

Ю.Ш. Халимов, А.Н. Власенко,
Г.А. Цепкова, А.Е. Сосюкин

Профессиональные заболевания, вызванные воздействием лазерного излучения

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Источники лазерных излучений прочно закрепились во всех сферах жизнедеятельности человека – различных отраслях промышленности, биологии, генной инженерии, медицине, сельском хозяйстве. В случаях грубого нарушения техники безопасности лазерное излучение может представлять опасность для работающих с ним людей. Биологическое действие лазерных излучений окончательно не выявлено. Оно способно вызвать как первичные эффекты, к которым относятся органические изменения, возникающие в облученных тканях, так и вторичные – неспецифические изменения, происходящие в ответ на облучение. Под его влиянием в биологических тканях развивается сложный комплекс изменений, являющихся результатом взаимодействия с тканями ряда факторов, среди которых на первый план выступают термический и ударный эффекты. По характеру действия на человека лазерное излучение делится на прямое, рассеянное, зеркально-отраженное и диффузно-отраженное. «Критическими» органами для лазерных излучений являются глаза и кожа. Поражения лазерными излучениями делят на острые и хронические. Острые поражения встречаются в случаях грубого нарушения техники безопасности или при аварийных ситуациях. При продолжительной работе с лазерными приборами небольшой интенсивности возможно развитие хронических поражений. При эксплуатации источников лазерных излучений на работников воздействуют другие неблагоприятные факторы – шум, вибрация, свет ламп накачки, ультрафиолетовое облучение, утомление зрительного анализатора, загрязнение воздушной среды (озон, окислы азота), нервно-эмоциональное напряжение. Диагностика лазерных поражений основывается на данных профессионального анамнеза санитарно-гигиенической характеристики условий труда, результатах клинического обследования и данных дозиметрии. Специфического лечения лазерных поражений нет.

Ключевые слова: диффузно-отраженное действие, зеркально-отраженное действие, лазерное излучение, оптический квантовый генератор, профессиональный анамнез, прямое действие, рассеянное действие, тепловой эффект, ударный эффект, экспертиза трудоспособности.

Общие представления об оптических квантовых генераторах. Характеристика лазерного излучения. В наши дни источники лазерного излучения (ЛИ) прочно закрепились во всех сферах жизнедеятельности человека. За сравнительно короткий период они прошли путь от уникальной экспериментальной установки до серийных приборов, используемых в различных отраслях промышленности, биологии, генной инженерии, медицине, сельском хозяйстве и др. Взяли их на вооружение и специалисты по созданию спецэффектов – практически ни одно масштабное шоу не обходится без сцен с лазерными лучами. В то же время было установлено, что в случаях грубого нарушения техники безопасности ЛИ может представлять определенную опасность для работающего с ним персонала. Даже маломощные лазеры могут вызывать значимые поражения глаз и кожи, следовательно, ЛИ является вредным профессиональным фактором физических природ. Перечень профессиональных заболеваний, связанных с воздействием ЛИ, регламентирован Приказом Минздравсоцразвития Российской Федерации (РФ) № 417н от 27.04.12 [6].

ЛИ представляет собой электромагнитное излучение (ЭМИ) оптического диапазона с длиной волны от 0,1 до 1000 мкм, генерируемое оптическими

квантовыми генераторами (ОКГ) или лазерами. Само слово «лазер» – аббревиатура английской фразы «Light amplification by stimulated emission of radiation» – буквально означает усиление света за счет создания стимулированного излучения. Теоретические основы для создания ОКГ разработали независимо друг от друга советские ученые Н.Г. Басов, А.М. Прохоров и профессор Колумбийского университета Ч. Таунс в середине 50-х гг. прошлого века. В 1964 г. их работа была удостоена Нобелевской премии в области физики.

Функциональная схема любого лазера включает три основных компонента:

– активная рабочая среда (рабочее вещество), в качестве которой используют различные агрегатные состояния вещества – твердое (диэлектрические кристаллы рубина и стекла с добавкой ионов хрома, неодима и др.), жидкое (растворы флуоресцирующих органических красителей), газообразное (гелий, неон), плазменное. В этой среде генерируется и накапливается электромагнитная энергия;

– оптический резонатор – система из двух параллельных зеркал, в которую помещается рабочая среда;

– внешний источник энергии – энергии «накачки», каковыми могут быть лампы-вспышки, постоянное или переменное электрическое поле.

