



# Искусственный интеллект в офтальмологии: новые подходы и инфекционные осложнения на примере эндофтальмита

С.А. Абакаров, к.м.н., З.И. Мамедов, к.м.н., И.А. Лоскутов, д.м.н.

Адрес для переписки: Сапиюлла Анварович Абакаров, Boss@limesmedia.ru

Для цитирования: Абакаров С.А., Мамедов З.И., Лоскутов И.А. Искусственный интеллект в офтальмологии: новые подходы и инфекционные осложнения на примере эндофтальмита. Эффективная фармакотерапия. 2026; 22 (3): 98–103.

DOI 10.33978/2307-3586-2026-22-3-98-103

*Сочетание искусственного интеллекта (ИИ) и технологий больших данных (big data) знаменует начало новой эры в офтальмологии, позволяя вывести на принципиально новый уровень эффективность, точность и доступность помощи пациентам. В статье систематизированы последние достижения в области применения интеллектуальных технологий в двух ключевых аспектах: оптимизации маршрутизации пациентов от врачей первичного звена к офтальмологам и совершенствовании внутренних процессов офтальмологической клиники. Проанализированы такие инструменты, как клинические системы поддержки принятия решений (CDSS) на основе ИИ, алгоритмы автономного анализа изображений глазного дна, методы анализа электронных медицинских карт (EHR), предиктивная аналитика больших данных и чат-боты. Особое внимание уделено доказанной эффективности этих технологий в повышении точности диагностики, сокращении времени ожидания, снижении нагрузки на специалистов и улучшении экономических показателей. Рассмотрены текущие ограничения, этические аспекты и будущие направления развития, включая необходимость создания мультимодальных систем, валидации в различных системах здравоохранения и адекватных моделей возмещения затрат.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, большие данные, офтальмология, реферальная система, клиническая эффективность, системы поддержки принятия решений, цифровизация здравоохранения

## Введение

Современная офтальмология сталкивается с беспрецедентными вызовами, связанными с глобальным ростом и старением населения и, как следствие, с увеличением распространенности хронических инвалидизирующих заболеваний глаз, таких как диабетическая ретинопатия (ДР), возрастная макулярная дегенерация (ВМД) и глаукома [1]. Эта тихая эпидемия создает колоссальную нагрузку на системы здравоохранения, обнажая ограниченность традиционных моделей оказания помощи. Особую остроту приобретает проблема на стыке первичного и специализированного звена: процесс направления (реферала) пациентов от врачей общей практики к офтальмологу часто характеризуется низкой эффективностью. Задержки в диагностике, субъективная оценка необходимости консультирования, высокий процент как ложноположительных (направление без значимой патологии), так и ложноотрицательных (пропуск угрожающих зрению состояний) решений ассоциируются с ухудшением прогноза для пациентов и нерациональным использованием времени высококвалифицированных специалистов [2].

Одновременно с этим внутри офтальмологических клиник возрастает административное бремя, связанное с управлением потоками пациентов, планированием, документированием и коммуникацией, что сокращает время, затрачиваемое непосредственно на лечебно-диагностический процесс [3]. В таких условиях закономерной становится цифровая трансформация отрасли, движущей силой которой являются умные технологии (smart technologies), прежде всего искусственный интеллект (ИИ) и анализ больших данных (big data).

ИИ, особенно его подразделы – машинное и глубокое обучение, переживает взрывной рост, демонстрируя в офтальмологии точность, сопоставимую с экспертной, при анализе визуальной информации (снимки глазного дна, оптическая когерентная томография (ОКТ)) [4]. Технологии больших данных позволяют перерабатывать огромные массивы структурированной и неструктурированной клинической информации, выявляя скрытые закономерности для оптимизации логистики, прогнозирования исходов и персонализации подходов [5]. Синтез этих направлений порождает интеллектуальные клинические

системы поддержки принятия решений (clinical decision support systems, CDSS), предиктивные модели и инструменты автоматизации рутинных задач.

