

## Информация об авторах:

**Екатерина Викторовна Веселова** — доцент кафедры глазных болезней, кандидат медицинских наук; **Татьяна Григорьевна Каменских** — заведующая кафедрой глазных болезней, профессор, доктор медицинских наук; **Дмитрий Анатольевич Шаденков** — руководитель отдела клинических исследований; **Сергей Витальевич Стовбун** — заведующий лабораторией химической физики биосистем, доктор физико-математических наук; **Нина Михайловна Русакова** — врач-офтальмолог Университетской клинической больницы №2 (Клиники глазных болезней); **Лариса Станиславовна Барабанова** — врач-офтальмолог Университетской клинической больницы №2 (Клиники глазных болезней).

## Information about the authors:

**Ekaterina V. Veselova** — Assistant Professor of the Department of Ophthalmology, PhD; **Tatyana G. Kamenskikh** — Head of the Department of Eye Diseases, Professor, DSc; **Dmitry A. Shadenkov** — Head of the Division for Clinical Research; **Sergey V. Stovbun** — Head of the Laboratory of Chemical Physics of Biosystems, DSc; **Nina M. Rusakova** — Ophthalmologist of University Clinical Hospital №2 (Clinic of Eye Diseases); **Larisa S. Barabanova** — Ophthalmologist of University Clinical Hospital №2 (Clinic of Eye Diseases).

УДК 617.735–002.18  
WJWBCV

Обзор

## ДИАБЕТИЧЕСКАЯ РЕТИНОПАТИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ, ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ, ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ, ХИРУРГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ (ОБЗОР)

**А. С. Головин<sup>1</sup>, Е. И. Беликова<sup>2</sup>, А. А. Кожухов<sup>2</sup>, Э. Н. Эскина<sup>2</sup>, В. Кумар<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ГБУЗ «Ленинградская областная клиническая больница», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, Москва, Россия

<sup>3</sup>Медицинский институт ФГАОУ ВО РУДН, Москва, Россия

## DIABETIC RETINOPATHY: MODERN EPIDEMIOLOGICAL, PATHOGENETIC, DIAGNOSTIC, SURGICAL ASPECTS (REVIEW)

**A. S. Golovin<sup>1</sup>, E. I. Belikova<sup>2</sup>, A. A. Kozhukhov<sup>2</sup>, E. N. Eskina<sup>2</sup>, V. Kumar<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Leningrad Regional Clinical Hospital, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Academy of Postgraduate Education of the FSBF FRCC of the FMBA of Russia, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

**Для цитирования:** Головин А. С., Беликова Е. И., Кожухов А. А., Эскина Э. Н., Кумар В. Диабетическая ретинопатия: современные эпидемиологические, патогенетические, диагностические, хирургические аспекты (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. Приложение: Офтальмология. 2022; 18 (4): 667–671. EDN: WJWBCV.

**Аннотация.** Цель: представить современные данные, касающиеся эпидемиологических, патогенетических, диагностических и хирургических аспектов пролиферативной диабетической ретинопатии (ПДР). Обзор выполнялся с использованием отечественной базы данных RSCI и международной базы данных PubMed, при этом ключевыми словами поиска являлись «диабетическая ретинопатия», «пролиферативная диабетическая ретинопатия», «витрэктомия». Всего найдено 478 источников с дальнейшим использованием фильтров систематического обзора и знаний авторов по теме (отобрано для обзора — 43). Глубина поиска составляла 10 лет (2013–2022 гг.). **Заключение.** Существенный рост заболеваемости сахарным диабетом (СД) сопровождается повышением частоты возникновения (до 4%) ПДР, являющейся одной из главных причин слепоты и слабовидения в трудоспособном возрасте. Ведущими факторами, определяющими возникновение и патогенез ПДР, являются гипергликемия, хроническое воспаление и изменение ретинального кровотока. В диагностическом плане отмечается ценность оптической когерентной томографической ангиографии. Основные направления витрэктомии при ПДР (оптимизация хирургического оборудования, визуализация витреоретинальных структур, применение медикаментозных средств, развитие новых технологий хирургического вмешательства) обеспечивают повышение клинической эффективности проводимого лечения. Представленные современные данные целесообразно учитывать при консультировании пациентов по поводу тактики и продолжительности лечения больных ПДР.

**Ключевые слова:** пролиферативная диабетическая ретинопатия, витрэктомия, сахарный диабет

**For citation:** Golovin AS, Belikova EI, Kozhukhov AA, Eskina EN, Kumar V. Diabetic retinopathy: modern epidemiological, pathogenetic, diagnostic, surgical aspects (review). Saratov Journal of Medical Scientific Research. Supplement: Ophthalmology. 2022; 18 (4): 667–671. EDN: WJWBCV. (In Russ.)