Принцип работы ОКГ заключается в том, что ЭМИ рабочего вещества стимулируется воздействием на него внешнего источника, результатом чего является образование ЭМИ оптического диапазона (от инфракрасного до ультрафиолетового), отличающегося от излучения обычных световых источников *монохроматичностью* (ограниченностью в узком интервале длин волн), *когерентностью* (упорядочением световых волн во времени и пространстве) и *изотропностью* (высшей степенью направленности и малым расхождением потока излучения). Благодаря малой расходимости луча лазера его плотность мощности достигает 10^{16} – 10^{17} Вт/м².

Основными параметрами ЛИ являются:

- длина волны, мкм;
- плотность мощности (энергетическая освещенность), Вт/см² – отношение потока излучения, падающего на рассматриваемый небольшой участок поверхности, к площади этого участка;
- экспозиция, Дж/см² – отношение энергии излучения, определяемой на рассматриваемом участке поверхности, к площади этого участка;
- длительность импульса, с;
- частота повторения импульсов, Гц – количество импульсов в 1 с;
- угловое расхождение луча (угл. мин).

Перечисленными специфическими особенностями и параметрами лазерного луча, возникающими в результате его воздействия, во многом обусловлен характер биологических эффектов, развивающихся в живых клетках, тканях, органах и организме в целом. Помимо параметров ЛИ, биологический эффект облучения зависит также от свойств облучаемых структур, их теплоемкости, теплопроводности, насыщения водой и пигментом.

По характеру воздействия на человека ЛИ делится на следующие виды:

- прямое (заключенное в ограниченном телесном угле);
- рассеянное (рассеянное от вещества, находящегося в составе среды, через которую проходит лазерное излучение);
- зеркально-отраженное (отраженное от поверхности под углом, равным падению излучения);
- диффузно-отраженное (отраженное от поверхности по различным направлениям).

В производственных условиях наибольшую опасность представляет не прямой световой луч, действие которого возможно только при грубом нарушении правил техники безопасности, а диффузное отражение и рассеяние луча, что имеет место при визуальном контроле за попаданием луча на мишень, при наблюдении за приборами вблизи хода луча, при отражении от стен и других поверхностей. Особенно опасны зеркально отражающие поверхности.

При эксплуатации ОКГ на работников воздействуют дополнительные неблагоприятные факторы, которые усиливают биологические эффекты ЛИ. К ним относятся постоянный (80–90 дБ) и импульсный

(до 120 дБ и более) шум и вибрация, возникающие в момент их работы, слепящий свет ламп накачки, утомление зрительного анализатора, ультрафиолетовое излучение, нервно-эмоциональное напряжение, загрязнение воздушной среды химическими веществами, образующимися при разрядке импульсных ламп накачки (озон, окислы азота и др.).

По степени опасности воздействия излучения на людей все лазеры разделены на 4 класса:

1 класс (безопасные) – выходное излучение не опасно для глаз;

2 класс (малоопасные) – опасно для глаз прямое или зеркально-отраженное излучение;

3 класс (среднеопасные) – опасно для глаз прямое, зеркальное, а также диффузно-отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражаемой поверхности и (или) для кожи – прямое или зеркально-отраженное;

4 класс (высокоопасные) – опасно для кожи диффузно-отраженное на расстоянии 10 см от отражаемой поверхности.

Эта классификация определяет специфику воздействия лазерного излучения на глаза и кожу, которые являются для него «критическими» органами, а также позволяет определить мероприятия по обеспечению безопасности при работе с лазерными источниками [2, 4, 5, 10].

