

Т.А. Морозова



Чебоксарский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова,  
Чебоксары, Российская Федерация

# Интраокулярные линзы с расширенной глубиной фокуса — новая технология коррекции пресбиопии: обзор

Целью данной статьи является анализ современного тренда в интраокулярной коррекции — имплантации линз с расширенной глубиной фокуса. В обзоре подробно разобраны вопросы определения EDOF (extended depth-of-focus) интраокулярных линз (ИОЛ), стандартных требований к ним, особенностей конструктивных решений, технологий и позиционирования ИОЛ производителями. Отдельно анализируется тема классификации ИОЛ с расширенной глубиной фокуса различными авторами и предлагается собственный вариант классификации. Дополнительно освещены вопросы показаний к имплантации и расчета EDOF ИОЛ — новой технологии коррекции артификаческой пресбиопии.

**Ключевые слова:** хирургия катаракты, интраокулярные линзы для коррекции пресбиопии, линзы с расширенной глубиной фокуса, классификация ИОЛ, монозрение

**Для цитирования:** Морозова Т.А. Интраокулярные линзы с расширенной глубиной фокуса — новая технология коррекции пресбиопии: обзор. *Вестник РАМН.* 2024;79(4):318–326. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn17915>

318

## Введение

На сегодняшний день интраокулярная коррекция решает целый ряд актуальных вопросов, среди которых не только восстановление зрительных функций (коррекция афакии), но и коррекция аномалий рефракции (гиперметропии, миопии, астигматизма), рефракционных ошибок, а также пресбиопия (восстановление зрения вдаль, близи и на промежуточных дистанциях).

Конструкции современных интраокулярных линз (ИОЛ) отличаются многообразием и представлены монофокальными (сферическими и асферическими), для коррекции пресбиопии (мультифокальными, аккомодирующимися, с расширенной глубиной фокуса), отдельно позиционируются торические, добавочные, факичные и фотоотверждаемые линзы, которые могут быть представлены как в группе монофокальных ИОЛ, так и линз для коррекции пресбиопии. Однозначно сохраняют свою актуальность конструкции искусственных хрусталиков для осложненной хирургии катаракты и телескопические линзы для пациентов с макулярной патологией.

Наиболее быстрые изменения за последнее время произошли в группе линз для коррекции пресбиопии за счет включения в данную группу линз с расширенной глубиной фокуса — EDOF (extended depth-of-focus) ИОЛ. Последние произвели существенную структурную перестройку, образовав подгруппу ИОЛ для частичной коррекции пресбиопии и значительно сократив количество имплантируемых в мире монофокальных ИОЛ вследствие существенного расширения показаний к применению. Если анализ глобального рынка ИОЛ в 2018 г. свидетельствовал о 70,4% имплантаций монофокальных ИОЛ, то в 2023 г. эти значения упали до 57,7% [1, 2]. Прогноз на рынке интраокулярной коррекции до 2028 г. свидетельствует о значительном росте количества имплантаций премиальных ИОЛ, в первую очередь линз с расширенной глубиной фокуса [1, 2].

Среди мультифокальных ИОЛ лидирующие позиции закрепили за собой только трифокальные дифракционные конструкции, обеспечивающие коррекцию зрения на трех ключевых дистанциях — вдаль, вблизи и на промежуточном расстоянии со значительным снижением

Т.А. Morozova

The Cheboksary Branch of Academician S.N. Fedorov MNTK “Eye Microsurgery”,  
Cheboksary, Russian Federation

## Extended Depth-of-Focus is a New Intraocular Lens Technology in the Treatment of Presbyopia: Review

The aim of this article is to analyse new trend in the cataract surgery, to clarify what a definition, positioning by manufacturer, standards of the extended depth-of-focus (EDOF) IOLs. In this review we classify the different types of the EDOF lenses based on there optical principle and discuss the recently specific calculation and indications for implantation of the extended depth-of-focus intraocular lenses.

**Keywords:** cataract surgery, IOLs for the treatment of presbyopia, extended depth-of-focus (EDOF) intraocular lens, classification of the IOLs, monovision

**For citation:** Morozova TA. Extended Depth-of-Focus is a New Intraocular Lens Technology in the Treatment of Presbyopia: Review. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2024;79(4):318–326. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn17915>

частоты использования дополнительной очковой коррекции в послеоперационном периоде. Эта возможность имеет обратную сторону, поскольку мультифокальная коррекция крайне чувствительна к расчетам оптической силы линз, выбору пациента (имеет ограниченный коридор показаний), а наиболее существенный недостаток — риск развития световых явлений и снижения контрастной чувствительности в послеоперационном периоде. Учитывая значения показателей независимости от дополнительной очковой коррекции — по данным различных источников литературы чаще всего в пределах 76,9–87,0% [3–5], и только в случае имплантации торических мультифокальных ИОЛ — до 100% [6], понятен интерес специалистов к новой группе линз с расширенной глубиной фокуса. Определение данной группы находится в самом названии. Но все ли так просто с новым трендом интраокулярной коррекции?

Первые публикации определили спектр задач нового тренда: в первую очередь обеспечение высокого зрения вдаль и на промежуточных дистанциях при значительном снижении риска фотических феноменов в сравнении с мультифокальными ИОЛ.

Характер фокусной зоны EDOF ИОЛ определил их промежуточное и/или связующее положение между моно- и мультифокальными искусственными хрусталиками, причем с первыми — через асферические конструкции, а со вторыми — через бифокальные ИОЛ с малыми добавками.

Однако с выходом все новых предлагаемых к применению в ежедневной хирургической практике моделей EDOF ИОЛ возник вопрос о стандартах позиционирования производителем данных конструкций.

### Стандарты позиционирования, технологии производства и определения интраокулярных линз с расширенной глубиной фокуса

На сегодняшний день все производители стремятся найти свой эксклюзивный подход к представлению данных продуктов, что вносит серьезную путаницу в анализ.

Не вызывает вопросов одна из ранних моделей линз MINI WELL (SiFi), заявленная как «истинная» EDOF-линза. Чуть позднее у основных мировых лидеров в производстве ИОЛ мы увидим отличающиеся подходы. Так, компания Johnson & Johnson позиционирует новый продукт TECNIS Eyhance как монофокальную ИОЛ. Компания Bausch & Lomb — производитель современной ИОЛ LuxSmart — описывает свою модель как премиальную ИОЛ с расширением фокуса в центральной зоне. Компания Alcon представила новую ИОЛ Clareon Vivity как линзу с расширенной глубиной фокуса на основе недифракционных волновых технологий. Первый в мире производитель ИОЛ компания Rayner определяет ИОЛ EMV как улучшенную монофокальную ИОЛ. Таким же образом поступил японский и мировой лидер на оптическом рынке компания Ноуа, подготовившая к выпуску ИОЛ Vivinex Impress. Монофокальной премиальной на основе асферической недифракционной полиномиальной технологии назвала свой новый продукт ISOPURE компания PhysiOL. Необычное сочетание в позиционировании предлагает компания Santen, закрепив за ИОЛ Хаст определение моно-EDOF. Компания, заложившая основы технологии расширенного фокуса в хирургии катаракты, — Teleon предлагает офтальмохирургам три продукта: «родоначальницу» группы линзу