**Abstract.** *Objective:* to present current data regarding the epidemiological, pathogenetic, diagnostic and surgical aspects of proliferative diabetic retinopathy (PDR). The review was performed using the Russian database RSCI and the international database PubMed, while the search keywords were “diabetic retinopathy”, “proliferative diabetic retinopathy”, “vitrectomy”. A total of 478 sources were identified with further use of systematic review filters and authors' knowledge of the topic (43 sources were selected for review). The duration of the search was 10 years (2013–2022). *Conclusion.* A significant increase in the incidence of diabetes mellitus is accompanied by an increase in the incidence (up to 4% among people with diabetes) of PDR, which is one of the main causes of blindness and low vision in working age. The leading factors that determine the occurrence and pathogenesis of PDR are hyperglycemia, chronic inflammation, and changes in retinal blood flow. In the diagnostic plan, the value of optical coherence tomographic angiography is noted. The main directions of vitrectomy in PDR (optimization of surgical equipment, visualization of vitreoretinal structures, the use of drugs, the development of new technologies for surgical intervention) provide an increase in the clinical effectiveness of the treatment. The presented modern data should be taken into account when counseling patients about the tactics and duration of treatment for patients with PDR.

**Keywords:** proliferative diabetic retinopathy, vitrectomy, diabetes mellitus

**Введение.** Диабетическая ретинопатия (ДР) является частым и специфическим микрососудистым осложнением диабета и остается ведущей причиной предотвратимой слепоты у людей трудоспособного возраста. Данное заболевание выявляется у 1/3 людей с диабетом и непосредственно связано с повышенным риском опасных для жизни системных сосудистых осложнений, включая инсульт, ишемическую болезнь сердца, а также сердечную и почечную недостаточность. При прогрессировании ДР и возникновении ПДР применение современных терапевтических методов (лекарственные препараты, лазерная терапия) в ряде случаев недостаточно для профилактики потери зрения и требует проведения хирургического вмешательства (витрэктомии).

**Цель** — представить современные данные, касающиеся эпидемиологических, патогенетических, диагностических и хирургических аспектов пролиферативной диабетической ретинопатии.

**Методы получения информации.** Обзор выполнялся с использованием отечественной базы данных RSCI и международной — PubMed, при этом ключевыми словами поиска являлись «диабетическая ретинопатия», «пролиферативная диабетическая ретинопатия», «витрэктомия». Всего найдено 478 источников с дальнейшим использованием фильтров систематического обзора и знаний авторов по теме (отобрано для обзора — 43). Глубина поиска составляла 10 лет (2013–2022 гг.).

**Эпидемиологические, патогенетические, диагностические аспекты.** Последнее десятилетие характеризуется выраженным (до 32,6%) ростом заболеваемости СД как первого, так и второго типов и, как следствие этого, повышением частоты возникновения ДР, являющейся одной из основных причин слепоты (до 2,6% глобальной слепоты, по данным Всемирной организации здравоохранения) и слабовидения в трудоспособном возрасте. С 2015 по 2019 г. распространенность ДР составила в среднем 27% среди пациентов с диабетом во всем мире, в том числе 25,2% для непролиферативной ДР и 1,4% для ПДР, при этом диабетический макулярный отек диагностирован у 4,6% пациентов с диабетом. Самая высокая распространенность ДР была зарегистрирована в регионе Западной части Тихого океана (36,2%), в то время как в других регионах наблюдались различия в заболеваемости: Ближний Восток и Северная Африка (33,8%), Европа (20,6%) и Азия (12,5%) [1].

В связи с этим следует особо отметить проведенное недавно исследование глобальной распространенности ДР и прогноза до 2045 г. Авторы (на основании анализа 59 популяционных исследований) утверждают, что среди лиц с диабетом глобальная распространенность составила 22,27% (95% доверительный интервал [ДИ], 19,73–25,03%) для ДР, 6,17% (95% ДИ, 5,43–6,98%) для «угрожающей зрению» ПДР и 4,07% (95% ДИ, 3,42%–4,82%) для клинически значимого макулярного отека. В 2020 г. число взрослых во всем мире с ДР, «угрожающей зрению» ПДР и клинически значимым макулярным отеком оценивалось в 103,12, 28,54 и 18,83 млн соответственно; к 2045 г. прогнозируется увеличение их числа до 160,50, 44,82 и 28,61 млн соответственно. Распространенность ДР была самой высокой в Африке

(35,90%), Северной Америке и Карибском бассейне (33,30%), а самой низкой — в Южной и Центральной Америке (13,37%). Ожидается, что глобальная бремя ДР будет оставаться высоким до 2045 г., непропорционально затрагивая страны Ближнего Востока, Северной Африки и западной части Тихого океана. Авторы заключают, что установленные данные могут служить ориентиром для скрининга ДР, лечения и стратегий общественного здравоохранения [2].

