

СЛУЧАИ ПОМУТНЕНИЯ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ В АРТИФАКИЧНЫХ ГЛАЗАХ: АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МИКРОСТРУКТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

© И.А. Рикс¹, С.Ю. Астахов¹, Е.М. Иванькова², И.Э. Кузьмина¹, С.С. Папанян¹, Р. Бутаба¹, М.Б. Эзугбая¹, Е.Л. Акопов¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург;

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук, Санкт-Петербург

Для цитирования: Рикс И.А., Астахов С.Ю., Иванькова Е.М., и др. Случаи помутнения интраокулярных линз в артификачных глазах: анализ результатов микроструктурных исследований // Офтальмологические ведомости. — 2020. — Т. 13. — № 3. — С. 21–28. <https://doi.org/10.17816/OV41836>

Поступила: 14.07.2020

Одобрена: 27.08.2020

Принята: 23.09.2020

✧ **Актуальность.** В настоящее время во всём мире в ходе операций по поводу катаракты имплантируется огромное количество интраокулярных линз (ИОЛ), изготовленных из разных материалов. По мере разработки современных материалов и конструкций ИОЛ появляются и сообщения об их помутнениях. Характер и локализация помутнений ИОЛ в основном зависят от свойств материала, из которого изготовлена линза. Полиметилметакрилат, в настоящее время редко использующийся для изготовления ИОЛ, как правило, мутнеет в оптическом центре из-за структурного разрушения, формируя трещины по типу «снежинка». Помутнения акриловых ИОЛ зависят от степени гидрофильности материала. Отложение кристаллических депозитов в оптической зоне линз из гидрофильного акрила приводит к значительному снижению остроты зрения и требует их эксплантации. Имеется определённая зависимость возникновения помутнений в гидрофильном акриле от сопутствующей патологии пациента. В гидрофобных акриловых ИОЛ формируются вакуоли и возникает феномен «блесток». Причём зрительные функции при этом, как правило, не страдают.

Цель: выяснить, какие структурные изменения ИОЛ привели к необходимости их удаления из псевдофакических глаз в связи со снижением остроты зрения.

Материалы и методы. Были изучены четыре помутневших ИОЛ, изготовленных из разных материалов. Линзы изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа SUPRA 55VP (Carl Zeiss, Германия) с использованием детектора вторичных электронов. Карты распределения элементов на поверхности и внутри линз были собраны с использованием детектора энергодисперсионного рентгеновского анализа X-тах 80 мм² (Oxford Instruments, Великобритания).

Результаты. Гидрофильная линза с гидрофобным покрытием помутнела через 5 лет после её имплантации. Были обнаружены кристаллы гидроксипатита на всех частях ИОЛ по её поверхности. В гидрофобной акриловой ИОЛ с помощью сканирующей электронной микроскопии определялись микровакуоли и полости в оптическом центре. Две ИОЛ из полиметилметакрилата претерпели разрушение собственной структуры в течение 8 лет после имплантации. При химическом анализе таких линз неорганических соединений не обнаружено.

Заключение. Одним из осложнений имплантации ИОЛ является нарушение их прозрачности. Факторы, связанные с материалом и производством ИОЛ, а также сопутствующие заболевания пациента, могут приводить к помутнению линз в различные сроки после операции.

✧ **Ключевые слова:** интраокулярная линза; помутнение интраокулярных линз; помутнение; акриловый; гидрофильный; гидрофобный; полиметилметакрилат; гидрофобное покрытие; гидроксипатит; кристаллы.

CASES OF INTRAOCULAR LENS OPACIFICATION IN PSEUDOPHAKIC EYES: ANALYSIS OF THE RESULTS OF MICROSTRUCTURAL STUDIES

© I.A. Riks¹, S.Yu. Astakhov¹, E.M. Ivan'kova², I.E. Kuzmina¹, S.S. Papanyan¹, R. Boutaba¹, M.B. Ezugbaya¹, E.L. Akopov¹

¹Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia;

²Institute of Macromolecular Compounds Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

For citation: Riks IA, Astakhov SYu, Ivan'kova E.M, et al. Cases of intraocular lens opacification in pseudophakic eyes: analysis of the results of microstructural studies. *Ophthalmology Journal*. 2020;13(3):21-28. <https://doi.org/10.17816/OV41836>

