

© Малькова Н.Ю., Петрова М.Д., 2021

УДК 613.6: 621.382.2/3

Методы и аппаратура на основе низкоинтенсивного лазерного излучения для профилактики профессионально обусловленных заболеваний у работников прецизионного труда

Н.Ю. Малькова^{1,2}, М.Д. Петрова¹¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Кирочная ул., д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

Резюме

Введение. Проблема сохранения здоровья работающих в микроэлектронике и подверженных в процессе трудовой деятельности воздействию неблагоприятных факторов, в том числе напряжению и перенапряжению мышц верхних конечностей, напряжению зрения, приобретает особую актуальность.

Цель – внедрение разработанных и запатентованных способов на основе действия низкоинтенсивного лазерного излучения для восстановления нарушенных в результате трудового процесса функций зрения и костно-мышечной системы.

Материалы и методы. Исследования проведены на 65 сборщиках микросхем в возрасте 26–41 года. Лазерное излучение красной области спектра действовало на глаза, на тыльную поверхность кистей рук, воротниковую зону. Все работающие осматривались неврологом, хирургом. Изучались условия труда. Работу аккомодационного аппарата исследовали на аккомодометре типа АКА-01.

Результаты исследований. После проведения 5 сеансов по 10 минут отмечается увеличение объема абсолютной аккомодации в период наблюдения до работы на 28 %, после работы – на 19 %. В дальнейшие дни наблюдения отмечается рост объема аккомодации в течение 10 дней с последующим снижением к 30-му дню наблюдения. Применение методов профилактики приводит к исчезновению вертебро-неврологических симптомов шейного отдела позвоночника у всех работающих. Кровенаполнение пальцев кистей рук увеличивается по сравнению с исходным состоянием на 66 %.

Обсуждение. Действие лазерного излучения улучшает кровоснабжение, способствует активации окислительно-восстановительных процессов в сетчатой оболочке глаза, клетках кожи и сосудов.

Заключение. Низкоинтенсивное лазерное излучение красной области спектра снимает спазм аккомодации и нормализует работоспособность аккомодационного аппарата, действие излучения лазера красной области спектра на область шейного отдела позвоночника приводит к исчезновению вертебро-неврологических симптомов шейного отдела; действие на тыльную поверхность кистей рук – к улучшению кровоснабжения. Внедрение разработанных методов профилактики предупредит развитие профессиональных заболеваний, снизит инвалидизацию больных.

Ключевые слова: профилактика, лазерное излучение, профессионально обусловленные заболевания, прецизионный труд.

Для цитирования: Малькова Н.Ю., Петрова М.Д. Методы и аппаратура на основе низкоинтенсивного лазерного излучения для профилактики профессионально обусловленных заболеваний у работников прецизионного труда // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 78–83. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-78-83>

Сведения об авторах:

✉ **Малькова** Наталья Юрьевна – д.б.н., главный научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; профессор кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: lasergmal@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-8851>.

Петрова Милена Дмитриевна – младший научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: petrovoi.md@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523>.

Информация о вкладе авторов: Малькова Н.Ю. – концепция и дизайн исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме статьи, анализ собранных данных, написание текста; Петрова М.Д. – сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме статьи, анализ собранных данных, написание текста.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 08.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Low-Level Laser Therapy Techniques and Equipment for Occupational Disease Prevention in Precision Workers

Natalia Yu. Mal'kova,^{1,2} Milena D. Petrova¹¹Northwest Public Health Research Center, 4 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

Summary

Background: The problem of protecting and maintaining health of workers in the microelectronics industry exposed to adverse occupational factors including tension and overstrain of the muscles of the upper extremities and visual strain, gains special relevance.

Objective: Introduction of the developed and patented low-level laser therapy techniques to recover functions of vision and the musculoskeletal system impaired in the course of work.

Materials and methods: The study involved 65 chip assemblers aged 26–41 years. Their eyes, the back of the hands, and the collar area were exposed to low-level laser radiation from the red region of the spectrum. All employees were examined by a neurologist and a surgeon and their working conditions were evaluated. The accommodation apparatus was tested using an AKA-01 type accommodation meter.

