

УДК 614.2

DOI 10.24412/2312-2935-2023-4-887-914

## РАННИЙ ЦИФРОВОЙ СКРИНИНГ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).

*Я.А. Мартусевич<sup>1</sup>, О.С. Кобякова<sup>2</sup>, В.В. Люцко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Томск

<sup>2</sup>ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

Основной причиной инвалидизации пациентов с сахарным диабетом (СД) являются его микро- и макрососудистые осложнения. Диабетическая ретинопатия (ДР) - микрососудистое осложнение СД и одна из ведущих причин слепоты и слабовидения в мире среди лиц трудоспособного возраста.

**Целью** данного исследования явилось провести обзор отечественной и зарубежной литературы, отражающей значимость раннего цифрового скрининга при диабетической ретинопатии, а также опыт использования программ скрининга в мире и Российской Федерации.

**Материалы и методы:** использованы данные отечественной и зарубежной научной литературы. Методы исследования: монографический, аналитический. Поиск научных статей проведен в библиографических базах данных PubMed (Medline), в поисковой базе данных научных публикаций eLIBRARY и поисковой системе GOOGLE.

**Результаты.** Согласно данным литературы только 33-68% взрослых с установленным диагнозом «сахарный диабет» ежегодно проходят обследование сетчатки. К барьерам при проведении скрининга в надлежащий срок относятся низкая медицинская грамотность, т. е. пациенты не ассоциируют свое основное заболевание с риском развития слепоты, не понимая важности обследования глаз, экономические проблемы, отсутствие времени, транспорта, нежелание назначать последующие визиты, а также системные факторы организации медицинской помощи. Анализ изображений сетчатки при помощи ИИ может еще более упростить скрининг, снизив нагрузку на медицинский персонал. Нейронные сети являются высокоэффективными, позволяя компьютерным системам анализировать данные, существенно облегчая работу врача. Новый период в диагностике ДР с помощью систем ИИ начался в 2013 году. Опубликованные результаты первого предварительно зарегистрированного клинического испытания системы ИИ, проведенного Abramoff et al. в 2013 г., в итоге привели к тому, что Управление по контролю за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) разрешило продажу медицинского устройства, использующего ИИ для выявления ДР у взрослых, страдающих СД (IDx-DR) в кратчайшие сроки. Таким образом, в 2018 г. полностью автономная диагностическая система IDx-DR была первой одобренной автономной программой ИИ. В Российской Федерации есть все возможности для скрининга: выявление биологических маркеров поражений сетчатки, фоторегистрация глазного дна, в том числе с применением телемедицинских технологий, технологий искусственного интеллекта, проведение флуоресцентной ангиографии и оптической когерентной томографии, в т.ч. в ОКТ в ангиорежиме, однако в настоящее время не

разработана национальная программа скрининга ДР и отсутствует четкая системы организации.

**Заключение.** Обзор отечественных и зарубежных источников литературы, отражающих значимость раннего цифрового скрининга при ДР, а также опыт использования программ скрининга в мире и в Российской Федерации убедительно доказывает эффективность и целесообразность проведения ранней диагностики ДР и применения скрининга заболевания. Всемирная организация здравоохранения подчеркивает важность скрининга ДР

**Ключевые слова:** цифровой скрининг, искусственный интеллект, диабетическая ретинопатия, патология сетчатки.

## EARLY DIGITAL SCREENING FOR DIABETIC RETINOPATHY (LITERATURE REVIEW).

*I.A. Martusevich<sup>1</sup>, O.S. Kobyakova<sup>2</sup>, V.V. Liutsko<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Siberian State Medical University, Tomsk*

<sup>2</sup> *Russian Research Institute of Health, Moscow*

The main cause of disability in patients with diabetes mellitus (DM) is its micro- and macrovascular complications. Diabetic retinopathy (DR) is a microvascular complication of DM and one of the leading causes of blindness and low vision in the world among people of working age.

**The aim of this study** was to review the domestic and foreign literature reflecting the significance of early digital screening for diabetic retinopathy, as well as the experience of using screening programmes in the world and the Russian Federation.

**Materials and methods:** the data of domestic and foreign scientific literature were used. Research methods: monographic, analytical. Scientific articles were searched in bibliographic databases PubMed (Medline), in the search database of scientific publications eLIBRARY and GOOGLE search engine.

**Results.** According to the literature, only 33-68% of adults diagnosed with diabetes mellitus undergo annual retinal screening. Barriers to screening at the appropriate time include low health literacy, i.e. patients do not associate their underlying disease with the risk of developing blindness, not understanding the importance of eye examination, economic issues, lack of time, lack of transport, reluctance to schedule follow-up appointments, and systemic factors in the organisation of care. AI-assisted retinal image analysis can further simplify screening, reducing the burden on medical staff. Neural networks are highly efficient, allowing computer systems to analyse data, greatly facilitating the work of the clinician. A new period in the diagnosis of DR using AI systems began in 2013. The published results of the first pre-registered clinical trial of an AI system conducted by Abramoff et al in 2013 eventually led to the US Food and Drug Administration (FDA) authorising the marketing of a medical device that uses AI to detect DR in adults with DM (IDx-DR) as soon as possible. Thus, in 2018, the IDx-DR fully autonomous diagnostic system was the first approved autonomous AI programme. The Russian Federation has all the possibilities for screening: detection of biological markers of retinal lesions, photoregistration of the ocular fundus, including the use of telemedicine technologies, artificial intelligence technologies, fluorescence angiography and optical coherence tomography, including OCT in angioregime, but currently there is no national programme for DR screening and no clear system of organisation.

**Conclusion.** The review of domestic and foreign literature sources reflecting the significance of early digital screening in DR, as well as the experience of using screening programmes in the world and in the Russian Federation convincingly proves the effectiveness and expediency of early diagnosis of DR and the use of disease screening. The World Health Organisation stresses the importance of DR screening

**Keywords:** digital screening, artificial intelligence, diabetic retinopathy, retinal pathology.

**Введение.** Основной причиной инвалидизации пациентов с сахарным диабетом (СД) являются его микро- и макрососудистые осложнения. Диабетическая ретинопатия (ДР) - микрососудистое осложнение СД и одна из ведущих причин слепоты и слабовидения в мире среди лиц трудоспособного возраста. При отсутствии своевременного и адекватного лечения ДР неуклонно прогрессирует до терминальной стадии с неизбежной потерей зрения. По заключению всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ДР занимает 5-е место в мире среди причин слабовидения у пациентов и 4-е - среди причин слепоты [1].

По данным исследования глобального бремени болезней, причин слепоты, ухудшения зрения и тенденции за последние 30 лет (с 1990 по 2020 гг.), а также распространенности предотвратимой слепоты в мире установлено, что глобальная общая распространенность предотвратимых нарушений зрения и слепоты у взрослых не изменилась в период с 2010 по 2019 годы. Диабетическая ретинопатия (ДР) в мире продолжает входить в перечень основных глобальных причин слепоты у лиц в возрасте 50 лет и старше в 2020 году и составляет в среднем 0,86 миллионов случаев [2].

По результатам глобального метаанализа (в США, Европе, Австралии и Азии) было показано, что у каждого третьего больного СД (34,6%) ретинопатия диагностируется в любой из стадий, у каждого десятого (10.2%) в поздней стадии, угрожающей потерей зрения [3].

В Российской Федерации заболеваемость населения болезнями глаз в последние годы имеет тенденцию к увеличению, а частота встречаемости тяжелых случаев, инвалидности и слепоты в большинстве субъектов РФ превышает среднеевропейские показатели в 1,5-2 раза [4].

Первичная и повторно установленная инвалидность в России по причине ДР занимает четвертое ранговое место в структуре инвалидности по зрению. Однако установлено наличие «невьявленной» инвалидности по зрению вследствие ДР, частота которой превышает показатели установленной инвалидности в 4,3-12 раз [5].

Известно, что эффективность программ по предупреждению слепоты, связанной с ДР, напрямую зависит от своевременной диагностики и профилактики дальнейшего прогрессирования [6].

К способам решения проблемы слепоты и инвалидности вследствие ДР можно отнести раннюю диагностику и скрининг заболевания. Скрининг ДР является одной из эффективных мер для предотвращения нарушений зрения и слепоты, способствует раннему выявлению изменений в сетчатке и назначению терапии до того, как произойдут необратимые изменения органа зрения и наступит слепота. Целью систематического скрининга ДР является снижение риска нарушения зрения и слепоты среди бессимптомных пациентов с СД посредством раннего выявления и эффективного лечения [7].