Received: 14.07.2020

Revised: 27.08.2020

Accepted: 23.09.2020

✧ **Relevance.** Currently, all over the world, during cataract surgeries, a huge number of intraocular lenses (IOLs) made of different materials are implanted. Alongside with the development of modern IOL materials and designs, publications about their opacities appear. The nature and the localization of IOL opacities mainly depend on the properties of the material out of which the lens is made. Polymethyl methacrylate (PMMA) currently rarely used to manufacture IOLs, tends to cloud in the optical center due to structural breakdown, forming “snowflake”-like cracks. Opacities of acrylic IOLs depend on the degree of hydrophilic properties of the material. The deposition of crystalline deposits in the optical zone of hydrophilic acrylic lenses leads to a significant decrease in visual acuity and requires IOL explantation. There is a definite dependence of the occurrence of opacities in hydrophilic acryl on the patient's concomitant diseases. In hydrophobic acrylic IOLs, vacuoles form, and glistenings occurs. Herewith, visual functions, as a rule, do not suffer.

Purpose: to find out what structural changes in the IOL led to the need to remove them from pseudophakic eyes due to a decrease in visual acuity.

Materials and methods. Four clouded IOLs made from different materials were examined. The lenses were studied using a SUPRA 55VP scanning electron microscope (Carl Zeiss, Germany) using a secondary electron detector. Element distribution maps on the surface and inside the lenses were collected using an X-max 80 mm² energy dispersive X-ray analysis detector (Oxford Instruments, UK).

Results. A hydrophilic lens with hydrophobic coating became cloudy 5 years after implantation. Hydroxyapatite crystals were found on all parts of the IOL along its surface. In a hydrophobic acrylic IOL, microvacuoles and cavities in the optical center were found using scanning electron microscopy. Two PMMA IOLs underwent self-destruction within 8 years after implantation. Chemical analysis of PMMA lenses did not reveal any inorganic compounds.

Conclusion. One of the complications of IOL implantation is an impairment of their transparency. Factors associated with IOL material and manufacturing, as well as the patient's comorbidities, can lead to lens opacification at various terms after surgery.

✧ **Keywords:** intraocular lens; intraocular lens opacification; opacity; acrylic; hydrophilic; hydrophobic; polymethyl methacrylate; hydrophobic coating; hydroxyapatite, crystals.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня в мире в ходе операций по поводу катаракты имплантируют миллионы интраокулярных линз (ИОЛ), изготовленных из различных материалов. Пребывание ИОЛ внутри глаза может приводить к ряду осложнений. К сожалению, особого внимания заслуживают те случаи, когда приходится извлекать ИОЛ из глаза и заменять её на новую. По мере разработки современных материалов и конструкций ИОЛ, появляются и сообщения о помутнениях в них. В 2008 г. было проведено большое исследование причин экплантации 146 ИОЛ [1]. На первом месте

были кальцификация и помутнения ИОЛ (65 %), на втором — дислокации (до 23 %), с такой же частотой встречались аберрации при гидрофобных акриловых линзах; чуть в меньшем проценте случаев (21 %) — ИОЛ эксплантировали из-за неправильного расчёта оптической силы. Есть указания о влиянии сопутствующих заболеваний (местных и общих) на характер помутнений ИОЛ.

Несмотря на то что для производства ИОЛ применяются материалы с лучшими техническими характеристиками, существует большое количество сообщений об их помутнениях, изменении цвета и разрушениях имплантируемых

линз [1–4]. Наиболее часто ИОЛ изготавливаются из полиметилметакрилата (ПММА), силикона, гидрогеля, акрила. Все перечисленные химические вещества могут в той или иной степени меняться в зависимости от условий окружающей среды (температуры, лекарственных препаратов) или длительности нахождения внутри глаза. Причём такие явления, как помутнения и изменения цвета, могут возникать почти сразу или же через несколько лет после имплантации ИОЛ, в среднем — через 3 года после операции [5, 6].