В Российской Федерации отмечаются высокие темпы роста заболеваемости СД. По данным федеральной статистики, в России на начало 2015 г. зарегистрировано более 4 млн больных СД. В то же время, по результатам контрольно-эпидемиологических исследований Эндокринологического научного центра, истинная численность больных СД в нашей стране достигает 10,8 млн человек, что составляет 7% населения [3].

Применительно к патогенезу ДР следует подчеркнуть, что многочисленные изменения сосудов сетчатки при ДР происходят задолго до того, как исследование глазного дна выявляет какие-либо патологические изменения. Длительное существование СД приводит к ранней и прогрессирующей потере ретинальных перицитов и эндотелиальных клеток, что приводит к микроаневризмам [4]. В дальнейшем установлено, что повышенный лейкостаз и изменения тромбоцитарно-фибринового тромба в капиллярах сетчатки существенно способствуют ишемии сетчатки и сосудистой обструкции. Результирующая хроническая гипоксия запускает ангиогенные факторы роста, такие как фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), которые в конечном итоге способствуют неоваскуляризации сетчатки, связанной с ПДР [5].

Основными факторами, определяющими возникновение и патогенез ДР, являются гипергликемия и хроническое воспаление. Некоторые исследования предполагают более быстрое прогрессирование ДР с колебаниями уровня глюкозы между гипер- и нормогликемией у лиц с плохо контролируемым СД [6]. Различные механизмы играют неотъемлемую роль в повреждении капилляров, наблюдаемом при ДР, включая усиление полиольного пути, активацию протеинкиназы C, ускоренное увеличение неферментативного гликирования и выработку реактивного кислорода. Активация полиольного пути приводит к гибели капиллярных клеток сетчатки. Система антиоксидантной защиты, предотвращающая окислительный стресс клеток и тканей, при этом подавляется, особенно ферменты супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы. Ускоренное увеличение конечных продуктов гликирования (AGE) может спровоцировать устойчивую активацию клеток, повреждение базальной мембраны и ее утолщение, что еще больше усугубляет повреждение ткани сетчатки [7].

Наряду с этим жизненно важную роль в патогенезе ДР играют изменения ретинального кровотока, проявляющиеся усилением паттернов и повышенной гетерогенностью его распределения [8]. Как правило, контроль кровотока сбалансирован между релаксирующими факторами эндотелиального происхождения, такими как оксид азота (NO), простаглицлин, гиперполяризующий фактор эндотелиального происхождения, и факторами сокращения — ангиотензином II, эндотелином и циклооксигеназой. Взаимодействие этих факторов играет жизненно важную роль при ДР, регулируя сосудистый тонус посредством стимуляции или ингибирования гладкомышечных клеток и перицитов. Вместе с тем NO является

**Ответственный автор** — Александр Сергеевич Головин  
**Corresponding author** — Alexander S. Golovin  
Тел.: +7 (921) 5700740  
E-mail: asgolovin1982@gmail.com

мощным сосудорасширяющим средством, вызывающим расслабление гладкой мускулатуры, а гипергликемия приводит либо к уменьшению продукции, либо к ослаблению влияния NO с помощью различных механизмов. Помимо того, ДР связана с повышенным уровнем VEGF как в стекловидном теле, так и в сетчатке. VEGF играет жизненно важную роль в неоваскуляризации, что приводит к прогрессированию непролиферативной ДР в ПДР. VEGF не только стимулирует миграцию и пролиферацию эндотелиальных клеток, но также действует как фактор выживания новых кровеносных сосудов при СД [7].