Прямая офтальмоскопия и биомикроскопия сетчатки - наиболее широко применяемые методы диагностики патологии глазного дна, в том числе и ДР. Однако анализ данных литературы, посвященной оценке чувствительности и специфичности этих методов, не позволяет считать их наиболее эффективными для скрининга ДР. Оба метода субъективны и во многом зависят от компетентности, уровня подготовки исследователя. Участие высококвалифицированных специалистов, необходимое для адекватного проведения скрининга, не всегда возможно и требует дополнительных временных и материальных затрат. Более того, существенно страдает контроль качества исследования, так как о результатах осмотра глазного дна не остается никакой объективной информации. Эти особенности объясняют возросший интерес к фотографическим методам диагностики патологии глазного дна [8], в том числе в сочетании с информационными технологиями и цифровизацией в области здравоохранения, которые сегодня широко используются в различных областях клинической медицины [9, 10].

Автоматизированный анализ изображений сетчатки с использованием информационных технологий предлагает офтальмологам широкие, ранее недоступные возможности, которые можно адаптировать для своевременного выявления ДР. Программы автоматизированной обработки изображения сетчатки, особенно при проведении массовых скрининговых тестов, могут значительно сократить время, затрачиваемое врачами на анализ больших массивов изображений. Это очень важно с точки зрения экономии времени и бюджета здравоохранения [11].

Систематический скрининг ДР экономически эффективен для сохранения зрения по сравнению с отсутствием скрининга. Цифровая ретинальная фотография потенциально может обеспечить экономически эффективный и доступный скрининг для населения отдаленных территорий, где отсутствуют врачи-офтальмологи. Скрининг-тесты могут почти вдвое снизить риск слепоты и экономические потери, связанные со слепотой, по сравнению с

затратами на совершенствование методов выявления ДР. Существуют разногласия в отношении оптимальных интервалов скрининга, поэтому необходимы дальнейшие исследования для решения этого вопроса, возможностях целевого скрининга с учетом относительного риска и влияния различных интервалов скрининга на соблюдение пациентами приверженности в периодическом проведении скрининга [12].

Учитывая рост распространенности СД и старение населения, что создает серьезные трудности в диагностике ДР, различными группами исследователей было принято решение использовать автоматизированные алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ) для скрининга ДР на основе машинного глубокого обучения нейросети. В настоящее время для удешевления диагностики активно изучается возможность широкого применения методов автоматического выявления ДР с использованием математического анализа изображений сетчатки глаза с признаками ДР [13].

В связи с этим, целью данного исследования явилось провести обзор отечественной и зарубежной литературы, отражающей значимость раннего цифрового скрининга при диабетической ретинопатии, а также опыт использования программ скрининга в мире и Российской Федерации.

**Материалы и методы:** использованы данные отечественной и зарубежной научной литературы. Методы исследования: монографический, аналитический. Поиск научных статей проведен в библиографических базах данных PubMed (Medline), в поисковой базе данных научных публикаций eLIBRARY и поисковой системе GOOGLE.

**Результаты.** Скрининг – это определенный набор диагностических процедур, направленный на выявление заболеваний у клинически бессимптомных или имеющих минимальные клинические проявления лиц. Среди пациентов группы риска с установленным диагнозом СД диагностическая процедура скрининга проводится с целью выявления поражений сетчатки, требующих дополнительного обследования и лечения [14].

Скрининговое обследование, которое имеет принципиально важное значение для предотвращения прогрессирования ДР и утраты зрения должно включать исследование остроты зрения и обследование сетчатки, адекватное для классификации стадии ретинопатии. Сроки первичного и последующих регулярных осмотров офтальмологом при отсутствии диабетических изменений проводятся при СД 1 типа (взрослые) не позднее, чем через 5 лет от дебюта СД. В случае СД 2 типа – уже при постановке диагноза и далее не реже 1 раза в год. В случае выявления признаков ДР обследование следует проводить чаще, а при наличии

препролиферативной и пролиферативной ДР и любой стадии диабетического макулярного отека (ДМО), который является частой причиной значительного снижения зрения, необходимо срочно направить пациента в специализированные центры к офтальмологу, который согласно выявленной стадии (тяжести) ДР определит эффективные методы лечения и следующие сроки проведения полного офтальмологического обследования [15].

Согласно данным литературы только 33-68% взрослых с установленным диагнозом «сахарный диабет» ежегодно проходят обследование сетчатки. К барьерам при проведении скрининга в надлежащий срок относятся низкая медицинская грамотность, т. е. пациенты не ассоциируют свое основное заболевание с риском развития слепоты, не понимая важности обследования глаз, экономические проблемы, отсутствие времени, транспорта, нежелание назначать последующие визиты, а также системные факторы организации медицинской помощи [16].

Учитывая это, во многих странах мира были проведены различные экономические оценки моделей долгосрочной эффективности стратегий скрининга ДР, особенно с точки зрения лет жизни с поправкой на её качество. Одной из альтернатив оптимизации систематического процесса скрининга населения является скрининг пациентов с СД при помощи дистанционной интерпретации изображений глазного дна, которая показала свою эффективность. Цифровое фотографирование сетчатки населения групп риска проводится на этапе оказания первичной медицинской помощи, которое впоследствии оцениваются дистанционно, и только пациенты, идентифицированные как лица с высоким риском потери зрения, направляются на следующий этап оказания специализированной медицинской помощи [17]

Анализ изображений сетчатки при помощи ИИ может еще более упростить скрининг, снизив нагрузку на медицинский персонал. Нейронные сети являются высокоэффективными, позволяя компьютерным системам анализировать данные, существенно облегчая работу врача [18].

Применение искусственного интеллекта в скрининге ДР берет начало с 1955 г., когда исследователь Маккарти с соавт. (McCarthy et al., 1955) впервые предложили концепцию системы, которая имитирует когнитивную функцию человеческого разума [19].

В 1959 году Артур Сэмюэль (Samuel AL, 1959) предложил концепцию машинного обучения (ML) и указал, что ML должен обладать способностью изучать статистические методы без явного программирования [20].

Машинное обучение используется для создания способности системы улучшать собственное принятие решений путем обучения на предоставленных ей данных. Ветвью ML является глубокое обучение (DL), которое в основном реализуется с использованием многослойных нейронных сетей. Глубокое обучение состоит из алгоритмов, использующих каскад многоуровневых искусственных нейронных сетей для независимого извлечения признаков из данных [21].

Методы DL значительно улучшили современное состояние вопроса в визуальном распознавании и обнаружении объектов во многих областях. Глубокое обучение обнаруживает сложную структуру в больших наборах данных, используя алгоритм обратного распространения, чтобы указать, как система должна изменять свои внутренние параметры, которые используются для вычисления данных на каждом уровне их представления с учетом предыдущего [22].

Новый период в диагностике ДР с помощью систем ИИ начался в 2013 году. Опубликованные результаты первого предварительно зарегистрированного клинического испытания системы ИИ, проведенного Abramoff et al. в 2013 г. [23], в итоге привели к тому, что Управление по контролю за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) разрешило продажу медицинского устройства, использующего ИИ для выявления ДР у взрослых, страдающих СД (IDx-DR) в кратчайшие сроки. Таким образом, в 2018 г. полностью автономная диагностическая система IDx-DR была первой одобренной автономной программой ИИ [24].

Автономность диагностической системы IDx-DR означает, что она использует ИИ для проведения диагностической оценки, не требуя от врача интерпретации изображения или результатов. Это позволяет медицинским работникам, которые обычно не занимаются оценкой состояния глазного дна, проводить скрининговое исследование ДР среди пациентов с СД во время обычных посещений медицинского учреждения. Разработчик системы - компания IDx, разработала собственный алгоритм диагностики ДР у взрослых старше 22 лет с СД по снимкам глазного дна. Медицинский университет Айовы стал первой медицинской организацией, внедрившей IDx-DR технологию в клиническую практику [25].

По состоянию на 2022 г. общемировой список программного обеспечения, применяемого при создании технологий ИИ и доступного для обнаружения ДР, составляет более 20 систем [26].

При скрининге ДР с охватом, близким к 100%, существенно улучшатся результаты по контролю глазных осложнений СД, снижению слепоты среди трудоспособного населения, что экономически более выгодно для системы здравоохранения в целом, нежели оплата последствий перехода заболевания в тяжелые стадии. В первую очередь системы скрининга требуются в регионах с высокими показателями заболеваемости СД, труднодоступных или малонаселенных районах без возможности регулярного посещения пациентами специалистов [27].

В «Глобальном докладе ВОЗ по диабету» (ВОЗ, 2018) и «Всемирном докладе о проблемах зрения» (ВОЗ, 2020) подчеркивается важность скрининга на ДР как средства профилактики слепоты и нарушения зрения [28, 29].

