

- Plyukhova A.A. et al. The role of lipid metabolism and antioxidant system changes in the development of retinal vein occlusion. *Vestnik oftal'mologii*. 2014; 130 (3): 3–8. (In Russ.)
7. Yanagisawa M. A novel potent vasoconstrictor peptide produced by vascular endothelial cells. *Nature*. 1988; (332): 411–415. DOI: 10.1038/332411a0.
8. Loesch A. Perivascular nerves and vascular endothelium: recent advances. *Histol. Histopathol*. 2002; (17): 591–597.
9. Faller D.V. Endothelial cell responses to hypoxic stress. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol*. 1999; (26): 74–84. DOI: 10.1046/j.1440-1681.1999.02992.x.
10. Campochiaro P.A. Molecular pathogenesis of retinal and choroidal vascular diseases. *Prog. Retin. Eye Res*. 2015; (49): 67–81. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2015.06.002.
11. Vinore S.A., Youssri A.I., Luna J.D. et al. Upregulation of vascular endothelial growth factor in ischemic and non-ischemic human and experimental retinal disease. *Histol. Histopathol*. 1997; (12): 99–109.
12. Campochiaro P.A., Hafiz G., Shah S.M. et al. Ranibizumab for macular edema due to retinal vein occlusions: implication of VEGF as a critical stimulator. *Mol. Ther*. 2008; (16): 791–799. DOI: 10.1038/mt.2008.10.
13. Шеланкова А.В., Михайлова М.А., Андреева И.В. и др. Эффективность антиангиогенной терапии у пациентов с макулярным отёком вследствие окклюзии центральной вены сетчатки. *Соврем. техн. в офтальмол.* 2015; (3): 184–186. [Shelankova A.V., Mikhaylova M.A., Andreeva I.V. et al. Efficacy of antiangiogenic therapy in patients with macular edema due to central retinal vein occlusion. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*. 2015; (3): 184–186. (In Russ.)]
14. Kida T., Flammer J., Oku H. et al. Suppressed endothelin-1 by anti-VEGF therapy is important for patients with BRVO-related macular edema to improve their vision. *EPMA J*. 2016; 7 (1): 18. DOI: 10.1186/s13167-016-0066-2.
15. Stangos A.N., Petropoulos I.K., Pournaras J.A. et al. The vasodilatory effect of juxta-arteriolar microinjection of endothelin: A receptor inhibitor in healthy and acute branch retinal vein occlusion minipig retinas. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2010; 51: 2185–2190. DOI: 10.1167/iovs.09-3735.
16. Salvatore S., Vingolo E.M. Endothelin-1 role in human eye: a review. *J. Ophthalmol*. 2010; 2010: 354645. Pub. online 2011 Mar. 3. DOI: 10.1155/2010/354645.

УДК 617.7-089.24: 621.38

© 2017 Шишкин А.В. и соавторы

## МЕТОД ОБРАБОТКИ ЛИНЗ ОЧКОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Александр Валентинович Шишкин<sup>1</sup>, Александр Валентинович Корепанов<sup>2</sup>, Александр Владимирович Петров<sup>2</sup>, Анастасия Владимировна Ахкиямова<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск, Россия

<sup>2</sup>Ижевская государственная медицинская академия, г. Ижевск, Россия

Поступила 03.04.2017; принята в печать 17.04.2017.

**Реферат**

DOI: 10.17750/KMJ2017-412

**Цель.** Разработать недорогой и эффективный способ повышения гидрофильности поверхности линз и создать устройство для его осуществления.

**Методы.** Для осуществления заявленного способа была создана газоразрядная установка. Проводилась обработка в высокочастотном газовом разряде (холодной плазме) очков с пластиковыми линзами у 47 миопов и 43 гиперметропов. Газовый разряд создавался при следующих условиях: 1 МГц, 10–20 Вт, давление 0,3–0,01 мм рт.ст. Обработку осуществляли в течение 30–900 с. В результате гидрофильные свойства поверхности линз зарегистрированы у всех обработанных линз.

**Результаты.** На поверхности линз образуется большое количество гидрофильных функциональных групп, поэтому при конденсации паров воды вместо образования микрокапель происходит образование водной плёнки. При этом прозрачность линз не нарушается. Гидрофильные свойства поверхности линз сохранялись в среднем 3–4 нед. Газоразрядная обработка линз очков обеспечивает длительный эффект незапотевания линз очков, механическую устойчивость и безопасность покрытия, надёжную эксплуатацию очков.

**Вывод.** Нами предложен принципиально новый способ физико-химического модифицирования поверхности линз, который не только не уступает существующим методам, но и демонстрирует значительно лучшие результаты.

