

УДК 614.2

DOI 10.24412/2312-2935-2025-2-744-755

## РАЗРАБОТКА ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ МОДЕЛИ СКРИНИНГА НА ДИАБЕТИЧЕСКУЮ РЕТИНОПАТИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Я.А. Мартусевич, Н.В. Лантев, М.О. Плешков, Е.Г. Старикова, И.В. Толмачев*

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Томск*

**Введение:** в России заболевания сетчатки занимают второе место в структуре инвалидности по зрению. Среди всех заболеваний сетчатки частой причиной слепоты является диабетическая ретинопатия – микрососудистое осложнение сахарного диабета.

Одним из факторов, приводящих к развитию слепоты и инвалидности у пациентов с диабетической ретинопатией, является позднее обращение к врачу-офтальмологу вследствие бессимптомного течения начальной стадии, кадрового врачебного дефицита, особенно на удаленных территориях. Решением данной проблемы может послужить внедрение телемедицинской системы цифрового скрининга на диабетическую ретинопатию.

**Цель исследования:** разработать телемедицинскую модель скрининга на диабетическую ретинопатию с использованием цифровых инструментов.

**Материалы и методы:** для разработки телемедицинской системы цифрового скрининга проводили фоторегистрацию глазного дна пациентам с установленным диагнозом сахарный диабет. Всего 1895 человек старше 18 лет. Фотографирование глазного дна проводили при помощи портативной цифровой ретинальной камеры Optomed AURORA (Финляндия) в двух проекциях. Фотографии передавали по защищенному каналу передачи данных из медицинских учреждений Томской области на единый сервер центра патологии сетчатки, где при помощи сверточной нейронной сети проводился анализ изображений с разделением на классы: диабетической ретинопатия, норма. Сверточная нейронная сеть обучена на наборах изображений глазного дна, размеченных на норму и патологию ( $n = 131905$  снимков), из них 95339 снимков глазного дна без патологии и 34146 снимков с патологией. Так как представленный датасет не является сбалансированным по классам, то в процессе обучения использовался алгоритм расчета взвешенной ошибки по классам с коэффициентом 2.64 в пользу наименьшего класса. Затем фотографии сетчатки оценивал врач – сотрудник центра, определял стадию процесса. Результат пациенту отправляли посредством медицинской информационной системы «БАРС».

**Результаты.** Разработанная телемедицинская система позволила провести обследование 1895 больных сахарным диабетом из разных муниципальных районов Томской области, в том числе, где нет врача-офтальмолога. Фоторегистрацию глазного дна проводили медицинские сестры кабинетов медицинской профилактики лечебно-профилактических учреждений. Диабетическая ретинопатия была выявлена у 9,8 % осмотренных пациентов с сахарным диабетом. Диабетическая ретинопатия в ранней (непролиферативной) стадии выявлена в 73,8 % случаев, в препролиферативной стадии зафиксирована в 8,6 % случаев, доля пролиферативной стадии составила 17,6 %. В зависимости от стадии пациентам были даны рекомендации по дальнейшей тактике наблюдения и лечения диабетической ретинопатии. Также в процессе тестирования модели скрининга был выявлен 121 случай бессимптомной диабетической ретинопатии, причем у 23 человек в поздней, пролиферативной стадии.

**Заключение.** Разработанная модель телемедицинского скрининга диабетической ретинопатии позволяет выявлять случаи диабетической ретинопатии у жителей отдаленных от города районов без посещения офтальмологических кабинетов, и только в случае обнаружения патологических изменений глазного дна направлять пациентов на дальнейшее офтальмологическое обследование или лечение.