В связи с этим представляется важным изучить мировой опыт организации скрининговых программ. Одним из значимых факторов, влияющих на принятие решения о целесообразности организации скрининга, является наличие исследований о том, что данная программа эффективна для снижения развития поздних стадий заболевания. Так, Бельгия, Франция, Германия, Нидерланды, Новая Зеландия и Великобритания разрабатывают национальные рекомендации по скринингу для всей страны. В Австралии, Канаде и Швеции решения рекомендовать и проводить скрининг переданы с национального на более низкие уровни системы здравоохранения. В Дании, Финляндии и Италии на национальном уровне реализуются не все рекомендации по скринингу, в то же время региональные/муниципальные власти могут организовать другие программы, не указанные в национальных рекомендациях. В США национальные рекомендации по скринингу формирует Целевая группа по профилактическим услугам (USPSTF) [30].

Флагманом в раннем скрининге ДР явилась Английская программа скрининга глаз при диабете Национальной службы здравоохранения Великобритании (NHS DESP - English NHS Diabetic Eye Screening Programme). Цель программы NHS DESP - снижение риска потери зрения среди пациентов с СД. Программа стартовала в 2003 году и к 2008 году охватила население всей Англии. В 2015-2016 годах 2590082 пациентам с СД было предложено пройти скрининговое обследование в рамках Программы скрининга NHS. Было обследовано 2144007 пациентов с СД (охват 82,8%). Частота ретинопатии на 100000 обследованных составила 2807. Преимущество программы заключается в том, что в настоящее время в Англии ДР больше не является основной причиной подтверждаемой слепоты в трудоспособном возрасте [31].

В ходе исследования NHS DESP было показано, что для обеспечения реализации программ скрининга среди населения необходимы определенные ключевые компоненты:



определение целевой группы пациентов с высоким риском развития ДР, подготовленный и компетентный персонал, определение маршрутизации пациентов с положительным результатом скрининга на офтальмологическое лечение и для оценки состояния сетчатки у пациентов с некачественными изображениями, надлежащая оценка контроля СД [31].

Важнейшими характеристиками скринингового теста являются его чувствительность и специфичность. Чувствительность – это процент выявления истинно положительных результатов теста (процент правильно выявленного заболевания), т.е. если чувствительность скринингового теста составляет 90%, это означает, что у 1 пациента из 10 не было диагностировано наличие патологии. Специфичность скринингового теста – это процент пациентов с СД, у которых достоверно отсутствует ДР. Если скрининговый тест специфичен на 90%, это означает, что 1 пациент из 10 направляется без необходимости. По мнению клиницистов Британской диабетической ассоциации, скрининговый тест ДР должен обладать чувствительностью не менее 80% и специфичностью 95%. Целевой показатель специфичности на практике оказалось достичь сложнее по причине наличия ложноположительных результатов [32, 33].

В настоящее время в Англии всем пациентам с СД в возрасте 12 лет и старше ежегодно предлагается проводить цифровой двупольный фотоскрининг. Чувствительность для фотографии в двух полях составила в среднем 87,8% (83,0 – 92,6%), специфичность в среднем составила 86,1% (84,2–87,8%), а частота получения изображений низкого качества составила 3,7% (3,1–4,3%) [31, 34].

По состоянию на апрель 2020 г. в каждом районе Англии был создан регистр пациентов с СД, который регулярно проверяется и обновляется. Изображения, полученные в результате скрининга, передаются в цифровом виде в центральную лабораторию для градирования ДР квалифицированными специалистами. Действует комплексная система обеспечения качества, включающая регулярный аудит градирования [7].

В Шотландии, начиная с 2003 г. действует централизованная программа скрининга ДР (DRS), которая достигла национального охвата к 2006 году. С 2012 года в стране используется автоматизированная система оценки состояния глазного дна Autograder, выявляющая с высокой точностью пациентов с наименьшим риском ДР (примерно 40%). Эти пациенты не нуждаются в дальнейшем обследовании, и могут быть приглашены на следующий скрининг в обычном порядке. Внедрение автоматизированной системы оценки позволило убедиться, что специалисты, ранее градирующие изображения вручную, работали на пределе своих

возможностей. В программе DRS функционирует единая система управления медицинской информацией, которая сохраняет цифровые ретинальные изображения, демографические данные пациентов, результаты их скрининга, отслеживает прохождение пациентов по всему маршруту скрининга. После DRS, пациенты направляются в Центры для оказания специализированной офтальмологической помощи [35, 36].

В Швеции создана совместная рабочая группа, которая объединяет профессиональные сообщества офтальмологов Шведского ретинального общества, эндокринологов Шведского общества диабетологов и Национального регистра диабета, и других врачей смежных специальностей, участвующих в проведении скрининга ДР. Ответственность по проведению скрининговых программ возложена на региональные администрации самоуправляемых областей [37].

В Дании внедрен национальный регистр СД среди взрослых (DADR) - Датский регистр диабета, который включает в себя Регистр скрининга ДР (Diabase). Данные предоставляются как из сектора первичной медико-санитарной помощи (общая практика), так и сектора специализированных амбулаторных клиник с целью оценки качества лечения, предоставляемого пациентам с СД. В рамках Diabase среди прочих переменных оценивается дата последнего осмотра глаз. Одним из показателей, измеряемых в Diabase, является эффективность проведения проверок зрения каждые два года у 90% и каждые четыре года у 95% пациентов с СД. По данным на 2019 г., 99% пациентов с СД прошли скрининг ДР в течение предыдущих пяти лет [38].

В стране формируются ежегодные отчеты, включающие данные о национальном, региональном и местном уровнях медицинской помощи, в т.ч. данные национальной офтальмологической базы. Ежегодные результаты публикуются в итоговом отчете о лечении СД. Это позволяет получить всесторонний обзор лечения СД в Дании. База данных растет и охватывает все большую часть пациентов, что в итоге позволит обеспечить полный охват пациентов с СД в стране [39].

Израиль является одной из немногих стран, в которых существует национальная программа оценки качества общественного здравоохранения, которая включает в себя программы скрининга заболеваний, в т.ч. при СД. Одним из показателей эффективности медицинской помощи при СД является число пациентов с СД, прошедших проверку остроты зрения. После постановки диагноза «диабет» врачи общей практики обязаны направить пациента к офтальмологу и будут получать напоминание об этом до тех пор, пока результат

осмотра офтальмологом не появится в системе. Результатом явилось то, что в 2018 г. осмотр офтальмолога прошли 72,5% пациентов с СД [40].

Через четыре года после начала национальной программы Израиля было отмечено значительное снижение осложнений СД. В период с 2002 по 2010 год в стране улучшились большинство показателей качества оказания медицинской помощи с 53% до 75%. Также было отмечено существенное снижение показателя слепоты среди населения страны [41].

В Ирландии 1 из 20 пациентов с СД подвержен риску развития потери зрения из-за развития глазных осложнений СД, в результате чего в стране также внедрена программа скрининга ДР (Diabetic Retina Screen). Скрининг сетчатки при СД проводится 1 раз в год. Он предназначен для пациентов с СД 1 и 2 типа в возрасте 12 лет и старше. Если при двух предыдущих обследованиях ДР не обнаруживается, то следующее приглашение на скрининг будет получено пациентом с СД через 2 года с момента последнего обследования. Это сократило количество скрининговых исследований и уменьшило количество посещений врача – офтальмолога, тем самым снизив нагрузку на медицинский персонал. Комитет по обеспечению качества оказания медицинской помощи проводит ежегодно шесть заседаний. Одной из функций комитета является проведение оценки общей эффективности программы в соответствии с национальными стандартами качества. Оценке подвержен стандарт качества проведения скрининг-теста. Так, одним из оцениваемых элементов является определение числа цифровых ретинальных фотографий с низким качеством изображения. Благодаря этому доля изображений низкого качества снизилась с 14,5% до 6,9% [42].

По данным регистра нарушений зрения Финляндии в течение трех 10-летних периодов (1982-90, 1991-2000, 2001-10) доля слепых составила 42%, 22% и 15% в группе с пролиферативной ДР и 10%, 9% и 4% в группе с непролиферативной ДР, соответственно [43]. В 2018 г. у 4% пациентов диагноз ДР был основным среди лиц, состоявших на учете в Регистре. Из общего числа лиц, состоящих на учете, 9,2% страдали СД, а 10,2% всех впервые выявленных случаев нарушения зрения были у пациентов с СД. Регистр нарушений зрения также служит базой основой для планирования профилактических и лечебных мероприятий, реабилитации и других специальных медицинских услуг для пациентов с нарушениями зрения [44].