Results: After five 10-minute sessions, we registered an increase in the volume of absolute accommodation during the observation period before and after the work shift by 28 % and 19 %, respectively. On subsequent days of observation, we noted an increase in the accommodation during 10 days, followed by a decrease by the 30th day of observation. Application of preventive techniques helped eliminate spinal cord disorders in all workers. Blood circulation in fingers increased by 66 % compared to the initial condition.

Discussion: Low-level laser therapy improves blood supply, intensifies redox processes in the retina of the eye, skin cells, and blood vessels.

Conclusions: Low-level laser radiation of the red region of the spectrum relieves the spasm of accommodation and normalizes the efficiency of the accommodation apparatus. Such laser therapy helps eliminate spinal cord disorders and improve blood circulation. Introduction of the developed techniques can prevent occupational diseases and reduce disability in patients.

Keywords: prevention, laser therapy, occupational diseases, precision work.

For citation: Mal'kova NYu, Petrova MD. Low-level laser therapy techniques and equipment for occupational disease prevention in precision workers. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):78–83. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-78-83>

Author information:

✉ Natalia Yu. Mal'kova, Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, Northwest Public Health Research Center; Professor of the Department of Hygiene of Educational and Training Conditions, Occupational and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: lasergrmal@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-8851>.

Milena D. Petrova, Junior Researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, Northwest Public Health Research Center; e-mail: petrovoi.md@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523>.

Author contributions: Malkova N.Yu. developed the study conception and design; Mal'kova N.Yu. and Petrova M.D. collected, processed and analyzed data, did a literature review, wrote the manuscript, and approved its final version.

Funding information: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: June 8, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Уровень развития, технологический и культурный суверенитет современного общества определяется научными достижениями в области радиоэлектроники, технологии передачи и обработки растущего объема информации и характеризуется широким использованием полупроводниковых приборов (ПП) и интегральных микросхем (ИМС), действие которых основано на электронных процессах в полупроводниках [1–3].

Изделия микроэлектроники – интегральные микросхемы (ИМС), микропроцессоры – позволяют проектировать и выпускать в промышленных масштабах перспективную, передовую, функционально сложную аппаратуру. Элементная база электроники развивается непрерывно ускоряющимися темпами, продолжает совершенствоваться в наиболее востребованных направлениях – функционального усложнения, повышения надежности и срока службы, уменьшения габаритных размеров, массы, стоимости и потребляемой энергии. Это связано со значительным усложнением требований и задач, решаемых электронной аппаратурой, что привело к росту числа элементов в ней. Тайваньский исследовательский институт Market Intelligence & Consulting Institute (MIC) прогнозирует, что мировой рынок полупроводников будет постоянно расти. По мнению специалистов MIC, позитивную динамику в отрасли обеспечит коммерческое внедрение мобильной связи 5G и спрос на оборудование для высокопроизводительных вычислений (High Performance Computing, HPC), который усилился на фоне пандемии COVID-19 [4]. Разрабатываемые сейчас сложные системы содержат десятки миллионов элементов. Повышение надежности, микроминиатюризация электронных компонентов и комплексная миниатюризация аппаратуры невозможна без применения особо чистых материалов, точного технологического и контрольного оборудования, производственных помещений, удовлетворяющих высоким требованиям технологической гигиены, которых нет в других промышленных отраслях.

На микроэлектронику приходится наибольшая доля всех строящихся в мире чистых помещений, на строительство и эксплуатацию которых расходуются миллионы долларов в год [5].

Проблема сохранения здоровья работающих, подверженных в процессе трудовой деятельности воздействию неблагоприятных факторов, в том числе напряжению и перенапряжению мышц верхних конечностей, напряжению зрения, приобретает особую актуальность.

Цель исследования: внедрение разработанных и запатентованных способов на основе действия низкоинтенсивного лазерного излучения для восстановления нарушенных в результате трудового процесса функций зрения и костно-мышечной системы.

Материалы и методы исследования. Исследования проведены на 65 сборщиках микросхем в возрасте 26–41 года. Лазерное излучение красной области спектра, действуя на глаза, на тыльную поверхность кистей рук, воротниковую зону, улучшает их кровообращение. Все работающие осматривались неврологом, хирургом. Оценивалось периферическое кровообращение кистей рук методом реографии на аппаратно-программном комплексе «Мицар-РЕО» до проведения профилактических мероприятий и после них. Изучались условия труда¹.

