

Читать
онлайн
Read
onlineМалькова Н.Ю.^{1,2}, Петрова М.Д.¹

Предельно допустимые уровни лазерного излучения как инструмент обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Лазерное излучение – самый «молодой» производственный фактор, однако не самый безвредный. Стремительное развитие современных лазерных технологий и их внедрение в различные области науки и техники позволило лазерам широко войти в повседневный быт человека, а также в сферу культуры, изобразительного искусства и шоу-индустрии. Таким образом, разработка единого алгоритма расчёта предельно допустимых уровней (ПДУ) лазерного излучения приобретает особую актуальность.

Цель работы – оценка субъективных ощущений лиц, подвергшихся действию лазерного излучения на уровнях, не превышающих ПДУ, а также уточнение методики расчётов допустимых уровней лазерного излучения для исключения негативного воздействия на орган зрения.

Материалы и методы. При разработке алгоритма расчёта предельно допустимых уровней использовано графическое моделирование. Для оценки субъективного восприятия лазерного излучения провели анкетирование 518 человек в возрасте 20–25 лет по специально разработанному опроснику.

Результаты. Воздействие лазерного излучения на уровнях, не превышающих предельно допустимых, вызвало у участников шоу неприятные ощущения в глазах, временное нарушение цветовосприятия, временное ослепление, головную боль. Разработан состоящий из шести этапов алгоритм расчёта ПДУ лазерного излучения, позволяющий оптимизировать расчётную составляющую оценки лазерной безопасности при осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора и контроля.

Ограничения исследования. Возраст участников исследования – 20–25 лет.

Заключение. Предлагается оценить нормативы ПДУ для населения исходя из временных эффектов излучения. Это позволит минимизировать негативное воздействие на орган зрения в части обратимых изменений и качественно улучшить гигиеническую оценку лазерного излучения. Разработанный алгоритм расчёта допустимых уровней лазерного излучения поможет снизить вероятность ошибок и сократить временные затраты специалистов при оценке безопасности воздействия лазерного излучения на организм.

Ключевые слова: лазерное излучение; население; предельно допустимые уровни

Соблюдение этических стандартов. Исследование проведено с соблюдением этических норм Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Протокол заседания Локального этического комитета ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора № 2022/50.3 от 28.12.2022 г. Все участники анкетирования дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в журнале «Гигиена и санитария».

Для цитирования: Малькова Н.Ю., Петрова М.Д. Предельно допустимые уровни лазерного излучения как инструмент обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(8): 797–802. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-797-802> <https://elibrary.ru/hxpytn>

Для корреспонденции: Малькова Наталья Юрьевна, доктор биол. наук, гл. науч. сотр. отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург. E-mail: n.malkova@s-znc.ru

Участие авторов: Малькова Н.Ю. – концепция и дизайн исследования, сбор материала, написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Петрова М.Д. – сбор материала, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 03.05.2024 / Поступила после доработки: 29.07.2024 / Принята к печати: 31.07.2024 / Опубликовано: 10.09.2024

Natalia Yu. Malkova^{1,2}, Milena D. Petrova¹

Maximum permissible levels of laser radiation as a tool for ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population

¹North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St.-Petersburg, 191015, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Laser radiation is the youngest production factor, but not the most harmless. The rapid development of modern laser technologies and their introduction into various fields of science and technology has allowed lasers entering widely into everyday human life, as well as into the sphere of culture, fine arts, and the show industry. Thus, the development of a unified algorithm for calculating the maximum permissible levels (MPL) of laser radiation is becoming particularly relevant. The purpose of this work is to assess the subjective feelings of persons exposed to laser radiation at levels not exceeding the maximum permissible levels and clarify the methodology for calculating acceptable levels of laser radiation.

Materials and methods. Graphical modelling was used to develop an algorithm for calculating the MPL. To assess the subjective perception of laser radiation, a survey of 20–25 years five hundred eighteen people was used according to a specially designed questionnaire.

Results. Exposure to laser radiation at levels not exceeding the MPL caused unpleasant sensations in the eyes of the participants of the show, temporary violation of colour perception, temporary blindness, headache. An algorithm for calculating the MPL of laser radiation has been developed, consisting of six stages, which allows optimizing the computational component of laser safety assessment in the implementation of State sanitary and Epidemiological supervision and control.

Limitations. The age range of the study participants is 20–25 years old.

Conclusion. It is proposed to revise the standards of MPL for the population based on the temporary effects of radiation. This will minimize the negative impact on the organ of vision in terms of reversible changes and qualitatively improve the hygienic assessment of laser radiation. The developed algorithm for calculating the permissible levels of laser radiation will help minimize errors and reduce the time spent by specialists when assessing the safety of exposure to laser radiation on the body.

Keywords: laser radiation; maximum permissible levels; population

Compliance with ethical standards. The study was conducted in compliance with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association. The minutes of the meeting of the Local Ethics Committee of the Northwestern Scientific Center for Hygiene and Public Health No. 2022/50.3 dated 12/28/2022 were received.