В соответствии с руководящими принципами Главного управления здравоохранения Северной Португалии в рамках Национальной программы по диабету постепенно внедрялись региональные программы скрининга. Однако полного охвата населения достигнуто не было. Среди основных выявленных трудностей отмечались сложная взаимосвязь между

медицинскими организациями разного уровня, кадровый дефицит специалистов в национальной системе здравоохранения, высокая нагрузка на медицинский персонал, низкий уровень приверженности к скринингу. Тем не менее в стране удалось применить алгоритмы ИИ для автоматической классификации ДР и таким образом избежать избыточной нагрузки на врачей-офтальмологов и увеличить приверженность пациентов к скринингу [46]. В период с 2016 по 2020 гг. Главное управление здравоохранения внедрило массовый скрининг ДР – SCREEN-DR. В проекте была взята за основу платформа анализа изображений и машинного обучения с одноименным названием SCREEN-DR, целью которой явилось создание распределенного и автоматического алгоритма скрининга ДР. Платформа SCREEN-DR основана на управлении PACS (технология медицинской визуализации, которая обеспечивает экономичное хранение и удобный доступ к изображениям), машинном обучении и анализе изображений, позволяющей врачам – офтальмологам разрабатывать точные стратегии последующего наблюдения. Одной из основных задач SCREEN-DR является автоматическая оценка качества изображения и выявление ДР [45].

В Испании организована локальная организационная модель скрининга ДР для каждого автономного региона, где врач-офтальмолог оценивает изображение сетчатки самостоятельно. Подготовленный для проведения скрининга медицинский персонал (медсестры, младшие сестры) проводит фоторегистрацию глазного дна при помощи цифровых ретинальных камер. Изображения сетчатки отправляются в электронном виде семейным врачам, обученным медсестрам или эндокринологам для оценки результата. Если ДР обнаружена (результат положительный), цифровая фотография отправляется офтальмологу для подтверждения окончательного диагноза ДР. Врач – офтальмолог путем случайной выборки изображений глазного дна с отрицательным результатом скрининга проводит внутренний контроль качества оказания медицинской помощи. Применив автономную диагностическую систему ИИ (IDx-DR, Айова, США), специалисты подтвердили надежную работу устройства по сравнению с «ручной» оценкой состояния глазного дна. Автономная диагностическая система ИИ обладала высокой чувствительностью (100%) и специфичностью (82%) для диагностики ДР у пациентов с СД в рамках программы скрининга. Благодаря быстрой диагностике на месте оказания медицинской помощи автономный ИИ потенциально может повысить доступность скрининга ДР в учреждениях первичной медицинской помощи [47].

В Соединенных Штатах ДР ежегодно приводит к более чем 10000 новым случаям слепоты и является наиболее распространенной причиной предотвратимой слепоты среди лиц

трудоспособного возраста [48]. Однако многие пациенты с СД не проходят ежегодный осмотр глаз. Регулярные офтальмологические осмотры могут помочь предотвратить потерю зрения, выявляя ДР на ранней стадии. В связи с этим, увеличение частоты скрининга ДР является одной из важнейших целей Министерства здравоохранения и социальных служб США "Здоровые люди до 2030 года". На период до 2030 года планируется увеличение скрининга ДР у пациентов с СД с 62,3% до 67,7% и снижение потери зрения из-за ДР с 33% до 16,5% [49].

В 2018 году изданы рекомендации Международного совета офтальмологов (ICO), совместно с Американской диабетической ассоциацией (ADA) по скринингу ДР, где отмечается, что ДР является основным осложнением СД и ведущей причиной потери зрения среди населения трудоспособного возраста. Разработка программ скрининга ДР с надлежащим и своевременным направлением пациентов в специализированные медицинские учреждения может предотвратить потерю зрения и сохранить экономически активное население [50].

Современные тенденции скрининга ДР в России предусматривают выполнение алгоритмов, включающих в себя сроки первичного и последующих регулярных осмотров офтальмолога в отсутствие диабетических изменений, сроков оказания специализированной медицинской помощи [15]. В России 9% населения страны имеют инвалидность, среди которых выявлено примерно 3,7% инвалидов по зрению. Средний показатель накопленной инвалидности по зрению в РФ – 30,8 на 10 тыс. населения. Доля ДР в общей структуре нозологий инвалидности по зрению в среднем составляет 8% [51].

В Российской Федерации есть все возможности для скрининга: выявление биологических маркеров поражений сетчатки, фоторегистрация глазного дна, в том числе с применением телемедицинских технологий, технологий искусственного интеллекта, проведение флуоресцентной ангиографии и оптической когерентной томографии, в т.ч. в ОКТ в ангиорежиме, однако в настоящее время не разработана национальная программа скрининга ДР и отсутствует четкая системы организации [27, 52].

Таким образом, цифровая фоторегистрация сетчатки, в дополнение к определению остроты зрения, удовлетворяет рекомендуемым критериям скрининга, установленным ICO/ADA. При этом фоторегистрация глазного дна без расширения зрачка может быть выполнена при минимальной подготовке персонала в учреждениях, оказывающих первичную медицинскую помощь и может демонстрировать чувствительность и специфичность, аналогичные (78-98%, 86-90% соответственно) осмотру глазного дна при расширенном зрачке, проводимому офтальмологом (84-92%, 92-98% соответственно) [53].

Ежегодный скрининг позволяет получать большое количество цифровых изображений, которые необходимо анализировать. Это требует высокой квалификации специалистов и дополнительных ресурсов, а повторяющийся характер работы затрудняет ручную сортировку для поддержания высокого стандарта качества. Решением этого вопроса является автоматизированный анализ изображений сетчатки, основанный на алгоритмах ИИ, способных выявлять поражения, связанные с ДР. Подобные технологические решения, в сочетании с методами анализа фотографий сетчатки при помощи алгоритмов ИИ, обеспечивают более эффективный скрининг ДР. Искусственный интеллект снижает нагрузку на врача, за счет уменьшения ручного просмотра фотографий глазного дна, используя технологию автоматического скрининга изображений сетчатки на наличие заболевания [54].

**Заключение.** Обзор отечественных и зарубежных источников литературы, отражающих значимость раннего цифрового скрининга при ДР, а также опыт использования программ скрининга в мире и в Российской Федерации убедительно доказывает эффективность и целесообразность проведения ранней диагностики ДР и применения скрининга заболевания. Всемирная организация здравоохранения подчеркивает важность скрининга ДР [7].

Существующие программы скрининга ДР в разных странах мира различны [55], однако позволяют сделать однозначный вывод о том, что ранний скрининг и своевременное выявление осложнений ДР, угрожающих инвалидизацией по зрению, являются эффективными способами сохранения зрения. Систематический скрининг проводится во всем мире либо в рамках национальных программ скрининга, либо в рамках региональных и других проектов, однако не существует единого рекомендуемого метода, подходящего для каждой страны. [56].

Тем не менее, раннее выявление ДР может помочь изменить исходы ретинопатии, что, в конечном итоге, приведет к решению проблемы слепоты и инвалидности вследствие данной патологии. Быстрое развитие систем ИИ в последние годы привело к появлению новых возможностей для скрининга и диагностики ДР. Диагностические системы на основе ИИ для выявления ДР обладают значительными преимуществами, такими как высокая эффективность и точность диагностики [57].

Платформы на основе ИИ могут стать потенциальным дополнением к диагностике заболеваний сетчатки в практике врача-офтальмолога. Более того, систематический скрининг на патологию сетчатки, включая диагностику и лечение ранее выявленных больных, является

экономически эффективным [58]. Учитывая низкую стоимость и возможность для пациента иметь прямой доступ к врачу–офтальмологу, цифровой скрининг ДР с применением систем ИИ, может стать альтернативным и удобным методом, доступным для отдаленных территорий. На современном этапе развития медицинских технологий в России существует потребность в создании эффективной и экономически выгодной модели скрининга больных СД на наличие ДР. Массовый осмотр с применением телемедицинских технологий значительно сокращает время осмотра и снижает материальные затраты более чем на 75% [59].

Учитывая мировой рост заболеваемости и распространенности СД и его микрососудистых осложнений, каковым является ДР, цифровой скрининг заболевания может стать альтернативным и удобным методом диагностики.

### Список литературы

1. Нероев В.В., Зайцева О.В., Михайлова Л.А. Заболеваемость диабетической ретинопатией в Российской Федерации по данным федеральной статистики. Российский офтальмологический журнал. 2018;11(2):5-9.
2. GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators; Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. Lancet Glob Health. 2021 Feb;9(2):e144-e160. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7. Epub 2020 Dec 1. Erratum in: Lancet Glob Health. 2021 Apr;9(4):e408. PMID: 33275949; PMCID: PMC7820391.
3. Клинические рекомендации (протоколы лечения) «Сахарный диабет: диабетическая ретинопатия, диабетический макулярный отек (КР115)». Общероссийская общественная организация «Ассоциация врачей-офтальмологов» М: 2023
4. Бадимова А.В. Медико-социальные, экономические и организационные аспекты диспансерного наблюдения пациентов с офтальмологическими заболеваниями в субъекте Российской Федерации: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2022. 24 с.
5. Ботабекова Т.К., Краморенко Ю.С., Степанова И.С. Инвалидность вследствие диабетической ретинопатии // Точка зрения. Восток - Запад. № 1 2015
6. Абдуллина Д.А., Балмуханова А.В., Канафьянова Э.Г. Особенности лабораторных исследований диабетической ретинопатии на ранних стадиях (обзор литературы) // Вестник КазНМУ. 2020. №2-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-laboratornyh->

issledovaniy-diabeticheskoy-retinopatii-na-rannih-stadiyah-obzor-literatury (дата обращения: 05.04.2023).