**Ключевые слова:** диабетическая ретинопатия, телемедицинский скрининг, сверточная нейронная сеть, цифровая фоторегистрация сетчатки, модель организации медицинской помощи

## DEVELOPMENT OF A TELEMEDICINE MODEL FOR DIABETIC RETINOPATHY SCREENING WITH THE USE OF DIGITAL INSTRUMENTS

*I. A. Martusevich, N.V. Laptev, M.O. Pleshkov, E.G. Starikova, I.V. Tolmachev*

*Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation*

**Absract.** In Russia, retinal diseases rank second in the structure of visual impairment. Among all retinal diseases, diabetic retinopathy is a common cause of blindness, being a microvascular complication of diabetes mellitus. One of the factors leading to blindness and disability in patients with diabetic retinopathy is the late visit to an ophthalmologist due to the asymptomatic course of the initial stage, as well as a shortage of medical professionals, especially in remote areas. The implementation of a telemedicine system for digital screening of diabetic retinopathy may help address this issue.

**Purpose of the study:** to develop a telemedicine model for screening diabetic retinopathy using digital tools.

**Materials and methods.** To develop the telemedicine system for digital screening, fundus photography was conducted for patients diagnosed with diabetes mellitus. A total of 1,895 individuals over the age of 18 were included. Fundus photography was performed using a portable digital retinal camera, Optomed AURORA (Finland), in two projections. The photographs were transmitted via a secure data transmission channel from medical institutions in the Tomsk region to a centralized server at the retinal pathology center, where images were analyzed using a convolutional neural network (CNN) with classification into two categories: diabetic retinopathy and normal. The CNN was trained on datasets of fundus images labeled as normal and pathological ( $n = 131,905$  images), including 95,339 images without pathology and 34,146 images with pathology. Since the presented dataset was not balanced across classes, a weighted error calculation algorithm with a coefficient of 2.64 in favor of the smaller class was used during training. Subsequently, a physician from the center evaluated the retinal photographs and determined the stage of the disease. The results were sent to the patient via the Medical Information System "BARS."

**Results.** The developed telemedicine system enabled the examination of 1,895 patients with diabetes mellitus from various municipal districts of the Tomsk region, including areas without an ophthalmologist. Fundus photography was conducted by nurses in preventive medicine offices of healthcare institutions. Diabetic retinopathy was detected in 9.8% of the examined patients with diabetes. Early (non-proliferative) diabetic retinopathy was identified in 73.8% of cases, pre-proliferative stage was recorded in 8.6% of cases, and the proportion of proliferative stage was 17.6%. Depending on the stage, recommendations for further observation and treatment of diabetic retinopathy were provided to the patients. During the screening model testing, 121 cases of

asymptomatic diabetic retinopathy were identified, including 23 individuals in the late proliferative stage.

**Conclusion.** The developed telemedicine model for screening diabetic retinopathy allows for the identification of cases of diabetic retinopathy among residents of remote areas without the need for visits to ophthalmology offices, and only in cases of detected pathological changes in the fundus are patients referred for further ophthalmological examination or treatment.

**Keywords:** diabetic retinopathy, telemedicine screening, convolutional neural network, digital fundus photography, healthcare organization model

**Введение.** Диабетическая ретинопатия (ДР) занимает второе место среди причин слепоты у людей в возрасте от 25 до 65 лет на территории РФ. По данным статистических подсчетов, у каждого третьего пациента страдающего сахарным диабетом (СД), развивается ДР [1, 2]. К способам решения проблемы слепоты и инвалидности вследствие ДР можно отнести раннюю диагностику и скрининг заболевания. В «Глобальном докладе ВОЗ по диабету» и «Всемирном докладе о проблемах зрения» подчеркивается важность скрининга на ДР как средства профилактики слепоты и нарушения зрения [3, 4].

В настоящее время в РФ скрининг на ДР проводится в виде ежегодных обязательных направлений пациентов с СД к офтальмологу. Однако, пациенты зачастую не посещают офтальмолога до тех пор, пока у них не появятся жалобы на снижение зрения, более характерные для поздних стадий ДР, при которых лечение может быть не столь эффективно, как назначенное в более ранний период развития заболевания [5]. Особенно это актуально для пациентов, живущих в отдаленных населенных пунктах, и где могут отсутствовать врачи – офтальмологи. Для жителей таких территорий решением проблемы может быть внедрение скрининга на ДР на основе телемедицинских технологий.