For citation: Malkova N.Yu., Petrova M.D. Maximum permissible levels of laser radiation as a tool for ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2024; 103(8): 797–802. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-797-802> <https://elibrary.ru/hxpytn> (In Russ.)

For correspondence: Natalia Yu. Malkova, MD, PhD, Dsci., chief researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation; Professor of the Department of Hygiene of Education and Training, Occupational and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I. Mechnikov, St.-Petersburg, 191015, Russian Federation. E-mail: n.malkova@s-znc.ru

Contribution: Malkova N.Yu. — the concept and design of the study, collection and processing of material, writing a text; editing; approval of the manuscript final version; Petrova M.D. — collection and processing of material, writing a text; integrity of all parts of the manuscript.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: May 3, 2024 / Revised: July 29, 2024 / Accepted: June 19, 2024 / Published: September 10, 2024

Введение

Лазерное излучение — самый «молодой» производственный фактор, однако не самый безвредный. Бурное развитие передовых лазерных технологий и их успешное проникновение в различные сферы науки и техники открыли лазерам двери в повседневную жизнь человека, обогатили сферу культуры, изобразительного искусства и шоу-бизнеса [1]. И если 50 лет назад действие излучения ощущали лишь учёные, исследователи, инженеры-разработчики, рабочие-сборщики, то сегодня практически каждый человек может быть подвержен действию излучения как на рабочем месте, так и в повседневной жизни.

Органами-мишенями лазерного излучения в организме человека являются глаза и кожа. Биологический эффект проявляется местным термическим действием, чаще всего в виде ожогов [2–5]. Общее же влияние выражается в неспецифическом воздействии на центральную нервную, сердечно-сосудистую и кроветворную системы [6]. Отсутствие специфики общих проявлений во многих случаях не позволяет даже опытным специалистам связать выявленные изменения с воздействием излучения.

Начиная с 1970-х годов гигиенисты занимаются вопросами лазерной безопасности [7, 8]. К 1972 г. в СССР были разработаны и обоснованы первые предельно допустимые уровни и опубликованы два важнейших документа — «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров» в 1981 г. (СанПиН № 2392–81)¹ и 1991 г. (СНиП № 5804–91)².

Последующие обновлённые санитарные нормы и правила 2016 г. (СанПиН 2.2.4.3359–16)³ и 2021 г. (СанПиН 1.2.3685–21)⁴ в основном повторяли уже существующие таблицы для расчёта ПДУ излучения.

В настоящее время принято считать, что есть два принципиально разных механизма обоснования допустимых уровней лазерного излучения. Первый основан на оценке воздействия коллимированного и прямого излучения, повреждающего ткани организма. Второй связан с функциональным изменением наиболее чувствительной системы под воздействием рассеянного или отражённого излучения, так как принцип ПДУ подразумевает максимальное значение интенсивности воздействия факторов, не вызывающее также скрытых и временно компенсируемых изменений.

¹ СанПиН № 2392–81 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров».

² СанПиН 5804–91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров».

³ СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

⁴ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Ослепление от яркой световой вспышки, вызванной лазерным излучением в видимой области спектра, является одним из наименее серьёзных последствий такого воздействия [9]. При этом наблюдается временное появление слепого пятна в поле зрения, которое исчезает постепенно, по мере восстановления зрительного пигмента в фоторецепторах сетчатки, иногда за несколько минут. Временное слепое пятно обратимо, однако требует внимания. Имеются сведения о том, что именно этот эффект используется в так называемом лазерном терроризме [10–13].

Главная задача гигиенистов — обеспечить безопасность работающих и населения от потенциально опасных факторов окружающей среды, в том числе лазерного излучения. В соответствии с действующими нормами и правилами расчёт предельно допустимых уровней лазерного излучения производится для каждого конкретного случая с учётом длины волны и длительности воздействия [14]. Однако на практике специалисты часто сталкиваются с трудностями при оценке безопасности такого излучения из-за сложности расчётов и различных условий экспозиции. Наличие единого алгоритма позволит существенно упростить работу специалистов на местах и минимизировать затраты на проведение расчётов.

Таким образом, обоснование подходов к обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения при действии лазерного излучения приобретает особую актуальность.

Цель работы — оценка субъективных ощущений лиц, подвергшихся действию лазерного излучения на уровнях, не превышающих ПДУ, а также уточнение методики расчётов допустимых уровней лазерного излучения для исключения негативного воздействия на орган зрения.