В диагностическом плане следует отметить, что офтальмологическое обследование пациентов с ПДР выполняется, как правило, на основе традиционных методов (визометрии, офтальмо- и биомикроскопии сетчатки, хрусталика, стекловидного тела, фоторегистрации глазного дна, а также оптической когерентной томографии и флюоресцентной ангиографии). Ведущие видимые офтальмоскопические признаки ДР, определяющие степень тяжести и прогрессирования заболевания: микроаневризмы капилляров сетчатки, мягкие или твердые экссудаты, интравитреальные микрокровоизлияния, четкие вены и интравитреальные микрососудистые аномалии. Данные изменения в микроциркуляции сетчатки вызывают два физиопатологических явления: закрытие капилляров с последующей ишемией или экстравазацию внутрисосудистого содержимого в строму, вызывающую отек. В связи с этим нужно особо выделить диагностическую ценность метода оптической когерентной томографической ангиографии (ОКТА), который был разработан для визуализации микроциркуляторного русла сетчатки и хориокапилляров на основе контраста движения циркулирующих клеток крови. Возможность разрешения по глубине и неинвазивный характер ОКТА позволяют проводить повторные исследования и визуализацию микроциркуляторного русла в области капиллярных сплетений и хориокапилляров сетчатки. Благодаря этому ОКТА дает возможность проводить количественную оценку микрососудистых изменений в капиллярной сети сетчатки в дополнение к обнаружению классических признаков, связанных с ДР, включая микроаневризмы, интравитреальные микрососудистые аномалии и неоваскуляризацию. Применение ОКТА обеспечивает необходимый объем данных для объективной количественной оценки степени повреждения микрососудов и выявления глаз с диабетической макулярной ишемией, способствующей потере зрения. Кроме того, ОКТА может выявить доклинические микрососудистые аномалии, предшествующие возникновению клинически определяемой ДР [8–12].

Изложенные положения в полном объеме реализуются при непролиферативных стадиях ДР. В то же время при ПДР информативность изложенных показателей может быть существенно снижена вследствие недостаточной визуализации глазного дна пациента. Именно поэтому на современном этапе развития офтальмологии все большее внимание уделяется субъективным методам обследования, основанным на оценке качества жизни пациента [13–16].

Наряду с этим предлагаются качественные критерии, основанные на экспертной оценке состояния глазного дна офтальмохирургом. Выбор критериев осуществлялся на основе классификации проявлений ДР Всемирной организации здравоохранения, клинических рекомендаций, а также апробированных в литературе показателей с учетом возможности

визуализации. Конкретизированные показатели представляют собой апробированные в литературных источниках клинические признаки, совокупность которых определяет тяжесть состояния глазного дна и диабетического макулярного отека. Одиночные показатели отображают отдельные клинические особенности состояния сетчатки и включают выраженность фиксации фиброваскулярной ткани к сетчатке, атипичное (распространение за макулярную область) расположение фиброваскулярной ткани, рубец, степень неоваскуляризации фиброваскулярной ткани, распространение тракционной отслойки сетчатки на периферию, гемофтальм, гифему. При этом применялась следующая балльная система оценки: 1 балл — начальные изменения, характерные для ДР; 2 балла — слабые, но более выраженные (по сравнению с 1 баллом) изменения; 3 балла — выраженность изменений средней степени; 4 балла — выраженные изменения. Важно подчеркнуть, что в целях повышения достоверности качественной оценки все обследования, связанные с определением конкретизированных или одиночных показателей, выполнялись одним офтальмохирургом [17].

**Хирургические аспекты.** К настоящему моменту витреоретинальная хирургия признается патогенетическим и обоснованным методом лечения различных видов витреоретинальной патологии, обеспечивающим (при своевременном выполнении) стабилизацию патологического процесса и улучшение зрительных функций [18].

Проведенный анализ литературы свидетельствует о том, что повышение клинической эффективности оперативного вмешательства при ПДР на современном этапе развития офтальмологии осуществляется по следующим основным направлениям: минимизация операционной травмы с помощью совершенствования хирургического оборудования и инструментария [19–21]; широкое применение современных методов диагностики, позволяющих визуализировать различные витреоретинальные структуры [9, 22–26]; применение широкого спектра медикаментозных средств (нейропротекторов, антиоксидантов, ингибиторов ангиогенеза, лекарственных препаратов и биологических активных добавок с повышенным содержанием антоцианозидов черники [27–33], а также совершенствование собственно хирургического вмешательства на основе внедрения технологий хирургии малых калибров (25, 27, 29, 30G), комбинированных инструментов (например, интраокулярного осветителя с наличием канала для ирригации), бимануальной техники выполнения витрэктомии и ряда других аспектов; при всем том, по данным литературных источников, острота зрения хотя бы на один глаз была достигнута или сохранена у большинства пациентов. После 10 лет динамического наблюдения примерно у ¼ всех пациентов была выполнена ревитрэктомия, при этом более чем половине пациентов потребовалась витрэктомия парного глаза [34–38].