В литературе имеются описания «холодовой опалесценции», характерной для гидрофобных акриловых ИОЛ. При резком увеличении температуры происходят изменения в материале линзы, так называемое фазовое расслаивание, что приводит к внезапному белому оттенку линзы при имплантации в глаз [6]. Это явление обратимо — при выравнивании температуры линзы и внутриглазной жидкости, акриловая ИОЛ становится прозрачной.

Чаще всего применяемые для имплантации линзы производятся из акрила с разной степенью гидратации исходного вещества: современный гидрофильный акрил содержит воду от 18 до 28 %, гидрофобный — до 1 %.

Несколько лет назад широко применялись гидрофильные ИОЛ. Это было обусловлено, во-первых, хорошо отработанными технологиями производства; во-вторых, гидрофильные линзы вызывают меньше жалоб больных на появление дисморфозий, нежели гидрофобные [7]. С другой стороны, стало понятно, что именно гидрофильный материал чаще всего подвергается изменениям, которые связаны и с самим материалом линзы, и с сопутствующими заболеваниями пациента (глаукома, сахарный диабет), которые приводят к появлению нехарактерных для влаги передней камеры веществ [1–4]. Таким пациентам рекомендуется имплантировать ИОЛ из гидрофобного материала, помутнения которого случаются значительно реже.

Хорошо известны случаи окрашивания в голубой цвет гидрофильного акрила из-за абсорбции материалом ИОЛ различных красителей: флюоресцеина, индоцианина зелёного, трипанового синего [6].

В 2015 г. А.А. Гамидов с соавт. [7] предложили классификацию помутнений ИОЛ: прогрессирующая дегградация (разрушение) ИОЛ; помутнение или изменение её цвета; наличие полых микровключений в толще хрусталика; изменения в виде кристаллических депозитов на поверхности ИОЛ.

Характер данных изменений зависит от материала, из которого изготовлена ИОЛ. Помутнения имеют разную площадь распространения по линзе: только на передней или задней поверхности либо полностью по поверхности и гаптической части искусственного хрусталика. Иногда выявляется помутнения в толще оптической части ИОЛ [6].

Феномен «блёсток» (от англ. glistening — глистенинг) — термин, который в последнее время часто встречается в научной литературе при описании помутнений ИОЛ. Иногда в русскоязычных статьях его применяют без перевода [7]. Этот феномен возникает в гидрофобных акриловых ИОЛ, вследствие образования микровакуолей в оптической части линзы (рис. 1). Количество микровакуолей варьирует, но, как правило, они занимают всю оптическую часть линзы. Размер микровакуолей составляет от 1 до 20 мкм. Проблема возникает из того, что при производстве ИОЛ используются полимеры, которые после имплантации абсорбируют влагу в свою «архитектурную» структуру. Полимеры обычно поглощают воду при погружении их на длительное время в водную среду, причем скорость данного процесса увеличивается с повышением температуры. Например, если линзу поместить в тёплую воду и затем понизить температуру, то молекулы воды собираются внутри полимерных пустот. Неправильное преломление появляется из-за разницы в показателях преломления воды и материала ИОЛ. В литературе имеются указания на отсутствие прямой связи между количеством вакуолей в линзе и целесообразностью менять данную ИОЛ. Необходимо учитывать жалобы пациентов на снижение зрения и на феномен «блёсток». Только в этом случае обсуждается вопрос об эксплантации линзы [8]. Известно, что микрополости в гидрофобных акриловых линзах окончательно формируются в течение 3 лет после имплантации, и эффект «блёсток» становится стабильным [6, 8].

Помутнение гидрофильных акриловых линз является их существенным недостатком. Данные гистохимических, гистопатологических исследований, а также световая электронная микроскопия доказали, что помутнения связаны с осаждением кальция или кальция фосфата на поверхности и/или внутри ИОЛ (рис. 2).