Материалы и методы

Наиболее показательным и удобным для исследования источником воздействия лазерного излучения на население является лазерный проектор. Широко распространено использование лазерных проекторов для визуального сопровождения концертных выступлений и культурных мероприятий. В отличие от лазерных указок и считывателей штрих-кодов под прямое излучение проекторов попадают одновременно многие люди, не контролируемые направление лазерного луча самостоятельно, что может приводить к случайному попаданию коллимированного излучения в глаз [15, 16]. Для оценки субъективного восприятия лазерного излучения использовалось анкетирование по специально разработанному опроснику 518 человек в возрасте 20–25. Опрос проводился среди зрителей шоу, сопровождающегося лазерным светом красной, зелёной, синей областей спектра, сразу после окончания

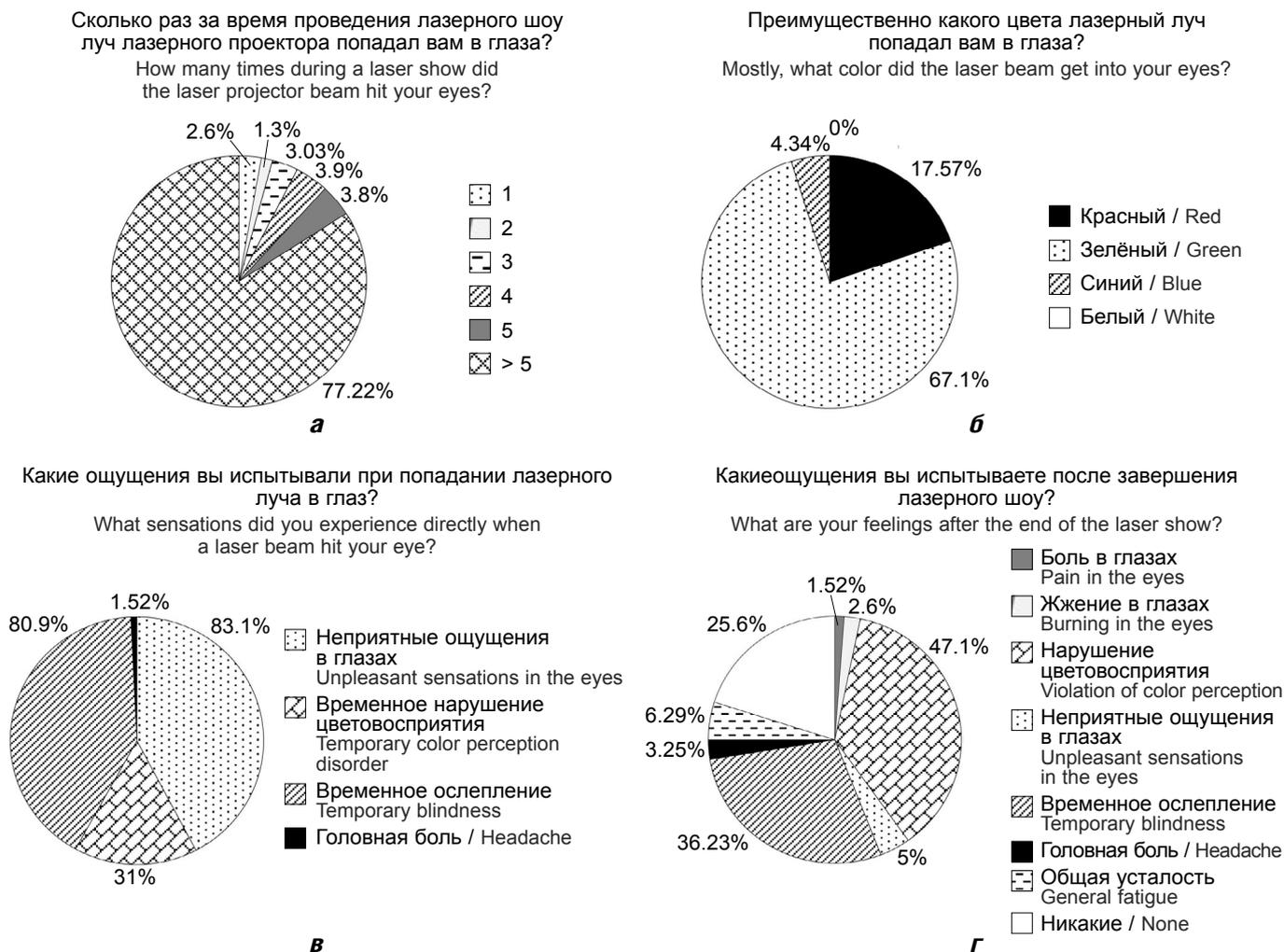


Рис. 1, а-г. Результаты анкетирования посетителей лазерного шоу.

Fig. 1, a-g. The results of the survey of visitors to the laser show.

мероприятия. Для разработки алгоритма расчёта предельно допустимых уровней было использовано графическое моделирование.

Результаты

Анкета состояла из шести вопросов, связанных с субъективными ощущениями опрошенных после воздействия лазерного излучения во время шоу. Данные по наиболее значимым показателям представлены на рис. 1.