Мощность лазерных установок колеблется от долей милливатт до сотен мегаватт. Энергия и мощность лазерного излучения на рабочем месте определяется с помощью лазерных дозиметров «Измеритель-1», ИМО-2Н, ИЛД-2, ИЛД-2М и др. Предельно допустимые уровни (ПДУ) ЛИ и требования по обеспечению лазерной безопасности регламентируются «Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров» (СанПин 58.04-91) и Государственным стандартом РФ «Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий», введенным в 2012 г. [3, 8].

Биологическое действие лазерного излучения. Патогенез формирования поражений. Биологическое действие ЛИ недостаточно выяснено. Доказано, что оно способно вызывать как первичные эффекты, к которым относятся органические изменения, возникающие непосредственно в облучаемых тканях, так и вторичные – неспецифические изменения, происходящие в организме в ответ на облучение. По своему биологическому действию ЛИ существенно отличается от излучений других видов. Под его влиянием в биологических тканях развивается сложный комплекс изменений, являющихся результатом взаимодействия с тканями ряда факторов, среди которых на первый план выступают термический и ударный эффекты.

Наиболее хорошо изучен термический эффект лазерного облучения. Он характеризуется быстрым нагревом тканей, образованием локального ожога – коагуляцией белков, местным некрозом, резко отграниченным от смежных областей, асептическим воспалением с последующим развитием соединительнотканного рубца, расстройствами васкуляри-

защиты, кровоизлияниями в паренхиматозных органах. С тепловым эффектом тесно связан механический (ударный) эффект лазерного воздействия, возникающий в результате вскипания тканевой жидкости, теплового объемного расширения облучаемых тканей, повышения давления в них и образования ударной волны, приводящих к деформации и разрыву тканей. Возникающая в очаге поражения ударная волна способна распространяться в окружающих тканях с различными скоростями, поэтому ее эффект может отмечаться даже на значительном расстоянии от места непосредственного облучения. Распространяясь в тканях с ультразвуковой скоростью, ударная волна может вызывать явление кавитации, т. е. образования полостей за счет быстрого испарения частиц вещества. Образующиеся полости, спадаясь после прохождения ударной волны, в свою очередь вызывают дополнительный компрессионный удар. Давление ударной волны может достигать значительных величин. Особенно опасны случаи возникновения ударной волны за счет теплового объемного расширения в замкнутых полостях – в полости черепа, глаза, грудной клетки и др.

Под влиянием мощного ЛИ формируются электрохимические и фотохимические эффекты, приводящие к ионизации жидкостных компонентов, образованию новых структур, не свойственных живой материи, в частности свободных радикалов, катализирующих различные химические реакции.

Наряду с первичными эффектами воздействия ЛИ развиваются и вторичные – неспецифические изменения, формирующиеся в организме в ответ на облучение. Их возникновение обусловлено тем, что отраженное и рассеянное ЛИ через оптико-вегетативную систему возбуждает вегетативные центры (гипоталамус, гипофиз) промежуточного мозга, а через них – железы внутренней секреции. Вторичные изменения манифестируются функциональными нарушениями различной степени выраженности со стороны системы кровообращения, нервной, эндокринной, иммунной систем, изменениями белкового, углеводного и липидного обменов [5, 9–11].

Клиническая картина поражений. Поражения ЛИ принято делить на острые и хронические [4].

Острые поражения встречаются сравнительно редко – либо в случаях грубого нарушения требований техники безопасности у лиц, обслуживающих мощные лазерные установки, либо при возникновении аварийных ситуаций. Они проявляются чувством жара, выраженной мышечной слабостью, болями в конечностях, общим недомоганием, головной болью, жаждой, покраснением лица, повышением температуры тела. В ряде случаев на этом фоне развиваются дизэнцефальные расстройства в виде приступов пароксизмальной тахикардии, повышения артериального давления, дрожания во всем теле, рвоты, выраженного гипергидроза. В периферической крови выявляется лейкоцитоз различной степени выраженности, увеличение скорости оседания эритроцитов.