В практическом плане при начальных и выраженных стадиях ПДР предлагается методика «щадящей» витрэктомии (последовательное выполнение факэмульсификации катаракты и витрэктомии 25G; ослабляющей капсулотомии в послеоперационный период; мономануальной методики витрэктомии и др.) [39]. При далеко зашедшей стадии ПДР (что, в частности, отмечается у пациентов, находящихся на гемодиализе) разработана комплексная технология проведения витрэктомии, основанная на совершенствовании этапов операции (одномоментная

ленсвитректомию с имплантацией интраокулярной линзы, максимально возможное удаление базально-витреума, выполнение периферической эндотомокоагуляции, бимануальная техника работы и др.), а также разработанным медикаментозным и анестезиологическим сопровождением [40]. В литературе также указывается, что клиническая эффективность проведенного оперативного лечения у пациентов с ПДР зависит преимущественно от следующих факторов: наличие и объем геморрагий в интра- и послеоперационный периоды; сохранение морфологии сетчатки при удалении фиброглияльной ткани; выбор соответствующих заместителей стекловидного тела при проведении оперативного вмешательства [41–43].

**Заключение.** Существенный рост заболеваемости СД сопровождается повышением частоты возникновения (до 4%) ПДР, являющейся одной из главных причин слепоты и слабовидения в трудоспособном возрасте. Ведущими факторами, определяющими возникновение и патогенез ПДР, являются гипергликемия, хроническое воспаление и изменение ретикулярного кровотока. В диагностическом плане отмечается ценность ОКТА. Основные направления витректомии при ПДР (оптимизация хирургического оборудования, визуализация витреоретинальных структур, применение медикаментозных средств, развитие новых технологий хирургического вмешательства) обеспечивают повышение клинической эффективности проводимого лечения. Представленные современные данные целесообразно учитывать при консультировании пациентов по поводу тактики и продолжительности лечения больных ПДР.