В анкетировании приняли участие 518 человек, из них 489 (94,37%) отметили, что свет лазера попал им в глаза; 447 из 476 (93,9%) участников закрывали глаза при попадании луча. 414 человек (79,85%) отметили попадание лазера в глаза более пяти раз (см. рис. 1, а), причём чаще всего луч был зелёного цвета (см. рис. 1, б), что отметили 348 опрошенных (67,1%). Попадание луча лазера любого цвета вызывало у 431 участника шоу неприятные ощущения в глазах, у 161 – временное нарушение цветовосприятия, у 419 – временное ослепление, у 8 – головную боль (см. рис. 1, в). Все субъективные ощущения носили негативный характер и могли длиться более получаса.

При анкетировании особое внимание было уделено ощущениям, которые испытывали участники после окончания шоу (см. рис. 1, г). Неприятные ощущения в глазах во время шоу отметил 431 участник, после окончания мероприятия предъявляли жалобы 26 человек. Из этого следует, что

неприятные ощущения в глазах были в основном кратковременными и не оказывали существенного влияния на зрение. Относительно непродолжительным был и эффект временного ослепления, который отметили 419 участников во время шоу и 188 после его окончания. Однако нарушение цветовосприятия у участников шоу в те же самые временные периоды показало обратную тенденцию. Если во время шоу оно было нарушено у 161 человека (31%), то после окончания шоу – у 244 (47,1%). Нарушение цветовосприятия свидетельствовало о влиянии лазерного излучения на сетчатую оболочку глаза.

В целом анкетирование показало, что 385 человек (74,4%) предъявляли различные жалобы во время и после шоу с использованием проекторов с интенсивностью лазерного излучения, не превышающей ПДУ, и лишь у четверти опрошенных жалобы отсутствовали.

При проведении расчётов ПДУ лазерного излучения в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21 необходимо учитывать множество факторов, таких как характер и режим излучения, тип и геометрия источника (рис. 2).

Как уже было отмечено ранее, в действующих СанПиН 1.2.3685–21 представлены только нормативы в виде таблиц. Нами разработан алгоритм расчёта ПДУ лазерного излучения, состоящий из шести этапов. Схема расчёта ПДУ представлена на рис. 3 [17].

На первом этапе определяли один из трёх диапазонов длин волн, в котором находится исследуемый для установления

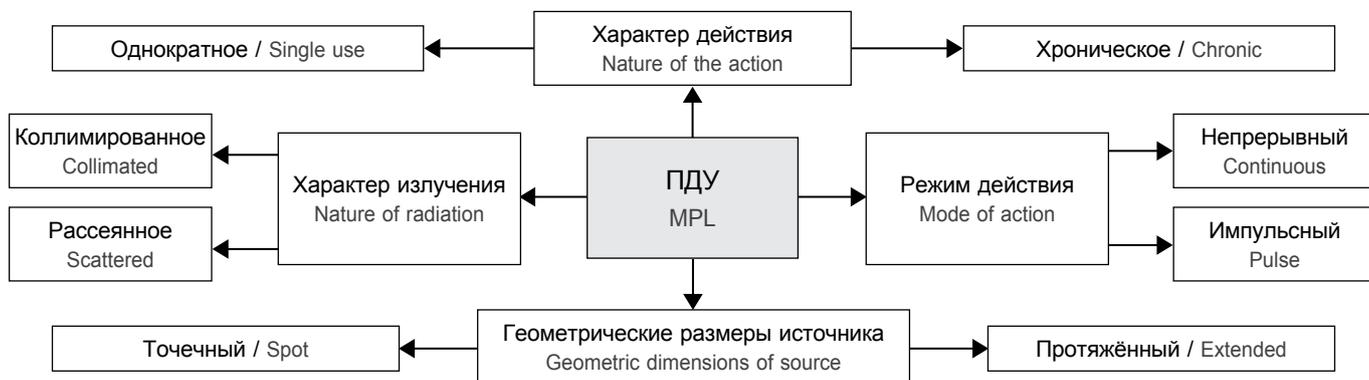


Рис. 2. Факторы, влияющие на ПДУ.
Fig. 2. Factors affecting the MPL value.

