



**MODERN CATARACT SURGERY AND PROSPECTS FOR
THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES
IN THE CONTEXT OF GLOBAL STRATEGIES TO REDUCE
PREVENTABLE BLINDNESS**

Miralimov Mirvasit Mirshavkatovich

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for
Eye Microsurgery, Republic of Uzbekistan, Tashkent

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18844466>

ARTICLE INFO

Received: 22nd February 2026

Accepted: 27th February 2026

Online: 28th February 2026

KEYWORDS

Cataract, cataract surgery,
global health, artificial
intelligence, Cataract Surgical
Rate, Cataract Surgical
Coverage

ABSTRACT

Cataract remains the leading cause of reversible blindness worldwide: in 2020, approximately 17 million people were blind due to cataract, and more than 80 million had moderate or severe vision impairment. This paper presents an analytical review of the evolution of cataract surgery—from extracapsular extraction to microincisional and digitally assisted techniques—with an assessment of their impact on Cataract Surgical Rate (CSR), Cataract Surgical Coverage (CSC), and effective CSC. Contemporary approaches are associated with a posterior capsule rupture rate of 1–2% and achievement of refractive outcomes within ± 0.5 D of target in 70–80% of patients. The findings indicate that reduction of the global cataract burden depends on scalability, sustainable financing, and systematic monitoring of functional outcomes.

**СОВРЕМЕННАЯ ХИРУРГИЯ КАТАРАКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ
ГЛОБАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПРЕДОТВРАТИМОЙ
СЛЕПОТЫ**

Миралимов Мирвасит Миршавкатович

Республиканский специализированный научно-практический медицинский
центр микрохирургии глаза, Республика Узбекистан, г. Ташкент

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18844466>

ARTICLE INFO

Received: 22nd February 2026

Accepted: 27th February 2026

Online: 28th February 2026

KEYWORDS

Катаракта, хирургия
катаракты, глобальное
здравоохранение,
искусственный интеллект,
Cataract Surgical Rate,
Cataract Surgical Coverage.

ABSTRACT

Катаракта остаётся ведущей причиной обратимой слепоты: в 2020 году около 17 млн человек были слепыми вследствие катаракты, а более 80 млн имели умеренное или тяжёлое нарушение зрения. Представлен аналитический обзор эволюции хирургии катаракты — от экстракапсулярной экстракции до микроинвазивных и цифровых технологий — с оценкой их влияния на показатели Cataract Surgical Rate (CSR), Cataract Surgical Coverage (CSC)



и effective CSC. Современные методики обеспечивают частоту разрыва задней капсулы 1–2 % и достижение рефракционного результата в пределах $\pm 0,5 D$ у 70–80 % пациентов. Показано, что снижение глобального бремени определяется сочетанием масштабируемости, устойчивого финансирования и контроля функциональных исходов.

ВВЕДЕНИЕ. Катаракта остаётся одной из ведущих причин нарушения зрения и обратимой слепоты во всём мире. При адекватном хирургическом лечении возможность восстановления зрения исключительная, что отличает её от многих других офтальмологических патологий с необратимым повреждением зрительного анализатора. В глобальных стратегиях здравоохранения именно хирургическое устранение катаракты рассматривается как ключевое средство снижения уровня предотвратимой слепоты и улучшения качества жизни населения пожилого возраста [19, 34]. По оценкам мировых аналитических исследований, численность людей, страдающих нарушением зрения или слепотой вследствие катаракты, остаётся высокой и продолжает расти. В 2020 году около 17,0 млн человек были слепыми, а приблизительно 83,5 млн человек имели умеренное или тяжёлое нарушение зрения (MSVI) вследствие катаракты, что составило значительную долю всех случаев слепоты и нарушения зрения в мире [4, 22]. Эти данные демонстрируют устойчивую нагрузку на системы здравоохранения, несмотря на рост объёмов хирургической активности.

Глобальные тенденции указывают на рост абсолютного числа людей с катарактой: общее количество больных возросло с приблизительно 32,8 млн человек в 1990 г. до 82,2 млн в 2021 г., что отражает влияние демографического старения населения и увеличение продолжительности жизни [18]. При этом показатели, стандартизированные по возрасту, демонстрируют, что распространённость катаракты среди лиц старше 60 лет остаётся высокой, достигая 7 748,5 на 100 000 населения в 2021 г., с существенно более высокими показателями в регионах с низким и средним уровнем социально-демографического развития [10].

Цель исследования — провести аналитический обзор современной хирургии катаракты с оценкой влияния технологической эволюции (микроинвазивные методики, фемтосекундная ассистенция, премиальные ИОЛ, цифровая навигация и алгоритмы искусственного интеллекта) на показатели хирургической активности и качества помощи (CSR, CSC и effective CSC), а также определить системные барьеры и стратегические условия, при которых



внедрение инноваций способствует реальному снижению глобального бремени предотвратимой слепоты.