Lentis Comfort, ее полный аналог в гидрофобном варианте ACUNEX Vario и асферическую ИОЛ для широкого использования LENTIS Quantum. Причем компания-производитель первоначально описала конструкцию LENTIS Comfort как рефракционную ротационно-асимметричную линзу с добавкой + 1,5 Д и представила ее специалистам как монофокальную Comfort, понимая возможности этой модели в частичной коррекции пресбиопии без осложнений, характерных для мультифокальных ИОЛ с добавками более 3 Д. Тем самым компания произвела серьезную революцию на рынке монофокальной и премиальной коррекции и одновременно существенно расширила рамки представления новых продуктов специалистам. На сегодняшний день в названии ИОЛ от производителя мы не найдем четких конструктивных характеристик продуктов.

Таким образом, на этапе позиционирования нет единого стандарта, позволяющего отнести ту или иную линзу к группе EDOF.

Также нет стандартной технологии для изготовления линз с расширенной глубиной фокуса. Производители указывают рефракционные оптические технологии, биоаналоговые технологии, недифракционные волновые технологии, полиномиальные технологии, мультифокальные оптические технологии на базе асимметричной и симметричной рефракционной, а также гибридной (рефракционно-дифракционной) оптики.

Существуют ли на сегодняшний день иные (дополнительные) подходы к описанию данной категории искусственных хрусталиков?

Обратимся к американскому национальному стандарту 2018 г. для линз с расширенной глубиной фокуса [7]. Здесь мы увидим четыре ключевых положения:

1) EDOF ИОЛ демонстрируют приоритетные значения (статистически значимые) остроты зрения для промежуточных дистанций с коррекцией для дали (монокулярно в фотопических условиях) в сравнении с монофокальными ИОЛ;

2) EDOF ИОЛ демонстрируют, как минимум, на 0,5 Д большую глубину фокуса в фотопических условиях в сторону миопии (монокулярно по остроте зрения 0,2 LogMAR = 0,63 по десятичной шкале);

3) медианные значения остроты зрения на промежуточной дистанции (66 см) с коррекцией для дали (монокулярно в фотопических условиях) после имплантации ИОЛ с расширенной глубиной фокуса должны быть не менее 0,2 LogMAR = 0,63 по десятичной шкале;

4) значения среднего показателя остроты зрения для дали с коррекцией (монокулярно в фотопических условиях) после имплантации линз с расширенной глубиной фокуса должны быть не менее 0,1 LogMAR = 0,8 по десятичной шкале.

Стандарты заданы, однако на сегодняшний день исследователи видят несколько проблем. Во-первых, нет достоверных исследований, сравнивающих группу EDOF ИОЛ с монофокальными линзами, чаще всего в клинических исследованиях и ежедневной практике проводится сравнительный анализ с мультифокальными хрусталиками. Во-вторых, чаще анализируются средние, а не медианные значения остроты зрения, на основании чего в опубликованных результатах трудно найти соответствие заданному стандарту. Со своей стороны отметим, что под стандарт ANSI для EDOF ИОЛ, как это ни покажется странным, подойдут все мультифокальные ИОЛ.

Существует более упрощенный подход к пониманию данной группы линз. Он представлен Американской

академией офтальмологии [8] и определяет расширение глубины фокуса как новую технологию коррекции пресбиопии, а EDOF ИОЛ — как линзы, имеющие один продленный фокус (в отличие от мультифокальных искусственных хрусталиков), который обеспечивает увеличение объема псевдоакомодации до 1,5 Д и прекрасное зрение на дальних и промежуточных дистанциях.

### Особенности конструкции и классификация линз с расширенной глубиной фокуса

Чаще всего в литературе расширение глубины фокуса объясняется схематическим построением сферической аберрации [9, 10] — одного из типов аберраций оптических систем высшего порядка, возникающего вследствие несовпадения фокусов для лучей света, проходящих на разных расстояниях от оптической оси [11]. Это приводит к нарушению гомоцентричности пучков лучей от точечного источника без нарушения симметрии строения этих пучков (в отличие от комы и астигматизма) [12].

Фокус паракиального светового пучка, проходящего через центральную зону системы, располагается в главной фокальной плоскости; фокусы пучков лучей, проходящих через другие кольцевые зоны, находятся ближе фокальной плоскости для собирающих (положительных) систем и дальше фокальной плоскости для рассеивающих (отрицательных) систем.

Обычные сферические ИОЛ редко бывают аберрационно-нейтральными. Вследствие чего производители ИОЛ стали предлагать к практическому использованию асферические ИОЛ, компенсирующие аберрации различного порядка (включая сферическую аберрацию и астигматизм) и обеспечивающие максимальное зрение за счет концентрации светового потока в одной точке. Чаще всего при производстве линз, компенсирующих сферическую аберрацию, учитываются и показатели асферичности роговицы.

Однако асферические линзы — более широкое понятие. Асферическими называют линзы, одна или обе поверхности которых не являются сферическими. Асферические поверхности, применяемые в оптике, можно разделить на две основные группы: поверхности вращения, имеющие ось симметрии (аксиально-симметричные); поверхности, обладающие двумя плоскостями симметрии или не имеющие симметрии. По профилю поверхности асферические линзы могут быть эллиптическими, параболическими, гиперболическими или более сложными.

И самое важное для нас: они могут не только компенсировать, но и индуцировать аберрации, в том числе сферические, тем самым искусственно увеличивая глубину фокуса.

Линзы на основе такой оптики в англоязычной литературе получили название «истинные» EDOF-линзы, среди которых первыми упоминаются Mini Well SIFI и Wichterle IOL-Continuous Focus WIOLCF Medicem. В этот же тип вошли и диафрагмальные линзы IC-8 Aphera™ AcuFocus, Xtrafocus IOL Morcher GmbH [9].

Получить расширение фокуса можно и другими способами, например взяв за основу мультифокальную оптику и уменьшив добавку, можно также получить один продленный фокус (за счет приближения двух фокусов друг к другу). В одной из первых классификаций линз с расширенной глубиной фокуса этот тип получил назва-

ние гибридных мультифокальных/EDOF-линз [9]. В нем авторы предлагали разделение на три подтипа:

1) гибридные дифракционные мультифокальные/EDOF-линзы (Tecnis Symphony Johnson & Johnson);

2) гибридные рефракционные мультифокальные/EDOF-линзы (Lentis Comfort Teleon, Acunex Vario Teleon, Lucidis Swiss Advanced Vision);

3) гибридные рефракционно-дифракционные мультифокальные/EDOF-линзы (Eden Swiss Advanced Vision, InF0-Instant Focus IOL Swiss Advanced Vision, Harmonis Swiss Advanced, Vision Tecnis Synergy: ZFR00 Johnson & Johnson).

