тканями глаз, однако имеют пониженный Dk/L (около 20-30 единиц), из-за чего вода при перенашивании линз чаще всего испаряется, вызывая тем самым у человека чувство дискомфорта (при не снятии линзы на ночь может вообще привести к гипоксии роговицы).

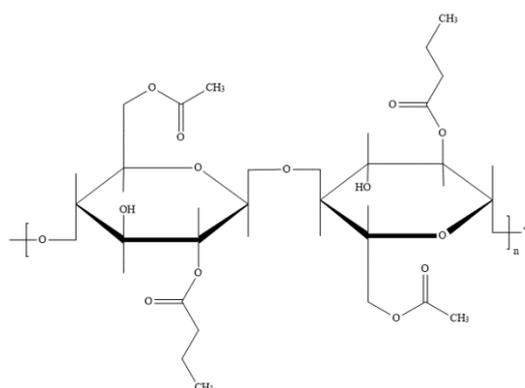
Огромным прорывом в технологии производства мягких контактных линз стали силикон-гидрогелевые линзы, так как комбинация силоксановой и гидрофильной фаз в необходимых пропорциях обеспечила большую доступность кислорода для клеток роговицы и зоны лимба, чем их реальные потребности. Данные линзы сочетают в себе свойства сразу двух материалов: гидрогеля, обеспечивающего мягкость и биосовместимость с тканями глаза, и силикона, ответственного за упругость и достаточный пропуск кислорода к роговице (Dk/L приблизительно имеет значения 80-100 единиц) (рис. 4) [5].



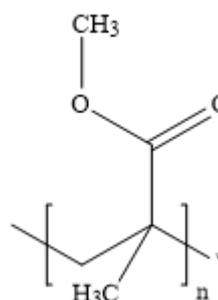
**Рис. 4. Формулы силикон-гидрогелей**

Силикон-гидрогелевые линзы отлично подходят для длительного и непрерывного ношения. Но при этом такие линзы имеют и минусы, среди которых высокая стоимость по сравнению с гидрогелевыми; склонность к дегидратации, более длительный период адаптации.

Помимо мягких контактных линз, в офтальмологии также могут использоваться жёсткие контактные линзы, однако их применение в сегодняшние дни встречается достаточно редко по сравнению с гидрогелевыми и силикон-гидрогелевыми линзами. Жёсткие линзы назначаются при таких нарушениях зрительного аппарата, с которыми мягкие модели справиться не могут (например, кератоконус или высокие степени миопии или астигматизма). Такие линзы надеваются на ночь, поэтому должны обладать очень высокой кислородопроницаемостью, так как воздух должен поступать при условии закрытых глаз. В качестве материалов для изготовления таких линз раньше использовали ацетобутират целлюлозы, который не имел достаточно высокую кислородопроницаемость, из-за чего линзы надевались только на пару часов (рис. 5). В настоящее время применяют комбинацию стандартного ПММА (полиметилметакрилат) (рис. 6) и кремнийорганического полимера, имеющего повышенную кислородопроницаемость [6].



**Рис. 5. Ацетобутират целлюлозы (ПММА)**



**Рис. 6. Полиметилметакрилат**

Наилучшие варианты материала для жестких линз являются кремний и фторорганические соединения. Они хорошо пропускают кислород, но их минус – гидрофобность. В этом случае есть два решения. Первое – присоединить к поверхности гидрофильные мономеры, такие как акриловую кислоту или N-винилпирролидон. Однако линза не отличается устойчивостью, так как поверхностный слой со временем изнашивается. Более востребован другой способ: сополимеризация с гидрофильными компонентами – теми же акрилатами, виниловыми соединениями – во всем объеме. Таким образом в настоящее время получают вещества, которые имеют стойкие механические свойства, прозрачность и хорошую гидрофильность. Это им придает эластичность [7].

Жесткие контактные линзы имеют свои определённые преимущества: возможность длительного ношения без замены, обеспечение высокой чёткости зрения вследствие изготовления по индивидуальным параметрам глаз, более медленное скопление на линзах отложений белковой и липидной природы, а также отсутствие содержания воды, благодаря чему линза не пересыхает и не вызывает у человека синдром «сухого глаза». Также, у таких линз имеются некоторые нюансы: требование более долгого привыкания по сравнению с мягкими моделями; нечёткость зрения в течение определённого периода времени в процессе перехода с линз на очки (примерно 2 недели, однако время может варьироваться в зависимости от индивидуальных особенностей) [8].

Материалы для мягких контактных линз разделены в настоящее время на 4 группы. Их распределяли по критериям содержания воды и характеру базового мономера [9-10].