Согласно данным GBD, абсолютное число случаев нарушенного зрения вследствие катаракты увеличилось с примерно 32,8 млн в 1990 г. до 82,2 млн в 2021 г., при одновременном увеличении количества слепых до 17,0 млн в 2020 г. [18, 22]. Макроэкономические оценки показывают, что в 2023–2024 гг. ежегодно выполняется примерно 25–30 млн операций по катаракте в мире, что отражает масштабы вмешательств, необходимые для удовлетворения потребности в хирургии [5]. Однако даже при таких объемах операций остаётся высокий уровень «хирургического долга» — накопленной потребности в лечении, особенно в странах с низким доходом, где доступ к оперативному вмешательству ограничен, и многие пациенты остаются необслуженными.

На глобальном уровне нагрузка катаракты выражена неравномерно: в регионах с низкими и средними доходами доля случаев нарушения зрения вследствие катаракты существенно выше, чем в странах с высоким уровнем дохода. Это связано с ограниченной доступностью офтальмологической помощи, недостаточной инфраструктурой и

недостатком обученных хирургов. Кроме того, женщины чаще испытывают более выраженное снижение зрения вследствие катаракты по сравнению с мужчинами, что отражает сочетание биологических и социокультурных факторов [10].

Документы Всемирной организации здравоохранения подчёркивают критическую роль офтальмологической помощи, включая хирургическое лечение катаракты, в рамках интегрированной, ориентированной на людей модели здравоохранения. В резолюциях и Стратегии ВОЗ отмечается необходимость развития систем оказания офтальмологической помощи с приоритетом доступа, качества и результативности, поскольку именно своевременные хирургические вмешательства способны изменить траекторию развития зрительной инвалидности [2]. Для объективной оценки охвата и результативности программ хирургии катаракты используют ключевые стандартизированные показатели:

Таблица 1.

Глобальные индикаторы эффективности программ хирургии катаракты

Показатель	Содержание	Значение для оценки	Основные ограничения
<i>Cataract Surgical Rate (CSR)</i>	Количество операций по катаракте на 1 млн населения в год	Отражает интенсивность хирургической активности	Не учитывает исходы; зависит от доступности услуг



<i>Cataract Surgical Coverage (CSC)</i>	Доля пациентов с операбельной катарактой, которым выполнена операция	Оценка охвата потребности	Не отражает качество зрения после операции
<i>Effective CSC</i>	Доля пациентов, получивших операцию с удовлетворительным и зрительными исходами	Интегрированный показатель доступа и качества	Требует стандартизированной оценки зрительных результатов
<i>Prevalence of cataract</i>	Пропорция лиц с клинически значимой катарактой	Отражает масштаб проблемы	Определяется диагностическими критериями
<i>YLDs due to cataract</i>	Годы жизни с инвалидизирующим снижением зрения по причине катаракты	Социальное и экономическое бремя	Зависит от методов моделирования

Эти показатели позволяют не только сопоставлять эффективность программ между странами и регионами, но и выявлять внутренние диспропорции между объёмом выполненных операций и реальным улучшением зрительных функций населения. В частности, *effective CSC* становится ключевым индикатором, связывающим доступ к помощи со зрительными исходами, что важно для оценки качества хирургии в рамках международных стратегий и политики здравоохранения.

Расширение объёмов операций само по себе не гарантирует снижения бремени катаракты. Основной целью программ является достижение высоких зрительных исходов, снижение частоты осложнений и обеспечение реальной улучшенной функциональности зрения после хирургического вмешательства. Это требует системных мер, включая стандартизацию методов, контроль

послеоперационных результатов, обучение хирургов и мониторинг исходов в рамках национальных и международных программ. Высокие показатели *effective CSC* непосредственно связаны с такими стратегиями и являются отражением зрелости офтальмологической службы в конкретной стране или регионе.

Эволюция хирургии катаракты как фактор повышения эффективности офтальмологической помощи.

Развитие хирургии катаракты за последние пять десятилетий представляет собой последовательный переход от травматичных экстракционных методик к высокоточным малоинвазивным технологиям. Этот процесс сопровождался не только снижением частоты осложнений и ускорением реабилитации, но и изменением организационных



моделей оказания помощи, что напрямую отразилось на глобальных показателях хирургической активности (CSR) и охвата потребности (CSC) [19; 30; 31]. С исторической точки зрения можно выделить несколько этапов: широкое применение экстракапсулярной экстракции (1970–1980-е годы), внедрение факоэмульсификации (1990-е годы), развитие малых разрезов и микроинструментария (2000-е годы), а также использование лазерных и цифровых технологий (с 2010-х годов).

Экстракапсулярная экстракция катаракты (ECCE) предполагала удаление ядра хрусталика через разрез 8–12 мм с последующим наложением швов. Частота разрыва задней капсулы при традиционной технике в различных исследованиях варьировала в пределах 2–5 %, а выраженный индуцированный астигматизм мог достигать 2,0–3,0 диоптрий [19]. Модификацией метода стала manual small incision cataract surgery (SICS), получившая широкое распространение в странах с низким и средним уровнем дохода. При SICS размер разреза уменьшается до 5,5–7,0 мм, что позволяет снизить астигматизм и отказаться от швов при определённых условиях. Важным преимуществом SICS является относительная независимость от дорогостоящего оборудования и стабильного электроснабжения, что делает её технологией массовых программ по снижению слепоты. Сравнительные исследования показывают, что при адекватной подготовке хирурга зрительные

исходы SICS сопоставимы с факоэмульсификацией в контексте базовой монофокальной коррекции, при более низкой стоимости вмешательства [31]. Именно эта масштабируемость позволила ряду стран существенно увеличить CSR в условиях ограниченных ресурсов.

