

**ПРОБЛЕМА ГИГИЕНИЧЕСКОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ
ПАРАМЕТРОВ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ КОРАБЛЕЙ ВМФ**

А. В. Смуров, А. А. Богданов, В. В. Воронов, В. Ф. Беляев

Научно-исследовательский институт кораблестроения и вооружения Военно-Морского
Флота Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота
«Военно-морская академия имени Н.Г.Кузнецова», Санкт-Петербург, Россия

В Российской Федерации под лозунгом энергосбережения превентивно внедряются новые световые технологии. Вследствие особой актуальности проблемы энергосбережения для кораблей ВМФ, насыщенных радиоэлектронным вооружением, нельзя исключить управленческих решений по оборудованию корабельных помещений диодными источниками света. На основе анализа стандартов, санитарных правил и результатов испытаний, выполненных научными учреждениями различной ведомственной принадлежности, предложены медико-технические требования ВМФ к диодным светильникам для корабельных помещений.

Ключевые слова: морская медицина, гигиенический регламент, светоизлучающий диод, фотобиологическая безопасность, спектр излучения.

Проблема гигиенической регламентации параметров световой среды в корабельных помещениях актуализировалась в начале XXI века как следствие появления и взрывоподобного повсеместного распространения принципиально новых источников света. При этом внедрение новых световых технологий в России носит превентивный характер, поскольку закреплено государственным законом [1]. Основным критерием, определяющим необходимость государственного регулирования производства источников света, является энергосбережение.

**THE PROBLEM OF HYGIENIC RATING
OF THE PARAMETERS OF THE LIGHT ENVIRONMENT
AT THE FACILITIES IN RUSSIAN NAVAL SHIPS**

A. A. Bogdanov, V. V. Voronov, A. V. Smurov, V. F. Belyaev
Research Institute of Navy Shipbuilding and Armament,
N. G. Kuznetsov Navy Academy, Saint- Petersburg, Russia

In the Russian Federation, under the banner of energy efficiency project, new light technologies are preventively introduced. Due to the particular urgency of the energy efficiency problem for Navy ships, saturated with electronic armament, management solutions for equipping rooms, posts, locations, corridors, accommodation facilities and other facilities in the ships with the light-emitting diode lamps can be ruled out. Based on the analysis of standards, health regulations and test results carried out by organizations of various departments, the medical and technical requirements of the Navy for the light-emitting diode lamps for the facilities in the ships are proposed.

Key words: naval medicine, hygienic regulations, light-emitting diode (LED), photobiological safety, emission spectrum.

The problem of hygienic rating of the parameters of the light environment at a facility in a ship was actualized at the beginning of the 21st century as a consequence of appearance and explosion-like widespread extensive use of principally new light sources. In this connection new lighting technologies implementation in Russia is of a preventive nature, since it has been enshrined in legislation [1]. The main criterion determining the need for state control over production of sources of the light is energy saving.