7. Скрининг на диабетическую ретинопатию: Повышение эффективности, максимальное увеличение пользы и минимизация вреда. краткое руководство. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2021. Лицензия: CCBY-NC-SA3.0IGO (<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330828/9789289054812-rus.pdf>)

8. Шадричев Ф.Е., Шкляров Е.Б., Григорьева Н.Н. Скрининг диабетической ретинопатии: от офтальмоскопии к цифровому фотографированию // Офтальмологические ведомости. — 2009. — Т. 2, №4. — С. 19-30.

9. Buntin MB, Burke MF, Hoaglin MC, Blumenthal D. The benefits of health information technology: a review of the recent literature shows predominantly positive results. *Health Aff (Millwood)*. 2011 Mar;30(3):464-71. doi: 10.1377/hlthaff.2011.0178. PMID: 21383365

10. Kaihlanen AM, Laukka E, Nadav J, Närvänen J, Saukkonen P, Koivisto J, Heponiemi T. The effects of digitalisation on health and social care work: a qualitative descriptive study of the perceptions of professionals and managers. *BMC Health Serv Res*. 2023 Jun 30;23(1):714. doi: 10.1186/s12913-023-09730-y. PMID: 37386423; PMCID: PMC10311778.

11. Туен Нгуен Чонг, Хью Чан Чонг. Метод диагностики диабетической ретинопатии на основе анализа изображений глазного дна // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-diaagnostiki-diabeticheskoy-retinopatii-na-osnove-analiza-izobrazheniy-glaznogo-dna> (дата обращения: 05.04.2023).

12. Jones S, Edwards RT. Diabetic retinopathy screening: a systematic review of the economic evidence. *Diabet Med*. 2010 Mar;27(3):249-56. doi: 10.1111/j.1464-5491.2009.02870.x. PMID: 20536486.

13. Grzybowski A, Brona P, Lim G, Ruamviboonsuk P, Tan GSW, Abramoff M, Ting DSW. Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: a review. *Eye (Lond)*. 2020 Mar;34(3):451-460. doi: 10.1038/s41433-019-0566-0. Epub 2019 Sep 5. Erratum in: *Eye (Lond)*. 2019 Dec 10; PMID: 31488886; PMCID: PMC7055592.

14. UK National Screening Committee (UK NSC). Population screening programmes — guidance. NHS population screening explained. 2013. Accessed June 18, 2020. <https://www.gov.uk/government/groups/uk-national-screening-committee-uk-nsc>



15. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / Под редакцией И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. – 11-й выпуск. – М.; 2023. doi: <https://doi.org/10.14341/DM13042>
16. Barsegian A, Kotlyar B, Lee J, Salifu MO, McFarlane SI. Diabetic Retinopathy: Focus on Minority Populations. *International Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2017 ;3(1):34-45. DOI: 10.17352/ijcem.000027. PMID: 29756128; PMCID: PMC5945200.
17. Ben ÂJ, Neyeloff JL, de Souza CF, et al. Cost-utility Analysis of Opportunistic and Systematic Diabetic Retinopathy Screening Strategies from the Perspective of the Brazilian Public Healthcare System. *Applied Health Economics and Health Policy*. 2020 Feb;18(1):57-68. DOI: 10.1007/s40258-019-00528-w. PMID: 31674001; PMCID: PMC6978298.
18. Carin L, Pencina MJ. On Deep Learning for Medical Image Analysis. *JAMA*. 2018;320(11):1192–1193. doi:10.1001/jama.2018.13316
19. McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE. A Proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence, August 31, 1955. *AI Mag* 2006; 27:12–14. doi: 10.1609/aimag.v27i4.1904
20. Samuel AL. Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM J Res Dev* 1959; 3:210–229. doi: 10.1147/rd.33.0210.
21. An Update on Artificial Intelligence for Detecting Diabetic Eye Disease: All Hype or the New Reality? *Endocrinology Advisor*. Available from: <https://www.endocrinologyadvisor.com/home/topics/diabetes/ai-detection-of-diabetic-retinopathy-expert-perspective>
22. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015;521(7553): 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
23. Abramoff MD, Folk JC, Han DP, Walker JD, Williams DF, Russell SR, et al. Automated analysis of retinal images for detection of referable diabetic retinopathy. *JAMA Ophthalmol*. 2013;131:351–7.
24. U.S. Food and Drug Administration. FDA permits marketing of artificial intelligence-based device to detect certain diabetes-related eye problems. <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-permits-marketing-artificial-intelligence-based-device-detect-certain-diabetes-related-eye> Accessed May 17, 2022.
25. Siwicki B. The artificial intelligence tool detects diabetic retinopathy in medical images, which can help prevent blindness in diabetes patients. *HealthcareITNews*, 2018 July; 12. URL:

<https://www.healthcareitnews.com/news/university-iowa-healthcare-rolls-out-first-autonomous-ai-diagnostic-system-cleared-fda>. Дата обращения 28.04.2023.

26. Mohan S, Gaur R, Raman R. Using artificial intelligence in diabetic retinopathy. *ИНОРЕ J Ophthalmol* 2022;1:71-8.

27. Павлов В.Г., Сидамонидзе А.Л., Петрачков Д.В. Современные тенденции скрининга диабетической ретинопатии. *Вестник офтальмологии*. 2020;136(4):300-309. Pavlov VG, Sidamonidze AL, Petrachkov DV. Current trends in the screening for diabetic retinopathy. *Vestnik Oftalmologii*. 2020;136(4):300-309. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/oftalma2020136042300>

28. Глобальный доклад по диабету [Global report on diabetes]. Женева: Всемирная организация здравоохранения. – 2018. – 88 с. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

29. Всемирный доклад о проблемах зрения [World report on vision]. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2020. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

30. Драпкина О.М., Самородская И.В. Скрининг: терминология, принципы и международный опыт. *Профилактическая медицина*. 2019;22(1):90-97. Drapkina OM, Samorodskaja IV. Screening: terminology, principles and international experience. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019;22(1):90-97. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed20192201190>

31. Scanlon PH. The English National Screening Programme for diabetic retinopathy 2003-2016. *Acta Diabetologica*. 2017 Jun;54(6):515-525. DOI: 10.1007/s00592-017-0974-1. PMID: 28224275; PMCID: PMC5429356.

32. Pandit RJ, Taylor R. Quality assurance in screening for sight-threatening diabetic retinopathy. *Diabet Med*. 2002;19:285–291. doi: 10.1046/j.1464-5491.2002.00722.x. [Abstract] [CrossRef] [Google Scholar]

33. Scanlon P. An evaluation of the effectiveness and cost-effectiveness of screening for diabetic retinopathy by digital imaging photography and technician ophthalmoscopy and the subsequent change in activity, workload and costs of new diabetic ophthalmology referrals. London: UCL; 2005. [Google Scholar]

34. Scanlon PH, Foy C, Malhotra R, Aldington SJ. The influence of age, duration of diabetes, cataract, and pupil size on image quality in digital photographic retinal screening. *Diabetes Care*. 2005 Oct;28(10):2448-53. doi: 10.2337/diacare.28.10.2448. PMID: 16186278.

35. Zachariah S, Wykes W, Yorston D. The Scottish Diabetic Retinopathy Screening programme. *Community Eye Health*. 2015;28(92):s22-3. PMID: 27418740; PMCID: PMC4944112.