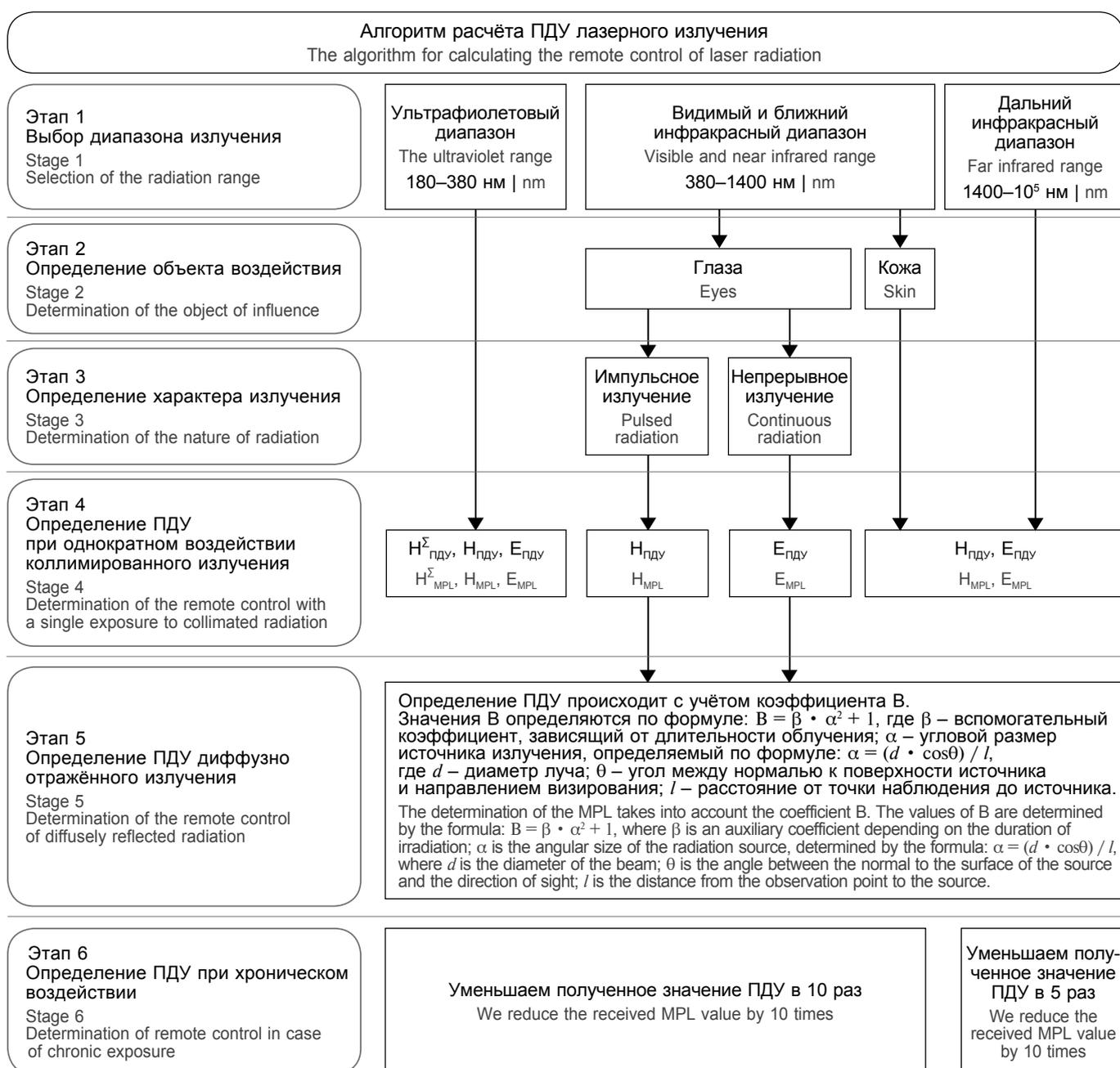


Рис. 3. Схема алгоритма расчёта ПДУ лазерного излучения.
Fig. 3. The scheme of the algorithm for calculating the MPL of laser radiation.

ПДУ объект: I — ультрафиолетовый диапазон (180–380 нм), II — видимый и ближний ИК-диапазоны (380–1400 нм), III — дальний ИК-диапазон (1400–10⁵ нм).

На втором этапе для диапазона II определяли объект воздействия: глаза или кожа.

На третьем этапе при воздействии на глаза излучения диапазона II определяли характер излучения: непрерывное или импульсное.

На четвертом этапе в соответствии с таблицами СанПиН 1.2.3685–21 определяли ПДУ однократного действия коллимированного излучения для глаз и кожи. Если излучение импульсное, то использовали таблицы для времени воздействия менее 1 с (табл. 5.15, 5.16, 5.17, 5.20, 5.21). Если излучение непрерывное, использовали таблицы для времени воздействия более 1 с (табл. 5.18, 5.20, 5.21).

На пятом этапе определяли ПДУ диффузно отражённого излучения с учётом поправочного коэффициента В. Значения В определяли по табл. 5 или формулой (1) в общем виде:

$$B = \beta \cdot \alpha^2 + 1, \quad (1)$$

где β — вспомогательный коэффициент, зависящий от длительности облучения α — угловой размер источника излучения, определяемый по формуле (2):

$$\alpha = \frac{d \cdot \cos\theta}{l}, \quad (2)$$

где d — диаметр луча; θ — угол между нормалью к поверхности источника и направлением визирования; l — расстояние от точки наблюдения до источника.

В случае диффузно отражённого излучения ПДУ зависят в основном от видимого углового размера источника излучения α и напрямую зависят от диаметра луча на отражающей поверхности (d) и расстояния от точки наблюдения до источника (l). Важно, под каким углом (θ) рассматривается луч. Наихудший вариант для глаз будет в том случае, когда угол между нормалью к поверхности источника и направлением визирования равен нулю. Если α намного меньше предельного видимого углового размера источника, при котором он может рассматриваться как точечный, то величина В принимается равной единице. В противном случае коэффициент В определяется по табл. 5.19 в СанПиН 1.2.3685–21.