Практически в это же время другая группа авторов предложила разделить линзы с расширенной глубиной фокуса на четыре типа:

1) диафрагмальные ИОЛ (IC-8 AcuFocus);

2) биоаналоговые ИОЛ (WIOL-CF Medicem);

3) дифракционные ИОЛ (Tecnis Symphony Johnson & Johnson, AT Lara 829MP Zeiss);

4) недифракционные ИОЛ (Mini WELL IOL SIFI) [13].

В 2023 г. J.L. Alio et al. в своем новом обзоре EDOF ИОЛ разделяют линзы на пять типов [10]:

1) «истинные» EDOF-линзы, основанные на сферических аберрациях (Mini Well SIFI, Wichterle IOL-Continuous Focus WIOLCF Medicem);

2) EDOF ИОЛ, основанные на принципе диафрагмальности (IC-8 AcuFocus, XtraFocus Morcher);

3) мультифокальные линзы с малыми добавками (Lentis Comfort Teleon, Acunex Vario Teleon, Zeiss AT Lara 829MP);

4) гибридные линзы мультифокальные/EDOF (FineVision Triumf PhysiOL, Tecnis Symphony Johnson & Johnson, Lusidis Swiss Advanced Vision, Eden Swiss Advanced Vision, Harmonis Swiss Advanced Vision, Synergy Johnson & Johnson);

5) линзы с модифицированным центральным оптическим профилем (EyHance Tecnis Johnson & Johnson, Synthesis PLUS Cutting Edgence, AcrySof IQ Vivity Alcon, LuxSmart Bausch & Lomb, RayOne EMV Rayner).

В 2023 г. Американская академия офтальмологии пишет о трех доступных типах EDOF-линз, тем самым представляя свой стандарт классификации линз с расширенной глубиной фокуса [8]:

1) малоапертурные линзы («истинные» EDOF) — IC-8 Aphera™ (AcuFocus) Xtrafocus IOL (Morcher GmbH, Germany);

2) ИОЛ с эффектом расширения фокуса — дифракционная мультифокальная EDOF IOL TECNIS Symphony и Synergy (Abbott Medical Optics/AMO, Inc. of Santa Ana, California, Now Johnson & Johnson Vision), а также AcrySof IQ и Clareon Vivity Alcon на основе волновых технологий. При этом отмечается, что последние исследования доказали соответствие линзы Vivity критериям ANSI для EDOF-линз;

3) улучшенные монофокальные ИОЛ. Отмечается, что линзы обладают измененной геометрией центральной оптической зоны, приводящей к изменению оптической силы от центра к периферии и увеличивающей глубину фокуса, — EyeHance ICBOO Tecnis Lens (Johnson & Johnson), Rayone EMV (Rayner Intraocular Lens Limited). При билатеральной эмметропии глубина фокуса (величина псевдоакомодации) достигает 1,25 Д.

Мы предлагаем свою классификацию линз с расширенной глубиной фокуса, которая, на наш взгляд, максимально объясняет не только конструктивные, но и эволюционные аспекты премиальных линз для частичной коррекции пресбиопии (табл. 1).

Таблица 1. Классификация интраокулярных линз с расширенной глубиной фокуса

Тип	ИОЛ (модель, производитель)	Материал, дизайн	Добавка, заявленная производителем	Диаметр оптической части, мм	Общий диаметр, мм
Линзы с внутренним расширением глубины фокуса	Асферические ИОЛ с гладким профилем передней поверхности: Mini WELL IOL SIFI Medtech	Гидрофильная с гидрофобной поверхностью, моноблочная		6,0	10,75
	Ray One EMV Rayner	Гидрофильная, моноблочная		6,0	12,5
	ISOPURE PhysIol	Гидрофильная, моноблочная		5,75–6,0	10,75–11,0
	Диафрагмальные ИОЛ: IC-8 AcuFocus	Гидрофильная, моноблочная		6,0	12,5
	XtraFocus Pinhole Implant Morcher	Гидрофильная, моноблочная		6,0	14,0
	Биоаналоговые ИОЛ: WIOI-CF	Гидрофильная, моноблочная		8,6–8,9	8,6–8,9
	Gradiol Smart Reper-Rayner	Гидрофобная, моноблочная		6,0	12,5
	Асферические ИОЛ с модифицированным профилем передней поверхности: Tecnis Eyhance ICB00 Johnson & Johnson	Гидрофобная, моноблочная		6,0	13,0
	AcrySof IQ Vivity Alcon	Гидрофобная, моноблочная		6,0	13,0
	LuxSmart Bausch & Lomb	Гидрофобная, моноблочная		6,0	11,0
Линзы с внешним расширением глубины фокуса (мультифокальные ИОЛ с малыми добавками)	Дифракционные ИОЛ: Tecnis Symphony ZXR00 Johnson & Johnson	Гидрофобная, моноблочная	+1,75Д	6,0	12,5
	AT LARA 829MP IOL Carl Zeiss Meditec	Гидрофильная с гидрофобной поверхностью, моноблочная	+0,95Д, +1,90Д	6,0	11,0
	Рефракционные ИОЛ: Lentis Comfort Teleon surgical	Гидрофильная, моноблочная	+1,5 Д	6,0	11,0
	Acunex Vario AN6V Teleon surgical	Гидрофобная, моноблочная	+1,5 Д	6,0	12,5
	Lucidis Swiss Advanced Vision SAV-IOL SA	Гидрофильная, моноблочная	+3,0 Д	6,0	10,8
	Рефракционно-дифракционные ИОЛ: EDEN, Swiss Advanced Vision SAV-IOL SA	Гидрофильная, моноблочная	+3,0 Д	6,0	10,8–12,4
	Harmonis, Swiss Advanced Vision SAV-IOL SA	Гидрофильная, моноблочная	+2,5–3,5 Д (с шагом 0,25 Д)	6,0	10,8–12,4
Tecnis Synergy ZFROO	Гидрофобная, моноблочная	+3,0 Д	6,0	13,0	

Примечание. ИОЛ — интраокулярные линзы.

В данной классификации мы предлагаем разделить линзы на два основных типа:

1) линзы с внутренним (истинным) расширением фокуса (в англоязычной литературе — «истинные» EDOF ИОЛ);

2) линзы с внешним расширением глубины фокуса (мультифокальные ИОЛ с малыми добавками).

Такое деление объясняет появление EDOF ИОЛ из двух противоположных направлений: из группы монофокальных ИОЛ, когда стали использоваться асферические конструкции, не только компенсирующие, но и индуцирующие аберрации высокого порядка, в том числе

сферические (положительные и отрицательные), также на фоне эволюционного развития группы мультифокальных ИОЛ в отдельную подгруппу выделились линзы с малыми добавками (до 3,0 Д), которые обеспечивали прекрасное зрение вдаль и на промежуточных дистанциях без побочных эффектов, характерных для классической мультифокальной оптики. Причем в новой группе сразу на лидирующие позиции вышли рефракционные конструкции, в максимальной степени снижающие потерю светового потока и риск развития световых явлений в послеоперационном периоде. На наш взгляд, этот тренд на использование рефракционной оптики станет приори-

тетным в группе линз с расширенной глубиной фокуса, что отчетливо демонстрируют последние разработки производителей.