Степень поражения глаз и кожи зависит от интенсивности и спектра излучения. При прямом попадании в глаза лазерного луча большой интенсивности с длиной волны в видимой или ближней инфракрасной части спектра пострадавший ощущает толчок (удар) в глаз, выпадение части поля зрения. При исследовании глазного дна выявляют ожог и отек сетчатки, кровоизлияния в сетчатку и стекловидное тело, разрыв сетчатки. Поражения, как правило, носят необратимый характер. В последующем на месте ожога образуется рубец, ведущий к снижению остроты зрения. Воздействие ЛИ в ультрафиолетовой и дальней инфракрасной части спектра вызывает болезненные ожоги роговицы.

Поражения кожи могут носить самый разнообразный характер – в строгой зависимости от параметров и характера действующего излучения. Наиболее типичные повреждения кожи – лазерный ожог, напоминающий электрокоагуляционный ожог при поражениях молнией и электротоком, или полное разрушение и разрывы кожных покровов. В более легких случаях выявляются либо функциональные сдвиги в активности внутрикожных ферментов, электропроводности кожи, либо развитие легкой эритемы в месте облучения. Определенную роль играет пигментация кожи – темно пигментированная кожа имеет меньший порог поражения. В то же время отсутствие пигментации способствует более глубокому проникновению лучей лазера в кожу и под кожу, вследствие чего поражения могут носить более выраженный характер. ЛИ большой интенсивности способно проникать через кожу и поражать внутренние органы. Самыми уязвимыми являются почки, печень, селезенка, в которых выявляются разнообразные гистобиохимические сдвиги, отек, кровоизлияния, омертвление тканей.

При продолжительной работе с лазерными приборами небольшой интенсивности, когда персонал подвергается облучению отраженным или рассеянным излучением, вследствие срыва компенсаторно-приспособительных реакций формируются хронические поражения. Данные экспериментальных и клинико-физиологических исследований свидетельствуют о том, что при хроническом воздействии низкоэнергетических уровней ЛИ общие неспецифические реакции организма преобладают над местными локальными изменениями со стороны органа зрения и кожи и проявляются многообразной симптоматикой, укладывающейся в астенический, астеновегетативный и астеноневротический синдромы.

Клиническая картина длительного воздействия лазерного излучения развивается постепенно. Наиболее ранними ее проявлениями являются общая слабость, утомляемость в конце рабочего дня, раздражительность, вспыльчивость, плаксивость, головная боль в лобной или лобно-височной областях, нарушение сна. В дни отдыха самочувствие и работоспособность больных, как правило, улучшаются, а в период продолжительного отпуска могут полностью восстановиться.

В дальнейшем при продолжении работы появляются боли в области сердца, сердцебиения, чувство замирания сердца, возникающие внезапно, чаще всего в связи с нервно-эмоциональным напряжением. В более выраженных случаях наблюдаются сосудистые кризы, сопровождающиеся приступообразной головной болью, головокружением, кратковременным расстройством сознания, отмечается быстрое прогрессирование вегетативных и ангиодистонических нарушений, которые носят стойкий характер и протекают на фоне астенического или неврастенического синдромов. Как правило, выявляется отчетливая зависимость частоты и выраженности описанных субъективных расстройств от интенсивности излучения и длительности работы с лазером.

К ранним проявлениям заболевания также относятся астенопия – быстрая утомляемость глаз при работе, туман перед глазами, снижение четкости зрения, тупая или режущая боль и ощущение давления в глазных яблоках, отечность век, непереносимость яркого света, слезотечение или сухость глаза.

Гораздо реже при длительном воздействии ЛИ может развиваться гипоталамический синдром, который характеризуется перестройкой нервно-гуморальных регуляторных механизмов с клиническими проявлениями поражения центрального и периферического звеньев гипоталамо-гипофизарно-адреналовой, гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной, гипоталамо-гипофизарно-гонадной систем.

При объективном обследовании выявляют тремор пальцев вытянутых рук и век, похолодание конечностей, гипергидроз, акроцианоз, стойкий красный дермографизм, оживление сухожильных рефлексов. Отмечается лабильность и асимметрия пульса и артериального давления, замедленное их восстановление после дозированной физической нагрузки. В ряде случаев выслушивается дующий систолический шум на верхушке, выявляется аритмия. Многочисленные экспериментальные и клинические наблюдения свидетельствуют о том, что даже при длительном хроническом воздействии на работающего человека малоинтенсивного рассеянного ЛИ каких-либо дерматологических изменений не наблюдается.