Примером успешной национальной программы телескрининга ДР является программа, внедренная в Великобритании, результаты которой показали, что мониторинг ДР необходимо проводить наряду с общим гликемическим статусом пациентов. По итогам внедрения программы ДР перестала быть основной причиной слепоты в Англии и Уэльсе [6]. Однако, в нашей стране подобной программы телескрининга нет.

Телеофтальмологический скрининг может не только увеличить выявляемость ДР, но и сократить количество посещений офтальмологических кабинетов пациентами без признаков патологии сетчатки и, следовательно, снизить нагрузку на врачей-офтальмологов [7].

Поэтому **целью настоящей работы** явилось разработать телемедицинскую модель скрининга на диабетическую ретинопатию с использованием цифровых инструментов.

**Материал и методы.** В исследование были включены 1895 человек (3790 глаз) с установленным диагнозом сахарный диабет из пяти лечебно - профилактических учреждений (ЛПУ) Томской области: (Поликлиника №4 (Томск), Томская Районная Больница, Кожевниковская районная больница, Колпашевская районная больница, Кривошеинская районная больница) согласно маршрутизации, утвержденной Департаментом здравоохранения Томской области. Фоторегистрацию глазного дна проводили медицинские сестры кабинетов медицинской профилактики лечебно-профилактических учреждений. Всем пациентам проводили фоторегистрацию глазного дна при помощи цифровой портативной ретинальной камеры Optomed AURORA (Финляндия) в двух проекциях: 1) в центре макулярная область, 2) в центре диск зрительного нерва. Фотографии передавали по защищенному каналу передачи данных из медицинских учреждений Томской области на единый сервер центра патологии сетчатки, где при помощи сверточной нейронной сети проводился анализ изображений с разделением на классы: диабетической ретинопатия, норма. Затем фотографии сетчатки оценивал врач – сотрудник центра, определял стадию процесса. Результат пациенту отправляли посредством медицинской информационной системы (МИС) «БАРС».

Критерии включения: больные с установленным диагнозом «сахарный диабет» 1 и 2 типов.

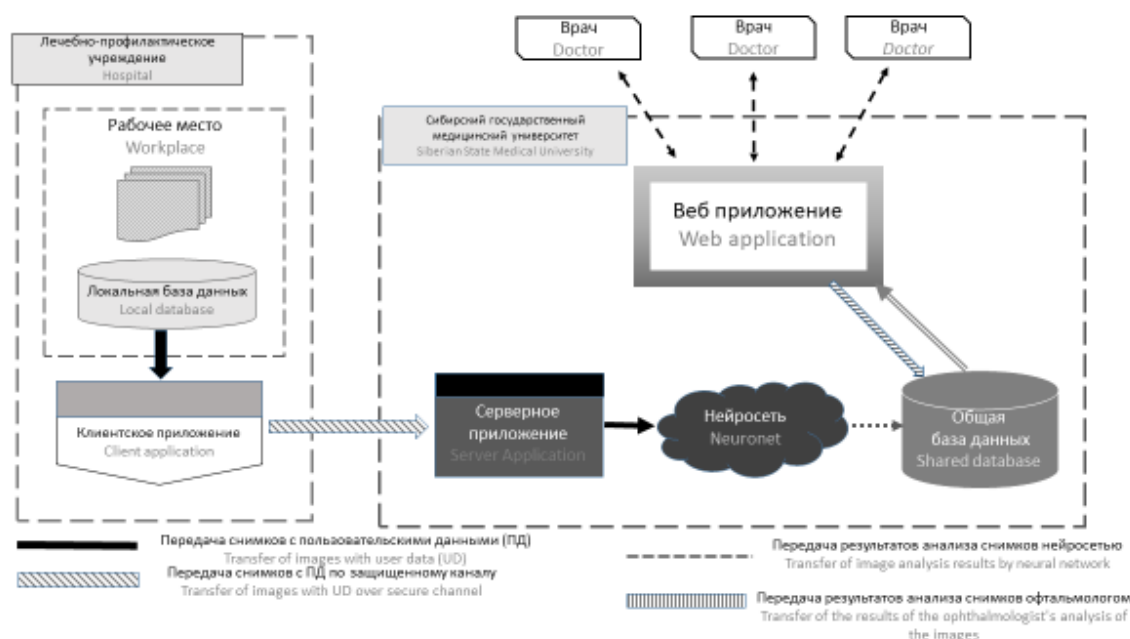
Критерии исключения: возраст младше 18 лет.