У линз с внутренним (истинным) расширением глубины фокуса можно выделить четыре следующие подтипа.

1. Асферические ИОЛ с гладким профилем передней поверхности (Mini WELL IOL SIFI, Medtech, Ray One EMV Rayner, ISOPURE PhysIol). Рассмотрим два наиболее ярких представителя данного подтипа.

Mini WELL Ready (SIFI, Medtech) — асферическая ИОЛ, индуцирующая aberrации высокого порядка, моноблочная ИОЛ общим диаметром 10,75 мм. Линза обладает четырьмя гаптическими элементами в виде закрытых петель, имеет ангуляцию 5°, диаметр оптической части составляет 6 мм. Линза выполнена из кополимера, доступна в торической версии. Оптическая часть разделена на три зоны — наружную монофокальную, внутреннюю и среднюю асферические с обратным знаком асферичности для максимального увеличения глубины фокуса. Внутренняя зона диаметром 1,8 мм индуцирует положительную сферическую aberrацию, формируя промежуточный фокус; средняя зона ограничена диаметром 3 мм, индуцирует отрицательную сферическую aberrацию, формирует ближний фокус; наружная зона, ограниченная диаметром 6 мм, монофокальная сферическая, обеспечивает зрение вдаль. По мнению производителя, конструктивные особенности линзы гарантируют эквивалентность добавки + 3 Д, что коррелирует с очковой коррекцией в 2,4 Д.

ИОЛ Ray One EMV британского производителя Rayner создана на основе традиций тесного сотрудничества с хирургами-инноваторами. Компания совместно с Graham Barrett предлагает асферическую ИОЛ с гладкими оптическими поверхностями, индуцирующую положительную сферическую aberrацию в концепции моновидения (смешанного зрения), что легло в основу названия ИОЛ EMV: Monovision Enhanced [14]. Предполагается расширение объема псевдоаккомодации от минимум 1,0 до 2,25 Д при билатеральной асимметричной имплантации. Отметим, что при расчетах этого показателя для асферических ИОЛ, индуцирующих сферические aberrации, всегда учитывается асферичность роговицы в пределах  $+ 0,31 \pm 0,135$ . При расчете на билатеральную эмметропию объем псевдоаккомодации не превышает 1,25 Д.

2. Диафрагмальные ИОЛ (IC-8 AcuFocus, XtraFocus Pinhole Implant Morcher).

IC-8 (AcuFocus Inc.) — моноблочная ИОЛ, комбинирующая диафрагмальную оптику с обычной монофокальной конструкцией. ИОЛ выполнена из гидрофильного акрила. Общий диаметр линзы — 12,5 мм. Оптическая часть 6,00 мм разделена на зоны. Центральная диаметром 3,23 мм включает кольцевую непрозрачную черную маску из поливинилидендифторида и углеродных наночастиц, «отсекающую» парацентральные лучи и апертуру диаметром 1,36 мм, «пропускающую» парааксиальные лучи и формирующую дополнительную глубину фокуса. Производитель представляет линзу как зрочно-независимую. ИОЛ IC-8 разработана для имплантации в артрактивный глаз.

XtraFocus Pinhole Implant (Morcher) представляет собой непрозрачную черную диафрагму из гидрофильного акрила в виде ИОЛ сулькусной фиксации общим диаметром 14 мм. Центральная оптическая часть размером 1,30 мм определяет диоптрийность интраокулярной линзы и обеспечивает расширение глубины фокуса. Чтобы избежать недостатков полифакии (дисперсии пигмента радужки, контакта с заднекамерной ИОЛ), имплант имеет

ангуляцию 14°, выпукло-вогнутый дизайн оптики и очень тонкие гаптические элементы (250 мкм). Линза прозрачна для инфракрасных лучей больше 750 нм, что в случае необходимости обеспечит возможность проведения оптической когерентной томографии сетчатки.

Фиксированные по размеру апертуры диафрагмальных ИОЛ уменьшают остроту зрения и контрастную чувствительность в скотопических и мезопических условиях и могут приводить к трудности центрации [10, 15–17].

3. Биоаналоговые ИОЛ (WIOЛ-CF, Градиол). Wichterle Intraocular Lens-Continuous Focus (WIOLCF) Medisem относится к категории биоаналоговых линз. Она представлена полноразмерной линзой диаметром 8,6–8,9 мм без гаптических элементов из гидрогеля с содержанием воды 42%. Линза, по мнению производителей, имеет полифокальную оптику за счет сложной задней гиперболической поверхности (толщина линзы варьируется от 1,7 мм в центре до 0,8 мм на периферии), а также может изменять свою диоптрийность в ходе аккомодации [18]. Такая характеристика больше подойдет аккомодирующей ИОЛ. Однако на сегодняшний день производитель относит свой продукт к группе EDOF-линз и свидетельствует об изменении оптической силы линзы (плавном уменьшении) от центра к периферии.

Моноблочная градиентная ИОЛ Gradiol Smart компании Reper-Rayner является отечественной разработкой данного направления. Ранее мультифокальная ИОЛ Gradiol на платформе градиентной оптики демонстрировала хорошие функциональные результаты остроты зрения на различных дистанциях [19–22]. ИОЛ с расширенной глубиной фокуса Gradiol Smart выполнена из гидрофобного акрила (полиметилметакрилата), имеет два гаптических элемента в виде открытых петель, оптическая часть состоит из асферических элементов (внутреннего и наружного, без видимой границы между ними) с различным знаком асферичности. За счет малого диаметра внутреннего элемента линза приобретает второй механизм расширения фокуса и получения высокого качества зрения на различных расстояниях. Общий диаметр линзы составляет 12,5 мм, оптической части — 6 мм. Gradiol Smart является классической заднекамерной ИОЛ, имеет гладкие переднюю и заднюю оптические поверхности.

Конструкции биоаналоговых линз моделируют естественный хрусталик человека по целому ряду параметров, начиная от профиля асферических поверхностей и заканчивая градиентным изменением индекса рефракции линзы.

4. Асферические ИОЛ с модифицированным профилем передней поверхности (Tecnis Eyhance ICB00 Johnson & Johnson, AcrySof IQ Vivuity Alcon, LuxSmart Bausch & Lomb).

ИОЛ Tecnis Eyhance ICB00 компании Johnson & Johnson имеет плавно изменяющийся профиль передней поверхности без выраженных демаркационных линий с незначительным центральным подъемом, формирующим негативную сферическую aberrацию и расширение глубины фокуса для зрения на промежуточных дистанциях [23, 24]. Линза является зрочно-зависимой, представлена моноблочной конструкцией из гидрофобного акрила.