1 группа – неионные, количество влаги не превышает 50%. Отличаются упругостью, небольшой газопроницаемостью. При производстве этих линз задействованы все офтальмологические методы изготовления. Полимеры 1 группы: гидрогель: Tetraphilikon A, Polymakon; силикон-гидрогель: Anphalikon A, Asmophilikon A, Siphilikon A.

2 группа – неионные, количество влаги превышает 50%. Более упругие, устойчивые к липидам и не устойчивые к белкам, Dk/L в сравнении с первой группой ниже. Полимеры 2 группы: гидрогель: Chilaphilikon A и B, Nelphilikon A, Surphilikon A, Vasurphilikon A, Omaphilikon A, Alphaphilikon A; силикон-гидрогель: Aerophilikon A.

3 группа – ионные, количество влаги не превышает 50%. Полимеры более устойчивые, с низким показателем Dk/L, в производстве 2 офтальмологических метода: литье и точение. Полимеры 3 группы: гидрогель: Phemphilikon A, Ocuphilikon A; силикон-гидрогель: Balaphilikon A.

4 группа – ионные, количество влаги превышает 50%. Изготавливаются методом литья, устойчивы к липидам. Полимеры 4 группы: Vitaphilikon A, Ocuphilcon F, Ocuphilcon D [11].

Позднее с целью увеличения содержания воды и кислородпроницаемости в гидрогелевом материале производители стали совершенствовать исходный материал НЕМА.

**Заключение:** анализ состава контактных линз дал понять, что компоненты весьма разнообразны и отвечают своим строго отведённым функциям. Их состав постепенно менялся вследствие открытия и синтеза новых веществ, обладающих большей кислородопроницаемостью и устойчивостью по сравнению с предыдущими. Тем не менее, разработка полимеров продолжается по сей день и, возможно, что через несколько лет химический состав контактных линз будет таков, что их можно будет носить постоянно, практически никогда не снимая.

### Список литературы

1. Контактные линзы / Википедия: электронная энциклопедия. – М., 2022. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Контактные\\_линзы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Контактные_линзы) (дата обращения: 12.06.2022). – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

2. Полимерные материалы для контактных линз / Эффективная медицина: электронный журнал. – М., 2022. – URL: <https://www.glazmed.ru/lib/contactcorrection/contactcorrect-0027.shtml> (дата обращения: 08.06.2022). – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.
3. Контактные линзы – материалы / Офтальмология онлайн: электронная энциклопедия. – М., 2019. – URL: [www.bezlinz.ru/kontaktnye-linzy/materialy.html](http://www.bezlinz.ru/kontaktnye-linzy/materialy.html) (дата обращения: 16.06.2022). – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.
4. Мягкие и жесткие контактные линзы / Вестник оптометрии: электронный журнал. – М., 2022. URL: [https://www.optica4all.ru/index.php?Itemid=180&id=925&option=com\\_content&view=article](https://www.optica4all.ru/index.php?Itemid=180&id=925&option=com_content&view=article) (дата обращения: 15.06.2022). – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.
5. Материалы для изготовления линз / Онлайн больница: электронный журнал / М., 2021. – URL: [neman-crb.ru/zabolevaniya/materialy-izgotovleniya-kontaktnyh-linz.html](http://neman-crb.ru/zabolevaniya/materialy-izgotovleniya-kontaktnyh-linz.html) (дата обращения: 12.06.2022). – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.
6. Жесткие контактные линзы / Акваоптик: электронный журнал / Санкт-Петербург, 2022. – URL: <https://aquaoptic.ru/articles/zhestkie-kontaktnye-linzy> (дата обращения: 13.06.2022). – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.
7. Контактные линзы / ChemicalNow: сайт. – М., 2022. – URL: <http://www.chemicalnow.ru/chemies-3744-1.html> (дата обращения: 07.06.2022). – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.
8. Полимерные материалы для контактных линз / Полимерные материалы: электронный журнал / М., 2022. – URL: [polymerbranch.com/publ/view/80.html](http://polymerbranch.com/publ/view/80.html) (дата обращения: 08.06.2022). – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.
9. Лещенко, И.А. Основные типы контактных линз / И.А. Лещенко. – Текст : непосредственный // Вестник оптометрии. – 2006. – № 6. – С. 50–52.
10. Белоусов, В.В. Контактные линзы в 2008 году: итоги и перспективы / В.В.Белоусов. – Текст : непосредственный // Вестник оптометрии. – 2009. – № 3. – С. 40–43.
11. Что нужно знать о классификации линз по стандартам FDA? / Ochkov.net: электронный журнал / М., 2022. – Режим доступа: <https://www.ochkov.net/informaciya/stati/chto-takoe-fda-i-kak-linzy-klassificiruyutsya-po-grupparam.htm> (дата обращения: 11.06.2022). – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.