Внедрение факоэмульсификации стало ключевым этапом, изменившим стандарты хирургии катаракты. Метод основан на ультразвуковой фрагментации ядра с удалением его через разрез 2,2–3,0 мм. Это позволило существенно снизить хирургическую травму, уменьшить индуцированный астигматизм (обычно <1,0 D) и сократить сроки восстановления зрения до нескольких дней. По данным крупных регистров и обзоров, частота разрыва задней капсулы при выполнении факоэмульсификации в условиях опытной практики составляет около 1–2 %, а частота послеоперационного эндофтальмита — менее 0,1 % [17, 19]. Переход к факоэмульсификации сопровождался ростом амбулаторных вмешательств и увеличением пропускной способности хирургических центров. В странах с высоким уровнем дохода именно широкое внедрение факоэмульсификации стало одним из факторов достижения высоких показателей CSR и CSC [30, 31]. Однако метод требует дорогостоящей аппаратуры, расходных материалов и системной подготовки хирургов. Кривая обучения (learning curve) остаётся важным ограничением при масштабном внедрении технологии,



IF = 9.2

особенно в условиях дефицита кадров.

С начала 2000-х годов дальнейшее уменьшение разреза до 1,8–2,2 мм позволило говорить о микроразрезной хирургии катаракты. Основной целью этого этапа стало не только восстановление прозрачности оптической среды, но и повышение точности рефракционного результата. Снижение хирургической травмы привело к минимальному индуцированному астигматизму ($<0,5$ D в большинстве случаев), уменьшению воспалительной реакции и ускорению реабилитации до 1–3 дней. Это способствовало развитию амбулаторных моделей и снижению общей стоимости лечения за счёт сокращения периода нетрудоспособности пациента. На данном этапе важную роль сыграло совершенствование интраокулярных линз, включая торические и мультифокальные модели, что расширило функциональные возможности хирургии и повысило удовлетворённость пациентов.

Фемтосекундная лазерная технология была внедрена в клиническую практику в 2010-х годах. Лазер используется для формирования капсулорексиса, роговичных разрезов и предварительной фрагментации ядра. Теоретические преимущества включают более высокую воспроизводимость этапов операции и снижение ультразвуковой нагрузки на ткани. Однако метааналитические данные показывают, что частота серьёзных осложнений сопоставима с традиционной

факоэмульсификацией, а существенного клинического преимущества по зрительным исходам в большинстве случаев не выявлено [24]. Высокая стоимость оборудования и требования к инфраструктуре ограничивают распространение технологии преимущественно странами с высоким уровнем дохода. В контексте глобальных стратегий снижения предотвратимой слепоты фемтосекундная хирургия имеет скорее значение технологического развития, чем инструмента массового повышения CSR.

Рост глобального числа операций — до примерно 25–30 млн ежегодно — стал возможен благодаря переходу к малоинвазивным и стандартизированным методикам [21]. Технологическое совершенствование позволило:

- увеличить число операций, выполняемых одним хирургом в течение дня;
- сократить длительность госпитализации;
- снизить частоту тяжёлых осложнений;
- повысить долю пациентов с удовлетворительным послеоперационным зрением.

В то же время исследования эффективного охвата (effective CSC) показывают, что увеличение объёма хирургии без контроля качества не гарантирует устойчивого снижения бремени слепоты [30, 32]. Таким образом, технологическая эволюция должна рассматриваться в тесной связи с организационными механизмами мониторинга исходов.



Таблица 2.

Сравнительная
характеристика методов хирургии
катаракты

Параметр	ЕССЕ	SICS	Факоэмульсификация	Фемтосекундная ассистенция
Размер разреза	8–12 мм	5,5–7,0 мм	2,2–3,0 мм	1,8–2,2 мм
Средняя длительность операции	20–40 мин	15–25 мин	10–20 мин	15–25 мин
Разрыв задней капсулы	2–5 %	1–3 %	1–2 %	1–2 %
Индукированный астигматизм	2–3 D	1–2 D	<1 D	<1 D
Сроки реабилитации	2–4 недели	1–2 недели	несколько дней	несколько дней
Стоимость оборудования	Низкая	Низкая/умеренная	Высокая	Очень высокая
Масштабируемость в LMIC	Высокая	Очень высокая	Ограниченная	Низкая

Эволюция хирургии катаракты продемонстрировала, что технологические инновации способны существенно повысить безопасность и функциональные результаты лечения. Однако влияние технологий на глобальное бремя слепоты определяется не только их клинической эффективностью, но и масштабируемостью, экономической доступностью и способностью интегрироваться в систему здравоохранения. В условиях глобальных стратегий снижение предотвратимой слепоты достигается через баланс между высокотехнологичными решениями и массовыми, устойчивыми методами, такими как SICS, обеспечивающими

расширение охвата населения хирургической помощью.