ИОЛ компании Alcon AcrySof IQ Vivuity первое время вызывала очень много вопросов у специалистов вследствие необычного позиционирования производителем как недифракционная линза на основе волновых технологий [25, 26]. В оптической части линзы зона 2,2 мм имеет плоский центральный элемент радиусом до 1,0 мм, переходящий в следующий кольцевой элемент до 2,2 мм

с плавным изменением (подъемом) профиля, обеспечивающим индукцию сферической аберрации и расширение глубины фокусной зоны. Индекс рефракции гидрофобного кополимера метакрилата составляет 1,55. Диаметр оптики — 6,0 мм, общий диаметр линзы — 13,0 мм. ИОЛ представлена в классическом дизайне с двумя гаптическими элементами в виде разомкнутых петель.

EDOF-линза LuxSmart от компании Vausch & Lomb — недифракционная асферическая конструкция. Выполнена из гидрофобного акрила, диаметр оптической части — 6,0 мм, общий диаметр — 11,0 мм. ИОЛ имеет четыре гаптических элемента в виде закрытых петель. Производитель заявляет об использовании «истинной» рефракционной технологии, формирующей центральную зону с расширением глубины фокуса и периферию, представленную монофокальной аберрационно-нейтральной зоной. Для максимального расширения фокуса технология комбинирует асферические элементы 4 (Z4) и 6 (Z6) порядка с противоположным знаком [27].

В свою очередь, среди линз с внешним расширением глубины фокуса можно выделить три следующих подтипа.

1. Дифракционные ИОЛ (Tecnis Symphony Johnson & Johnson, AT LARA 829MP IOL Carl Zeiss Meditec).

Наиболее известный представитель данного подтипа ИОЛ Tecnis Symphony компании Johnson & Johnson — один из ранних продуктов линз с расширенной глубиной фокуса. По результатам имплантации данной модели линзы проведено достаточно большое количество исследований. ИОЛ выполнена из гидрофобного акрила, имеет общий диаметр 13,0 мм, размер оптической части — 6,0 мм, высокий рефракционный индекс — 1,47. Передняя поверхность линзы асферическая — 0,27  $\mu\text{m}$ , не индуцирует сферическую аберрацию, задняя поверхность имеет дифракционный паттерн с ахроматическим эшелетт-дизайном и добавкой 1,75 Д [10, 28].

Продукт компании Carl Zeiss Meditec — ИОЛ AT LARA — также выполнен на дифракционной платформе. Необычность ИОЛ — в использовании двух добавок + 0,95 Д и + 1,9 Д для максимального приближения фокусов. Это единственное решение в линейке EDOF ИОЛ. Линза произведена из гидрофильного материала (содержание воды — 25%) с гидрофобными свойствами поверхности, диаметр оптической части — 6,0 мм, общий диаметр — 11,0 мм. ИОЛ является зрачково-зависимой [29].

2. Рефракционные ИОЛ (Lentis Comfort Teleon, Acunex Vario AN6V, Lucidis).

EDOF ИОЛ Lentis Comfort компании Teleon построена на ротационно-асимметричной мультифокальной конструкции с добавкой 1,5 Д. Это гидрофильная акриловая ИОЛ с плоскостной гаптикой. Комбинация асферической зоны для зрения вдаль с асимметричным сектором, обеспечивающим добавку 1,5 Д к общей рефракционной силе линзы, позволяет обеспечить качественное зрение на дальних и промежуточных дистанциях, а также зрачковую независимость при средних базовых параметрах зрачка [28, 30]. Данная конструкция не только заложила базис для формирования новой технологии частичной коррекции пресбиопии, но и показала возможности неординарного позиционирования ИОЛ производителем.

Линза Acunex Vario AN6V компании Teleon является полным гидрофобным аналогом EDOF ИОЛ Lentis Comfort с гаптическими элементами в виде двух открытых петель [31].

Очень интересны конструкции линз с расширенной глубиной фокуса швейцарской компании Swiss Advanced Vision, демонстрирующие максимально возможные по-

казатели малых добавок для решения вопроса частичной коррекции пресбиопии. EDOF-линза Lucidis — это рефракционная мультизональная ИОЛ с центральным асферическим элементом 1 мм (не индуцирующим сферическую аберрацию) для зрения на промежуточных и ближних дистанциях и наружной рефракционной сферической кольцевой зоной до 6 мм. Разница в оптической силе зон составляет 3,0 Д. Линза выполнена из гидрофильного акрила с 26%-м содержанием воды [32].

3. Рефракционно-дифракционные ИОЛ (EDEN Swiss Advanced Vision, Harmonis Swiss Advanced Vision, Tecnis Synergy ZFROO Johnson & Johnson).

Линза EDEN компании Swiss Advanced Vision — моноблочная EDOF-линза из гидрофильного акрила с центральной асферической зоной 1 мм (не индуцирующей сферическую аберрацию) для зрения на промежуточных и ближних дистанциях и наружной рефракционно-дифракционной зоной до 6 мм. Разница в оптической силе зон составляет 3,0 Д [33].

ИОЛ Harmonis является кастомизированным вариантом EDOF-линзы компании Swiss Advanced Vision с возможностью изменять добавку от 2,5 до 3,0 Д с шагом 0,25 Д [34].

Мы осознанно не выделяем отдельную группу гибридных линз мультифокальных/EDOF, в которую, по мнению наших зарубежных коллег, вошли линзы FineVision Triumf PhysIOL Tecnis Symphony Johnson & Johnson, Lusidis Swiss Advanced Vision, Eden Swiss Advanced Vision, Harmonis Swiss Advanced Vision, Synergy Johnson & Johnson. Для этого есть два весомых аргумента из классической оптики. Во-первых, практически все мультифокальные дифракционные линзы можно описать как гибридные, поскольку одна из оптических поверхностей у данных линз всегда рефракционная. Во-вторых, асферические зоны в представленных линзах не индуцируют сферические аберрации, они находятся в пределах параметров монофокальной асферической оптики (–0,11 или –0,27  $\mu\text{m}$ ), уменьшающей или компенсирующей сферические аберрации роговицы.

Требует пояснения несколько важных аспектов. Подтип асферических ИОЛ с модифицированным профилем передней поверхности занимает промежуточное положение между линзами с внутренним и внешним расширением фокуса. В литературе на сегодняшний день обсуждается вопрос об отсутствии полной информации от производителя о конструктивных особенностях современных ИОЛ [10]. Возможно, какие-то из линз с модифицированным профилем окажутся мультифокальными конструкциями с малыми добавками, поскольку внешне модификация оптической поверхности формирует рефракционную зонную линзу. Для более глубокого понимания вопроса нужна информация от производителя, которая позволит пересмотреть наши сегодняшние взгляды. Так произошло с линзой на основе волновых технологий, которую часто в русскоязычном варианте называют линзой, формирующей волновой фронт. С точки зрения оптики это линза, индуцирующая сферические аберрации за счет модификации профиля, и она не создает отдельный тип EDOF-линз.