Патологическая кальцификация гидрофильного акрила является многофакторной проблемой, включающей этапы и производства и упаковки ИОЛ, а также химический состав влаги передней



Рис. 1. Биомикроскопия: феномен «блёсток» в гидрофобной интраокулярной линзе

Fig. 1. Biomicroscopy: the phenomenon of "glistenings" in hydrophobic intraocular lens



Рис. 2. Фотография эксплантированной интраокулярной линзы с кальцификатами в оптической части

Fig. 2. Photo of an explanted intraocular lens with calcifications in the optical part

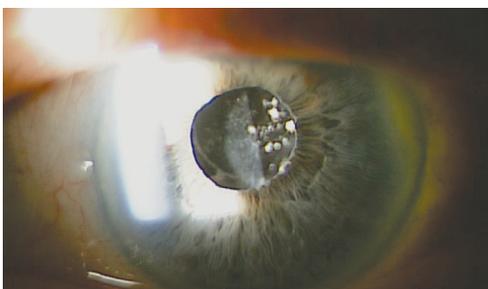


Рис. 3. Биомикроскопия: интраокулярная линза из полиметилметакрилата — помутнения по типу «снежинка»

Fig. 3. Biomicroscopy: polymethyl methacrylate intraocular lens — "snowflake"-like opacities

камеры у пациента. В гидрофильных акриловых линзах помутнения формируются по поверхности в виде кристаллических депозитов (гранул), которые могут лежать отдельными группами или сливаются между собой, образуя шероховатости. В литературе подобные состояния обозначаются термином «дистрофическая» кальцификация. Как правило, такие изменения возникают у пациентов с сопутствующей патологией: соматиче-

ской (сахарный диабет, артрит и т. д.) или глазной (оперированная глаукома, кератопластика, витрэктомия). В некоторых исследованиях есть указания, что у пациентов с перечисленной патологией во влаге передней камеры, а также в крови выявляются повышенные концентрации фосфата кальция [3, 4, 7]. Отложения кальция на ИОЛ описывают в случаях послеоперационного воспаления внутриглазных структур, при одномоментной комбинированной хирургии, а также при использовании препаратов, вводимых внутрь глаза — тканевой активатор плазминогена, силиконовое масло, воздух или газ [6]. В таких случаях помутнения гидрофильных ИОЛ происходят намного раньше, чем при «дистрофической» кальцификации, причём отложение кальция и его количество может существенно варьировать. Известно, что после «тройного» одномоментного хирургического вмешательства — факоемульсификации, имплантации гидрофильной ИОЛ, задней послойной кератопластики, включающей использование воздуха и/или газа, — развивается кальцификация на поверхности ИОЛ, всегда ограничиваясь областью зрачка [9, 10]. Для объяснения именно таких локальных отложений неорганических кристаллов, необходимо проведение дальнейших исследований.

Хорошо известны медленно прогрессирующие помутнения по типу «снежинка» (от англ. snowflakes), так как множественные трещины в ИОЛ из ПММА напоминают рисунок снежинки (рис. 3).

ИОЛ из ПММА изготавливались с помощью «инъекционного формования». Такие линзы в РФ активно имплантировали до конца 1990-х годов. Как правило, такие изменения начинаются через 10 и более лет после имплантации [11]. Так как неоднородные помутнения в виде снежинок формируются всегда только в оптической части ИОЛ, есть предположение, что ультрафиолетовое излучение, попадая на ПММА, неуклонно разрушает данный материал, формируя микрповреждения с разнообразным направлением трещин.

Цель работы — выяснить, какие структурные изменения ИОЛ привели к необходимости их удаления из псевдофакичных глаз в связи со снижением остроты зрения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 4 ИОЛ от 4 пациентов (4 глаза) в возрасте от 61 до 77 лет. Линзы эксплантированы из-за значительного снижения прозрачности и понижения остроты зрения: ИОЛ

из гидрофильного акрила с гидрофобным покрытием, ИОЛ из гидрофобного акрила, два образца ИОЛ из ПММА.

Операции реимплантации линз проведены в клинике офтальмологии ПСПбГМУ им. И.П. Павлова. Исследования ИОЛ выполнены в Институте высокомолекулярных соединений Российской академии наук. Световая электронная микроскопия сделана с помощью сканирующего электронного микроскопа Supra 55VP (Carl Zeiss, Германия) с использованием детектора вторичных электронов. Образцы закрепляли специальным клеем на держателях микроскопа и напыляли тонким слоем платины. Карты распределения элементов были собраны с использованием детектора энергодисперсионного рентгеновского анализа X-max 80 mm² (Oxford Instruments, Великобритания).