Миниинвазивные и высокотехнологичные решения в современной хирургии катаракты. Современная хирургия катаракты характеризуется смещением фокуса от исключительно устранения помутневшего хрусталика к достижению прогнозируемого рефракционного результата и улучшению функционального качества зрения. Развитие микроинвазивных технологий, лазерной ассистенции, премиальных интраокулярных линз (ИОЛ) и цифровых алгоритмов расчёта оптической силы отражает переход к персонализированной модели



IF = 9.2

хирургического вмешательства. Вместе с тем влияние этих инноваций на глобальное снижение предотвратимой слепоты неоднородно и зависит от экономического и организационного контекста [19, 24, 30, 31].

Микроразрезная факоэмульсификация (разрез $\leq 2,2$ мм) позволила снизить индуцированный роговичный астигматизм до $< 0,5$ диоптрии в большинстве случаев и сократить выраженность послеоперационной воспалительной реакции. В крупных клинических сериях доля пациентов, достигающих послеоперационной некорригированной остроты зрения $\geq 0,8$, превышает 85–90 % при неосложнённом течении [17, 19]. Частота разрыва задней капсулы при выполнении операции в специализированных центрах составляет 1–2 %, а частота эндофтальмита — менее 0,05–0,1 % [17, 19]. Сроки функциональной реабилитации, как правило, ограничиваются несколькими днями, что позволяет выполнять вмешательство амбулаторно. С организационной точки зрения микроинвазивные методики увеличили пропускную способность хирургических подразделений. Сокращение времени операции (в среднем 10–15 минут при стандартной плотности ядра) и уменьшение необходимости в длительном стационарном наблюдении позволили увеличить количество операций в расчёте на одного хирурга, что косвенно способствовало росту CSR в странах с

развитой офтальмологической инфраструктурой [30, 31].

Фемтосекундная лазерная ассистенция применяется для выполнения капсулорексиса, фрагментации ядра и формирования разрезов. Лазерная технология обеспечивает высокую воспроизводимость диаметра и центрации капсулорексиса, что теоретически повышает стабильность позиционирования ИОЛ. Однако метааналитические данные свидетельствуют, что частота серьёзных интраоперационных осложнений при использовании фемтосекундной поддержки сопоставима с современной факоэмульсификацией (разрыв задней капсулы около 1–2 %) [24]. Существенного улучшения средних зрительных исходов в большинстве сравнительных исследований не выявлено. Стоимость лазерных платформ остаётся высокой, что ограничивает их распространение преимущественно частным сектором и клиниками в странах с высоким уровнем дохода. С точки зрения глобальных стратегий снижение бремени слепоты определяется прежде всего расширением базового хирургического охвата, тогда как фемтосекундная технология оказывает влияние главным образом на сегмент высокоточной и премиальной хирургии.

Развитие торических, мультифокальных и EDOF-линз существенно изменило ожидания пациентов от хирургии катаракты. Использование торических ИОЛ позволяет уменьшить остаточный



IF = 9.2

астигматизм и повысить долю пациентов, достигающих рефракционного результата в пределах $\pm 0,5 D$ от целевого значения. В современных сериях операций точность рефракционного прогноза в пределах $\pm 0,5 D$ достигается в 70–80 % случаев, а в пределах $\pm 1,0 D$ — более чем в 90 % случаев [17, 19]. Мультифокальные и EDOF-линзы обеспечивают расширение диапазона фокусировки, однако сопровождаются риском дисфотопических явлений (ореолы, глэр), которые отмечаются у 10–20 % пациентов; выраженная неудовлетворённость наблюдается у 3–5 % случаев. Эти факторы требуют тщательного отбора пациентов и информированного согласия. С экономической точки зрения внедрение премиальных ИОЛ увеличивает стоимость вмешательства на 30–100 % по сравнению со стандартной монофокальной коррекцией. В системах государственного финансирования их применение ограничено, тогда как в частных клиниках стран с высоким доходом доля премиального сегмента неуклонно растёт [31].

Интраоперационная оптическая когерентная томография позволяет визуализировать положение ИОЛ и состояние задней капсулы в реальном времени. Это особенно важно при сложных случаях, включая псевдоэкзофолиативный синдром, подвывих хрусталика или сочетанную патологию заднего сегмента.

Дополнительным направлением стала цифровая навигация и применение алгоритмов машинного обучения для расчёта оптической силы ИОЛ. Использование современных формул и алгоритмов ИИ позволяет снизить среднюю абсолютную ошибку (MAE) рефракционного прогноза до приблизительно 0,3–0,4 D, что улучшает предсказуемость результата, особенно при нестандартной биометрии глаза [20, 29].

Базовая фактоэмульсификация остаётся одной из наиболее экономически оправданных хирургических процедур в медицине с точки зрения затрат на единицу улучшенного качества жизни (QALY). В то же время фемтосекундная поддержка и премиальные ИОЛ увеличивают стоимость лечения без пропорционального снижения глобального бремени слепоты. В странах с низким и средним доходом приоритетом остаётся расширение охвата базовой хирургией (рост CSR и CSC), тогда как высокотехнологичные решения преимущественно влияют на индивидуальный функциональный результат, а не на population-level показатели предотвратимой слепоты [30, 32]. Инновационные технологии усиливают качество и персонализацию хирургии катаракты, но их вклад в достижение глобальных стратегических целей определяется масштабируемостью и экономической реализуемостью.