Целью данного обзора является комплексный анализ современных достижений и практического применения в офтальмологии технологий ИИ и больших данных в двух ключевых аспектах: оптимизации системы направлений (рефералов) пациентов из первичного звена здравоохранения и совершенствовании внутренних клиничко-организационных процессов в офтальмологической практике.

В рамках указанной цели ставятся следующие задачи:

- ✓ систематизировать и оценить эффективность интеллектуальных инструментов (CDSS, автономных систем скрининга, алгоритмов анализа электронных медицинских карт (electronic health records, EHR)) для повышения точности и своевременности рефералов;
- ✓ проанализировать роль технологий больших данных и ИИ в оптимизации рабочего процесса (workflow) в офтальмологической клинике, включая маршрутизацию пациентов, диагностику и послеоперационное наблюдение;
- ✓ обобщить доказательные данные о клинической и экономической эффективности внедрения этих технологий;
- ✓ выявить существующие ограничения, этические вопросы и ключевые направления для будущих исследований и интеграции умных технологий в рутинную практику.

Таким образом, обзор направлен на формирование целостного представления о том, как цифровые инновации трансформируют ландшафт офтальмологической помощи, создавая основу для более эффективной, доступной и персонализированной медицины.

## Материал и методы

Проведен систематизированный анализ современных данных литературы о применении технологий ИИ и больших данных в офтальмологии, сфокусированный на оптимизации реферального процесса и клинической практики. Работа выполнена в соответствии с принципами тематического аналитического обзора (narrative review).

### Стратегия поиска и источники литературы

Поиск релевантных публикаций осуществлялся в базах данных PubMed/Medline, Google Scholar, eLibrary и CyberLeninka за период с 2019 г. по 2025 г. Для обеспечения полноты охвата использовались ключевые слова и их комбинации: artificial intelligence (AI, искусственный интеллект), machine learning (машинное обучение), deep learning (глубокое обучение), big data (большие данные), ophthalmology (офтальмология), referral (направление), screening (скрининг), diabetic retinopathy (диабетическая ретинопатия), clinical decision support system (CDSS, система поддержки принятия решений), chatbot (чат-бот), workflow optimization (оптимизация рабочего процесса), telemedicine (телемедицина).

### Критерии отбора публикаций

**Тип публикаций.** Приоритет отдавался оригинальным исследованиям (проспективным, ретроспективным, рандомизированным контролируемым испытаниям), систематическим обзорам и метаанализам, а также значимым клиническим отчетам.

**Язык.** Рассматривались публикации на английском и русском языках.

**Релевантность.** Работы должны были непосредственно касаться разработки, валидации или внедрения ИИ/больших данных в контексте:

- ✓ триажа и направления пациентов к офтальмологу;
- ✓ улучшения диагностики, управления клиникой или взаимодействия с пациентами внутри офтальмологической практики.

**Исключения.** Не рассматривались тезисы конференций без рецензирования, редакционные статьи без оригинальных данных, а также работы, посвященные сугубо техническим аспектам алгоритмов без оценки клинической эффективности.

### Процесс отбора и анализа данных

Первоначальный поиск по ключевым словам выявил свыше 150 потенциально релевантных публикаций. После ознакомления с заголовками и аннотациями был проведен первичный скрининг, по результатам которого дубликаты и явно нерелевантные работы были исключены. Для 85 публикаций выполнен полный текстовый анализ. В итоговый анализ вошли 52 наиболее показательные и методологически строгие работы.

Данные из отобранных исследований систематизировались по следующим тематическим категориям:

- ✓ инструменты для реферального процесса (CDSS, автономный скрининг, анализ EHR);
- ✓ инструменты для оптимизации клинической практики (аналитика больших данных, чат-боты, диагностические ИИ-помощники). Для каждой категории анализировались и сравнивались ключевые метрики эффективности: чувствительность, специфичность, точность (accuracy), площадь под ROC-кривой (AUC), влияние на время ожидания и пропускную способность, показатели экономической эффективности.