РЕЗУЛЬТАТЫ

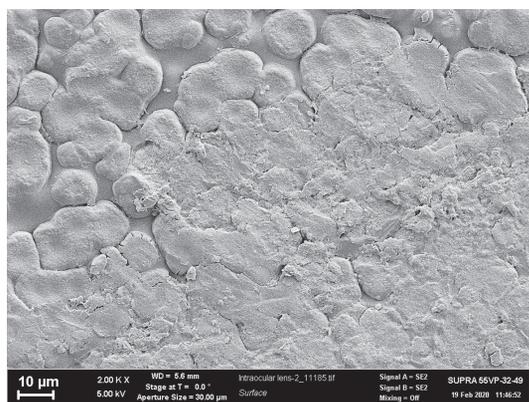
В 2020 г. первый пациент, которого включили в данную работу, обратился в клинику офтальмологии ПСПбГМУ с жалобами на снижение зрения на правом глазу. Острота зрения составляла 0,5 (не корригировалась); на левом глазу — 1,0. Объективно на правом глазу роговица прозрачная, передняя камера (ПК) средней глубины, влага прозрачная, радужка без патологии, ИОЛ правильно центрирована, имеется белое тотальное помутнение в оптической части (рис. 1), биомикроскопически на поверхности ИОЛ выявлялись участки в виде мелких сливающихся борозд. Левый глаз — роговица прозрачная, ПК средней глубины, влага прозрачная, радужка без патологии, ИОЛ прозрачная и центрирована. У паци-

ента не было сопутствующей соматической патологии.

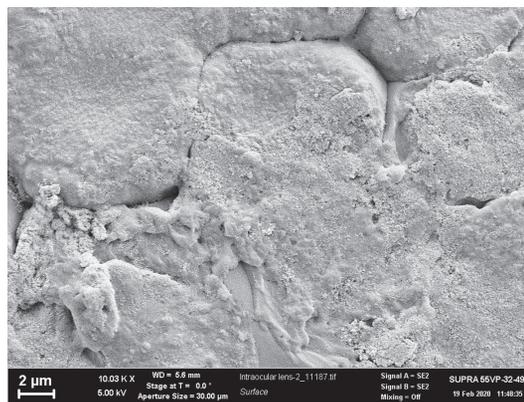
В 2014 г. этому пациенту на обоих глазах с перерывом в несколько месяцев провели факоэмульсификацию с одновременной имплантацией ИОЛ Oculentis (производство Германии), гидрофильной акриловой линзой с гидрофобным покрытием. Операции прошли без осложнений. Через 1 год после хирургического вмешательства острота зрения обоих глаз составляла 1,0. В 2020 г. на правом глазу была выполнена замена ИОЛ. После эксплантации помутневшей ИОЛ была проведена светооптическая микроскопия. Было выявлено диффузное помутнение всей поверхности ИОЛ, включая и оптическую и гаптическую части. Белые отложения состояли из гранул, слияние которых создавало неровную шероховатую поверхность. На микрофотографиях, выполненных с помощью электронного микроскопа, можно увидеть округлые выступающие образования размером до 5 мкм, которые сливаются между собой в обширные «поля».

При помощи детектора энергодисперсионного рентгеновского анализа был определён химический состав белых кристаллических гранул на ИОЛ: гидроксипатит кальция (рис. 4). Высокая плотность кристаллов была сосредоточена в оптической части ИОЛ. Более детально при светооптической микроскопии на микрофотографиях можно было оценить мелкие трещины и бороздки линзы (рис. 5).

Второй пациент в 2019 г. обратился в клинику офтальмологии с жалобами на снижение зрения на левом глазу, острота зрения составляла 0,4 (не корригировалась); правый глаз — 0,9 н/к. Объективно на правом глазу роговица прозрачная,



a



b

Рис. 4. Микрофотографии эксплантированной интраокулярной линзы Oculentis, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа Supra 55VP (Carl Zeiss, Германия). Кристаллы гидроксипатита кальция: *a* — масштаб 10 мкм; *b* — масштаб 2 мкм