Проведение дополнительных исследований выявляет снижение тонуса сосудов мышечного и эластического типа, повышение среднего гемодинамического артериального давления и периферического сосудистого сопротивления, положительные глазосердечный, орто- и клиностатические рефлексы. На электрокардиограмме отмечаются уплощенный, двухфазный или отрицательный зубец Т, уменьшение интервала P–Q, снижение и деформация желудочкового комплекса QRS, свидетельствующие о развитии метаболических нарушений в миокарде. При проведении электроэнцефалографии выявляется гиперсинхронный тип энцефалограммы. В ряде случаев обнаруживают нарушение функции вестибулярного аппарата как в сторону повышения, так и понижения его возбудимости. Частота этих

нарушений возрастает по мере увеличения профессионального стажа.

Выявляются отчетливые нарушения функции зрительного анализатора – снижение световой и контрастной чувствительности, увеличение времени темновой адаптации, сужение полей зрения. На сетчатке обнаруживаются светлые желтовато-белые депигментированные очаги, единичные игольчатые, стреловидные, точечные помутнения стекловидного тела и хрусталика при существенно не измененной функции зрения.

При исследовании периферической крови отмечается умеренное снижение гемоглобина и цветового показателя, в ряде случаев – качественные изменения эритроцитов: уменьшение их среднего диаметра и объема, лейкоцитоз, моноцитоз, лимфоцитопения. Сдвиги в системе гемостаза проявляются умеренной тромбоцитопенией, снижением уровня протромбина, увеличением длительности кровотечения. Из биохимических показателей отмечается увеличение активности щелочной фосфатазы и трансаминаз, изменение экспрессии катехоламинов [2, 5, 11].

Диагностика профессиональных заболеваний, обусловленных влиянием ЛИ, основывается на данных профессионального анамнеза, санитарно-гигиенической характеристики условий труда, результатах субъективного и объективного обследования работников, результатах дозиметрического исследования.

Выявление острых поражений особых трудностей не вызывает. Оно базируется на данных анамнеза (аварийная ситуация, грубое нарушение техники безопасности) и оценке весьма характерных клинических проявлений (тепловой эффект, поражения глаз и кожи).

Значительно сложнее установление диагноза хронического поражения вследствие отсутствия патогномичных для этого состояния симптомов. Хроническое поражение ЛИ может быть заподозрено при наличии очевидной связи появления описанных выше признаков заболевания с началом и продолжительностью работы с лазерным оборудованием при отсутствии других причин их возникновения как профессионального, так и непрофессионального характера. Однако наряду с данными анамнеза и клинической картиной решающее значение принадлежит специальной оценке условий труда и данным санитарно-гигиенической характеристики рабочего места, подтверждающим воздействие ЛИ, превышающего ПДУ. Определение последнего осуществляется с помощью лазерных дозиметров и позволяет установить ПДУ облучения для каждого режима работы лазера по специальным формулам и таблицам. Детальное обследование в условиях стационара, наблюдение в процессе лечения могут подтвердить или исключить профессиональное происхождение заболевания.

Следовательно, диагноз хронического поражения ЛИ правомочен при наличии соответствующих ключевых признаков заболевания, выявлении нарушений требований по обеспечению лазерной безопасности, предусмотренных названными выше регламентиру-

щими документами, и подтверждении факта облучения, превышающего ПДУ [5, 11].

Лечение. Острые поражения ЛИ требуют оказания пострадавшим неотложной помощи. При поражении глаз в конъюнктивальный мешок следует закапать 0,25% раствор дикаина или 2,5% раствор новокаина, наложить стерильную повязку и направить пострадавшего в офтальмологическое отделение. При поражении кожи на пораженные участки накладывают стерильные повязки и направляют пострадавших в хирургические или ожоговые отделения. Лечение лазерных ожогов не отличается от лечения ожогов другого происхождения.

Специфического лечения хронических поражений нет. Оно должно быть индивидуальным (с учетом характера и тяжести поражения, наличия сопутствующих заболеваний, возраста, пола, массы тела и др.) и комплексным (с использованием препаратов различных групп).