Проблема энергосбережения особо актуальна для кораблей ВМФ в связи с непрерывно нарастающим количеством и качеством радиоэлектронного вооружения и ограниченностью мощности источников энергии. При этом значительная доля энергии (до 30 %) расходуется на освещение корабельных помещений. Кроме того, вследствие проблем с утилизацией люминесцентных светильников, наиболее распространенных на кораблях, возникла неотложная потребность их замены на альтернативные источники света. Корабли военного флота всегда были основной площадкой для внедрения новых технологий. Первые в России источники света с электропитанием – электродуговые лампы («свечи Яблочкова») – были установлены в 1880 г. на судах флота, в том числе на императорской яхте «Ливадия», при активном содействии генерал-адмирала Константина Николаевича. Однако вскоре было замечено, что свет вольтовой дуги вызывал поражения органа зрения (роговицы и хрусталика) и кожи (эритема) [2]. Повреждающее действие света вольтовой дуги связывали с преобладанием в спектре излучения ультрафиолетовой составляющей. Основа следующего поколения осветительных приборов – лампа накаливания Лодыгина-Эдисона. С момента появления первого промышленного образца (1879 г.) и до настоящего времени лампа накаливания оценивается специалистами как безопасный искусственный источник света [3]. Первый отечественный гигиенический регламент освещенности корабельных помещений в виде руководства для начсостава санитарной службы РКК Флота был опубликован в 1934 г. [4]. Документ устанавливал наименьшие величины освещенности, создаваемой лампами накаливания, для различных групп помещений. Третье поколение осветительных приборов составили люминесцентные лампы. Это источник света, в котором электрический разряд в инертном газе, насыщенном парами	The problem of energy saving is especially relevant for Navy ships in connection with continuous increase of quantity and quality of radio-electronic weapons and limitation of energy sources. At the same time, a sizeable portion re of energy (up to 30%) is spent on lighting a facility in a ship. In addition, due to problems with disposition of the fluorescent lamps, which has been the most common onboard illuminators, there is an urgent need to replace them with alternative light sources. The naval ships have always been the main platform for implementing new technologies. The first Russian sources of the light from electric power – electric carbon arc lamps (Yablochkov candles) – were installed in 1880 onboard such naval vessel as Imperial yacht “Livadia” with an active assistance of Grand Duke Konstantin Nikolayevich Romanov, Admiral General of the Russian Fleet. However, it was soon noticed that the light from voltaic arc caused damage to visual organ (in cornea and lens) and skin (erythema) [2]. The damaging effect of the light from voltaic arc was associated with ultraviolet component predominating in the emission spectrum. Lodygin-Edison incandescent lamp formed the base for the lighting devices of a next generation. Since introduction of its first production prototype (in 1879), an incandescent lamp has been estimated by experts as a safe artificial light source [3]. The first domestic hygienic regulations for quantity of illumination at ship facilities in the form of manual for the Workers’ and Peasants’ Red Fleet’s medical (sanitary) service commanding staff were published in 1934 [4]. The document established the lowest acceptable level of illumination from an incandescent lamp for different ship facilities. Fluorescent lamps represented the third lighting devices generation. A fluorescent lamps is such a light source, at which electric discharge within inert
---	---

ртути, инициирует ультрафиолетовое излучение, которое преобразуется в видимый свет с помощью люминофора (например, галофосфата кальция или ортофосфата кальция-цинка). Впервые опытный образец лампы дневного света был изготовлен в лаборатории Эдмунда Гермера в 1926 г., а промышленное производство за рубежом было освоено к 1938 г.

В Советском Союзе первые образцы люминесцентных ламп были созданы в 1947 г. в лаборатории В.А.Фабрикант, и вследствие их экономичности тогда же заинтересовали кораблестроителей. Внедрению люминесцентных светильников на корабли ВМФ предшествовали гигиенические испытания, начатые в 1947-1948 гг. в Научно-исследовательском медицинском институте под руководством А. М. Измаильцева и А.Ф.Пахомова и продолженные в 50-е годы [5].

Было установлено, что люминесцентные лампы обладают рядом преимуществ по отношению к лампам накаливания. Световая отдача (световой поток на единицу затраченной мощности, лм/вт) люминесцентных ламп в 5 раз выше, чем у ламп накаливания. Благодаря большей величине светящейся поверхности люминесцентных ламп свет распределяется более равномерно. Применение различных люминофоров позволяет варьировать световую температуру от 3200 до 6200 К. Зрительная работоспособность при освещении люминесцентными лампами выше, чем при освещении лампами накаливания.

Основным недостатком люминесцентных ламп является присутствие паров ртути, что создает потенциальную опасность заражения атмосферы замкнутого объема при повреждениях светильника, а также требует достаточно сложных систем утилизации отработанных ламп.

Значительная доля ультрафиолетового излучения в спектре люминесцентных ламп оценивалась гигиенистами неоднозначно. С одной стороны коротковолновое излучение оказывало полезное действие в условиях изоляции от солнечного света, с другой –

gas saturated with mercury vapor initiates ultraviolet radiation converted into visible light by means of a luminescent material (for example, calcium halophosphate or calcium orthophosphate-zinc). For the first time a prototype of the daylight fluorescent lamp was manufactured in the laboratory of Edmund Germer in 1926, and industrial production abroad had been mastered by 1938.