Fig. 4. Microphotography of the explanted intraocular lens Oculentis using a Supra 55VP scanning electron microscope (Carl Zeiss, Germany). Crystals of calcium hydroxyapatite: *a* — scale 10 µm; *b* — scale 2 µm



Рис. 5. Микрофотография, полученная с помощью сканирующего электронного микроскопа Supra 55VP (Carl Zeiss, Германия) эксплантированной интраокулярной линзы Oculentis. Мелкие трещины и бороздки на поверхности линзы

Fig. 5. Microphotography using a scanning electron microscope Supra 55VP (Carl Zeiss, Germany) of the explanted intraocular lens Oculentis. Small cracks and grooves are observed on the intraocular lens surface



Рис. 6. Микрофотография, полученная с помощью сканирующего электронного микроскопа Supra 55VP (Carl Zeiss, Германия). Интраокулярная линза из гидрофобного акрила, видны микрополости

Fig. 6. Micrograph using a Supra 55VP scanning electron microscope (Carl Zeiss, Germany). Intraocular lens made of hydrophobic acrylic with visible microcavities

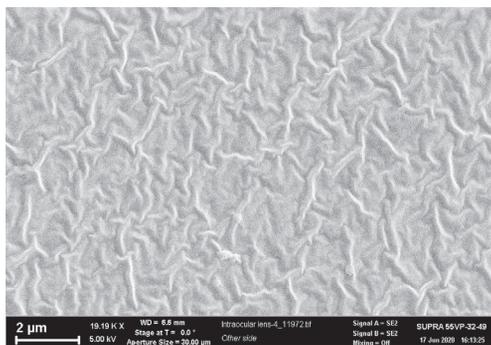


Рис. 7. Микрофотография, полученная с помощью сканирующего электронного микроскопа Supra 55VP (Carl Zeiss, Германия). Интраокулярная линза из полиметилметакрилата — разрушение структуры материала линзы, выявленное в зоне ее помутнения

Fig. 7. Micrographs obtained using the Supra 55VP scanning electron microscope (Carl Zeiss, Germany). IOL from PMMA — destruction of the structure of the lens material detected in the area of its opacity

ПК средней глубины, влага прозрачная, радужка без патологии, начинающиеся помутнения в хрусталике; левый глаз — роговица прозрачная, ПК средней глубины, влага прозрачная, радужка без патологии, ИОЛ центрирована, биомикроскопически на поверхности ИОЛ выявляются участки пузырькообразных включений в толще линзы.

Пациенту в левый глаз в 2016 г. был имплантирован искусственный хрусталик из гидрофобного акрила AcrySof (производство Alcon, США). Операция прошла без осложнений. На левом глазу была выполнена реимплантация ИОЛ в связи со снижением остроты зрения. При проведении световой микроскопии ИОЛ (рис. 6), обнаружены характерные изменения в виде многочисленных микрополостей. Химический анализ не выявил никаких включений ни внутри, ни на поверхности ИОЛ.

В 2019 г. обратились двое пациентов с жалобами на ухудшение зрения. Обоим больным около 10 лет назад были имплантированы ИОЛ из ПММА, которые постепенно помутнели в оптическом центре, что привело к значительному снижению зрения. У одного больного острота зрения с мутной ИОЛ составила 0,2; на парном глазу диагностирована начинающаяся катаракта. Второй пациент имел остроту зрения на правом глазу — 0,1. На левом глазу была выявлена начинающаяся катаракта.

У обоих больных ИОЛ заменены, проведена их оптическая световая микроскопия. Были выявлены деструктивные изменения собственного материала ИОЛ, никаких минеральных или каких-либо других патологических отложений выявлено не было ни в толще, ни на поверхности линзы (рис. 7).

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на всё стремление производителей ИОЛ улучшить качество линз, материалы для их изготовления, процесс производства и стерилизации, иногда имплантированная в глаз ИОЛ мутнеет и её приходится удалять.