Снятие спазма аккомодации проводится с использованием аппарата АЛП-02 (рег. удостоверение ФСР № 2008/01897 от 23.09.2008). Ежедневно на протяжении 5 дней перед обеденным перерывом (через 4 часа работы) проводилось воздействие низкоинтенсивного лазерного излучения в течение 10 минут на глаза, энергетической освещенностью $5 \cdot 10^{-6}$ Вт/см².

При попадании света лазера на фоторецепторы сетчатки, пигментный эпителий происходит активация окислительно-восстановительной тиолдисульфидной системы, которая способствует регенерации родопсина сетчатки, ответственного за функцию зрения. Увеличение кровенаполнения аккомодационного аппарата глаза способствует расслаблению цилиарной мышцы, тем самым

¹ Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006–05. СПб.: ЦОТБСППО, 2005. 144 с.



Рис. 1. Положение пациента во время проведения процедуры по снятию спазма аккомодации

Fig. 1. Position of the patient during the procedure for relieving the spasm of accommodation



Рис. 2. Положение пациента во время проведения процедуры на руки

Fig. 2. Position of the patient during low-level laser therapy on pain reduction and improvement in function in the hands



Рис. 3. Положение пациента при выполнении процедуры на воротниковую зону

Fig. 3. Position of the patient during low-level laser therapy of the collar area

увеличивает объем аккомодации, улучшение обменных процессов и, в свою очередь, способствует улучшению функции зрения.

Для профилактики заболеваний верхних конечностей используется прибор АЛП-01 (рег. удостоверение ФСР 2008/03937 от 29.12.2008). Процедуру проводят в положении пациента сидя. Руки располагают на столе в оптимальном физиологическом положении: мышцы кисти, плеча и предплечья максимально расслаблены. Диффузно-рассеянное излучение длиной волны 0,65 мкм направляют на тыльную поверхность кистей рук. Выходная мощность — 10–15 мВт, длительность сеанса — 3–5 минут, курс — 5–7 дней.

Для профилактики вертебро-неврологической симптоматики шейного отдела позвоночника на область шейного отдела действуют диффузно-рассеянным лазерным излучением красной области спектра. Длина волны излучения — 0,65 мкм, выходная мощность — 10–15 мВт, длительность сеанса — 5 минут, курс — 7–10 дней. Процедуру проводят в положении пациента сидя в удобной позе при максимально расслабленных мышцах верхнего плечевого пояса.

Работу аккомодационного аппарата исследовали на аккомодометре типа АКА-01. Определялась ближайшая и дальняя точки ясного видения, рассчитывался объем абсолютной аккомодации. Объем абсолютной аккомодации определялся разностью между дальнейшей и ближайшей точками ясного видения, выраженной в диоптриях.

Результаты исследования. Во время работы на микросборщик действует комплекс неблагоприятных факторов, среди которых особое место занимают сенсорные нагрузки при длительности сосредоточенного наблюдения во время работы с микроскопом более 51 %, рабочая поза. Это ведет к развитию устойчивого утомления зрительного анализатора, а статическое и динамическое напряжение мышц рук при работе, в свою очередь, сопровождается развитием перенапряжения мышц верхних конечностей, ангиоспазма. Напряжение мышц шейного отдела позвоночника приводит к развитию вертебро-неврологической симптоматики шейного отдела позвоночника. Работа в режиме «сидя» — неудобный рабочий стул, отсутствие подлокотников, подставки для ног — может приводить к заболеваниям суставов верхних и нижних конечностей. Работающие жалуются на чувство дискомфорта в глазах: жжение, двоение, боль, покраснение глаз, слезотечение, затуманивание зрения, а также боль в области лба и висков, боли в шейном отделе позвоночника, тяжесть в области надплечий, боли в шейно-затылочной области, при повороте головы. Кроме этого, выявлялись жалобы на онемение пальцев рук, боли в кистях, их небольшую отечность. Объективное обследование выявило понижение остроты зрения в 31 % случаев, спазм аккомодации в 62 % случаев, болезненность движений в шейном отделе позвоночника, уплотнение паравerteбральных, надлопаточных мышц, болезненность надлопаточных точек и точек Эрба: вертебро-неврологическая симптоматика шейного уровня позвоночника у микросборщиков выявлена в 68,6 % случаев, нарушение регионарного кровообращения кистей рук — в 32,2 % случаев, гипестезия кончиков пальцев кистей рук — в 27,4 % случаев.