На шестом этапе определяли ПДУ хронического действия. При этом применяли понижающие коэффициенты в 5 и 10 раз для ПДУ однократного действия соответственно для III диапазона и для диапазонов I и II.

Обсуждение

Многие отечественные и зарубежные учёные отмечают, что яркие световые вспышки, в том числе лазерное излучение, могут временно изменить функцию зрения и вызвать адапционное ослепление. Последующее состояние дезориентации представляет опасность для человека [18, 19].

При первоначальной разработке нормативов лазерной безопасности в связи с техническими ограничениями исследователи ориентировались на повреждающее действие излучения. Сегодня, поскольку постоянно совершенствуются математические и технические возможности, исследователи всё чаще указывают на необходимость корректировки нормативной базы [20]. В 1970-е годы учёные не могли пред-

видеть, что лазерное излучение будет встречаться повсеместно, а под его воздействие будут попадать в том числе люди с нарушениями зрения и дети.

Лазерное излучение из производственной необходимости превратилось в бытового помощника и средство развлечения: домашние косметические девайсы, указки, считыватели штрих-кодов, принтеры, проекторы — со всеми этими предметами можно столкнуться каждый день. И если раньше исследователи не предполагали контакта человека с лазерным излучением вне рабочего места и нормировали фактор по повреждающему действию, то сейчас следует оценить и влияние излучения на более тонкие функциональные изменения органа зрения. Уточнение цвета луча, попавшего в орган зрения, необходимо, так как длина волны имеет значение для оценки возможного нарушения функции зрения и установления ПДУ, поскольку при расчёте учитывается длина волны. Как известно, синий свет в связи с особенностями его поглощения сетчаткой может представлять наибольшую опасность [21], однако в нашем случае чаще всего в глаза участникам анкетирования попадал луч зелёного цвета. Эти данные соответствуют ситуации на рынке лазерной продукции: синие лазеры (указки, медицинские приборы) встречаются значительно реже красных и зелёных. Результаты наших исследований показали, что даже с учётом непродолжительного низкоинтенсивного контакта с лазерным излучением видимой области спектра у людей могут появляться неприятные ощущения в глазах, временное ослепление, головная боль, а также нарушение цветовосприятия, которое может сохраняться значительное время после прекращения контакта с источником излучения.

Зафиксированные субъективные ощущения при воздействии лазерного излучения на уровнях, не превышающих предельно допустимые, указывают на то, что текущие нормативы лазерного излучения для населения следует оценивать с учётом временных эффектов. Это обеспечит санитарно-эпидемиологическое благополучие населения при действии лазерного излучения, как того требует политика государства по созданию безопасной и благоприятной среды обитания^{5,6}.

Анализ нормативных документов показал отсутствие наглядного системного алгоритма расчёта предельно допустимых уровней лазерного излучения. Предложенный вариант позволяет оптимизировать расчётную составляющую оценки лазерной безопасности при осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора и контроля.

Заключение

Необходимо совершенствование нормативов ПДУ для населения с учётом обратимых эффектов излучения. Это позволит уменьшить негативное воздействие на орган зрения и качественно улучшить гигиеническую оценку лазерного излучения. Разработанный алгоритм расчёта допустимых уровней лазерного излучения (ПДУ) поможет минимизировать ошибки и снизить временные затраты специалистов при проведении оценки безопасности воздействия лазерного излучения на организм.

⁵ Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».

⁶ Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ.

Литература

(п.п. 3, 5, 15, 18, 21 см. References)

1. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В. Современное состояние и перспективы гигиенического нормирования и контроля лазерного излучения в Российской Федерации. В кн.: *Развивая вековые традиции, обеспечивая «Санитарный щит» страны: Материалы XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с международным участием, посвященного 100-летию основания Государственной санитарно-эпидемиологической службы России*. Мытищи; 2022: 137–9. <https://elibrary.ru/nxbneb>
2. Куликов А.Н., Власенко А.Н., Мальцев Д.С., Коваленко А.В., Коваленко И.Ю. Клинические случаи повреждения глаз излучением лазерных указок. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2019; (3): 103–6. <https://elibrary.ru/khieq>
4. Черепнин А.И., Цыганкова А.И., Сипина Ю.В., Елсакова Н.В. Клинические случаи повреждения сетчатки в быту инфракрасным излучением лазерной указки. *Современные технологии в офтальмологии*. 2018; (2): 280–2. <https://elibrary.ru/utebiw>
6. Девислов В.А., Рахманов Б.Н., Кибовский В.Т., Пальцев Ю.П. Лазерная техника и безопасность. Вечера, сегодня, завтра. Часть 2. *Безопасность в техносфере*. 2014; 3(5): 47–57. <https://doi.org/10.12737/6024> <https://elibrary.ru/sxydvz>