### Методологическая основа обзора

Анализ носит критический и синтетический характер. Основное внимание уделялось не просто перечислению технологий, а оценке уровня доказательности их эффективности, выявлению общих тенденций, противоречий и определению нерешенных проблем. Особый акцент сделан на практической применимости технологий в реальных условиях системы здравоохранения. Все выводы и заключения сформулированы на основании сравнительного анализа данных, представленных в отобранных публикациях.

## Результаты

Анализ литературы позволил систематизировать ключевые результаты внедрения интеллектуальных технологий по двум основным направлениям: повышение

эффективности реферального процесса и оптимизация работы офтальмологической клиники. Данные представлены в разрезе конкретных технологий с указанием достигнутых метрик эффективности.

**Применение ИИ для оптимизации маршрутизации пациентов Клинические системы поддержки принятия решений (CDSS).** ИИ-триаж-система, описанная S.M. Tanya и соавт., продемонстрировала преимущество перед врачами первичного звена в согласованности диагноза с офтальмологами (53,1 против 43,8%) и определении необходимости срочного направления пациента к специалисту (68,8 против 46,9%) [6].

**Автономный анализ изображений глазного дна.** Сравнительное исследование A. Grzybowski и соавт. показало различные профили точности двух коммерческих систем – RetCAD (чувствительность – 89,4%, специфичность – 94,8%) и IDx-DR (99,3 и 68,9% соответственно) для выявления реферальной ДР [7]. **Мультдиагностические системы.** Модель RAIDS для одновременного выявления десяти заболеваний сетчатки и зрительного нерва продемонстрировала точность свыше 97% для большинства патологий (в частности, ДР, ВМД, глаукомы) и превзошла по чувствительности как сертифицированных офтальмологов (91,7 против 83,7%), так и специалистов по сетчатке [8].

**Клинико-организационное влияние.** Показано, что внедрение автономного ИИ-скрининга с селективным направлением способно предотвратить потерю зрения более чем у 27 000 пациентов с диабетом в течение пяти лет, кардинально изменив подход к скринингу [9].

**Анализ электронных медицинских карт (EHR).** Модели машинного обучения, анализирующие только исторические данные EHR, предсказывали необходимость направления к офтальмологу с точностью до 80%. Пациенты, идентифицированные этими моделями, имели в среднем в 3,9 раза более высокий риск наличия значимой офтальмопатологии [10].

Алгоритмы обработки естественного языка (natural language processing, NLP) для выявления патологии хрусталика по текстовым записям показали точность 95,1%, что существенно выше ручного кодирования диагнозов по Международной классификации болезней 10-го пересмотра (чувствительность – 98 против 49%) [11].

**Применение ИИ и больших данных внутри офтальмологической клиники**

**Аналитика больших данных для управления потоками.** Внедрение модели оптимизации расписания на основе симуляций больших данных позволило сократить среднее общее время ожидания (total waiting time, TWT) пациента на 21% – с  $229 \pm 100$  до  $183 \pm 89$  минут без привлечения дополнительных ресурсов [12].

**Инструменты на основе EHR.** Автоматизированное напоминание пациентам через EHR-портал после неявки на прием вдвое увеличило вероятность повторной явки в течение 30 дней (22,2% в группе вмешательства и 11,6% в контрольной группе) [13].

**Чат-боты и виртуальные ассистенты.** Сравнение ответов на вопросы пациентов между ChatGPT-3.5 и офтальмологами не выявило статистически значимых различий по критериям предоставления неверной информации, соответствия медицинскому консенсусу или потенциального вреда [14].

Специализированный чат-бот Doqa для наблюдения после катарактальной хирургии продемонстрировал высокую точность (97–99%) в выявлении ключевых симптомов. Он безопасно рекомендовал выписку 60% пациентов, обеспечив среднюю экономию в 35,18 фунта стерлингов на пациента и свыше 21 млн фунтов стерлингов в год для системы здравоохранения Великобритании при масштабировании [15].