Цифровые инструменты включали:

1. локальную базу данных с клиентским приложением ретинальной камеры Avenue Orbit, расположенные в ЛПУ;
2. защищенный канал передачи данных из ЛПУ на единый сервер;
3. серверное приложение, обеспечивающее доступ к программам, выполняющимся непосредственно на серверном оборудовании;
4. общую базу данных снимков и результатов анализа;
5. сверточную нейронную сеть (CNN) обучали на наборах изображений глазного дна, размеченных на норму и патологию ( $n = 131905$  снимков), из них 95339 снимков глазного дна без патологии и 34146 снимков с патологией. Так как представленный датасет не является сбалансированным по классам, то в процессе обучения использовался алгоритм расчета взвешенной ошибки по классам с коэффициентом 2.64 в пользу наименьшего класса.

**Результаты.** В телемедицинской программе скрининга на ДР участвовало пять медицинских организаций Томской области, предоставляющих снимки глазного дна

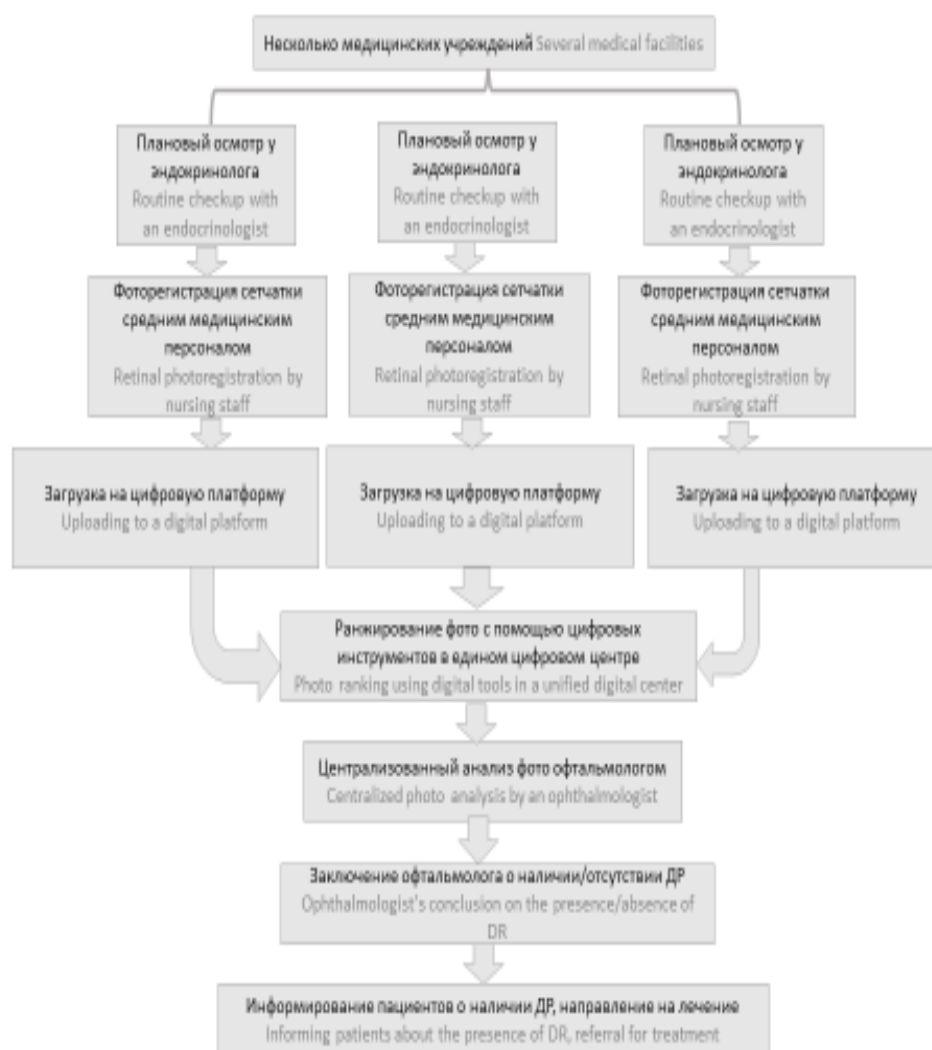
пациентов. В этих организациях на персональный компьютер устанавливалось программное обеспечение для отправки изображений в единый цифровой центр (рисунок 1).