По нашим данным, главной причиной помутнения ИОЛ является материал, из которого она изготовлена. Так, нарушение прозрачности линз из ПММА связано с медленным разрушением полимера (до 10 лет) и формированием помутнений в виде снежинок. Линзы из гидрофильного акрила мутнеют из-за отложения непрозрачных кристаллов гидроксиапатита. В литературе имеется прямая зависимость данных кристаллических отложений от сопутствующей патологии

пациента [4–6]. У нашего пациента, имеющего гидрофильную акриловую ИОЛ с гидрофобным покрытием, сопутствующей патологии не было выявлено. При этом из двух одинаковых ИОЛ, имплантированных с незначительной разницей во времени в оба глаза, одна полностью помутнела, вторая — остаётся прозрачной, обеспечивая высокие зрительные функции.

Линзы же из гидрофобного акрила долго остаются прозрачными, но сформированные многочисленные мельчайшие округлые полости могут приводить, во-первых, к снижению остроты зрения, а во-вторых, вследствие хаотичного зеркального отражения и неправильного преломления света по ходу этих полостей появления феномена «блёстки». Тем не менее изменения в ИОЛ из гидрофобного акрила не всегда требует их замены, поскольку образовавшиеся в толще линзы микрополости могут и не вызывать жалоб у больных [10].

Таким образом, приходится считаться с тем, что иногда ИОЛ внутри глаза постепенно меняет свои свойства, снижая зрение, в этих случаях целесообразна эксплантация помутневшей ИОЛ с заменой её на новую.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из известных осложнений имплантации ИОЛ является нарушение их прозрачности. Хотя данные случаи редки и составляют около 0,07 % [7], но все же приводят к необходимости проведения повторных операций для их замены. В нашей работе подтверждено, что гидрофобное покрытие в оптической зоне гидрофильной акриловой ИОЛ не всегда обеспечивает надёжную защиту от формирования кристаллов гидроксипатита. Для гидрофобных акриловых линз характерно возникновение жалоб на «блёстки», которые могут снижать качество зрения. ИОЛ из ПММА постепенно разрушаются с формированием трещин в виде снежинок в оптической зоне. В такой ситуации целесообразна замена линзы.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

- Mamalis N, Brubaker J, Davis D, Werner L. Complications of foldable intraocular lenses requiring explantation or secondary intervention — 2007 survey update. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(9):1584-1591. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.05.046>.
- Mackey TA, Werner L, Soliman MM, et al. Opacification of two Hydrophilic acrylic intraocular lenses 3 months after implantation. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2003;34(3):197-202. <https://doi.org/10.3928/1542-8877-20030501-06>.
- Neuhan IM, Stoduka P, Werner L, et al. Two opacification patterns of the same hydrophilic acrylic polymer: case reports and clinicopathological correlation. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(5):879-886. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2006.01.076>.
- Kim SM, Choi S. Clinical efficacy and complications of intraocular lens exchange for opacified intraocular lenses. *Korean J Ophthalmol.* 2008;22(4):228-235. <https://doi.org/10.3341/kjo.2008.22.4.228>.
- Гамидов А.А., Сипливый В.И., Федорук Н.А., и др. Помутнения интраокулярных линз: рабочая классификация с обзором проблемы // Офтальмология. Восточная Европа. — 2018. — Т. 8. — № 4. — С. 575–585. [Gamidov A, Sipliviy V, Fedoruk N, et al. Intraocular lens opacification: a working classification and review of the problem. *Oftal'mologiya. Vostochnaya Evropa.* 2018;8(4):575-585. (In Russ.)]
- Аветисов С.Э., Гамидов А.А., Новиков И.А., и др. Химический микроанализ минеральных депозитов на поверхности эксплантированных интраокулярных линз из гидрофильного акрила // Вестник офтальмологии. — 2015. — Т. 131. — № 4. — С. 74–78. [Avetisov SE, Gamidov AA, Novikov IA, et al. Chemical microanalysis of mineral deposits on explanted hydrophilic acrylic intraocular lenses. *Russian Annals of ophthalmology.* 2015;131(4):74-78. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/oftalma2015131474-78>.
- Amar A, Soosan J. Complications in ocular surgery: a guide to managing the most common challenges. ISBN:co.tt. Trinidad and Tobago; 2012. P. 343.
- Труфанов С.В., Текеева Л.Ю., Саловарова Е.П., и др. Дистрофии роговицы // Вестник офтальмологии. — 2018. — Т. 134. — № 5. — С. 118–125. [Trufanov SV, Tekeyeva LYu, Salovarova EP, et al. Corneal dystrophies. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2018;134(5):118-125. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/oftalma2018134051118>.
- Труфанов С.В., Саловарова Е.П., Маложен С.А., Баг Р.З. Эндотелиальная дистрофия роговицы Фукса // Вестник офтальмологии. — 2017. — Т. 133. — № 6. — С. 106–112. [Trufanov SV, Salovarova EP, Malozhen SA, Bagh RZ. Fuchs endothelial corneal dystrophy. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2017;133(6):106-112. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/oftalma20171336106-112>.
- Werner L. Glistenings and surface light scattering in intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(8):1398-1420. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.06.003>.
- Dahle N, Werner L, Fry L, Mamalis N. Localized, central optic snowflake degeneration of a PMMA intraocular lens: clinical report with pathological correlation. *Arch Ophthalmol.* 2006;124(9):1350-1353. <https://doi.org/10.1001/archophth.124.9.1350>.