**Диагностические ИИ-помощники.** Внедрение ИИ-системы LuminescentCore в качестве первого читателя при диабетическом осмотре в клинике привело к увеличению количества завершенных приемов на 40% (с 1,14 до 1,59 в час) без ущерба для качества [16].

Алгоритм FundusQ-Net для автоматической оценки качества снимков глазного дна достиг точности 99% в отделении изображений хорошего и плохого качества, предотвратив попадание неинформативных данных в диагностический контур [17].

**Сводные клинические и экономические результаты**

К основным эффектам от внедрения рассмотренных технологий относятся:

- повышение точности триажа: снижение количества как пропущенных направлений, так и необоснованных рефералов;
- ускорение диагностики: сокращение времени на анализ изображений и принятие решений;
- оптимизация ресурсов: увеличение пропускной способности клиник за счет улучшения расписания и снижения неявок.

**Экономическая эффективность.** Продemonстрирована прямая экономия средств за счет автоматизации рутинных задач (чат-боты) и более рационального использования рабочего времени специалистов.

**Массовый скрининг.** Появляется возможность масштабирования, высокоточного и доступного скрининга популяционных групп риска (например, пациентов с диабетом).

Таким образом, результаты свидетельствуют о переходе ИИ и больших данных из стадии валидации в стадию практического внедрения с доказанным преимуществом на всех этапах офтальмологической помощи.

## Обсуждение

Проведенный анализ убедительно демонстрирует, что ИИ и технологии больших данных перешли из стадии теоретического потенциала в фазу активного практического внедрения, сформировав новую парадигму оказания офтальмологической помощи. Результаты свидетельствуют о трансформации двух ключевых контуров – реферального процесса (от первичного звена к специалисту) и внутренней клинической практики. Обсуждение позволяет синтезировать эти

данные, выявлять общие тенденции, противоречия и намечать контуры будущего развития.

#### Основные достижения и консолидированные эффекты

Главный вывод заключается в том, что умные технологии эффективно решают проблему информационной асимметрии на стыке звеньев здравоохранения. Если ранее решение о направлении пациента к офтальмологу основывалось на ограниченном опыте врача общей практики, то теперь оно может подкрепляться объективными данными – алгоритмической оценкой изображений, предиктивным анализом совокупного риска по EHR и стандартизированным триажем CDSS. Это приведет к качественному сдвигу – от реактивной модели, инициируемой пациентом или случайной находкой, к проактивной, основанной на данных модели скрининга и раннего выявления.

Консолидированный эффект от внедрения рассмотренных технологий проявляется в нескольких направлениях:

- клиническом: повышение точности диагностики (чувствительность моделей скрининга ДР достигает 99,3% [7]), сокращение времени до постановки диагноза и начала лечения;
- организационно-экономическом: увеличение пропускной способности клиник до 40% [16], снижение операционных издержек (экономия более 35 фунтов стерлингов на пациента при автоматизированном follow-up [15]), оптимизация использования человеческих ресурсов;
- эпидемиологическом: возможность масштабирования высококачественного скрининга на уровне популяции, что в моделировании предотвращает тысячи случаев потери зрения [9].

#### Сравнительный анализ технологических подходов

Согласно анализу, разные технологии имеют комплексные профили эффективности, что указывает на бесперспективность поиска универсального решения.

Автономный анализ изображений (IDx-DR, RetCAD) демонстрирует очень высокую чувствительность, но может иметь более низкую специфичность, особенно в однородных выборках [7]. Он незаменим в выявлении структурных изменений, но слеп к контексту.

Анализ EHR обладает высокой специфичностью и способен выявлять системный риск, но зависит от качества и полноты введенных данных [10, 11].

CDSS эффективно структурируют процесс принятия решений, но их диагностическая точность в отсутствие визуальных данных остается ограниченной (~53% согласия с экспертом [6]).