**Рисунок 1.** Схема работы цифровых инструментов скрининга диабетической ретинопатии

Медицинская сестра кабинета медицинской профилактики ЛПУ фотографировала сетчатку пациента при помощи цифровой портативной ретинальной камеры. Средняя продолжительность цифровой фоторегистрации сетчатки занимала порядка 5 - 7 минут. Далее медицинская сестра загружала изображения в клиентскую часть приложения в формате Dicom файла, содержащего снимок и аннотацию к нему. Аннотация содержала следующую необходимую информацию: ФИО, дату приема, дату рождения, пол, название ЛПУ. Dicom файлы по защищенным каналам передачи данных отправлялись из ЛПУ на единый сервер центра патологии сетчатки, расположенный на базе ФГБОУ ВО «СибГМУ» Минздрава России. После сохранения на сервере, считывалась аннотация к файлу и, если все поля удовлетворяли заданным условиям (ФИО, дата приема, дата рождения, пол, название ЛПУ), происходило формирование таблицы с данными пациента. Далее сверточная нейронная сеть анализировала изображение и определяла степень уверенности наличия характерных признаков, соответствующих диабетической ретинопатии. Эта степень уверенности оценивалась нейронной сетью как высокая при вероятности патологии 85% и выше, средняя 50 – 85%, ниже 50% - снимок не оценивался как патологический. В веб-приложении для врачей-офтальмологов формировалась ранжированная таблица с данными пациентов, где

первые строчки занимали пациенты с наиболее высокой вероятностью патологии сетчатки и далее по мере убывания степени уверенности нейросетевой модели в наличие признаков характеризующих ДР или другого патологического состояния сетчатки. Затем снимки оценивал врач-офтальмолог – сотрудник центра патологии сетчатки, подтверждал наличие патологии и определял ее стадию и отправлял заключение в системе МИС «БАРС». Далее медицинская сестра кабинета медицинской профилактики ЛПУ информировала пациента о полученном заключении и рекомендациях (рисунок 2, 3).



**Рисунок 2.** Телемедицинская модель скрининга на диабетическую ретинопатию, предполагающая наличие удаленных центров записи снимков сетчатки и единого цифрового центра для анализа фотографий офтальмологом

Тестирование модели скрининга проводилось на базе пяти ЛПУ Томской области. Всего было обследовано 1895 пациентов с диагнозом сахарный диабет. ДР выявлена у 9,8 %

осмотренных пациентов с СД, при этом ДР в ранней (непролиферативной) стадии выявлена в 73,8 % случаев, в препролиферативной стадии ДР зафиксирована в 8,6 % случаев, доля пролиферативной стадии ДР составила 17,6 %. Также, в процессе тестирования модели скрининга был выявлен 121 случай бессимптомной ДР, причем у 89 пациентов была выявлена непролиферативная стадия, у 9 пациентов – препролиферативная стадия, у 23 человек – поздняя, пролиферативная стадия.