**Ключевые слова:** линзы, газоразрядная обработка, гидрофильная поверхность.

### THE METHOD OF EYEGGLASS LENSES PROCESSING AND A DEVICE FOR ITS PERFORMING

A.V. Shishkin<sup>1</sup>, A.V. Korepanov<sup>2</sup>, A.V. Petrov<sup>2</sup>, A.V. Akhkiyayova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia;

<sup>2</sup>Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia

**Aim.** To develop an inexpensive and efficient method of increasing the hydrophilicity of the lens surface and a device for its implementation.

**Methods.** To implement the claimed method, a gas discharge device was created. Processing of glasses with plastic lenses in a high-frequency gas discharge (cold plasma) was performed in 47 myopes and 43 hypermetropes. Gas discharge was generated under the following conditions: 1 MHz, 10–20 W, pressure of 0.3–0.01 mm Hg. Processing was carried out for 30–900 seconds. As a result hydrophilic properties of the lens surface were observed in all processed lenses.

**Results.** On the surface of the lenses a large number of hydrophilic functional groups are formed so during water vapour condensation the formation of a water film occurs instead of forming microdrops. Thus, transparency of the

lenses is not disturbed. The hydrophilic properties of the lens surface was maintained in an average for 3–4 weeks. Gas discharge eyeglass lens processing provides a long-term effect of eyeglass lens unsteaming, mechanical stability and safety of the surface, reliable exploitation of the glasses.

**Conclusion.** We have proposed a fundamentally different way of physical-chemical modification of the lens surface, which is not inferior to existing methods but produces significantly better results.

**Keywords:** lenses, gas discharge processing, hydrophilic surface.

Несмотря на достижения медицины в области коррекции зрения, наиболее популярным, доступным и широко распространённым методом по-прежнему служит очковая коррекция зрения. Данный способ коррекции сталкивается с проблемой «запотевания» линз, возникающей при резких перепадах температуры и влажности воздуха. Данное явление связано с конденсацией паров воды на гидрофобной поверхности линз с образованием микрокапель конденсата, что приводит к резкому снижению их светопропускания.

Существуют способы предотвращения запотевания линз очков. Их действие основано на нанесении на поверхность линз гидрофильного или гидрофобного покрытия. Данные покрытия очень чувствительны к механическим повреждениям, возникающим при протирании линзы очков. К сожалению, данные средства дороги, а получаемые покрытия механически нестойки.

Таким образом, актуальна разработка новых способов обработки линз, препятствующих их запотеванию. Основные требования — простота выполнения, предельно низкая стоимость, возможность обработки пластиковых линз.

Цель работы — разработка недорогого и эффективного способа повышения гидрофильности поверхности линз, отвечающего указанным выше требованиям, и создание устройства для его осуществления.

Проводилась обработка в высокочастотном газовом разряде (холодной плазме) очков с пластиковыми линзами у 47 миопов и 43 гиперметропов. Использовались разные виды пластика: линзы из поливинилхлорида, полистирола и поликарбоната (в том числе аллилдигликолькарбоната CR-39). На сегодня CR-39 служит самым распространённым в мире материалом для производства очковых линз. [1].

Для осуществления предложенного способа была создана газоразрядная установка для обработки линз очков. Устройство состоит из блока питания, газоразрядной камеры, вакуумного насоса с пусковым устройством, преобразователя напряжения, генератора прямоугольных импульсов. Газовый разряд создаётся при следую-

щих условиях: 1 МГц, 10–20 Вт, давление 0,3–0,01 мм рт.ст. Обработка осуществляется в течение 30–900 с [2].

Конструктивно установка состоит из нескольких блоков (рис. 1), которые выполнены заменяемыми, что создаёт удобство для её дальнейшей модернизации. Часть блоков установки монтируется в защитном экранирующем корпусе.

Очки помещают в газоразрядную камеру и обрабатывают в высокочастотном газовом разряде. В процессе обработки происходят деструкция и частичное окисление молекул полимера на поверхности линз. При этом значительно повышается её гидрофильность (смачиваемость). Это можно объяснить образованием большого количества гидрофильных функциональных групп, способных образовывать водородные связи с молекулами воды [3].

При конденсации паров воды на такой поверхности вместо микрокапель образуется прозрачная водная плёнка, поэтому не происходит ухудшения светопропускания линз. Такая поверхность равномерно смачивается водой. Кроме того, происходит очистка поверхности линзы вследствие окисления загрязняющих её органических веществ до газообразных и водорастворимых продуктов [4].