Экспериментальные исследования показали, что в основе механизма действия лазерного

излучения лежит изменение тонуса сосудов, увеличение амплитуды и частоты сокращения сосудов, улучшение кровенаполнения, обменных процессов в исследуемых органах. Усиливается выведение недоокисленных продуктов, так как повышается активность антиоксидантной системы [6–11]. Происходит активация окислительно-восстановительной тиолдисульфидной системы, активизируются обменные процессы в клетках организма [12–15].

После проведения профилактических мероприятий уменьшаются жалобы на боль, резь в глазах, слезотечение, головные боли и плохой сон.

Исследование аккомодационного аппарата в динамике рабочего дня до проведения профилактических мероприятий установило, что объем абсолютной аккомодации находится в пределах возрастной нормы и при выполнении работ высокой точности с использованием микроскопа снижается к концу рабочего дня. Уже через 2 часа работы наблюдается удаление ближайшей точки ясного видения на 0,55 дптр и приближение дальнейшей точки ясного видения на 0,96 дптр.

В таблице представлены средние величины объема абсолютной аккомодации работающих до и после профилактических мероприятий.

После проведения 5 сеансов по 10 минут отмечается увеличение объема абсолютной аккомодации в период наблюдения до работы на 28 %, после работы – на 19 %. Достоверное увеличение объема абсолютной аккомодации отмечается в период наблюдения до работы и в конце смены через 5 дней восстановления и далее (см. таблицу). В дальнейшие дни наблюдения отмечается рост объема аккомодации в течение 10 дней с последующим снижением к 30-му дню наблюдения. При этом сохраняются повышенные цифры по сравнению с исходными данными до действия излучения на 32 %. Эффект действия связан с приближением ближней точки ясного зрения и удалением дальней точки ясного зрения, т. е. объем аккомодации существенно увеличивается, что свидетельствует о снятии спазма аккомодации.

Уменьшается количество жалоб на боли в шейном отделе позвоночника, в руках, исчезает онемение пальцев кистей рук, улучшается сон. Применение методов профилактики приводит к исчезновению вертебро-неврологической симптоматики шейного отдела позвоночника у всех работающих.

Кровенаполнение пальцев кистей рук увеличивается по сравнению с исходным состоянием на 66 %.

Обсуждение. На микросборщиц действует комплекс неблагоприятных факторов, среди которых особое место занимают сенсорные нагрузки. Работа с микроскопом при длительности сосредоточенного наблюдения более 51 % рабочего времени приводит к развитию зрительного утомления, спазму аккомодации. Спазм аккомодации, называемый также ложной близорукостью и синдромом усталых глаз, – это нарушение аккомодации вдаль, которое вызывает зафиксированное напряжение цилиарной мышцы, в данном случае за счет длительной, более 50 % времени смены, работы под микроскопом. Важно своевременно выявить спазм аккомодации и провести профилактические мероприятия, что позволяет как восстановить качество зрения, так и предупредить осложнения, связанные с нарушением аккомодации [16–18].

Действие лазерного излучения улучшает кровоснабжение и питание глазных мышц. Это было установлено при проведении экспериментальных исследований на животных при действии на глаза излучением гелий-неонового лазера. Показано, что активация окислительно-восстановительной тиолдисульфидной системы глаза способствует регенерации родопсина, SH-группы которого необходимы для его функционирования, выявляются усиление обменных процессов, увеличение кровенаполнения [19].

Улучшения со стороны костно-мышечной системы наблюдаются при действии лазерного излучения за счет изменения тонуса сосудов, увеличения амплитуды и частоты сокращения сосудов, улучшения кровенаполнения, обменных процессов в исследуемых органах. Усиливается выведение недоокисленных продуктов, так как повышается активность антиоксидантной системы. Происходит активация окислительно-восстановительной тиолдисульфидной системы. Активизируются обменные процессы в сетчатой оболочке глаза, клетках кожи, костной ткани. Появление ответной реакции антиперекисных ферментных систем крови свидетельствует об усилении процессов свободнорадикального окисления. Это препятствует появлению свободных радикалов, перекисных соединений, способствующих прогрессированию заболевания [19–21].