36. Styles CJ. Introducing automated diabetic retinopathy systems: it's not just about sensitivity and specificity. *Eye (London, England)*. 2019 Sep;33(9):1357-1358. DOI: 10.1038/s41433-019-0535-7. PMID: 31358924; PMCID: PMC7002753.
37. Medicinska Retinaklubben. <https://www.medret.se/>
38. Regional clinical quality development programme. In [<http://www.rkkp.dk/om+rkkp/de+kliniske+kvalitetsdatabaser>]
39. Jørgensen ME, Kristensen JK, Reventlov Husted G, Cerqueira C, Rossing P. The Danish Adult Diabetes Registry. *Clin Epidemiol*. 2016 Oct 25;8:429-434. doi: 10.2147/CLEP.S99518. PMID: 27843339; PMCID: PMC5098513.
40. National Program for Quality Indicators in Community Healthcare, Israel, undated. <https://en.israelhealthindicators.org/diabetes>
41. Calderon-Margalit R, Cohen-Dadi M, Opas D, Jaffe DH, Levine J, Ben-Yehuda A, Paltiel O, Manor O. Trends in the performance of quality indicators for diabetes care in the community and in diabetes-related health status: an Israeli ecological study. *Isr J Health Policy Res*. 2018 Jan 17;7(1):10. doi: 10.1186/s13584-018-0206-3. PMID: 29343291; PMCID: PMC5773014.
42. About Diabetic RetinaScreen. Health information, advice, support and services <https://www2.hse.ie/conditions/diabetic-retina-screening/about/>
43. Laatikainen L, Ojamo M, Rudanko SL, Summanen P, Keinänen-Kiukaanniemi S, Tuomilehto J, Herrala S, Uusitalo H. Improving visual prognosis of the diabetic patients during the past 30 years based on the data of the Finnish Register of Visual Impairment. *Acta Ophthalmol*. 2016 May;94(3):226-31. doi: 10.1111/aos.12952. Epub 2016 Feb 29. PMID: 26928978.
44. National Institute for Health and Welfare (2018). The Finnish Register of Visual Impairment. Annual statistics 2018. Helsinki: National Institute for Health and Welfare (<https://cms.nkl.fi/sites/default/files/2020-03/The%20Finnish%20Register%20of%20Visual%20Impairment%2C%20Annual%20Statistics%202018.pdf>).
45. INESC TEC. Image Analysis and Machine Learning Platform for Innovation in Diabetic Retinopathy Screening. 2020 URL: <https://www.inesctec.pt/pt/projetos/screen-dr>. Дата обращения 28.04.2023.
46. Pereira, A.M.P., da Silva Laureano, R.M. & de Lima Neto, F.B. Five regions, five retinopathy screening programmes: a systematic review of how Portugal addresses the challenge. *BMC Health Serv Res* 21, 756 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12913-021-06776-8>

47. Shah A, Clarida W, Amelon R, et al. Validation of Automated Screening for Referable Diabetic Retinopathy With an Autonomous Diagnostic Artificial Intelligence System in a Spanish Population. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2021;15(3):655-663. doi:10.1177/1932296820906212
48. Lovshin JA, Shah BR. Inadequate screening for retinopathy among recent immigrants with type 2 diabetes despite universal health care: A population-based study. *J Diabetes Complications*. 2017 Apr;31(4):664-668. doi: 10.1016/j.jdiacomp.2016.12.011. Epub 2017 Jan 20. PMID: 28143734.
49. Increase the proportion of adults with diabetes who have a yearly eye exam — D-04 - Healthy People 2030 / health.gov. Accessed January 21, 2022. <https://health.gov/healthypeople/objectives-and-data/browse-objectives/diabetes/increase-proportion-adults-diabetes-who-have-yearly-eye-exam-d-04>
50. Wong TY, Sun J, Kawasaki R, Ruamviboonsuk P, Gupta N, Lansingh VC, Maia M, Mathenge W, Moreker S, Muqit MMK, Resnikoff S, Verdaguer J, Zhao P, Ferris F, Aiello LP, Taylor HR. Guidelines on Diabetic Eye Care: The International Council of Ophthalmology Recommendations for Screening, Follow-up, Referral, and Treatment Based on Resource Settings. *Ophthalmology*. 2018 Oct;125(10):1608-1622. doi: 10.1016/j.ophtha.2018.04.007. Epub 2018 May 24. PMID: 29776671.
51. Нероев В.В. Инвалидность по зрению в Российской Федерации. — СПб, 2017.
52. Борщук Е.Л., Чупров А.Д., Лосицкий А.О., Фирсов А.С. Организация скрининга диабетической ретинопатии с применением телемедицинских технологий. *Практическая медицина*. 2018;16(4):68-70. <https://doi.org/1032000/2072-1757-2018-16-4-68-70>
53. Ting DSW, Cheung GCM, Wong TY. Diabetic retinopathy: global prevalence, major risk factors, screening practices and public health challenges: a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2016;44(4):260-277. doi:10.1111/ceo.12696
54. Nørgaard MF, Grauslund J. Automated Screening for Diabetic Retinopathy - A Systematic Review. *Ophthalmic Res*. 2018;60(1):9-17. doi: 10.1159/000486284. Epub 2018 Jan 16. PMID: 29339646.
55. Домбровский В.С., Хачатрян Г.Р. Сравнение рекомендуемых скрининговых программ в США, Канаде, Нидерландах и Германии // *Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. 2016. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnienie-rekomenduemyh-skriningovyh-programm-v-ssha-kanade-niderlandah-i-germanii> (дата обращения: 29.07.2023).

56. Gangwani RA, Lian JX, McGhee SM, Wong D, Li KK. Diabetic retinopathy screening: global and local perspective. *Hong Kong Med J*. 2016 Oct;22(5):486-95. doi: 10.12809/hkmj164844. Epub 2016 Aug 26. PMID: 27562988.

57. Li S, Zhao R, Zou H. Artificial intelligence for diabetic retinopathy. *Chinese Medical Journal*. 2021 Dec;135(3):253-260. DOI: 10.1097/cm9.0000000000001816. PMID: 34995039; PMCID: PMC8812665.

58. Li Z, Wu C, Olayiwola JN, Hilaire DS, Huang JJ. Telemedicine-based digital retinal imaging vs standard ophthalmologic evaluation for the assessment of diabetic retinopathy. *Conn Med*. 2012 Feb;76(2):85-90. PMID: 22670358.

59. Чупров А.Д., Лосицкий А.О., Фирсов А.С. Социально-экономические аспекты скрининга диабетической ретинопатии с использованием телемедицинских технологий. *Современные технологии в офтальмологии*. 2019;2:20-22. <https://doi.org/10.25276/2312-4911-2019-2-20-22>

### References

1. Neroev V.V., Zajceva O.V., Mihajlova L.A. Zabolevaemost' diabeticheskoy retinopatiej v Rossijskoj federacii po dannym federal'noj statistiki [Prevalence of diabetic retinopathy in the Russian Federation according to federal statistics]. *Rossijskij oftal'mologicheskij zhurnal* [Russian Ophthalmological Journal]. 2018;11(2):5-9 (In Russian)

2. GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators; Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health*. 2021 Feb;9(2):e144-e160. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7. Epub 2020 Dec 1. Erratum in: *Lancet Glob Health*. 2021 Apr;9(4):e408. PMID: 33275949; PMCID: PMC7820391.

3. Klinicheskie rekomendacii (protokoly lecheniya) «Saharnyj diabet: diabeticheskaya retinopatiya, diabeticheskij makulyarnyj otek (KR115)». *Obshcherossijskaya obshchestvennaya organizaciya «Associaciya vrachej-oftal'mologov» M: 2023*

4. Badimova A.V. Mediko-social'nye, ekonomicheskie i organizacionnye aspekty dispansernogo nablyudeniya pacientov s oftal'mologicheskimi zabolevaniyami v sub"ekte Rossijskoj Federacii: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Moskva, 2022. 24 s.

5. Botabekova T.K., Kramorenko YU.S., Stepanova I.S. Invalidnost' vsledstvie diabeticheskoy retinopatii [Disability due to diabetic retinopathy] // Tochka zreniya. Vostok – Zapad [Point of View. East – West] № 1 2015 (In Russian)
6. Abdullina D.A., Balmuhanova A.V., Kanaf'yanova E.G. Osobennosti laboratornyh issledovaniy diabeticheskoy retinopatii na rannih stadiyah (obzor literatury) [Features of laboratory research of diabetic retinopathy at early stages (literature review)] // Vestnik KazNMU [Bulletin of the Kazakh National Medical University] 2020. №2-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-laboratornyh-issledovaniy-diabeticheskoy-retinopatii-na-rannih-stadiyah-obzor-literatury> (data obrashcheniya: 05.04.2023) (In Russian)
7. Skrining na diabeticheskuyu retinopatiyu: Povyshenie effektivnosti, maksimal'noe uvelichenie pol'zy i minimizaciya vreda. kratkoe rukovodstvo. Kopengagen: Evropejskoe regional'noe byuro VOZ; 2021. Licenziya: CCBY-NC-SA3.0IGO (<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330828/9789289054812-rus.pdf>)
8. SHadrichev F.E., SHklyarov E.B., Grigor'eva N.N. Skrining diabeticheskoy retinopatii: ot oftal'moskopii k cifrovomu fotografirovaniyu [Screening for diabetic retinopathy: from ophthalmoscopy to digital photography] // Oftal'mologicheskie vedomosti [Ophthalmic Annals] — 2009. — T. 2, №4. — S. 19-30 (In Russian)
9. Buntin MB, Burke MF, Hoaglin MC, Blumenthal D. The benefits of health information technology: a review of the recent literature shows predominantly positive results. Health Aff (Millwood). 2011 Mar;30(3):464-71. doi: 10.1377/hlthaff.2011.0178. PMID: 21383365
10. Kaihlanen AM, Laukka E, Nadav J, Närvänen J, Saukkonen P, Koivisto J, Heponiemi T. The effects of digitalisation on health and social care work: a qualitative descriptive study of the perceptions of professionals and managers. BMC Health Serv Res. 2023 Jun 30;23(1):714. doi: 10.1186/s12913-023-09730-y. PMID: 37386423; PMCID: PMC10311778.
11. Tuen Nguen CHong, Hyu CHan CHong. Metod diagnostiki diabeticheskoy retinopatii na osnove analiza izobrazhenij glaznogo dna [Method of diagnosing diabetic retinopathy based on fundus image analysis] // Izvestiya vuzov Rossii. Radioelektronika [Proceedings of Russian Universities. Radioelectronics] 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-diagnostiki-diabeticheskoy-retinopatii-na-osnove-analiza-izobrazheniy-glaznogo-dna> (data obrashcheniya: 05.04.2023) (In Russian)