Исследуя абберметрию линз с расширенной глубиной фокуса, мы приходим к выводу, что все они индуцируют сферические аберрации, отличающиеся порядком (Z4, Z6, Z8, Z10) и знаком. Несмотря на различное происхождение и различные конструктивные особенности оптики, эти линзы характеризуются специфической, во многом схожей фокусной зоной, что видно и по клиническим

результатам, и по графикам кривой дефокуса. Это, в свою очередь определяет главную функцию линз данной подгруппы — коррекцию зрения на двух дистанциях (чаще вдаль и на промежуточной дистанции) с минимальным риском осложнений.

Таким образом, как бы ни называли производители новые модели ИОЛ: линзы с расширенной глубиной фокуса, моно-EDOF, монофокал плюс, улучшенные монофокальные ИОЛ, монофокальные премиальные линзы, ИОЛ, индуцирующие аберрации высших порядков, — речь идет об одной подгруппе линз, частично корректирующих пресбиопию, — о линзах с расширенной глубиной фокуса.

### Показания к имплантации и особенности расчета линз с расширенной глубиной фокуса

Новые оптические решения диктуют и новые стандарты в расширении показаний к имплантации EDOF-линз.

Производители предлагают рассматривать показания к их имплантации равными показаниям к имплантации монофокальных ИОЛ и использовать данную технологию у пациентов с патологией сетчатки, глаукомой, после ранее перенесенных кераторефракционных операций. Без сомнения, расширение фокуса поможет обеспечить лучшую реабилитацию пациентов с катарактой. Однако требуется более взвешенный подход у пациентов с патологией сетчатки, при экстракции прозрачного хрусталика, в детской практике, особенно когда речь идет об имплантации линз на основе дифракционной оптики. Хорда  $m$ , равная половине центральной зоны дифракционной линзы до первого кольца решетки, может быть предиктором нежелательных световых явлений в послеоперационном периоде и резко снизить качество зрения. У пациентов с нарушением светочувствительности сетчатки дополнительная потеря светового потока за счет дифракционной оптики также может стать критической.

Эти вопросы требуют дальнейшего изучения. Пока опубликованных данных недостаточно [10, 35], чтобы сделать окончательные выводы относительно стандартных подходов к показаниям имплантации тех или иных типов линз у пациентов с различной сопутствующей патологией.

На сегодняшний день существуют также два стандарта в расчетах оптической силы EDOF ИОЛ: первый — классический расчет на билатеральную эмметропию, второй — коррекция моновидения (билатеральная асимметричная коррекция). Graham Barrett, ставший со-разработчиком ИОЛ с расширенной глубиной фокуса Ray One EMV британской компании Rayner, предлагает

рассчитанную на различный объем псевдоаккомодации величину разницы в оптической силе ИОЛ доминантного и недоминантного глаза (табл. 2) [14].

Моновидение — не новая методикой в очковой и контактной коррекции, рефракционной и катарактальной хирургии, которая основана на способности мозга подавлять нечеткое изображение одного глаза при высокой остроте зрения другого [36, 37]. В классическом варианте билатеральной асимметричной коррекции величина разницы составляет от 1,0–1,5 Д до 2,0–2,5 Д, ведущий (доминирующий) глаз корригируется для зрения вдаль, а неведущий — для зрения вблизи [36]. Метод моновидения предполагает уменьшение в разнице оптической силы линз или рефракционных показателей до 0,75–1,75 Д. В 2009 г. D.Z. Reinstein предложил в рефракционной хирургии методику Laser-blended vision [36, 38, 39] (миопия на недоминантном глазу, нелинейный асферический профиль абляции с отрицательной аберрацией и, как вариант, разнонаправленное изменение знака сферической аберрации). Метод не получил бурного развития из-за кратковременного эффекта.

К недостаткам моновидения следует отнести ухудшение стереоскопического зрения (в норме — 20 угл. с, при асимметричной коррекции — 87–124 угл. с) [36, 40] и непереносимость 15–25%, связанную с доминантной формой сенсорного подавления и побочным изображением в связи с формированием неполной функциональной скотомы торможения [36, 41]. Существует также и дополнительный ряд трудностей в определении доминантного глаза.

В одном из последних исследований методики билатеральной асимметричной коррекции афакии указывается, что наилучшие показатели зрения на различных расстояниях определяются при средней анизометропии  $-1,53 \pm 0,20$  дптр [42]. Пациенты с данной степенью анизометропии предъявляют наименьшее количество жалоб, испытывают наименьшую необходимость в дополнительной очковой коррекции и показывают самые высокие результаты по оценке качества зрительной жизни и субъективной удовлетворенности. Основываясь на данных проведенного исследования, авторы пришли к выводу, что оптимальной для полноценного зрения на всех расстояниях при двусторонней коррекции афакии монофокальными линзами следует считать степень анизометропии в промежутке от  $-1,0$  до  $-2,0$  дптр [42].

Следует вспомнить мнение Л.И. Балашевича, в полной мере отображающее эволюцию метода билатеральной асимметричной коррекции: «Метод моновидения является достаточно безопасным и адекватным для коррекции пресбиопии у пациентов, которые не предъявляют особо высоких требований к качеству зрения и работа которых не связана с профессиональной деятельностью

**Таблица 2.** Рассчитанная на различный объем псевдоаккомодации величина разницы в оптической силе интраокулярной линзы доминантного и недоминантного глаза

Целевая рефракция		Объем псевдоаккомодации (диапазон зрения)
Доминантный глаз	Недоминантный глаз	
0 D	0,00 D	1,25 D (~80 см — ∞)
0 D	-0,25 D	1,50 D (~66 см — ∞)
0 D	-0,50 D	1,75 D (~57 см — ∞)
0 D	-0,75 D	2,00 D (~50 см — ∞)
0 D	-1,00 D	2,25 D (~44 см — ∞)

на транспорте и интенсивной зрительной работой вблизи. По мере развития новых технологий интерес к нему может постепенно возобновляться» [36].

### Заключение

Таким образом, на основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы. Современная группа EDOF ИОЛ (extended depth of focus IOL) — ИОЛ с расширенной глубиной фокуса, относящиеся к группе премиальных линз для частичной коррекции пресбиопии.

Цель ИОЛ с расширенной глубиной фокуса — обеспечение высокого зрения на двух дистанциях (вдаль и на средних, реже — вблизи и на средних) при снижении уровня нежелательных фотопических феноменов в сравнении с мультифокальными ИОЛ. При этом острота зрения на промежуточной дистанции с коррекцией для дали (монокулярно в фотопических условиях) должна быть не менее 0,63 по десятичной шкале (0,2 LogMAR), корригированная острота зрения вдаль — не менее 0,8 по десятичной шкале (0,1 LogMAR).