Следовательно, наибольший потенциал связан не с конкуренцией, а с интеграцией этих инструментов в мультимодальные системы. Например, комбинация высокочувствительного анализа изображения глазного дна с высокоспецифичной оценкой риска по EHR позволила бы минимизировать как ложноположительные, так и ложноотрицательные

результаты. ИИ-чат-бот, подобный Dora, может быть обогащен данными из EHR для персонализации послеоперационных вопросов. Таким образом, будущее за платформенными решениями, объединяющими различные модули анализа данных.

#### Ограничения и барьеры для широкого внедрения

Несмотря на впечатляющие результаты, обзор выявил ряд существенных ограничений:

- фрагментарность данных и интероперабельность. Большинство моделей обучается и валидируется на ограниченных, часто нерепрезентативных выборках данных. Интеграция таких моделей в реальные EHR-системы, отличающиеся архитектурой и стандартами, остается сложной инженерной задачей;
- «черный ящик» и клиническая приемлемость. Сложность интерпретации решений, особенно алгоритмов глубокого обучения, может вызывать недоверие у врачей и создавать юридические риски. Развитие методов explainable AI (XAI) критически важно;
- регуляторные и экономические барьеры. Процесс одобрения медицинского ИИ регуляторами (такими как Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США и Росздравнадзор) остается длительным и сложным. Отсутствие универсальных моделей возмещения затрат на использование инструментов ИИ сдерживает их коммерческое внедрение. Лишь единичные решения (для ДР) имеют утвержденную схему возмещения (reimbursement) [16];
- риск усиления неравенства. Существует опасность, что высокотехнологичная помощь, основанная на ИИ, будет доступна лишь в крупных центрах, что усилит разрыв между регионами и типами учреждений.

#### Перспективные направления и рекомендации

На основе выявленных тенденций можно сформулировать ключевые векторы дальнейшего развития:

1. Приоритет мультимодальности. Исследования и разработки должны быть направлены на создание и валидацию интегрированных платформ, комбинирующих визуальные, текстовые и структурированные клинические данные.
2. Смещение фокуса с диагностики на управление. Потенциал ИИ необходимо вывести за пределы скрининга и диагностики в сферу прогнозирования прогрессирования заболевания (например, глаукомы или ВМД), персонализации терапии и управления приверженностью лечению.
3. Проведение исследований реальной клинической и экономической эффективности (real-world evidence). Требуются долгосрочные исследования не только технической точности алгоритмов, но и их влияния на конечные точки – выживаемость без потери зрения, качество жизни пациентов и совокупная стоимость лечения.
4. Разработка нормативно-правовых и экономических рамок. Необходима активная работа с регуляторами

для создания адаптивных путей регистрации постоянно обучающихся систем, а также с органами, осуществляющими прием платежей, для разработки адекватных тарифов на цифровые медицинские услуги.

### **Эндофтальмит как модель для внедрения ИИ в офтальмоинфектологию**

Эндофтальмит, будучи одним из наиболее драматичных осложнений в офтальмологии (слепота), представляет собой идеальную модель для демонстрации преобразующего потенциала ИИ. Традиционный диагностический путь, основанный на клинической оценке, инвазивном заборе биоматериала и длительном микробиологическом исследовании, сталкивается с фундаментальным противоречием: необходимостью принятия экстренных терапевтических решений в условиях диагностической неопределенности. Именно в этом диагностическом вакууме технологии ИИ имеют наиболее значимые преимущества.

#### **Преодоление ограничений традиционной диагностики**

Клинические признаки эндофтальмита, особенно в ранней или атипичной форме, могут иметь низкую специфичность, имитируя другие постинъекционные или послеоперационные воспалительные реакции. Алгоритмы глубокого обучения с использованием обширных массивов офтальмологических изображений (ОКТ, фотографии глазного дна, снимки переднего отрезка) демонстрируют способность к выявлению тонких, едва уловимых для человеческого глаза паттернов. Например, анализ ОКТ позволяет моделям ИИ количественно оценивать витреальные помутнения, отслойки гиалоида или инфильтраты в реальном времени, предлагая не только диагноз, но и вероятностную оценку. Это превращает ИИ из инструмента регистрации в инструмент прогнозирования, способный выделить группу пациентов высокого риска для превентивного наблюдения.