Аналогичные данные получены и при применении данного способа у ювелиров [22].

Заключение. Многолетние исследования патогенеза действия лазерного излучения позволили обосновать метод снятия зрительного утомления при работе со зрительными нагрузками, разработать методы профилактики заболеваний костно-мышечной системы верхних конечностей,

Таблица. Средние величины объема абсолютной аккомодации глаза у представителей обследуемой группы в динамике исследования ($M \pm m$), дптр

Table. Average values of the volume of absolute accommodation of the eye in the examined cohort in the course of the study ($M \pm m$), diopters

Период наблюдения / Observation period	До работы / Before work shift	В конце смены / After work shift
Исходное состояние / Initial condition	6,61 ± 1,19	6,01 ± 1,18
После 5 сеансов / After 5 sessions	8,43 ± 1,16	7,82 ± 1,15
Через 5 дней восстановления / After 5 days of recovery	9,04 ± 1,14*	8,71 ± 1,17*
Через 10 дней восстановления / After 10 days of recovery	9,71 ± 1,21*	8,97 ± 1,13*
Через 20 дней восстановления / After 20 days of recovery	9,24 ± 1,13*	8,84 ± 1,16*
Через 30 дней восстановления / After 30 days of recovery	9,04 ± 1,18*	8,77 ± 1,21*

Примечание: * – достоверные изменения по отношению к исходному состоянию.

Note: * significant changes compared to the initial condition.

вертебро-неврологической симптоматики шейного отдела позвоночника.

Низкоинтенсивное лазерное излучение эффективно снимает спазм аккомодации и нормализует работоспособность аккомодационного аппарата, действие излучения лазера красной области спектра на область шейного отдела позвоночника приводит к исчезновению вертебро-неврологических симптомов шейного отдела; действие на тыльную поверхность кистей рук – к улучшению кровоснабжения.

Внедрение разработанных методов профилактики предупредит развитие профессиональных заболеваний, снизит инвалидизацию больных.

Список литературы

1. Белоус А.И., Лабунов В.А., Солодуха В.А. Современная микроэлектроника: тенденции развития, проблемы и угрозы // 4-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули». Сборник тезисов, Республика Крым, г. Алушта, 1–6 октября 2018 г. 2018. М.: Техносфера, 2019. С. 18–23.
2. Назаркин М.Ю. Микроэлектроника в медицине // 4-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули». Сборник тезисов, Республика Крым, г. Алушта, 1–6 октября 2018 г. М.: Техносфера, 2018. С. 169.
3. Интегральные микросхемы – Научная библиотека. Электронный ресурс. Доступно по: http://scask.ru/b_book_re.php?id=11 (дата обращения: 01.10.2019).
4. Global semiconductor market is projected to grow 10.1 % year-on-year in 2021 owing to surging demand for HPC and 5G: MIC. October 19, 2020. https://mic.iii.org.tw/English/PressRelease_Detail.aspx?sqno=13061&type=Press&DataClass=Press%20Room
5. Проектирование чистых помещений. Под ред. В. Уайта. Пер. с англ. Второе издание. М.: изд. «Клинтрум», 2004. 360 с.
6. Родионова Л.П., Гончарова Л.Л., Ушкова И.Н. Изучение состояния антиоксидантной системы экспериментальных животных при гигиеническом нормировании лазерного излучения // Гигиена труда и профессиональные заболевания. 1986. № 11. С. 49–51.
7. Соколовский В.В., Ушкова И.Н., Березин Ю.Д. и др. О стимулирующем эффекте действия излучения гелий-неонового лазера на глаза кролика // Офтальмологический журнал. 1990. № 3. С. 176–178.
8. Ушкова И.Н., Гришина Е.Ф., Покровская Л.А. О нормировании отраженного лазерного излучения // Врачебное дело. 1986. № 10. С. 112–116.
9. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю., Покровская Л.А. О безопасности лечения излучением лазеров различных длин волн // Материалы международного симпозиума по применению лазеров в хирургии и медицине. М., 1988. С. 286–288.
10. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю., Покровская Л.А. Чувствительность организма животных к излучению CO₂-лазера // Гигиена и санитария. 1989. № 10. С. 45–47.
11. Ушкова И.Н. Предельно-допустимый уровень лазерного излучения длиной волны 10,6 мкм // Радиобиология. 1990. № 30. Вып. 4. С. 512–516.
12. Атчабаров Б.А., Бойко З.Ф. К механизму лечебного действия монохроматического красного света низкой интенсивности // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1980. № 6. С. 53–54.
13. Корочкин И.М., Облокулов И.У., Федулаев Ю.Н. Эффективность применения инвазивной гелий-неоновой лазеротерапии в комбинации с тренталом у больных с хронической сердечной

недостаточностью // Лазерная медицина. 2007. Т. 11. № 2. С. 4–7.