Рис. 1. Рост применения премиальных ИОЛ и фемтосекундной ассистенции в странах с высоким уровнем дохода

Как показано на рисунке 1, доля премиальных ИОЛ в странах с высоким уровнем дохода увеличилась с менее 10 % в начале 2010-х годов до 25–35 % к 2023 году, тогда как использование фемтосекундной ассистенции достигло 15–20 %, что отражает растущую сегментацию хирургии катаракты.

Барьеры внедрения инновационных технологий в условиях глобальных стратегий. Несмотря на стремительное развитие технологий хирургии катаракты, их внедрение на глобальном уровне остаётся крайне неравномерным. По данным международных оценок, разрыв между странами с высоким и низким уровнем дохода сохраняется как по показателю хирургической активности (CSR), так и по эффективному охвату (effective CSC) [30, 32]. В государствах с высоким доходом CSR может превышать 6000–8000 операций на 1 млн населения в

год, тогда как в ряде стран с низким доходом этот показатель остаётся ниже 1000 на 1 млн, что отражает сохраняющийся хирургический дефицит. В этих условиях внедрение высокотехнологичных решений сталкивается с комплексом взаимосвязанных барьеров.

Высокотехнологичные платформы (фемтосекундные лазеры, системы цифровой навигации, интраоперационная ОКТ) требуют значительных капитальных вложений. Стоимость лазерной платформы может составлять сотни тысяч долларов, при этом расходы на обслуживание, расходные материалы и обновление программного обеспечения формируют долгосрочную финансовую нагрузку. В странах с ограниченными ресурсами приоритетом остаётся расширение базового хирургического охвата, а не инвестиции в премиальный сегмент. Даже в государствах с высоким доходом увеличение стоимости вмешательства при использовании премиальных ИОЛ или лазерной ассистенции на 30–100 % не всегда



IF = 9.2

сопровождается сопоставимым приростом функциональных показателей на популяционном уровне. Дополнительной проблемой является устойчивость финансирования. Однократное приобретение оборудования без гарантированного сервисного сопровождения приводит к технологической деградации и снижению эффективности вложений.

По данным международных обзоров, плотность офтальмологов в странах с высоким доходом может превышать 60–80 специалистов на 1 млн населения, тогда как в отдельных странах Африки и Южной Азии она остаётся ниже 5–10 на 1 млн. Даже при наличии оборудования отсутствие подготовленных хирургов ограничивает масштабирование инновационных методик. Внедрение технологий требует не только хирургической подготовки, но и технической компетенции, включая владение биометрическими системами, цифровыми алгоритмами расчёта ИОЛ и управлением осложнениями в условиях микроразрезной хирургии. Кривая обучения в период перехода к новым технологиям может сопровождаться временным ростом осложнений, что особенно критично для систем с низким исходным уровнем ресурсов.

Высокотехнологичная хирургия невозможна без стабильного электроснабжения, современного операционного блока и сервисной поддержки. В ряде регионов перебои с электропитанием или отсутствие сертифицированных сервисных центров делают эксплуатацию

фемтосекундных платформ практически невозможной. Дополнительным барьером является цифровой разрыв. Алгоритмы искусственного интеллекта и системы навигации требуют интеграции с электронными медицинскими системами и национальными регистрами. В странах, где отсутствует стандартизированная цифровая инфраструктура, потенциал ИИ остаётся нереализованным.

Даже при формально высоком уровне технологического оснащения внутри страны сохраняется территориальная концентрация инновационных решений в крупных городах и частных центрах. В сельских регионах доступ к базовой хирургии может быть ограничен, не говоря о премиальных технологиях. Кроме географических различий, важную роль играют социально-экономические факторы. Женщины и лица с низким доходом в ряде стран реже получают хирургическую помощь, что влияет на показатель CSC и формирует устойчивое гендерное и социальное неравенство [30; 32]. В этом контексте внедрение дорогостоящих инноваций без расширения базового охвата может усиливать внутренние диспропорции.

В странах с высоким доходом основное внимание уделяется повышению рефракционной точности, удовлетворённости пациентов и расширению спектра функциональных возможностей (премиальные ИОЛ, цифровая навигация). В странах с низким и средним доходом приоритетом



остаётся ликвидация хирургического дефицита и рост CSR/CSC. Здесь масштабируемые и экономически устойчивые методы (включая SICS и стандартную факоэмульсификацию) оказывают значительно большее влияние на снижение бремени

слепоты, чем высокотехнологичные решения премиального сегмента.

Таблица 3.

Матрица «Иновация — Барьер — Потенциальное системное решение»

Иновация	Ключевой барьер	Системный риск	Потенциальное решение
<i>Фемтосекундная ассистенция</i>	Высокая стоимость оборудования и сервиса	Ограниченная масштабируемость	Централизация в референс-центрах, государственно-частные партнёрства
<i>Премиальные ИОЛ</i>	Высокая цена для пациента	Усиление социального неравенства	Модели софинансирования, страховые программы
<i>Интраоперационная ОКТ</i>	Инфраструктурные требования	Низкая доступность вне крупных центров	Регионализация высокотехнологичной помощи
<i>Цифровая навигация и ИИ</i>	Отсутствие цифровой инфраструктуры	Нереализованный потенциал точности	Интеграция с национальными регистрами и биометрическими базами
<i>Микроинвазивные технологии</i>	Дефицит обученных хирургов	Рост осложнений на этапе внедрения	Стандартизированные программы обучения и международное сотрудничество

Перспективы развития хирургии катаракты в контексте глобального здравоохранения. Рост численности населения старших возрастных групп предопределяет дальнейшее увеличение потребности в хирургии катаракты в ближайшие десятилетия. Прогностические модели глобального бремени показывают, что даже при сохранении

текущих темпов хирургической активности абсолютное число пациентов с клинически значимой катарактой будет расти [23, 26, 32]. В этих условиях стратегическая задача заключается не только в совершенствовании технологии вмешательства, но и в трансформации системы оказания офтальмологической помощи с



IF = 9.2

ориентацией на масштабируемость, качество и устойчивость.