В идеальной линзе с расширенной глубиной фокуса наблюдается равномерное распределение световой энергии в фокусной зоне. Глубина псевдоаккомодации по кривой дефокуса должна иметь значение не менее 1,5 Д по остроте зрения 0,63 по десятичной шкале (0,2 LogMAR).

Не существует стандартной технологии для производства EDOF ИОЛ. Производители используют самые различные оптические технологии, однако отмечается четкая тенденция к использованию рефракционных технологий.

Также отсутствует стандарт позиционирования производителей линз с расширенной глубиной фокуса. Позиционирование отличается максимальным разнообразием.

Не существует стандартного подхода к классификации оптики EDOF-линз.

Пересмотрен стандарт по показаниям к имплантации премиальных ИОЛ для частичной коррекции пресбиопии. Показания к имплантации EDOF ИОЛ значительно расширены.

Существуют два общепринятых стандарта по расчету EDOF ИОЛ: на билатеральную (бинокулярную) эмметропию и билатеральная асимметричная коррекция (моновидение) для расширения глубины псевдоаккомодации.

Заслуживает отдельного внимания вопрос стандартизации исследований и проведения сравнительного анализа результатов имплантации премиальных ИОЛ, в том числе с расширенной глубиной фокуса. Эту тему мы разберем в наших последующих публикациях.

Совершенно очевидно, что ИОЛ с расширенной глубиной фокуса являются современным, логичным с точки зрения эволюции и крайне своевременным трендом премиальной интраокулярной коррекции (пресбиопии), который совершенно точно найдет свое достойное место в хирургии катаракты.

### Дополнительная информация

**Источник финансирования.** Рукопись подготовлена и опубликована за счет финансирования по месту работы автора.

**Конфликт интересов.** Автор данной статьи подтвердил отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

### ЛИТЕРАТУРА

- Global Market Share by IOL Type. Source Marketscope 2018. Available from: <https://www.orthopticscpd.com/pages/omnifocality-the-holy-grail-for-cataract-surgery> (accessed: 13.02.2024).
- IOL market report global analysis for 2022 to 2028. Available from: <https://www.market-scope.com/pages/reports/379/2023-iol-market-report-global-analysis-for-2022-to-2028-april-2023#reports> (accessed: 13.02.2024).
- Морозова Т.А., Керимов Т.З. Современные подходы к анализу дисфотопсий, оценка субъективной удовлетворенности и очковой независимости на фоне мультифокальной интраокулярной коррекции. Обзор // *Вестник РАМН.* — 2017. — Т. 72. — № 5. — С. 355–364. [Morozova TA, Kerimov TZ. Modern Approaches to Dysphotopsia Analysis, Assessment of Patient Satisfaction and Spectacle Independence after Multifocal Intraocular Correction: Review. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2017;72(5):355–364. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.15690/vramn883>
- Kim JS, Jung JW, Lee JM, et al. Clinical Outcomes Following Implantation of Diffractive Multifocal Intraocular Lenses with Varying Add Powers. *Am J Ophthalmol.* 2015;160(4):702–709.e1. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.07.021>
- Maurino V, Allan BD, Rubin GS, et al. Quality of vision after bilateral multifocal intraocular lens implantation: a randomized trial — AT LISA 809M versus AcrySof ReSTOR SN6AD1. *Ophthalmology.* 2015;122(4):700–710. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.10.002>
- Marques EF, Ferreira TB, Simões P. Visual Performance and Rotational Stability of a Multifocal Toric Intraocular Lens. *J Refract Surg.* 2016;32(7):444–450. doi: <https://doi.org/10.3928/1081597X-20160502-01>
- ANSI Z80.35-2018: *American National Standard for Ophthalmics: Extended Depth of Focus Intraocular Lenses.* American National Standards Institute Vision Council; 2018.
- McMahon JF. Extended Depth of Focus IOLs. Available from: [https://eyewiki.aao.org/Extended\\_Depth\\_of\\_Focus\\_IOLs](https://eyewiki.aao.org/Extended_Depth_of_Focus_IOLs) (accessed: 13.02.2024).
- Kanclerz P, Toto F, Grzybowski A, et al. Extended Depth-of-Field Intraocular Lenses: An Update. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2020;9(3): 194–202. doi: <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000296>
- Megiddo-Barnir E, Alió JL. Latest Development in Extended Depth-of-Focus Intraocular Lenses: An Update. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2023;12(1):58–79. doi: <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000590>
- Шебалин И.Ю., Иофис Е.А. *Фотокинотехника.* — М.: Советская энциклопедия, 1981. — 447 с. [Shebalin IYu, Iofis EA. *Fotokinetekhnika.* Moscow: Sovetskaya enciklopediya; 1981. 447 s. (In Russ.)]
- Волосов Д.С. *Фотографическая оптика.* — 2-е изд. — М.: Искусство, 1978. — С. 91–234. — Глава II «Оптические aberrации объективов». [Volosov DS. *Fotograficheskaya optika.* 2-e izd. Moscow: Iskusstvo, 1978. S. 91–234. Glava II “Opticheskije aberracii ob”ektivov”. (In Russ.)]
- Kohnen T, Suryakumar R. Extended depth-of-focus technology in intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2020;46(2):298–304. doi: <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000109>
- Rayner. RayOne EMV monovision enhanced. Available from: <https://rayner.com/en/iol/monofocal/rayone-emv> (accessed: 13.02.2024).
- IC-8 Lens. Discover the IC-8 Lens. Available from: <https://ic8lens.com/discover-the-ic-8-lens/> (accessed: 13.02.2024).