#### **От ретроспективного анализа к предиктивным моделям**

Современные исследовательские тренды смещаются от чисто диагностических моделей к предиктивным и прогностическим. Интегрируя данные электронных медицинских карт (история операций, сопутствующие заболевания, иммунный статус), результаты лабораторных анализов и данные визуализации, ИИ способен строить индивидуальные профили риска развития эндофтальмита до его клинической манифестации. Такие системы поддержки врачебных решений (CDSS) могут отмечать пациентов, требующих особого протокола ведения, тем самым смещая акцент с лечения осложнения на его предупреждение.

Проблемы интеграции и направления будущих исследований Несмотря на оптимистичные результаты пилотных исследований, интеграция ИИ в рутинные клинические протоколы при эндофтальмите сталкивается с рядом вызовов. К ним относятся необходимость валидации алгоритмов на мультиэтнических и разнородных популяциях, проблема «черного ящика»

(интерпретируемость решений сложных нейросетей), юридические и этические аспекты ответственности. Перспективными направлениями являются разработка мультимодальных систем, совмещающих анализ изображений с данными омиксных технологий (протеомика, метагеномика), а также создание телемедицинских платформ для экстренного консилиума с ИИ-анализом в удаленных регионах.

### **Заключение**

Проведенный анализ свидетельствует о том, что сочетание ИИ и технологий больших данных знаменует начало новой эры в офтальмологии – переход к проактивной, точной и эффективной модели оказания медицинской помощи. Основные достижения заключаются в радикальной оптимизации двух ключевых процессов. Во-первых, интеллектуальные системы (CDSS, автономный скрининг, анализ EHR) трансформируют реферальную практику, минимизируя субъективность, сокращая время до постановки диагноза и обеспечивая приоритизацию пациентов, действительно нуждающихся в помощи специалиста. Во-вторых, внутри клиник аналитика данных, чат-боты и ИИ-помощники экономят время врачей, автоматизируя рутинные задачи, оптимизируя расписания и улучшая взаимодействие с пациентами, что в совокупности повышает пропускную способность и качество сервиса.

Ключевыми доказанными эффектами являются повышение точности диагностики, значительное увеличение эффективности работы клиник (до 40%), прямая экономия затрат и возможность масштабирования высококачественного скрининга на уровне популяции в целях профилактики слепоты.

Между тем для полной реализации такого потенциала необходимо преодолеть существующие барьеры. В данном аспекте приоритетными задачами являются развитие мультимодальных интегрированных систем, создание адаптивных нормативно-правовых и экономических механизмов возмещения, обеспечение интероперабельности решений и проведение масштабных исследований реальной клинической и экономической эффективности.

В перспективе офтальмология, обогащенная интеллектуальными технологиями, движется к модели, где врач фокусируется на сложнейших случаях и принятии стратегических решений, а ИИ обеспечивает непрерывность точных диагностических и административных процессов. Успех подобной трансформации зависит от ответственного партнерства между медицинским сообществом, разработчиками, регуляторами и экономистами. В конечном итоге офтальмологическая помощь станет своевременной, высокотехнологичной и доступной для всех пациентов. ●