**Конфликт интересов** не заявляется.

#### References (Список источников)

1. Thomas RL, Halim S, Gurudas S, et al. IDF Diabetes Atlas: A review of studies utilising retinal photography on the global prevalence of diabetes related retinopathy between 2015 and 2018. *Diabetes Res Clin Pract.* 2019; 157 (11): 107840. DOI: 10.1016/j.diabres.2019.107840.
2. Teo ZL, Tham YC, Yu M, et al. Global prevalence of diabetic retinopathy and projection of burden through 2045: Systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology.* 2021; 128 (11): 1580–91. DOI: 10.1016/j.ophtha.2021.04.027.
3. Fursova AZh, Derbeneva AS, Vasilyeva MV. Structural and microvascular changes in the retina and choroid in patients with chronic kidney disease. *The Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii.* 2021; 137 (6): 99–108. (In Russ.). Фурсова А.Ж., Дербенева А.С., Васильева М.А. Особенности структурных и микроваскулярных изменений сетчатки и хориоидеи при хронической болезни почек. *Вестник офтальмологии.* 2021; 137 (6): 99–108. DOI: 10.17116/oftalma202113706199.
4. Ghamdi AHA. Clinical predictors of diabetic retinopathy progression: A systematic review. *Curr Diabetes Rev.* 2020; 16 (3): 242–7. DOI: 10.2174/1573399815666190215120435.
5. Rodrigues M, Xin X, Jee K, et al. VEGF secreted by hypoxic Müller cells induces MMP-2 expression and activity in endothelial cells to promote retinal neovascularization in proliferative diabetic retinopathy. *Diabetes.* 2013; 62 (11): 3863–73. DOI: 10.2337/db13-0014.
6. Roy S, Kern TS, Song B, et al. Mechanistic insights into pathological changes in the diabetic retina: implications for targeting diabetic retinopathy. *Am J Pathol.* 2017; 187 (1): 9–19. DOI: 10.1016/j.ajpath.2016.08.022.
7. Bhatwadekar AD, Shughoury A, Belamkar A, et al. Genetics of diabetic retinopathy, a leading cause of irreversible blindness in the industrialized world. *Genes (Basel).* 2021; 12 (8): 1200. DOI: 10.3390/genes12081200.
8. Shoshani Y, Harris A, Shoja MM, et al. Impaired ocular blood flow regulation in patients with open-angle glaucoma and diabetes. *Clin Exp Ophthalmol.* 2012; 40 (7): 697–705. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2012.02778.x.
9. Stattin M, Haas A-M, Ahmed D, et al. Detection rate of diabetic macular microaneurysms comparing dye-based angiography and optical coherence tomography angiography. *Sci Rep.* 2020; 10 (1): 16274. DOI: 10.1038/s41598-020-73516-z.
10. Durzhinskaya MH. Microaneurysms as a biomarker of diabetic retinopathy. *The Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii.* 2021; 137 (5-2): 300–5. (In Russ.) Дуржинская М.Х. Микроаневризмы как маркер диабетической ретинопатии. *Вестник офтальмологии.* 2021; 137 (5-2): 300–5. DOI: 10.17116/oftalma2021137052300.
11. Parravano M, De Geronimo D, Scarinci F, et al. Diabetic microaneurysms internal reflectivity on spectral-domain optical coherence tomography and optical coherence tomography angiography detection. *Am J Ophthalmol.* 2017; 179 (7): 90–6. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.04.021.
12. Querques G, Borrelli E, Battista M, et al. Optical coherence tomography angiography in diabetes: focus on microaneurysms. *Eye (Lond).* 2021; 35 (1): 142–8. DOI: 10.1038/s41433-020-01173-7.
13. Şahli E, İdil ŞA. Comparison of Quality of Life questionnaires in patients with low vision. *Turk J Ophthalmol.* 2021; 51 (2): 83–8. DOI: 10.4274/tjo.galenos.2020.99975.
14. Ng H, Vermeer KA, van Meurs JC, La Heij EC. Visual acuity inadequately reflects vision-related quality of life in patients after macula-off retinal detachment surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2020; 61 (10): 34. DOI: 10.1167/iovs.61.10.34.
15. Ovechkin IG, Malyshev AV, Karapetov GY, et al. Main principles of the development of the life quality evaluation methods in the case of vitreoretinal pathology. *Ophthalmology in Russia.* 2015; 12 (4): 75–9. (In Russ.) Овечкин И.Г., Малышев А.В., Карапетов Г.Ю. и др. Методические основы для разработки подходов в оценке качества жизни у пациентов с различными видами витреоретинальной патологии. *Офтальмология.* 2015; 12 (4): 75–9.
16. Ovechkin IG, Ovechkin NI, Pokrovsky DF, et al. Ways to improve the assessment of the “quality of life” in ophthalmology patients — world trends and own experience. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma.* 2022; 21 (3): 58–63. (In Russ.) Овечкин И.Г., Овечкин Н.И., Покровский Д.Ф. и др. Пути совершенствования исследования качества жизни пациента в офтальмологии — мировые тенденции и собственный опыт. *Национальный журнал глаукома.* 2022; 21 (3): 58–63. DOI: 10.53432/2078-4104-2022-21-3-58-63.
17. Golovin AS, Belikova EI. A comparative qualitative assessment of the severity of diabetic retinopathy in patients with stages III, IV and V, requiring hemodialysis, of chronic renal insufficiency. *Russian Ophthalmological Journal.* 2022; 15 (4): 18–22. (In Russ.) Головин А.С., Беликова Е.И. Сравнительная качественная оценка тяжести диабетической ретинопатии у пациентов с III, IV и V, требующей гемодиализа, стадиями хронической почечной недостаточности. *Российский офтальмологический журнал.* 2022; 15 (4): 18–22. DOI: 10.21516/2072-0076-2022-15-4-18-22.
18. Stewart MW, Browning DJ, Landers MB. Current management of diabetic tractional retinal detachments. *Indian J Ophthalmol.* 2018; 66 (12): 1751–62. DOI: 10.4103/ijjo.IJO\_1217\_18.
19. Canan H, Sizmaz S, Altan-Yaycioglu R. Surgical results of combined pars plana vitrectomy and phacoemulsification for vitreous hemorrhage in PDR. *Clin Ophthalmol.* 2013; (7): 1597–601. DOI: 10.2147/OPTH.S47780.
20. Chen PL, Chen YT, Chen SN. Comparison of 27-gauge and 25-gauge vitrectomy in the management of tractional retinal detachment secondary to proliferative diabetic retinopathy. *PLoS One.* 2021; 25 (16): e0249139. DOI: 10.1371/journal.pone.0249139
21. Comaratta M, Hariprasad SM, Reddy R. The evolution of vitreoretinal surgery platforms ophthalmic surgery lasers and imaging retina. 2017; 48 (7): 532–8. DOI: 10.3928/23258160-20170630-03.
22. Egorova EV, Lazareva AK. Vitreolenticular interface. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery.* 2019; (4): 60–6. (In Russ.) Егорова Е.В., Лазарева А.К. Витреолентикулярный интерфейс. *Офтальмохирургия.* 2019; (4): 60–6.
23. Introni U, Casalino G. Intravitreal aflibercept in diabetic macular edema: long-term outcomes. *Dev Ophthalmol.* 2017; 60: 71–77. DOI: 10.1159/000460220.
24. Khan M, Aziz AA, Shafi NA, et al. Targeting angiotensin in retinal vascular diseases: A literature review and summary of

clinical trials involving Faricimab. *Cells*. 2020; 9 (8): 1869. DOI: 10.3390/cells9081869.