При использовании данного способа линзы очков подвергаются контакту с плазмой (ионизированным газом). Кроме того, материал на поверхности линзы подвергается воздействию атомарного кислорода,



Рис. 1. Внешний вид основных элементов газоразрядной установки, извлечённых из экранирующего корпуса

озона, оксидов азота и других веществ, образующихся при газовом разряде. Наличие указанных факторов было подтверждено нами экспериментально. При давлении 0,3–0,01 мм рт.ст. в газоразрядной камере остаётся ещё некоторое количество воздуха для образования указанных веществ в количествах, достаточных для окисления поверхности линз.

Выраженным изменениям подвергается только поверхность линз. Появление сколько-нибудь существенных изменений материала в глубине линзы представляется маловероятным. Изменения механических свойств линз, их потемнения или растрескивания нами отмечено не было.

Несмотря на разные виды материалов линз (поливинилхлорид, полистирол, поликарбонат CR-39), гидрофильные свойства поверхности при условии одинакового пользования сохранялись приблизительно в течение равного срока. При небрежном обращении и постоянном загрязнении данные свойства линз сохранялись в течение 14 дней, а при более аккуратном обращении очки не запотевают от 1 до 3 мес и даже более.

Необходимо отметить, что нежелательны контакт обработанных линз с моющими средствами и касание их руками, поскольку гидрофильные свойства при этом достаточно быстро снижаются.

Было проведено несколько экспериментов с линзами из оптического стекла. После обработки их гидрофильность также существенно повышалась.

На процесс обработки очков существенное влияние оказывал материал их оправы. Если оправа была выполнена из непроводящего материала, то каких-либо сложностей при работе не возникало. Если же очки имели металлическую оправу (а она контактировала с нижним электродом), то разряд происходил между верхним электродом и оправой. Тем не менее, после обработки линзы таких очков также приобретали гидрофильные свойства. Для исключения контакта металлических оправ с нижним электродом были использованы специальные опорные пластинки из диэлектрического материала. Влияние обработки на лакокрасочное или металлическое покрытие дужек очков требует дальнейшего изучения.

Для исключения напыления металла электрода на линзы очков были использованы некоторые оригинальные технические ре-

шения. Работы по совершенствованию установки в этом направлении продолжаются.

При создании экспериментальной установки были использованы общепринятые меры по защите от электромагнитных излучений. Газоразрядная камера была экранирована стальными листами. Это позволило сделать работу с установкой полностью безопасной.

## ВЫВОД

Предложенный способ не только не уступает существующим методам, но и имеет ряд преимуществ. Газоразрядная обработка линз очков обеспечивает длительный эффект их незапотевания, механическую устойчивость и безопасность покрытия, надёжную эксплуатацию очков. Удалить окисленный слой можно только при грубой механической обработке вместе со слоем материала. При необходимости может быть выполнена повторная обработка.

*Раскрытие конфликтов интересов: подана патентная заявка на изобретение №2016139940; Ахкиямова А.В. получила грант по программе Республиканского конкурса УМНИК 2015 г.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Критинина С.В. *Конспект лекций по курсу «оптические материалы и технологии»*. Учебное пособие. Новосибирск: Институт оптики и оптических технологий. 2002; 134 с. [Kritinina S.V. *Konspekt lektsiy po kursu «opticheskie materialy i tekhnologii»*. Uchebnoe posobie. (Lecture summary on the course «optical materials and technologies»). Study guide.) Novosibirsk: Institut optiki i opticheskikh tekhnologiy. 2002; 134 p. (In Russ.)]
2. Сивухин Д.В. *Общий курс физики*. Учебное пособие для вузов. В 5 т. Т. 3. «Электричество». М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ. 2004; 3: 656 с. [Sivukhin D.V. *Obshchij kurs fiziki*. Uchebnoe posobie dlya vuzov. (General course of physics. Study guide for HEIs). Vol. 3 «Electricity». Moscow: FIZMATLIT; Izdatel'stvo MFTI. 2004; 3: 656 p. (In Russ.)]
3. Лисичкин Г.В., Фадеев А.Ю. *Химия привитых поверхностных соединений*. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2003; 592 с. [Lisichkin G.V., Fadeev A.Yu. *Khimiya privityh poverhnostnyh soedinenij*. (Chemistry of surface grafted compounds.) Moscow: FIZMATLIT. 2003; 592 p. (In Russ.)]
4. Фромм Р. Плазменная обработка поверхности контактных линз: в каких случаях и для чего? *Вестн. оптометрии*. 2010; (3): 54–58. [Fromm R. Plasma processing of contact lenses surface: in what cases and for what purpose? *Vestnik optometrii*. 2010; (3): 54–58. (In Russ.)]