**Рисунок 3.** Снимки глазного дна с определенной при помощи нейросети вероятности патологии, %

**Обсуждение.** В России необходимыми методами скрининга на диабетическую ретинопатию пациентов с сахарным диабетом являются ежегодные осмотры врачом - офтальмологом, включая биомикроскопию и прямую офтальмоскопию глазного дна с широким зрачком. Согласно клиническим рекомендациям, при непролиферативной и препролиферативной стадии ДР пациенты наблюдаются офтальмологом 1 раз в 6 - 8 месяцев, при пролиферативной ДР 1 раз в 3 - 4 месяца. Больные с некомпенсированным СД должны осматриваться офтальмологом 1 раз в 6 месяцев даже при отсутствии патологических изменений глазного дна. Однако, зачастую пациенты с СД не проходят традиционный

обязательный ежегодный осмотр у врача-офтальмолога, а значит подвержены риску развития и прогрессирования недиагностированной ДР. Учитывая неравномерное распределение кадрового ресурса, вариабельность обеспеченности населения врачами – офтальмологами, тенденцию к увеличению нагрузки на амбулаторно – поликлиническое звено, недостаточное материально – техническое оснащение, недостаток квалифицированных врачей – офтальмологов, классический процесс скрининга риска ДР недостаточно эффективен, зачастую, заболевание не выявляется до тех пор, пока не произойдет необратимое повреждение сетчатки [5, 8, 9].

Более широкое внедрение фотосъемки сетчатки в различных медицинских учреждениях, таких как медицинские организации первичной медико-санитарной помощи, особенно в отдаленных районах, где отсутствуют врачи - офтальмологи, может повысить выявляемость ДР и улучшить доступ к медицинской помощи. Более того, создание подобной инфраструктуры дополнительно дает ряд преимуществ, а именно возможность составления регистров пациентов с ДР, систем классификации и градации ДР, учет, направление и контроль пациентов, получивших положительный результат скрининга по всей схеме маршрутизации [10, 11].

При помощи разработанной системы из 1895 пациентов с СД, ДР выявлена у 185, при этом ранняя, непролиферативная стадия выявлена у 124 больных, «продвинутая», препролиферативная стадия зафиксирована у 16 пациентов, у 45 человек выявлена тяжелая, пролиферативная ДР.

С помощью разработанной системы скрининга удалось выявить 121 случай бессимптомной ретинопатии, из которых у 88 пациентов была выявлена ранняя стадия, а у 23 - поздняя стадия ДР. Подобные нарушения сетчатки развиваются в течение нескольких лет, следовательно эти пациенты могли неоднократно пропускать обязательные ежегодные медицинские осмотры. Этот факт подтверждает наблюдение о том, что пациенты не посещают профилактические осмотры и обращаются к офтальмологу, когда нарушение зрения становится очевидным. Следовательно, модель скрининга на ДР, которую мы предлагаем для использования в условиях телемедицины, может быть внедрена повсеместно для улучшения контроля за развитием ДР.

Таким образом, нами разработана телемедицинская модель цифрового скрининга, которая позволяет выявлять ДР на бессимптомной стадии. В этом случае органические изменения сетчатки минимальны, а проводимое лечение будет наиболее результативным и позволит избежать развитие слепоты в будущем. Разработанная модель скрининга может быть

применена в отдаленных районах в организациях первичной медико-санитарной помощи без посещения офтальмологических кабинетов, и только в случае обнаружения патологических изменений глазного дна направлять пациентов на дальнейшее офтальмологическое обследование или лечение.

#### **Выводы:**

1. Разработанная телемедицинская модель скрининга может эффективно применяться для скрининга диабетической ретинопатии, в том числе в отдаленных районах в организациях первичной медико-санитарной помощи.

2. Разработанная телемедицинская модель цифрового скрининга позволяет выявлять диабетическую ретинопатию на бессимптомной стадии. В результате проведенного исследования выявлен 181 случай бессимптомной ретинопатии.