При начальных проявлениях патологии лечебные мероприятия ограничиваются прекращением контакта с источником ЛИ, рациональным трудоустройством работника и не требуют применения лекарственных средств. В более выраженных случаях, помимо отстранения от работы с лазерными установками, а также с источниками вибрации и шума, больные нуждаются в активном амбулаторном или стационарном лечении, направленном на нормализацию нарушенных функций организма.

Назначается полноценная диета с достаточным содержанием витаминов, общеукрепляющая терапия, включающая применение декстрозы с аскорбиновой кислотой, поливитаминных комплексов, адаптогенов (женьшень, китайский лимонник, элеутерококк), антиоксидантов (витамин Е, мексидол), седативных средств и транквилизаторов (мепробамат, назепам), средств симптоматической терапии. Во всех случаях медикаментозную терапию следует сочетать с физиотерапевтическими процедурами (гальванический воротник, массаж) и гидропроцедурами [2, 4, 5].

Профилактика лазерных поражений предусматривает проведение мероприятий инженерно-технического, организационного, санитарно-гигиенического и лечебно-профилактического характера. Первые осуществляются при конструировании ОКГ и исключают вредное воздействие ЛИ на человека. Организационные мероприятия включают проведение технических мер по экранированию источников ЛИ, введению дистанционного управления и автоматической блокировки источника, применение ограничителей лазерного пучка, устранение зеркально отраженных поверхностей в рабочих помещениях.

Санитарно-гигиенические мероприятия предусматривают контроль над соблюдением параметров ЛИ на рабочих местах, размещением лазерных установок в соответствии с классом их опасности, наличием вентиляции, звукоизоляции, использованием средств индивидуальной защиты (технологические халаты, перчатки, очки, щитки и др.).

К мерам медицинской профилактики относятся лечебно-оздоровительные мероприятия: проведение во время рабочей смены специальных 10–15-минутных физкультурных пауз, обязательной витаминизации работающих, особенно в зимне-весенние месяцы (витамины В₁, аскорбиновая кислота или поливитаминные комплексы, глютаминовая кислота, аминалон и др.) [1, 3, 5, 12].

Важная роль в профилактике лазерных поражений принадлежит предварительным и периодическим медицинским осмотрам, которые проводятся в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ № 302н от 12.04. 2011 [7]. В состав комиссии по проведению предварительных и периодических медицинских осмотров, помимо обязательных специалистов, должны входить офтальмолог, дерматовенеролог, невролог. Дополнительно к обязательным методикам лабораторного исследования проводятся определение ретикулоцитов в периферической крови, биомикроскопия сред глаз, офтальмоскопия глазного дна. Периодические медицинские осмотры рекомендованы 1 раз в 2 года.

Противопоказаниями, препятствующими работе с источниками ЛИ, являются:

- катаракта осложненная;
- хронические рецидивирующие заболевания кожи и ее придатков с частотой обострения 4 раза и более за календарный год;
- дегенеративно-дистрофические заболевания сетчатки глаз;
- хронические заболевания переднего отрезка глаз;
- выраженные расстройства вегетативной (автономной) нервной системы.

Экспертиза трудоспособности. Решение вопросов экспертизы трудоспособности при лазерных поражениях зависит от степени тяжести поражения и от эффективности проводимого лечения. При неполном выздоровлении требуется временное отстранение от работы на срок 1,5–2 месяца с полным исключением контакта не только с ЛИ, но и с другими неблагоприятными факторами производственной среды (различные виды лучистой энергии, шум, вибрация, токсические вещества) и активное амбулаторное лечение. После повторного медицинского освидетельствования, удостоверяющего полное выздоровление, возможно продолжение работы с лазерными установками. При продолжении патологического процесса необходимо ставить вопрос о полном освобождении больного от работы, связанной с воздействием ЛИ, и направлении на медико-социальную экспертизу [7].