16. Hooshmand J, Allen P, Huynh T, et al. Small aperture IC-8 intraocular lens in cataract patients: achieving extended depth of focus through small aperture optics. *Eye (Lond)*. 2019;33(7):1096–1103. doi: <https://doi.org/10.1038/s41433-019-0363-9>
17. Agarwal P, Navon SE, Subudhi P, et al. Persistently poor vision in dim illumination after implantation of XtraFocus small-aperture IOL (Morcher). *BMJ Case Rep*. 2019;12(11):e232473. doi: <https://doi.org/10.1136/bcr-2019-232473>
18. Studeny P, Krizova D, Urminsky J. Clinical experience with the WIOL-CF accommodative bioanalogic intraocular lens: Czech national observational registry. *Eur J Ophthalmol*. 2016;26(3):230–235. doi: <https://doi.org/10.5301/ejo.5000653>
19. Malyugin B, Morozova T, Cherednik V. Fyodorov Clinic Innovation GRADIOL: Gradient Refractive Index Optics Multifocal Intraocular Lens. In: Alió JL, Pikkell J (eds). *Multifocal Intraocular Lenses: The Art and the Practice*. Springer; 2014. P. 223–234. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-09219-5>
20. Malyugin B, Morozova T, Cherednik V. Multifocal Intraocular Lenses: Fyodorov GRADIOL. In: Alió JL, Pikkell J (eds). *Multifocal Intraocular Lenses: The Art and the Practice*. 2nd ed. Springer; 2019. P. 279–307. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-21282-7>
21. Морозова Т.А., Покровский Д.Ф., Медведев И.Б., и др. Современные аспекты мультифокальной интраокулярной коррекции (обзор) // *Вестник РАМН*. — 2017. — Т. 72. — № 4. — С. 268–275. [Morozova TA, Pokrovskiy DF, Medvedev IB, et al. Modern Aspects of Multifocal Intraocular Correction: A Review. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2017;72(4):268–275. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.15690/vramn835>
22. Малугин Б.Э., Тахтаев Ю.В., Морозова Т.А., и др. Результаты мультицентровых исследований имплантации мультифокальной градиентной ИОЛ третьего поколения (Градиол-3) // *Офтальмохирургия*. — 2012. — № 2. Available from: <https://eyeexpress.ru/article/rezul-taty-mul-titsentrovyykh-issledovaniy-implantatsii-mul-tifokal-noy-gradientn>
23. The Ophthalmologist. Delivering Intermediate Vision: The New TECNIS Eyhance Monofocal IOL. Highlights from the Frankfurt January 2019 Advisory Board Meeting. Available from: <https://theophthalmologist.com/subspecialties/delivering-intermediate-vision-the-new-tecnis-eyhance-monofocal-iol> (accessed: 13.02.2024).
24. Alarcon A, Cánovas C, Koopman B, et al. Enhancing the intermediate vision of monofocal intraocular lenses using a higher order aspheric optic. *J Refract Surg*. 2020;36(8):520–527. doi: <https://doi.org/10.3928/1081597X-20200612-01>
25. Alcon. AcrySof IQ Vivivity® Extended Vision IOL product information. Available from: <https://www.myalcon.com/international/professional/cataract-surgery/iols/vivity/> (accessed: 13.02.2024).
26. Arrigo A, Gambaro G, Fasce F, et al. Extended depth-of-focus (EDOF) AcrySof® IQ Vivivity® intraocular lens implant: a real-life experience. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021;259(9):2717–2722. doi: <https://doi.org/10.1007/s00417-021-05245-6>
27. Schmid R, Borkenstein AF. Analysis of higher order aberrations in recently developed wavefront-shaped IOLs. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2022;260(2):609–620. doi: <https://doi.org/10.1007/s00417-021-05362-2>
28. Rampat R, Gatinel D. Multifocal and Extended Depth-of-Focus Intraocular Lenses in 2020. *Ophthalmology*. 2021;128(11):e164–e185. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.09.026>
29. ZEISS Medical Technology. AT LARA family: The next generation EDOF IOLs with wider range of focus. Available from: [https://asset-downloads.zeiss.com/catalogs/download/med/b4c6c885-5b6b-4ac1-b976-8adb239b01e2/AT-LARA-829MP-toric-929M-MP-Datasheet-en-OUS\\_32\\_022\\_0168II.indd.pdf](https://asset-downloads.zeiss.com/catalogs/download/med/b4c6c885-5b6b-4ac1-b976-8adb239b01e2/AT-LARA-829MP-toric-929M-MP-Datasheet-en-OUS_32_022_0168II.indd.pdf) (accessed: 13.02.2024).
30. De Wit DW, Diaz J, Moore TC, et al. Effect of position of near addition in an asymmetric refractive multifocal intraocular lens on quality of vision. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(5):945–955. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.07.045>
31. ACUNEX® Vario, glistening-free hydrophobic IOL with EDOF comfort optics. Available from: <https://www.teleon-surgical.com/en/international/products/acunex-iol/acunex-vario/> (accessed: 13.02.2024).
32. Swiss Advanced Vision. LUCIDIS. Available from: <https://sav-iol.com/product-lucidis/> (accessed: 13.02.2024).
33. Swiss Advanced Vision. Eden Swiss Made EDOF IOL Premium Hybrid Design. Available from: <https://sav-iol.com/product-eden/> (accessed: 13.02.2024).
34. Swiss Advanced Vision. HARMONIS. Available from: <https://sav-iol.com/product-harmonis/> (accessed: 13.02.2024).
35. Klabe K. Comfort Blended Vision and iStent Inject Implantation: A Combination Procedure with Excellent Outcomes. *Cataract & Refractive Surgery Today. Europe Edition*. 2018. November/December. P. 24–25.
36. Балашевич Л.И. *Хирургическая коррекция аномалий рефракции и аккомодации*. — СПб.: Человек, 2009. — С. 223–228. [Balashevich LI. *Hirurgicheskaya korrekciya anomalij refrakcii i akkomodacii*. Saint Petersburg: Chelovek Publ.; 2009. S. 223–228. (In Russ.)]
37. Schor C, Landsman L, Erickson P. Ocular dominance and the interocular suppression of blur in monovision. *Am J Optom Physiol Opt*. 1987;64(10):723–730. doi: <https://doi.org/10.1097/00006324-198710000-00002>
38. Reinstein DZ. Advantages of Laser-Blended Vision. CRST Global Europe Edition. January 2009. Available from: [https://crstodayeurope.com/articles/2009-jan/0109\\_06-php/?single=true#](https://crstodayeurope.com/articles/2009-jan/0109_06-php/?single=true#) (accessed: 13.02.2024).
39. Reinstein DZ, Archer T, Gobbe M. Outcomes of presbyopic micro-monovision LASIK for myopia, hyperopia and emmetropia. *Congress ESCRS, XXVI Abstracts*. Berlin; 2008. P. 132.
40. Jain S, Arora L, Azar DT. Success of monovision in presbyopes: review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol*. 1996;40(6):491–499. doi: [https://doi.org/10.1016/s0039-6257\(96\)82015-7](https://doi.org/10.1016/s0039-6257(96)82015-7)
41. Jain S, Ou R, Azar DT. Monovision outcomes in presbyopic individuals after refractive surgery. *Ophthalmology*. 2001;108(8):1430–1433. doi: [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00647-9](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00647-9)
42. Малугин Б.Э., Кокин С.А., Пожарицкая Е.М. Сравнительная оценка клинико-функциональных результатов и субъективной удовлетворенности у пациентов с различной степенью анизометропии // *Бюллетень СО РАМН*. — 2014. — Т. 34. — № 3. — С. 67–71. [Malyugin BE, Kokin SA, Pozharickaya EM. Sravnitel'naya ocenka kliniko-funkcional'nykh rezul'tatov i sub'ektivnoy udovletvorennosti u pacientov s razlichnoj stepen'yu anizometropii. *Byulleten' SO RAMN*. 2014;34(3):67–71. (In Russ.)]

326

#### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Морозова Татьяна Анатольевна**, к.м.н., офтальмохирург, научный сотрудник [*Tatiana A. Morozova*, MD, PhD, Ophthalmic Surgeon, Researcher]; **адрес:** 428028, Чебоксары, пр-т Тракторостроителей, д. 10 [address: 10 Traktorostroiteley av., 428028, Cheboksary, Russia]; **e-mail:** TatianaMorozovaMD@gmail.com, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3320-5366>