Одним из наиболее реалистичных направлений развития является интеграция алгоритмов машинного обучения в расчёт оптической силы интраокулярных линз. Современные модели позволяют снижать среднюю абсолютную ошибку рефракционного прогноза до порядка 0,3–0,4 диоптрии, повышая долю пациентов, достигающих результата в пределах $\pm 0,5$ D от целевого значения [20, 29]. На уровне системы здравоохранения это имеет значение не только для индивидуального результата, но и для показателя effective CSC, поскольку функциональное качество зрения после операции становится критерием оценки эффективности программы в целом. Перспективным представляется создание национальных и международных регистров исходов хирургии катаракты с интеграцией алгоритмов ИИ для непрерывного аудита и улучшения практики. Без системного мониторинга даже технологически совершенная хирургия не гарантирует устойчивого снижения бремени зрительной инвалидности.

Автоматизация отдельных этапов вмешательства — формирование капсулорексиса, контроль ультразвуковой энергии, навигационная стабилизация положения ИОЛ — рассматривается как способ уменьшения вариабельности результатов. Однако на текущем этапе доказательная база в отношении роботизированной хирургии остаётся ограниченной, а её

экономическая целесообразность не определена. С позиции глобального здравоохранения приоритетом является не полная роботизация, а стандартизация и воспроизводимость ключевых этапов операции при сохранении экономической доступности. Технологии, не обладающие масштабируемостью, оказывают ограниченное влияние на population-level показатели слепоты.

Развитие телемедицинских решений способно изменить организацию хирургической помощи. Дистанционная предоперационная оценка, цифровая передача биометрических данных и удалённый аудит исходов позволяют расширить экспертную поддержку в регионах с кадровым дефицитом. Особое значение имеет телемониторинг послеоперационных результатов, что снижает потери пациентов для последующего наблюдения и улучшает контроль показателя effective CSC. В странах с ограниченными ресурсами такие решения могут повысить качество без сопоставимого роста капитальных затрат.

Переход к амбулаторной модели является одним из наиболее значимых организационных достижений современной офтальмологии. Сокращение времени пребывания пациента в стационаре, стандартизация потоков и оптимизация логистики позволяют увеличить число операций в расчёте на одного хирурга и тем самым влиять на показатель CSR. Для стран с низким и средним доходом создание региональных амбулаторных центров

при поддержке мобильных хирургических бригад может стать ключевым инструментом ликвидации хирургического долга. В данном контексте организационные инновации оказывают не меньший эффект, чем технологические.

Снижение глобального бремени слепоты в наибольшей степени зависит от внедрения экономически устойчивых технологий. Методики малых разрезов, стандартизированная факоэмульсификация, централизованные закупки

расходных материалов и программы международного обучения хирургов доказали свою способность повышать хирургический охват в странах Южной Азии и Африки. Разработка доступных биометрических систем, унифицированных протоколов расчёта ИОЛ и цифровых решений с минимальными инфраструктурными требованиями может стать следующим этапом технологической инклюзии. В противном случае инновации будут усиливать разрыв между high-income и low-middle-income странами.



Рис. 2. Стратегическая модель интеграции технологий

Только синергия этих контуров способна обеспечить реальное снижение числа лет жизни с нарушением зрения (YLDs) и

устойчивое сокращение предотвратимой слепоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Катаракта остаётся ведущей причиной обратимой слепоты: в 2020 году около 17 млн человек были слепыми



вследствие катаракты, а более 80 млн имели умеренное или тяжёлое нарушение зрения. Несмотря на выполнение 25–30 млн операций ежегодно, абсолютная потребность продолжает расти на фоне демографического старения. Технологическая эволюция хирургии катаракты обеспечила снижение частоты разрыва задней капсулы до 1–2 %, достижение рефракционной точности в пределах $\pm 0,5 D$ у 70–80 % пациентов и сокращение сроков реабилитации до нескольких дней. Однако рост доли премиальных ИОЛ (до 25–35 % в странах с высоким доходом) и использование фемтосекундной ассистенции (15–20 %) преимущественно улучшают индивидуальные функциональные результаты и практически не влияют

на глобальные показатели охвата в странах с низким доходом, где CSR может оставаться ниже 1000 операций на 1 млн населения. Анализ показал, что снижение глобального бремени катарактальной слепоты определяется не уровнем технологической сложности вмешательства, а сочетанием трёх факторов: достаточной хирургической активности, устойчивой инфраструктуры и контроля функциональных исходов через показатель effective CSC. Инновации демонстрируют наибольшую эффективность при интеграции в масштабируемые модели — амбулаторные центры, стандартизированные протоколы, национальные регистры исходов и программы подготовки кадров.