Сведения об авторах

Инна Александровна Рикс — канд. мед. наук, ассистент кафедры офтальмологии с клиникой. ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург. SPIN: 4297-6543. E-mail: riks0503@yandex.ru.

Сергей Юрьевич Астахов — д-р мед. наук, профессор, ведущий кафедрой офтальмологии с клиникой. ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург. SPIN: 7732-1150. E-mail: astakhov73@mail.ru.

Елена Михайловна Иванькова — канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник. ИВС РАН, Санкт-Петербург. E-mail: ivelen@mail.ru.

Ирина Эдуардовна Кузьмина — врач-офтальмолог клиники офтальмологии. ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрав России, Санкт-Петербург. E-mail: kuzmina.irina07@mail.ru.

Санасар Сурикович Папаян — канд. мед. наук, врач-офтальмолог клиники офтальмологии. ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург. SPIN: 9794-4692. E-mail: dr.papanyan@yandex.ru.

Рафик Бутаба — клинический ординатор кафедры офтальмологии с клиникой. ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: boutabarafik@yahoo.fr.

Мэгги Бежановна Эзугбая — аспирант кафедры офтальмологии с клиникой. ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: Maggie-92@mail.ru.

Евгений Леонидович Акопов — канд. мед. наук, доцент кафедры офтальмологии с клиникой. ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: elacop@mail.ru.

Information about the authors

Inna A. Riks — MD, PhD, Assistant, Ophthalmology Department. FSBEI HE I.P. Pavlov SPb SMU MOH Russia, Saint Petersburg, Russia. SPIN: 4297-6543. E-mail: riks0503@yandex.ru.

Sergey Yu. Astakhov — MD, PhD, DMedSc, Professor, Head of the Department, Ophthalmology Department. FSBEI HE I.P. Pavlov SPb SMU MOH Russia, Saint Petersburg, Russia. SPIN: 7732-1150. E-mail: astakhov73@mail.ru.

Elena M. Ivankova — PhD, Senior Researcher. Institute of Macromolecular Compounds Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia. E-mail: ivelen@mail.ru.

Irina E. Kuzmina — MD, Ophthalmologist, Ophthalmology Department. FSBEI HE I.P. Pavlov SPb SMU MOH Russia, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Kuzmina.irina07@mail.ru.

Sanasar S. Papanyan — MD, PhD, Ophthalmologist, Ophthalmology Department. FSBEI HE I.P. Pavlov SPb SMU MOH Russia, Saint Petersburg, Russia. SPIN: 9794-4692. E-mail: dr.papanyan@yandex.ru.

Rafik Boutaba — MD, Clinical Resident, Ophthalmology Department. FSBEI HE I.P. Pavlov SPb SMU MOH Russia, Saint Petersburg, Russia. E-mail: boutabarafik@yahoo.fr.

Maggie B. Ezugbaya — MD, Postgraduate Research student, Ophthalmology Department. FSBEI HE I.P. Pavlov SPb SMU MOH Russia, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Maggie-92@mail.ru.

Evgeni L. Akopov — MD, PhD, Assistant Professor, Ophthalmology Department. FSBEI HE I.P. Pavlov SPb SMU MOH Russia, Saint Petersburg, Russia. E-mail: elacop@mail.ru.