12. Jones S, Edwards RT. Diabetic retinopathy screening: a systematic review of the economic evidence. *Diabet Med*. 2010 Mar;27(3):249-56. doi: 10.1111/j.1464-5491.2009.02870.x. PMID: 20536486.
13. Grzybowski A, Brona P, Lim G, Ruamviboonsuk P, Tan GSW, Abramoff M, Ting DSW. Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: a review. *Eye (Lond)*. 2020 Mar;34(3):451-460. doi: 10.1038/s41433-019-0566-0. Epub 2019 Sep 5. Erratum in: *Eye (Lond)*. 2019 Dec 10;: PMID: 31488886; PMCID: PMC7055592.
14. UK National Screening Committee (UK NSC). Population screening programmes — guidance. NHS population screening explained. 2013. Accessed June 18, 2020. <https://www.gov.uk/government/groups/uk-national-screening-committee-uk-nsc>
15. Algoritmy specializirovannoj medicinskoj pomoshchi bol'nym saharным diabetom / Pod redakciej I.I. Dedova, M.V. SHestakovoj, A.YU. Majorova. — 11-j vypusk. — M.; 2023. doi: <https://doi.org/10.14341/DM13042>
16. Barsegian A, Kotlyar B, Lee J, Salifu MO, McFarlane SI. Diabetic Retinopathy: Focus on Minority Populations. *International Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2017 ;3(1):34-45. DOI: 10.17352/ijcem.000027. PMID: 29756128; PMCID: PMC5945200.
17. Ben ÂJ, Neyeloff JL, de Souza CF, et al. Cost-utility Analysis of Opportunistic and Systematic Diabetic Retinopathy Screening Strategies from the Perspective of the Brazilian Public Healthcare System. *Applied Health Economics and Health Policy*. 2020 Feb;18(1):57-68. DOI: 10.1007/s40258-019-00528-w. PMID: 31674001; PMCID: PMC6978298.
18. Carin L, Pencina MJ. On Deep Learning for Medical Image Analysis. *JAMA*. 2018;320(11):1192–1193. doi:10.1001/jama.2018.13316
19. McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE. A Proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence, August 31, 1955. *AI Mag* 2006; 27:12–14. doi: 10.1609/aimag.v27i4.1904
20. Samuel AL. Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM J Res Dev* 1959; 3:210–229. doi: 10.1147/rd.33.0210.
21. An Update on Artificial Intelligence for Detecting Diabetic Eye Disease: All Hype or the New Reality? *Endocrinology Advisor*. Available from: <https://www.endocrinologyadvisor.com/home/topics/diabetes/ai-detection-of-diabetic-retinopathy-expert-perspective>

22. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015;521(7553): 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
23. Abramoff MD, Folk JC, Han DP, Walker JD, Williams DF, Russell SR, et al. Automated analysis of retinal images for detection of referable diabetic retinopathy. *JAMA Ophthalmol*. 2013;131:351–7.
24. U.S. Food and Drug Administration. FDA permits marketing of artificial intelligence-based device to detect certain diabetes-related eye problems. <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-permits-marketing-artificial-intelligence-based-device-detect-certain-diabetes-related-eye> Accessed May 17, 2022.
25. Siwicki B. The artificial intelligence tool detects diabetic retinopathy in medical images, which can help prevent blindness in diabetes patients. *HealthcareITNews*, 2018 July; 12. URL: <https://www.healthcareitnews.com/news/university-iowa-healthcare-rolls-out-first-autonomous-ai-diagnostic-system-cleared-fda>. Data obrashcheniya 28.04.2023.
26. Mohan S, Gaur R, Raman R. Using artificial intelligence in diabetic retinopathy. *IHOPE J Ophthalmol* 2022;1:71-8.
27. Pavlov V.G., Sidamonidze A.L., Petrachkov D.V. Sovremennye tendencii skringinga diabeticheskoy retinopatii [Modern trends in diabetic retinopathy screening]. *Vestnik oftal'mologii* [Ophthalmology Bulletin] 2020;136(4):300-309. Pavlov VG, Sidamonidze AL, Petrachkov DV. Current trends in the screening for diabetic retinopathy. *Vestnik Oftalmologii*. 2020;136(4):300-309. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/oftalma2020136042300> (In Russian)
28. Global'nyj doklad po diabetu [Global report on diabetes]. ZHeneva: Vsemirnaya organizaciya zdavoohraneniya. – 2018. – 88 s. Licenziya: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
29. Vsemirnyj doklad o problemah zreniya [World report on vision]. ZHeneva: Vsemirnaya organizaciya zdavoohraneniya; 2020. Licenziya: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
30. Drapkina O.M., Samorodskaya I.V. Skringing: terminologiya, principy i mezhdunarodnyj opyt [Screening: terminology, principles and international experience]. *Profilakticheskaya medicina* [Preventive medicine]. 2019;22(1):90-97. Drapkina OM, Samorodskaya IV. Screening: terminology, principles and international experience. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019;22(1):90-97. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed20192201190> (In Russian)
31. Scanlon PH. The English National Screening Programme for diabetic retinopathy 2003-2016. *Acta Diabetologica*. 2017 Jun;54(6):515-525. DOI: 10.1007/s00592-017-0974-1. PMID: 28224275; PMCID: PMC5429356.



32. Pandit RJ, Taylor R. Quality assurance in screening for sight-threatening diabetic retinopathy. *Diabet Med.* 2002;19:285–291. doi: 10.1046/j.1464-5491.2002.00722.x. [Abstract] [CrossRef] [Google Scholar]
33. Scanlon P. An evaluation of the effectiveness and cost-effectiveness of screening for diabetic retinopathy by digital imaging photography and technician ophthalmoscopy and the subsequent change in activity, workload and costs of new diabetic ophthalmology referrals. London: UCL; 2005. [Google Scholar]
34. Scanlon PH, Foy C, Malhotra R, Aldington SJ. The influence of age, duration of diabetes, cataract, and pupil size on image quality in digital photographic retinal screening. *Diabetes Care.* 2005 Oct;28(10):2448-53. doi: 10.2337/diacare.28.10.2448. PMID: 16186278.
35. Zachariah S, Wykes W, Yorston D. The Scottish Diabetic Retinopathy Screening programme. *Community Eye Health.* 2015;28(92):s22-3. PMID: 27418740; PMCID: PMC4944112.
36. Styles CJ. Introducing automated diabetic retinopathy systems: it's not just about sensitivity and specificity. *Eye (London, England).* 2019 Sep;33(9):1357-1358. DOI: 10.1038/s41433-019-0535-7. PMID: 31358924; PMCID: PMC7002753.
37. Medicinska Retinaklubben. <https://www.medret.se/>
38. Regional clinical quality development programme. In [http://www.rkkp.dk/om+rkkp/de+kliniske+kvalitetsdatabaser]
39. Jørgensen ME, Kristensen JK, Reventlov Husted G, Cerqueira C, Rossing P. The Danish Adult Diabetes Registry. *Clin Epidemiol.* 2016 Oct 25;8:429-434. doi: 10.2147/CLEP.S99518. PMID: 27843339; PMCID: PMC5098513.
40. National Program for Quality Indicators in Community Healthcare, Israel, undated. <https://en.israelhealthindicators.org/diabetes>
41. Calderon-Margalit R, Cohen-Dadi M, Opas D, Jaffe DH, Levine J, Ben-Yehuda A, Paltiel O, Manor O. Trends in the performance of quality indicators for diabetes care in the community and in diabetes-related health status: an Israeli ecological study. *Isr J Health Policy Res.* 2018 Jan 17;7(1):10. doi: 10.1186/s13584-018-0206-3. PMID: 29343291; PMCID: PMC5773014.
42. About Diabetic RetinaScreen. Health information, advice, support and services <https://www2.hse.ie/conditions/diabetic-retina-screening/about/>
43. Laatikainen L, Ojamo M, Rudanko SL, Summanen P, Keinänen-Kiukaanniemi S, Tuomilehto J, Herrala S, Uusitalo H. Improving visual prognosis of the diabetic patients during the

past 30 years based on the data of the Finnish Register of Visual Impairment. *Acta Ophthalmol.* 2016 May;94(3):226-31. doi: 10.1111/aos.12952. Epub 2016 Feb 29. PMID: 26928978.