25. Tong X, Yu Q, Ankawi G, et al. Insights into the role of renal biopsy in patients with T2DM: A literature review of global renal biopsy results. *Diabetes Ther*. 2020; 11 (9): 1983–99. DOI: 10.1007/s13300-020-00888-w.

26. Arrigo A, Teussink M, Aragona E, et al. Multi-color imaging to detect different subtypes of retinal microaneurysms in diabetic retinopathy. *Eye (Lond)*. 2021; 35 (1): 277–81. DOI: 10.1038/s41433-020-0811-6.

27. Dashina VV. Comprehensive evaluation of the effectiveness of the use of mitochondria-targeted antioxidants to reduce the likelihood of developing cataracts in patients after vitrectomy for the epiretinal membrane. PhD abstract. Moscow, 2020; 22 p. (In Russ.) Дашина В.В. Комплексная оценка эффективности применения митохондриально-направленных антиоксидантов для снижения вероятности развития катаракты у пациентов после проведения витрэктомии по поводу эпиретинальной мембраны: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2020; 22 с.

28. Mansour SE, Browning DJ, Wong K, et al. The evolving treatment of diabetic retinopathy. *Clin Ophthalmol*. 2020; 4 (14): 653–78. DOI: 10.2147/OPTH.S236637.

29. Deputatova AN. Comprehensive comparative evaluation of various methods of antioxidant therapy during vitrectomy in patients with epiretinal membrane. PhD abstract. Moscow, 2017; 22p. (In Russ.) Депутатова А.Н. Комплексная сравнительная оценка различных методов антиоксидантной терапии при проведении витрэктомии пациентам с эпиретинальной мембраной: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2017; 22 с.

30. Egorov EA. Experience in the use of Retinalamin in various ophthalmic diseases. *Russian Medical Journal. Clinical Ophthalmology*. 2017; (1): 35–8. (In Russ.) Егоров Е.А. Опыт применения Ретиналамина при различных офтальмологических заболеваниях. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2017; (1): 35–8.

31. Bikbov MM, Fayzrakhmanov RR, Kalanov MR. Combined approach to surgical treatment of patients with proliferative stage of diabetic retinopathy. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2017; 13 (2): 338–45. (In Russ.) Бикбов М.М., Файзрахманов Р.Р., Каланов М.Р. Комбинированный подход к оперативному лечению пациентов с пролиферативной стадией диабетической ретинопатии. Саратовский научно-медицинский журнал. 2017; 13 (2): 338–45.

32. Bikbov MM, Fayzrakhmanov RR, Zainullin RM, et al. Features of the dynamics of the state of macular pigment and photosensitivity of the central zone of the retina against the background of vitreoretinal surgery in diabetic macular edema. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2018; (1): 26–30. (In Russ.) Бикбов М.М., Файзрахманов Р.Р., Зайнуллин Р.М. и др. Особенности динамики состояния макулярного пигмента и светочувствительности центральной зоны сетчатки на фоне витреоретинальной хирургии при диабетическом макулярном отеке. Офтальмохирургия. 2018; (1): 26–30.

33. Bikbov MM, Fayzrakhmanov RR, Kalanov MR, Zainullin RM. Efficiency of vitrectomy in combination with internal limiting membrane peeling associated with the gas-air tamponade of the vitreous cavity at the advanced stage of proliferative

diabetic retinopathy. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2017; (3): 22–6. (In Russ.) Бикбов М.М., Файзрахманов Р.Р., Каланов М.Р., Зайнуллин Р.М. Эффективность витрэктомии в сочетании с пилингом внутренней пограничной мембраны на фоне газовой тампонады витреальной полости при развитой стадии пролиферативной диабетической ретинопатии. Офтальмохирургия. 2017; (3): 22–6.

34. Gershoni A, Barayev E, Jbara D, et al. Postoperative complications of combined phacoemulsification and pars plana vitrectomy in diabetic retinopathy patients. *Front Med (Lausanne)*. 2022; 30 (9): 978346. DOI: 10.3389/fmed.2022.978346.