14. Малькова Н.Ю., Журба В.М. Методы и аппаратура для профилактики и лечения производственно обусловленных заболеваний // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 119–120.
15. Зубкова С.М., Крылов О.А. Действие гелий-неонового лазера на окислительно-восстановительные процессы в митохондриях // Вопросы экспериментальной и клинической физиотерапии: тр. ЦНИИ курортологии и физиотерапии. М., 1976. Т. 32. С. 18–19.
16. Peinado GA, Merino Sanz P, Del Cerro Pérez I, Gómez de Liaño Sánchez P. Unilateral accommodation spasm: Case report and literature review. *Arch Soc Esp Ophthalmol* (Engl Ed). 2019;94(6):285–287. doi: 10.1016/j.oftal.2019.01.010
17. Starynets MO, Ocheredko OM. [Evaluation on changes in risk of spasm of accommodation in pupils due to implementation of prevention program]. *Wiad Lek.* 2018;71(3 pt 2):628–634. (In Ukrainian.)
18. Gedar Totuk OM, Aykan U. A new treatment option for the resistant spasm of accommodation: clear lens extraction and multifocal intraocular lens implantation. *Int J Ophthalmol.* 2018;11(1):172–174. doi: 10.18240/ijo.2018.01.28
19. Соколов И.А., Малькова Н.Ю. Зрительное утомление в современных условиях и пути его профилактики. Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 5. С. 39–43. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-5-39-43>
20. Ерофеев Н.П., Захарова Л.Б., Малькова Н.Ю. Сократительная активность гладкомышечных клеток воротной вены при действии лазерного излучения // В сб. науч. работ под ред. чл.-корр. РАЕН, д.м.н., проф. А.В. Борисова. Структурно-функциональные основы лимфатической системы. СПб., 1997. С. 63–63.
21. Соколовский В.В. Тиоловые соединения в биохимических механизмах жизнедеятельности // В сб. науч. тр. под ред. проф. В.В. Соколовского. Тиоловые соединения в биохимических механизмах патологических процессов. Л.: ЛСГМИ, 1979. С. 5–9.
22. Малькова Н.Ю. Петрова М.Д. Опыт применения комплекса лечебно-профилактических мероприятий у ювелиров // Профилактическая медицина – 2019: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 14–15 ноября 2019 г. / под ред. А.В. Мельцера, И.Ш. Якубовой. Ч. 2. СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2019. С. 40–45.

References

1. Belous AI, Labunov VA, Solodukha VA. [Modern microelectronics: development trends, problems and threats.] In: *Proceedings of the Fourth International Scientific Conference "Electronic Component Base and Microelectronic Modules", Alushta, Republic of Crimea, October 1–6, 2018.* Moscow: Tekhnosfera Publ., 2018:18–23. (In Russ.)
2. Nazarkin MYu. [Microelectronics in medicine.] In: *Proceedings of the Fourth International Scientific Conference "Electronic Component Base and Microelectronic Modules", Alushta, Republic of Crimea, October 1–6, 2018.* Moscow: Tekhnosfera Publ., 2018:169. (In Russ.)
3. [Integrated Circuits – Scientific Library.] (In Russ.) Accessed September 19, 2021. http://scask.ru/b_book_re.php?id=11
4. Global semiconductor market is projected to grow 10.1 % year-on-year in 2021 owing to surging demand for HPC and 5G: MIC. October 19, 2020. https://mic.iii.org.tw/English/PressRelease_Detail.aspx?sqno=13061&type=Press&DataClass=Press%20Room