References:

1. Ахраров А. А., Янгиева Н. Р. & Туйчибаева Д. М. (2024). Современные аспекты хирургического лечения возрастной катаракты (обзор литературы). *Передовая офтальмология (Advanced Ophthalmology)*, 8(2), 141–147. <https://doi.org/10.57231/j.ao.2024.8.2.028>
2. Бабаева, Б. Р., Биландарли, Л. Ш., & Касимов, Э. М. (2024). Офтальмология и искусственный интеллект: реалии и перспективы (обзор литературы). *Azərbaycan Oftalmologiya Jurnalı*, (50), 76-86.
3. Бекмуродова, О. К. (2025). Влияние осложнений катаракты на экономику узбекистана. *Экономика и социум*, (10-2 (137)), 699-702.
4. Бикбов, М. М., & Исрафилова, Г. З. (2022). Эпидемиологические аспекты и оптимизация организации офтальмологической помощи лицам с катарактой. *Точка зрения. Восток–Запад*, (2), 20-26.
5. Бикбов, М. М., Исрафилова, Г. З., & Гильманшин, Т. Р. (2022). Хирургическое лечение возрастной катаракты: вехи и проблемы. *Обзор литературы. Офтальмология*, 19(1), 15-21.
6. Бикбов, М. М., Исрафилова, Г. З., Гильманшин, Т. Р., Зайнуллин, Р. М., & Якупова, Э. М. (2022). Катаракта как причина нарушения зрения: эпидемиология и организация хирургической помощи (по данным исследования "Ural Eye and Medical Study"). *Здоровье населения и среда обитания*, 30(1), 7-13.



7. Зигангареева, Г. Г., Королева, О. И., & Хусаинова, Д. К. (2024). Организационно-финансовые аспекты выбора интраокулярных линз при хирургии катаракты в условиях ценностно-ориентированной системы здравоохранения. Менеджер здравоохранения, (9), 52-59.
8. Инкарбеков, М. Ж., Кулмаганбетов, М., Байырханова, А. О., & Галия, Б. С. (2022). Оптимизация организации оказания офтальмологической помощи больным с катарактой: обзор. Вестник Казахского Национального медицинского университета, (4), 141-154.
9. Медведев, И. Б., & Покровский, Д. Ф. (2022). Разработка и оценка клинической эффективности технологии немедленной последовательной двусторонней хирургии катаракты. Саратовский научно-медицинский журнал, 18(2), 190-193.
10. Медведев, И. Б., Покровский, Д. Ф., & Безмельницына, Л. Ю. (2022). Сравнительная оценка клинико-экономической эффективности немедленной последовательной двусторонней хирургии катаракты и отсроченной последовательной двусторонней хирургии катаракты. Современные технологии в офтальмологии, 63.
11. Мусатаева, Х. Т., Мошкина, Л. В., & Шевердин, Н. Н. (2026). Искусственный интеллект в офтальмологии: обзор современных достижений и перспектив. Актуальные исследования, (6 (292)), 64-69.
12. Нероев, В. В., Зайцева, О. В., Петров, С. Ю., & Брагин, А. А. (2024). Применение искусственного интеллекта в офтальмологии: настоящее и будущее. Российский офтальмологический журнал, 17(2), 135-141.
13. Умарова, Ш. З., Усмонова, З., Норматова, Н. М., & Султанбаева, Н. М. У. (2025). Анализ динамики и структуры офтальмологической заболеваемости в Республике Узбекистан за 2015–2023 годы. Eurasian Journal of Medical and Natural Sciences, 5(7), 150-163.
14. Фомина, А. В., Пляскина, У. С., Бреусов, А. В., & Бирюков, В. В. (2024). Проблемы комплаентности пациентов и их решения при рекомендованном оперативном лечении катаракты и антиангиогенной терапии при сопутствующей возрастной макулярной дегенерации. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики, (2), 843-858.
15. Чупров, А. Д., & Лосицкий, А. О. (2024). Подходы в совершенствовании нормативной базы в отношении применения мультифокальных интраокулярных линз при хирургическом лечении катаракты. Менеджер здравоохранения, (10), 100-109.
16. Canatan AN. Restoring sight: exploring cataracts as the leading treatable cause of blindness: a narrative review. Turk Med Stud J 2024;11(1):1-8. <https://doi.org/10.4274/tmsj.galenos.2023.2023-7-2>
17. Chen, S. P., Woreta, F., & Chang, D. F. (2025). Cataracts: A Review. JAMA, 333(23), 2093–2103. <https://doi.org/10.1001/jama.2025.1597>
18. Chen, X., Xu, J., Chen, X., & Yao, K. (2021). Cataract: Advances in surgery and whether surgery remains the only treatment in future. Advances in ophthalmology practice and research, 1(1), 100008. <https://doi.org/10.1016/j.aopr.2021.100008>