#### **Список литературы**

1. ВОЗ публикует статистику о ведущих причинах смертности и инвалидности во всем мире за период 2000-2019 гг; 2020.
2. Глобальный доклад по диабету ВОЗ; 2016.
3. Всемирный доклад о проблемах зрения. Женева; 2020.
4. Scanlon P.H. The English National Screening Programme for diabetic retinopathy 2003-2016. *Acta Diabetologica*. 2017; 54(6): 515-525. <https://doi.org/10.1007/s00592-017-0974-1>
5. Kashim R.M., Newton P., Ojo O. Diabetic Retinopathy Screening: A Systematic Review on Patients' Non-Attendance. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15(1): 157. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010157>.
6. Liew G., Michaelides M., Bunce C. A comparison of the causes of blindness certifications in England and Wales in working age adults (16-64 years), 1999-2000 with 2009-2010. *BMJ Open*. 2014; 4: e004015 <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-004015>.
7. Kalogeropoulos D, Kalogeropoulos C, Stefaniotou M, Neofytou M. The role of teleophthalmology in diabetic retinopathy screening. *J Optom*. 2020; 13(4): 262-268. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2019.12.004>.
8. Kropp M., Golubnitschaja O., Mazurakova A. Koklesova L., Sargheini N., Vo T.K.S., de Clerck E., Polivka J. Jr., Potuznik P., Polivka J., Stetkarova I., Kubatka P., Thumann G. Diabetic retinopathy as the leading cause of blindness and early predictor of cascading complications-risks and mitigation. *EPMA J*. 2023; 14(1): 21-42. <https://doi.org/10.1007/s13167-023-00314-8>.

9. Wykoff C.C., Khurana R.N., Nguyen Q.D., Kelly S.P. Lum F., Hall R., Abbass I.M., Abolian A.M., Stoilov I., To T.M., Garmo V. Risk of Blindness Among Patients With Diabetes and Newly Diagnosed Diabetic Retinopathy. *Diabetes Care*. 2021; 44(3): 748-756. <https://doi.org/10.2337/dc20-0413>.
10. Иванов А.В. Регистры как основа для сбора данных и построения доказательств. Реальная клиническая практика: данные и доказательства. 2021; 1(1): 10-15. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrwd-3>
11. Шестакова М.В., Викулова О.К., Железнякова А.В., Исаков М.А., Дедов И.И. Эпидемиология сахарного диабета в Российской Федерации: что изменилось за последнее десятилетие? *Терапевтический архив*. 2019; 91 (10): 4-13.

### References

1. WHO publishes statistics on the leading causes of death and disability worldwide for the period 2000-2019; 2020. (in Russian)
2. WHO Global Diabetes Report; 2016. (in Russian)
3. World report on vision problems. Geneva; 2020. (in Russian)
4. Scanlon P.H. The English National Screening Programme for diabetic retinopathy 2003-2016. *Acta Diabetologica*. 2017; 54(6): 515-525. <https://doi.org/10.1007/s00592-017-0974-1>
5. Kashim R.M., Newton P., Ojo O. Diabetic Retinopathy Screening: A Systematic Review on Patients' Non-Attendance. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15(1): 157. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010157>.
6. Liew G, Michaelides M, Bunce C. A comparison of the causes of blindness certifications in England and Wales in working age adults (16-64 years), 1999-2000 with 2009-2010. *BMJ Open*. 2014;4:e004015
7. Kalogeropoulos D, Kalogeropoulos C, Stefanidou M, Neofytou M. The role of teleophthalmology in diabetic retinopathy screening. *J Optom*. 2020 Oct-Dec;13(4):262-268. doi: 10.1016/j.optom.2019.12.004. Epub 2020 Jan 14. PMID: 31948924; PMCID: PMC7520530.
8. Kropp M., Golubnitschaja O., Mazurakova A. Koklesova L., Sargheini N., Vo T.K.S., de Clerck E., Polivka J. Jr., Potuznik P., Polivka J., Stetkarova I., Kubatka P., Thumann G. Diabetic retinopathy as the leading cause of blindness and early predictor of cascading complications-risks and mitigation. *EPMA J*. 2023; 14(1): 21-42. <https://doi.org/10.1007/s13167-023-00314-8>.
9. Wykoff C.C., Khurana R.N., Nguyen Q.D., Kelly S.P. Lum F., Hall R., Abbass I.M., Abolian A.M., Stoilov I., To T.M., Garmo V. Risk of Blindness Among Patients With Diabetes and Newly

Diagnosed Diabetic Retinopathy. Diabetes Care. 2021; 44(3): 748-756. <https://doi.org/10.2337/dc20-0413>.