44. National Institute for Health and Welfare (2018). The Finnish Register of Visual Impairment. Annual statistics 2018. Helsinki: National Institute for Health and Welfare (<https://cms.nkl.fi/sites/default/files/2020-03/The%20Finnish%20Register%20of%20Visual%20Impairment%2C%20Annual%20Statistics%202018.pdf>).

45. INESC TEC. Image Analysis and Machine Learning Platform for Innovation in Diabetic Retinopathy Screening. 2020 URL: <https://www.inesctec.pt/pt/projetos/screen-dr>. Data obrashcheniya 28.04.2023.

46. Pereira, A.M.P., da Silva Laureano, R.M. & de Lima Neto, F.B. Five regions, five retinopathy screening programmes: a systematic review of how Portugal addresses the challenge. *BMC Health Serv Res* 21, 756 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12913-021-06776-8>

47. Shah A, Clarida W, Amelon R, et al. Validation of Automated Screening for Referable Diabetic Retinopathy With an Autonomous Diagnostic Artificial Intelligence System in a Spanish Population. *Journal of Diabetes Science and Technology.* 2021;15(3):655-663. doi:10.1177/1932296820906212

48. Lovshin JA, Shah BR. Inadequate screening for retinopathy among recent immigrants with type 2 diabetes despite universal health care: A population-based study. *J Diabetes Complications.* 2017 Apr;31(4):664-668. doi: 10.1016/j.jdiacomp.2016.12.011. Epub 2017 Jan 20. PMID: 28143734.

49. Increase the proportion of adults with diabetes who have a yearly eye exam — D-04 - Healthy People 2030 / [health.gov](https://health.gov). Accessed January 21, 2022. <https://health.gov/healthypeople/objectives-and-data/browse-objectives/diabetes/increase-proportion-adults-diabetes-who-have-yearly-eye-exam-d-04>

50. Wong TY, Sun J, Kawasaki R, Ruamviboonsuk P, Gupta N, Lansingh VC, Maia M, Mathenge W, Moreker S, Muqit MMK, Resnikoff S, Verdaguer J, Zhao P, Ferris F, Aiello LP, Taylor HR. Guidelines on Diabetic Eye Care: The International Council of Ophthalmology Recommendations for Screening, Follow-up, Referral, and Treatment Based on Resource Settings. *Ophthalmology.* 2018 Oct;125(10):1608-1622. doi: 10.1016/j.ophtha.2018.04.007. Epub 2018 May 24. PMID: 29776671.

51. Neroev V.V. Invalidnost' po zreniyu v Rossijskoj federacii. — SPb, 2017.

52. Borshchuk E.L., CHuprov A.D., Losickij A.O., Firsov A.S. Organizaciya skringa diabeticheskoy retinopatii s primeneniem telemedicinskih tekhnologij[Organization of diabetic retinopathy screening using telemedicine technologies]. Prakticheskaya medicina[Practical Medicine]. 2018;16(4):68-70. <https://doi.org/1032000/2072-1757-2018-16-4-68-70> (In Russian)
53. Ting DSW, Cheung GCM, Wong TY. Diabetic retinopathy: global prevalence, major risk factors, screening practices and public health challenges: a review. Clin Exp Ophthalmol. 2016;44(4):260-277. doi:10.1111/ceo.12696
54. Nørgaard MF, Grauslund J. Automated Screening for Diabetic Retinopathy - A Systematic Review. Ophthalmic Res. 2018;60(1):9-17. doi: 10.1159/000486284. Epub 2018 Jan 16. PMID: 29339646.
55. Dombrovskij V.S., Hachatryan G.R. Sravnenie rekomenduemyh skringovyh programm v SSHA, Kanade, Niderlandah i Germanii[Comparison of recommended screening programs in the USA, Canada, the Netherlands, and Germany] // Farmakoekonomika. Sovremennaya farmakoekonomika i farmakoepidemiologiya[PharmacoEconomics. Modern PharmacoEconomics and Pharmacoepidemiology]. 2016. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-rekomenduemyh-skriningovyh-programm-v-ssha-kanade-niderlandah-i-germanii> (data obrashcheniya: 29.07.2023) (In Russian)
56. Gangwani RA, Lian JX, McGhee SM, Wong D, Li KK. Diabetic retinopathy screening: global and local perspective. Hong Kong Med J. 2016 Oct;22(5):486-95. doi: 10.12809/hkmj164844. Epub 2016 Aug 26. PMID: 27562988.
57. Li S, Zhao R, Zou H. Artificial intelligence for diabetic retinopathy. Chinese Medical Journal. 2021 Dec;135(3):253-260. DOI: 10.1097/cm9.0000000000001816. PMID: 34995039; PMCID: PMC8812665.
58. Li Z, Wu C, Olayiwola JN, Hilaire DS, Huang JJ. Telemedicine-based digital retinal imaging vs standard ophthalmologic evaluation for the assessment of diabetic retinopathy. Conn Med. 2012 Feb;76(2):85-90. PMID: 22670358.
59. CHuprov A.D., Losickij A.O., Firsov A.S. Social'no-ekonomicheskie aspekty skringa diabeticheskoy retinopatii s ispol'zovaniem telemedicinskih tekhnologij[Socio-economic aspects of diabetic retinopathy screening using telemedicine technologies]. Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii[Modern technologies in ophthalmology]. 2019;2:20-22. <https://doi.org/10.25276/2312-4911-2019-2-20-22> (In Russian)

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

**Acknowledgments.** The study did not have sponsorship.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

#### Сведения об авторах

**Мартусевич Яна Александровна** – кандидат медицинских наук, заведующий офтальмологической клиникой ФГБОУ ВО «СибГМУ» Минздрава России, главный внештатный специалист по организации специализированной медицинской помощи по профилю «офтальмология» Департамента здравоохранения Томской области, 634050, Россия, Томск, ул. Московский тракт, 2, e-mail: [mmal@yandex.ru](mailto:mmal@yandex.ru), ORCID: 0000-0003-4826-4841, SPIN-код: 5667-4748

**Кобякова Ольга Сергеевна** – доктор медицинских наук, профессор, директор ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 127254, Москва, ул. Добролюбова, д.11, e-mail: [kobyakovaos@mednet.ru](mailto:kobyakovaos@mednet.ru), ORCID: 0000-0003-0098-1403, SPIN: 1373-0903

**Люцко Василий Васильевич** – доктор медицинских наук, доцент, Ученый секретарь, главный научный сотрудник отдела научных основ организации здравоохранения ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 127254, Москва, ул. Добролюбова, д.11, e-mail: [vasiliy\\_1@mail.ru](mailto:vasiliy_1@mail.ru), ORCID: 0000-0003-2114-8613, SPIN: 6870-7472

#### Information about authors

**Martusevich Iana Aleksandrovna** - Candidate of Medical Sciences, Head of the Ophthalmology Clinic at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "SSMU" of the Ministry of Health of Russia, Chief Freelance Specialist in organizing specialized medical care in the field of ophthalmology of the Department of Health of the Tomsk Region, 634050, Russia, Tomsk, Moskovsky Trakt street, 2, e - mail: [mmal@yandex.ru](mailto:mmal@yandex.ru), in ORCID: 0000-0003-4826-4841, spin: 5667-4748

**Kobyakova Olga Sergeevna** - Doctor of Medical Sciences, Professor, Head, Russian Research Institute of Health, 127254, Moscow, Dobrolyubova str., 11, e-mail: [kobyakovaos@mednet.ru](mailto:kobyakovaos@mednet.ru) , in ORCID: 0000-0003-0098-1403, spin: 1373-0903

**Liutsko Vasily Vasilyevich** - Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher Russian Research Institute of Health, 127254, Moscow, Dobrolyubova str., 11, e-mail: [vasiliy\\_1@mail.ru](mailto:vasiliy_1@mail.ru), in ORCID: 0000-0003-2114-8613, spin: 6870-7472

Статья получена: 01.10.2023 г.

Принята к публикации: 25.12.2023 г.