7. Желтов Г.И. Нормативы по лазерной безопасности: истоки, уровень, перспективы. *Фотоника*. 2017; (1): 10–35. <https://doi.org/10.22184/1993-7296.2017.61.1.10.35> <https://elibrary.ru/xhrubf>
8. Рахманов Б.Н., Пальцев Ю.П., Кибовский В.Т. Проблема противоречий в нормативной базе лазерной безопасности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(6): 535–40. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-535-540> <https://elibrary.ru/zapecn>
9. Антоненчик Н.Н. Оружие на новых физических принципах. *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2012; 5(2): 264–8. <https://elibrary.ru/pgepxl>
10. Соловьева М.Н. Вопросы разграничения действий, угрожающих безопасной эксплуатации транспортных средств (статья 267.1 УК РФ), и хулиганства на транспорте (п. «В» ч. 1 статьи 213 УК РФ). *Вестник Казанского юридического института МВД России*. 2020; 11(1): 81–5. <https://doi.org/10.24420/KUI.2020.39.1.012> <https://elibrary.ru/eezazy>
11. Семенова И.А., Федорова Е.А. Криминологические аспекты обеспечения транспортной безопасности и профилактики преступности в сфере транспорта. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки*. 2021; 7(3–1): 217–22. [https://doi.org/10.37279/2413-1733-2021-7-3\(1\)-217-222](https://doi.org/10.37279/2413-1733-2021-7-3(1)-217-222) <https://elibrary.ru/imfmv>
12. Токманцев Д.В., Антончикова А.Д., Гладышева Е.Э. Криминологическая характеристика и профилактика хулиганства на транспорте. *Научный компонент*. 2022; (3): 42–9. https://doi.org/10.51980/2686-939X_2022_3_42 <https://elibrary.ru/mmyvou>
13. Дробот С.А. Анализ изменений уголовного закона за 2017 год. *Виктимология*. 2017; (4): 71–81. <https://elibrary.ru/ypqklh>
14. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В. Обеспечение лазерной безопасности как медико-техническая проблема. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022; (4): 297–8. <https://elibrary.ru/lglagf>
15. Малькова Н.Ю., Ушкова И.Н., Романенко Е.И. Влияние лазерного излучения от проекторов на орган зрения. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; 54(9): 37–40. <https://elibrary.ru/sueaod>
16. Схема «алгоритм расчета предельно допустимых уровней лазерного излучения». Патент РФ № 139362; 2022. <https://elibrary.ru/iaclrn>
17. Кирикова О.В., Щербаклова И.С., Богачев Ю.В., Богачева Т.М. Воздействие яркого светового излучения на органы зрения и анализ методов защиты от него. *Евразийский союз ученых*. 2016; (3–3): 24–32. <https://elibrary.ru/xcmbdx>
18. Рахманов Б.Н., Кезик В.И., Кибовский В.Т., Пономарев В.М. Определение предельно допустимых уровней при одновременном воздействии на глаза и кожу лазерного излучения с различными длинами волн. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 58(12): 35–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-35-38> <https://elibrary.ru/ypxlut>