35. Yau GL, Silva PS, Arrigg PG, et al. Postoperative Complications of Pars Plana Vitrectomy for Diabetic Retinal Disease. *Semin Ophthalmol*. 2018; 33 (1): 126–33. DOI: 10.1080/08820538.2017.1353832.

36. Berrocal MH, Acaba-Berrocal L. Early pars plana vitrectomy for proliferative diabetic retinopathy: update and review of current literature. *Curr Opin Ophthalmol*. 2021; 32 (3): 203–8. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000760.

37. Schreur V, Brouwers J, Van Huet RAC, et al. Long-term outcomes of vitrectomy for proliferative diabetic retinopathy. *Acta Ophthalmol*. 2021; 99 (1): 83–9. DOI: 10.1111/aos.14482.

38. El-Baha SM, Ahmed ISH. Trimanual vitrectomy for severe proliferative diabetic retinopathy. *Int Ophthalmol*. 2021; 41 (5): 1717–27. DOI: 10.1007/s10792-021-01730-3.

39. Yuldasheva NM. Proliferative diabetic retinopathy: new aspects of pathogenesis, substantiation of the system of sparing vitreoretinal surgery and complex pharmacotherapy. DSc dissertation. Moscow, 2014; 308 с. (In Russ.) Юлдашева Н.М. Проллиферативная диабетическая ретинопатия: новые аспекты патогенеза, обоснование системы щадящей витреоретинальной хирургии и комплексной фармакотерапии: дис. ... д-ра мед. наук. М., 2014; 308 с.

40. Golovin AS, Belikova EI. Scientific substantiation, development, evaluation of the safety and clinical efficacy of vitrectomy technology in patients with severe forms of proliferative diabetic retinopathy who are on hemodialysis. *Ophthalmology in Russia*. 2022; 19 (4): 746–52. (In Russ.) Головин А.С., Беликова Е.И. Научное обоснование, разработка, оценка безопасности и клинической эффективности технологии витрэктомии у пациентов с тяжелыми формами пролиферативной диабетической ретинопатии, находящихся на гемодиализе. Офтальмология. 2022; 19 (4): 746–52. DOI: 10.18008/1816-5095-2022-4-746-752.

41. Medvedev IB, Evgrafov VYu, Batmanov YE. Diabetic retinopathy and its complications. Moscow: GEOTAR-Media, 2015; 288 p. (In Russ.) Медведев И.Б., Евграфов В.Ю., Батманов Ю.Е. Диабетическая ретинопатия и ее осложнения. М.: ГЕОТАР-Медиа, 2015; 288 с.

42. Li Y, Teng D, Shi X, et al. Prevalence of diabetes recorded in mainland China using 2018 diagnostic criteria from the American Diabetes Association: national cross sectional study. *BMJ*. 2020; 28 (4): 369: m997. DOI: 10.1136/bmj.m997.

43. Nathan DM, Bebu I, Hainsworth D, et al. Frequency of Evidence-Based Screening for Retinopathy in Type 1 Diabetes. *N Engl J Med*. 2017; 376 (16): 1507–16. DOI: 10.1056/NEJMoa1612836.

Статья поступила в редакцию 26.09.2022; одобрена после рецензирования 26.10.2022; принята к публикации 18.11.2022. The article was submitted 26.09.2022; approved after reviewing 26.10.2022; accepted for publication 18.11.2022.

#### Информация об авторах:

**Александр Сергеевич Головин** — заведующий офтальмологическим отделением; **Елена Ивановна Беликова** — профессор кафедры офтальмологии, доктор медицинских наук, доцент; **Арсений Александрович Кожухов** — профессор кафедры офтальмологии, доцент, доктор медицинских наук; **Эрика Наумовна Эскина** — профессор кафедры офтальмологии, доцент, доктор медицинских наук; **Винод Кумар** — профессор кафедры глазных болезней, доцент, доктор медицинских наук.

#### Information about the authors:

**Alexander S. Golovin** — Head of the Ophthalmological Division; **Elena I. Belikova** — Professor of the Department of Ophthalmology, Associate Professor, DSc; **Arseniy A. Kozhukhov** — Professor of the Department of Ophthalmology, Associate Professor, DSc; **Erika N. Eskina** — Professor of the Department of Ophthalmology, Associate Professor, DSc; **Vinod Kumar** — Professor of the Department of Eye Diseases, Associate Professor, DSc.