10. Ivanov A.V. Registers as a basis for data collection and evidence construction. Real'naja klinicheskaja praktika: dannye i dokazatel'stva. 2021; 1(1): 10-15. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrwd-3> (In Russian)

11. Shestakova M.V., Vikulova O.K., Zheleznyakova A.V., Isakov M.A., Dedov I.I. Epidemiology of diabetes mellitus in the Russian Federation: what has changed over the last decade? Terapevticheskij arhiv. 2019; 91 (10): 4-13. (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 «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, главный внештатный специалист по организации специализированной медицинской помощи по профилю «офтальмология» Департамента здравоохранения Томской области, 634050, Россия, Томск, ул. Московский тракт, 2, e-mail: [mmal1@yandex.ru](mailto:mmal1@yandex.ru), ORCID: 0000-0003-4826-4841, SPIN-код: 5667-4748

**Лаптев Никита Витальевич** – кандидат технических наук, младший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, 2, e-mail: [laptev.nv@ssmu.ru](mailto:laptev.nv@ssmu.ru), ORCID: 0000-0003-0709-9974, SPIN-код: 2735-2600

**Плешков Максим Олегович** - PhD, научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, 2, e-mail: [pleshkov.mo@ssmu.ru](mailto:pleshkov.mo@ssmu.ru), ORCID: 0000-0002-4131-0115, SPIN-код: 8625-0940

**Старикова Елена Григорьевна** – доктор медицинских наук, научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 634050, г. Томск, e-mail: [elena.g.starikova@yandex.ru](mailto:elena.g.starikova@yandex.ru), ORCID: 0000-0002-8899-0795 SPIN-код: 2669-7130

**Толмачев Иван Владиславович** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, 2, e-mail: [ivantolm@mail.ru](mailto:ivantolm@mail.ru), ORCID: 0000-0002-2888-5539, SPIN-код: 1074-1268

**Information about author**

**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: [mma1@yandex.ru](mailto:mma1@yandex.ru), in ORCID: 0000-0003-4826-4841, spin: 5667-4748

**Laptev Nikita Vitalievich** – Candidate of Technical Sciences, Junior Researcher, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State Medical University" of the Ministry of Health of Russia, 634050, Tomsk, Moskovsky Trakt St., 2, e-mail: [laptev.nv@ssmu.ru](mailto:laptev.nv@ssmu.ru), ORCID:0000-0003-0709-9974, SPIN-code:2735-2600

Pleshkov Maxim Olegovich - PhD, Researcher, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State Medical University" of the Ministry of Health of Russia, 634050, Tomsk, Moskovsky Trakt St., 2, e-mail: [pleshkov.mo@ssmu.ru](mailto:pleshkov.mo@ssmu.ru), ORCID: 0000-0002-4131-0115, SPIN-code:8625-0940

**Starikova Elena Grigoryevna** -Doctor of Medical Sciences, Researcher, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State Medical University" of the Ministry of Health of Russia, 634050, Tomsk, e-mail: [elena.g.starikova@yandex.ru](mailto:elena.g.starikova@yandex.ru), ORCID: 0000-0002-8899-0795, SPIN-code:2669-7130

**Tolmachev Ivan Vladislavovich** - Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State Medical University" of the Ministry of Health of Russia, 634050, Tomsk, Moskovsky Trakt St., 2, e-mail: [ivantolm@mail.ru](mailto:ivantolm@mail.ru), ORCID: 0000-0002-2888-5539, SPIN-code: 1074-1268

Статья получена: 01.04.2025 г.  
Принята к публикации: 25.06.2025 г.