References

1. Paltsev Yu.P., Pokhodzei L.V. The current state and prospects of hygienic rationing and control of laser radiation in the Russian Federation. In: *Developing Centuries-Old Traditions, Providing a "Sanitary shield" of the Country: Materials of the XIII All-Russian Congress of Hygienists, Toxicologists and Sanitary Doctors with International Participation, Dedicated to the 100th Anniversary of the Founding of the State Sanitary and Epidemiological Service of Russia [Razvivaya vekovye traditsii, obespechivaya «Sanitarnyi shchit» strany: Materialy XIII Vserossiiskogo s"ezda gigienistov, toksikologov i sanitarnykh vrachei s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennogo 100-letiyu osnovaniya Gosudarstvennoi sanitarno-epidemiologicheskoi sluzhby Rossii]*. Mytishchi; 2022: 137–9. <https://elibrary.ru/nxbneb> (in Russian)
2. Kulikov A.N., Vlasenko A.N., Mal'tsev D.S., Kovalenko A.V., Kovalenko I.Yu. Retinal injury from laser pointers: case series. *Vestnik Rossiiskoi Voennomeditsinskoi akademii*. 2019; (3): 103–6. <https://elibrary.ru/khieqv> (in Russian)
3. Shah D., Desai N., Dhanak R. Lasers in facial aesthetics – a review. *Adv. Hum. Biol.* 2014; 4(3): 1–6.
4. Cherepnin A.I., Tsygankova A.I., Sipina Yu.V., Elsakova N.V. Clinical cases of retinal damage in everyday life by infrared radiation of a laser pointer. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*. 2018; (2): 280–2. <https://elibrary.ru/utebiw> (in Russian)
5. Andrikopoulos A., Thanopoulos I. Biological effects of laser irradiation and occupational safety. In: *Koutsojannis C.M., ed. Electromagnetic Radiation: History, Theory and Research*. Nova; 2018.
6. Devisilov V.A., Rakhmanov B.N., Kibovskii V.T., Pal'tsev Yu.P. Lasers and safety. Yesterday, today, tomorrow. Part 2. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2014; 3(5): 47–57. <https://doi.org/10.12737/6024> <https://elibrary.ru/sxydvz> (in Russian)
7. Zheltov G.I. Standards for laser safety: origins, level, perspectives. *Fotonika*. 2017; (1): 10–35. <https://doi.org/10.22184/1993-7296.2017.61.1.10.35> <https://elibrary.ru/xhrubf> (in Russian)
8. Rakhmanov B.N., Paltsev Yu.P., Kibovskii V.T. The problem of contradictions in the normative base of laser safety. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(6): 535–40. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-535-540> <https://elibrary.ru/zapecn> (in Russian)
9. Antonenichik N.N. Arms on new physical principles. *Interespo Geo-Sibir'*. 2012; 5(2): 264–8. <https://elibrary.ru/pgepxl> (in Russian)
10. Soloveva M.N. Issues of limitation of actions, threatening safe usage of vehicles (art. 267.1 of the criminal code of the Russian Federation), and hooliganism in transport (para. 1, p. Section "V" of art. 213 of the criminal code of the Russian Federation). *Vestnik Kazanskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii*. 2020; 11(1): 81–5. <https://doi.org/10.24420/KUI.2020.39.1.012> <https://elibrary.ru/eezazy> (in Russian)
11. Sementsova I.A., Fedorova E.A. Criminological aspects of ensuring transport security and crime prevention in the field of transport. *Yuridicheskie nauki*. 2021; 7(3–1): 217–22. [https://doi.org/10.37279/2413-1733-2021-7-3\(1\)-217-222](https://doi.org/10.37279/2413-1733-2021-7-3(1)-217-222) <https://elibrary.ru/imfmv> (in Russian)
12. Tokmantsev D.V., Antonchikova A.D., Gladysheva E.E. Criminological characteristics and prevention of hooliganism in transport. *Nauchnyi komponent*. 2022; (3): 42–9. https://doi.org/10.51980/2686-939X_2022_3_42 <https://elibrary.ru/mmyvou> (in Russian)
13. Drobot S.A. Analysis of changes to the criminal law for. *Viktimologiya*. 2017; (4): 71–81. <https://elibrary.ru/ypqklh> (in Russian)
14. Paltsev Yu.P., Pokhodzei L.V. Ensuring laser safety as a medical and technical problem. *SVCh-tehnika i telekommunikatsionnye tekhnologii*. 2022; (4): 297–8. <https://elibrary.ru/lglagf> (in Russian)
15. Boosten K., Van Ginderdeuren R., Spileers W., Stalmans I., Wirix M., Van Calster J., et al. Laser-induced retinal injury following a recreational laser show: two case reports and a clinicopathological study. *Bull. Soc. Belge. Ophthalmol.* 2011; (317): 11–6.
16. Malkova N.Yu., Ushkova I.N., Romanenko E.I. Effects in eyes, caused by laser rays emitted by laser-beam projectors. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2014; 54(9): 37–40. <https://elibrary.ru/sueaod> (in Russian)
17. Scheme "algorithm for calculating the maximum permissible levels of laser radiation". Patent RF No. 139362; 2022. <https://elibrary.ru/iaclrn> (in Russian)
18. Terekhova M.S., Rudikov S.I., Shumski A.P., Shkadarevich A.P. System for assessing the effectiveness of temporary blinding devices. *Devices and Methods of Measurements*. 2020; 11(2): 115–3. <https://doi.org/10.21122/2220-9506-2020-11-2-105-113> <https://elibrary.ru/zprkzl>
19. Kirikova O.V., Shcherbakova I.S., Bogachev Yu.V., Bogacheva T.M. The impact of bright light on the eyes and the analysis of methods of defense against it. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*. 2016; (3–3): 24–32. <https://elibrary.ru/xcmbdx> (in Russian)
20. Rakhmanov B.N., Kezik V.I., Kibovskii V.T., Ponomarev V.M. Determination of maximum permissible levels with simultaneous exposure to eyes and skin of laser radiation with different wavelengths. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; 58(12): 35–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-35-38> <https://elibrary.ru/ypxlut> (in Russian)
21. Ratnayake K., Payton J.L., Lakmal O.H., Karunarathne A. Blue light excited retinal intercepts cellular signaling. *Sci. Rep.* 2018; 8(1): 10207. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28254-8>

Сведения об авторах

Малькова Наталья Юрьевна, доктор биол. наук, гл. науч. сотр. отд. комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия; профессор каф. гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: n.malkova@s-znc.ru

Петрова Милена Дмитриевна, мл. науч. сотр. отд. комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: m.petrova@s-znc.ru

Information about the authors

Natalia Yu. Malkova, MD, PhD, Dsci., chief researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation; Professor of the Department of Hygiene of Education and Training, Occupational and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I. Mechnikov, St.-Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0426-8851> E-mail: n.malkova@s-znc.ru

Milena D. Petrova, junior researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523> E-mail: m.petrova@s-znc.ru