Таким образом, технический прогресс ознаменовался стремительным внедрением ОКГ во многие отрасли производственной и непроизводственной деятельности, поэтому все большее число людей вовлекается в сферу действия ЛИ. При определенных обстоятельствах, связанных с неисправностью аппаратуры или нарушением требований техники безопасности, создаются условия для возникновения различных

патологических состояний, обусловленных контактом с источниками этого излучения. Следовательно, ЛИ необходимо рассматривать в качестве серьезного профессионального фактора физической природы.

Необходимым условием успешного лечения пораженных ЛИ является отстранение от работы с ОКГ. Специфической терапии как острых, так и хронических поражений ЛИ не существует.

Литература

1. Гейниц, А.В. Безопасная работа с лазерными медицинскими установками: новые нормативные документы и реальная ситуация / А.В. Гейниц [и др.] // Лазерная медицина. – 2012. – № 16 (3). – С. 55–52.
2. Косарев, В.В. Профессиональные болезни: руководство для врачей / В.В. Косарев, С.А. Бабанов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 421 с.
3. Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных излучений. ГОСТ 31581. – М., 2012. – 22 с.
4. Измеров, Н.Ф. Профессиональная патология: национальное руководство / Н.Ф. Измеров. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.
5. Фисун, А.Я. Избранные лекции по профессиональной патологии у военнослужащих: учебное пособие / А.Я. Фисун, Ю.Ш. Халимов. – СПб.: Фолиант, 2018. – С. 155–166.
6. Приказ Минздравсоцразвития России № 417н от 27.04.2012 г. – Росс. газета. – 2012. – № 115. – 23 мая.
7. Приказ Минздравсоцразвития РФ № 302н от 12.04.2011 г. – Росс. газета. – 2011. – № 243. – 28 окт.
8. Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров (СанПин 5804-91). – М.: Минздрав РФ, 2018. – 48 с.
9. Шахно, Е.А. Биофизические механизмы взаимодействия лазерных излучений с биотканью. Физические основы применения лазеров в медицине / Е.А. Шахно. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – С. 49–64.
10. Enwemeka, C. S. The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study / C. S. Enwemeka [et al.] // Photomedicine and Laser Surgery. – 2004. – № 22 (4). – P. 323–329.
11. Rigau, J. Effects of the 633-nm laser on the behavior and morphology of primary fibroblast culture / J. Rigau [et al.] // SPIE Proceedings. – 1996. – № 26. – P. 38–42.
12. Smalley, P.J. Laser safety: risks, hazards and control measure / P.J. Smalley // Laser Therapy. – 2011. – № 20 (2). – P. 95–106.

Yu.Sh. Khalimov, A.N. Vlasenko, G.A. Tsepikova, A.E. Sosukin

Occupational diseases caused by exposure to laser radiation

Abstract. Sources of laser radiation are firmly entrenched in all spheres of human activity: different branches industry, biology, gene engineering, medicine, agriculture. In cases of gross safety violations, laser radiation can be dangerous for people working with it. Biological action of laser radiation is not completely found out. By the nature of human exposure to laser radiation, it is divided into direct, diffuse, specularly reflected and diffusely reflected. It can cause both primary effects, which include organic changes that occur in irradiated tissues, and secondary effects, which are nonspecific changes that occur in response to radiation. The «critical» organs for laser radiation are the eyes and the skin. Laser lesions are divided into acute and chronic. Acute lesions occur either in cases of gross security breaches or emergencies. The development of chronic lesions is possible in cases of prolonged work with low-intensity laser devices. Other adverse factors, such as noise, vibration, light from flash lamps, ultraviolet radiation, tiredness of visual analyzer, air pollution (ozone, oxide of nitrogen), neuro-emotional tension, affect workers during exploitation of laser radiation's sources. Diagnostics of laser lesions is based on the occupational history data of sanitary and hygienic characteristics of working conditions as well as on the results of clinical examination and dosimetry data. There is no specific treatment for laser lesions.

Key words: diffuse action, diffusely reflected action, direct action, disability expertise, impact effect, laser radiation, optical quantum generator, professional history, specularly reflected action, thermal effect.

Контактный телефон: +7-911-909-52-83; e-mail: vmeda-nio@mil.ru