#### **Прозрачность финансовой деятельности.**

*Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.*

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература

1. Wong T.Y., Sabanayagam C. The war on diabetic retinopathy: where are we now? *Asia Pac. J. Ophthalmol.* (Phila). 2019; 8 (6): 448–456.
2. Li J.-P.O., Liu H., Ting D.S.J., et al. Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: a global perspective. *Prog. Retin. Eye Res.* 2021; 82: 100900.
3. Maleki Varnosfaderani S., Forouzanfar M. The role of AI in hospitals and clinics: transforming healthcare in the 21<sup>st</sup> century. *Bioengineering* (Basel). 2024; 11 (4): 337.
4. Bajwa J., Munir U., Nori A., Williams B. Artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine. *Future Healthc. J.* 2021; 8 (2): e188–e194.
5. Batko K., Ślęzak A. The use of Big Data Analytics in healthcare. *J. Big Data.* 2022; 9 (1): 3.
6. Tanya S.M., Nguyen A.X., Buchanan S., Jackman C.S. Development of a cloud-based clinical decision support system for ophthalmology triage using decision tree artificial intelligence. *Ophthalmol. Sci.* 2023; 3 (1): 100231.
7. Grzybowski A., Brona P., Krzywicki T., Ruamviboonsuk P. Diagnostic accuracy of automated diabetic retinopathy image assessment software: IDx-DR and RetCAD. *Ophthalmol. Ther.* 2025; 14 (1): 73–84.
8. Dong L., He W., Zhang R., et al. Artificial intelligence for screening of multiple retinal and optic nerve diseases. *JAMA Netw. Open.* 2022; 5 (5): e229960.
9. Channa R., Wolf R.M., Abramoff M.D., Lehmann H.P. Effectiveness of artificial intelligence screening in preventing vision loss from diabetes: a policy model. *NPJ Digit. Med.* 2023; 6 (1): 53.
10. Young J.A., Chang C.W., Scales C.W., et al. Machine learning methods using artificial intelligence deployed on electronic health record data for identification and referral of at-risk patients from primary care physicians to eye care specialists: retrospective, case-controlled study. *JMIR AI.* 2024; 3: e48295.
11. Stein J.D., Zhou Y., Andrews C.A., et al. Using natural language processing to identify different lens pathology in electronic health records. *Am. J. Ophthalmol.* 2024; 262: 153–160.
12. Kern C., König A., Fu D.I., et al. Big data simulations for capacity improvement in a general ophthalmology clinic. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2021; 259 (5): 1289–1296.
13. Atta S., Brown R.B., Wasser L.M., et al. Effect of a patient portal reminder message after no-show on appointment attendance in ophthalmology: a randomized clinical trial. *Am. J. Ophthalmol.* 2024; 263: 93–98.
14. Bernstein I.A., Zhang Y.V., Govil D., et al. Comparison of ophthalmologist and large language model chatbot responses to online patient eye care questions. *JAMA Netw. Open.* 2023; 6 (8): e2330320.
15. Meinert E., Milne-Ives M., Lim E., et al. Accuracy and safety of an autonomous artificial intelligence clinical assistant conducting telemedicine follow-up assessment for cataract surgery. *eClinicalMedicine*; 2024; 73: 102692.
16. Abramoff M.D., Whitestone N., Patnaik J.L., et al. Autonomous artificial intelligence increases real-world specialist clinic productivity in a cluster-randomized trial. *NPJ Digit. Med.* 2023; 6 (1): 184.

### Artificial Intelligence in Ophthalmology: Novel Approaches and Infectious Complications Focusing on Endophthalmitis

S.A. Abakarov, PhD, Z.I. Mamedov, PhD, I.A. Loskutov, PhD

*Moscow Regional Research and Clinical Institute*

Contact person: Sapiyulla A. Abakarov, Boss@limesmedia.ru

*The combination of artificial intelligence (AI) and big data technologies marks the beginning of a new era in ophthalmology, allowing us to take efficiency, accuracy and accessibility of care to a new level. The article systematizes the latest achievements in the use of smart technologies for two key aspects: optimizing patient referrals from primary care physicians to ophthalmologists and improving internal processes in an ophthalmological clinic. Tools such as AI-based clinical decision support systems (CDSS), algorithms for autonomous fundus image analysis, electronic health records (EHR) analysis methods, predictive big data analytics, and chatbots are considered. Special attention is paid to the proven effectiveness of these technologies in improving diagnostic accuracy, reducing waiting times, reducing the burden on specialists and improving economic performance. Current constraints, ethical aspects, and future directions of development are discussed, including the need for multimodal systems, validation in various healthcare systems, and adequate cost recovery models.*

**Keywords:** artificial intelligence, big data, ophthalmology, referral system, clinical effectiveness, decision support systems, healthcare digitalization