19. Cicinelli, M. V., Buchan, J. C., Nicholson, M., Varadaraj, V., & Khanna, R. C. (2023). Cataracts. *Lancet* (London, England), 401(10374), 377–389. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)01839-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)01839-6)
20. Gutierrez, L., Lim, J. S., Foo, L. L., Ng, W. Y., Yip, M., Lim, G. Y. S., Wong, M. H. Y., Fong, A., Rosman, M., Mehta, J. S., Lin, H., Ting, D. S. J., & Ting, D. S. W. (2022). Application of artificial intelligence in cataract management: current and future directions. *Eye and vision* (London, England), 9(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40662-021-00273-z>
21. Hashemi, H., Fayaz, F., Hashemi, A., & Khabazkhoob, M. (2025). Global prevalence of cataract surgery. *Current opinion in ophthalmology*, 36(1), 10–17. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000001092>
22. Jiang, B., Wu, T., Liu, W., Liu, G., & Lu, P. (2023). Changing Trends in the Global Burden of Cataract Over the Past 30 Years: Retrospective Data Analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *JMIR public health and surveillance*, 9, e47349. <https://doi.org/10.2196/47349>
23. Jiang, X., Xu, B., Zhai, J., Huang, S., Cheng, H., Ma, L., & Zhao, Y. E. (2026). Global trends in cataract burden: a 30-year epidemiological analysis and prediction of 2050 from the Global Burden of Disease 2021 study. *The British journal of ophthalmology*, 110(2), 139–147. <https://doi.org/10.1136/bjo-2025-327776>
24. Kecik, M., & Schweitzer, C. (2023). Femtosecond laser-assisted cataract surgery: Update and perspectives. *Frontiers in medicine*, 10, 1131314. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1131314>
25. Kiyat, P., & Palamar, M. (2025). Analysis of sustainability strategies in cataract surgery and surgeon perspective in reducing carbon footprint. *International ophthalmology*, 45(1), 223. <https://doi.org/10.1007/s10792-025-03604-4>
26. Li, M., Jia, W., Song, J., Ma, J., Zhou, Y., Han, Y., Peng, M., Zhou, J., Chen, X., & Li, X. (2025). Global prevalence and years lived with disability (YLDs) of cataract in 204 countries and territories: findings from the Global Burden of Disease Study 2021. *Eye* (London, England), 39(9), 1737–1743. <https://doi.org/10.1038/s41433-025-03743-z>
27. Li, Y., Wang, H., Guan, Z., Guo, C., Guo, P., Du, Y., Yin, S., Chen, B., Jiang, J., Ma, Y., Jing, L., Huang, Y., Zheng, K., Ma, Q., Zhou, R., Chen, M., Congdon, N., Qiu, K., & Zhang, M. (2024). Persistence of severe global inequalities in the burden of blindness and vision loss from 1990 to 2019: findings from the Global Burden of Disease Study 2019. *The British journal of ophthalmology*, 108(2), 301–309. <https://doi.org/10.1136/bjo-2022-321801>
28. Lin, L., Liang, Y., Jiang, G., Gan, Q., Yang, T., Liao, P., & Liang, H. (2025). Global, regional, and national burden of cataract: A comprehensive analysis and projections from 1990 to 2021. *PloS one*, 20(6), e0326263. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326263>
29. Lindegger, D. J., Wawrzynski, J., & Saleh, G. M. (2022). Evolution and Applications of Artificial Intelligence to Cataract Surgery. *Ophthalmology science*, 2(3), 100164. <https://doi.org/10.1016/j.xops.2022.100164>
30. McCormick, I., Butcher, R., Evans, J. R., Mactaggart, I. Z., Limburg, H., Jolley, E., Sapkota, Y. D., Oye, J. E., Mishra, S. K., Bastawrous, A., Furtado, J. M., Joshi, A., Xiao, B., Ravilla, T. D., Bourne, R. R. A., Cieza, A., Keel, S., Burton, M. J., Ramke, J., & RAAB



- International Co-Author Group (2022). Effective cataract surgical coverage in adults aged 50 years and older: estimates from population-based surveys in 55 countries. *The Lancet. Global health*, 10(12), e1744–e1753. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(22\)00419-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00419-3)
31. Rossi, T., Romano, M. R., Iannetta, D., Romano, V., Gualdi, L., D'Agostino, I., & Ripandelli, G. (2021). Cataract surgery practice patterns worldwide: a survey. *BMJ open ophthalmology*, 6(1), e000464. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2020-000464>
32. Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study, & GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators (2024). Global estimates on the number of people blind or visually impaired by cataract: a meta-analysis from 2000 to 2020. *Eye (London, England)*, 38(11), 2156–2172. <https://doi.org/10.1038/s41433-024-02961-1>
33. Wang, L., Li, X., Men, X., Liu, X., & Luo, J. (2025). Research progress on antioxidants and protein aggregation inhibitors in cataract prevention and therapy (Review). *Molecular medicine reports*, 31(1), 22. <https://doi.org/10.3892/mmr.2024.13387>
34. World Health Organization. (2023, June 20). Blindness and visual impairment. Retrieved February 20, 2026, from <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
35. Zou, M., Chen, A., Liu, Z., Jin, L., Zheng, D., Congdon, N., & Jin, G. (2024). The burden, causes, and determinants of blindness and vision impairment in Asia: An analysis of the Global Burden of Disease Study. *Journal of global health*, 14, 04100. <https://doi.org/10.7189/jogh.14.04100>