5. *Cleanroom Design*. Whyte W, ed. 2nd ed. Moscow: Cleanroom Publ., 2004. (In Russ.)
6. Rodionova LP, Goncharova LL, Ushkova IN. [The study of the antioxidant system of experimental animals in the course of hygienic standardization of laser radiation.] *Gigiena Truda i Professional'nye Zabollevaniya*. 1986;(11):49–51. (In Russ.)
7. Sokolovskiy VV, Ushkova IN, Berezin YuD, et al. [On the stimulating effect of radiation of a helium-neon laser on rabbit's eyes.] *Oftal'mologicheskii Zhurnal*. 1990;(3):176–178. (In Russ.)
8. Ushkova IN, Grishina EF, Pokrovskaya LA. [On standardization of reflected laser radiation.] *Vrachebnoye Delo*. 1986;(10):112–116. (In Russ.)
9. Ushkova IN, Mal'kova NYu, Pokrovskaya LA. [About the safety of treatment with laser radiation of various wavelengths.] In: *Proceedings of the International Symposium on Laser Applications in Surgery and Medicine*. Moscow, 1988:286–288. (In Russ.)
10. Ushkova IN, Mal'kova NYu, Pokrovskaya LA. [Sensitivity of animals to radiation of a CO₂ laser.] *Gigiena i Sanitariya*. 1989;(10):45–47. (In Russ.)
11. Ushkova IN. [The maximum permissible level of laser radiation with a wavelength of 10.6 microns.] *Radiobiologiya*. 1990;(30(4)):512–516. (In Russ.)
12. Atchabarov BA, Boyko ZF. [On the mechanism of therapeutic action of low-intensity monochromatic red light.] *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoy Fizicheskoy Kul'tury*. 1980;(6):53–54. (In Russ.)
13. Korochkin IM, Oblokulov IU, Fedulajev YuN. The efficiency of combination of invasive He-Ne lasertherapy and preparation trental in patients with chronic cardiac insufficiency. *Lazernaya Meditsina*. 2007;11(2):4–7. (In Russ.)
14. Mal'kova NYu, Zhurba VM. Techniques and equipment for prevention and treatment of occupationally caused diseases. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2017;(9):119–120. (In Russ.)
15. Zubkova SM, Krylov OA. [Effect of a helium-neon laser on redox processes in mitochondria.] In: *Issues of Experimental and Clinical Physiotherapy: Collection of Works of the Central Research Institute of Balneology and Physiotherapy*. Moscow, 1976;32:18–19. (In Russ.)
16. Peinado GA, Merino Sanz P, Del Cerro Pérez I, Gymez de Liaño Sánchez P. Unilateral accommodation spasm: Case report and literature review. *Arch Soc Esp Ophthalmol* (Engl Ed). 2019;94(6):285–287. doi: 10.1016/j.oftal.2019.01.010
17. Starynets MO, Ocheredko OM. [Evaluation on changes in risk of spasm of accommodation in pupils due to implementation of prevention program]. *Wiad Lek*. 2018;71(3 pt 2):628–634. (In Ukrainian.)
18. Gedar Totuk OM, Aykan U. A new treatment option for the resistant spasm of accommodation: clear lens extraction and multifocal intraocular lens implantation. *Int J Ophthalmol*. 2018;11(1):172–174. doi: 10.18240/ijo.2018.01.28
19. Sokolov IA, Mal'kova NYu. Visual fatigue nowadays and ways of its prevention. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2018;(5):39–43. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2018-5-39-43
20. Yerofeyev NP, Zakharova LB, Mal'kova NYu. [Contractile activity of smooth muscle cells of the portal vein under the effect of laser radiation.] In: Borisova AV, ed. *Structural and Functional Foundations of the Lymphatic System*. St. Petersburg, 1997:63. (In Russ.)
21. Sokolovskiy VV. [Thiol compounds in biochemical mechanisms of vital activity.] In: Sokolovskiy VV, ed. *[Thiol Compounds in Biochemical Mechanisms of Pathological Processes]*. Leningrad: LSGMI Publ., 1979:5–9. (In Russ.)
22. Mal'kova NYu, Petrova MD. [Experience in applying a complex of medical and preventive measures for jewelers.] In: *Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Preventive Medicine – 2019", St. Petersburg, November 14–15, 2019*. Meltzer AV, Yakubova ISh, eds. St. Petersburg: Mechnikov SZGMU Publ., 2019;(2):40–45. (In Russ.)