In the Soviet Union, the first sample of the fluorescent lamp was created in 1947 at the laboratory headed by V. A. Fabricant. These lamps were so cost-effective that the shipbuilders interested in them. Implementation of fluorescent light fixtures at the facilities in the naval ships was preceded by hygienic tests begun in 1947-1948 at Scientific Research Medical Institute under the leadership of A. M. Izmailtsev and A. F. Pakhomov and continued in the 50s [5].

It was found that a fluorescent lamp has a number of advantages over an incandescent lamp. Light output (luminous flux per unit of power expended, lm/W) of a fluorescent lamp is 5 times higher than that of an incandescent lamp. Due to the larger value of the luminous surface of a fluorescent lamp, the light is distributed more evenly. Implementing various luminescent material makes it possible to vary the light temperature from 3200 to 6200 K. Visual performance under illumination with a fluorescent lamp is higher than when illuminated by an incandescent lamp.

The main disadvantage of a fluorescent lamp is presence of mercury vapors, which creates a potential danger of contaminating the atmosphere of a closed room in a ship in the event of damaging the luminaire, and also requires rather complicated systems for used lamps disposal.

Hygienists ambiguously assessed a significant proportion of ultraviolet radiation in the spectrum of a fluorescent lamp. On the one hand, short-wave radiation had a beneficial effect under conditions of isolation from sunlight, but on the other

способно было вызвать повреждение органов зрения. Таким образом, при внедрении на корабли люминесцентного освещения конструирование и гигиеническая оценка новых источников света выполнялись параллельно. Одновременно были разработаны технические требования к светильникам и гигиенический регламент для новой оптической среды корабельных помещений. Высокая светоотдача люминесцентных ламп позволила в 2 раза повысить минимальный уровень освещенности [6,7]. К 1981 г. требования к искусственному освещению на судах морского флота были дополнены новыми понятиями. Регламентировались показатели дискомфорта, ослепленности, коэффициент пульсации, степень равномерности освещения на рабочих поверхностях, защитный угол для светильников местного освещения. Современная революция в светотехнике вызвана появлением светоиспускающих полупроводниковых диодов (СИД). Природа свечения диодов обусловлена преобразованием энергии электронов в пограничном слое пары полупроводников. При этом электроны теряют энергию, которая излучается в виде потока фотонов. Этот эффект был открыт в 1907 г. Генри Раундом из лаборатории Маркони. История последующих исследований феномена свечения твердотельных кристаллов связана с именами российских ученых О. В. Лосева (1927 г.) и Ж. И. Алферова (семидесятые годы XX века). Светоизлучающие диоды с мощностью, достаточной для использования в осветительных приборах (60 лм/Вт), были получены в США в 1999 г. профессором Сюдзи Накамура. Через 2 года в мире насчитывались уже десятки производителей СИД, началась информационная компания по пропаганде их преимуществ. Необходимость тщательной оценки влияния оптического излучения диодов на здоровье человека была впервые осознана в Германии, где уже в 2001-2002 г.г. появились	hand it was capable of causing damage to a visual organ. Thus, when fluorescent lighting was introduced onto ship facilities, the design and hygienic estimation of the new light sources were carried out in parallel. At the same time, technical requirements for luminaires and hygienic regulations for a new optical environment at ship premises were developed. High luminous efficiency of fluorescent lamps allowed increase the lowest acceptable level of illumination twice [6, 7]. By 1981, requirements for artificial lighting in the facilities at the naval ships had been supplemented by new concepts. The parameters of discomfort, blindness, ripple coefficient, uniformity of illumination on working surfaces, protective angle for local lighting fixtures were rated. The modern revolution in lighting equipment has been conditioned by the use of light-emitting semiconductor diodes (LEDs). The nature of the luminescence of the diodes is stipulated by electron energy transformation in a boundary layer of a pair of semiconductors. In such event, the electrons are losing their energy, which is emitting in the form of photon beam. This effect was discovered in 1907 by Henry Round from Marconi's laboratory. The history of subsequent studies of the phenomenon of luminescence of solid-state crystals is associated with the names of Russian scientists O.V. Losev (1927) and Zh. I. Alferov (seventies of the twentieth century). Light-emitting diodes with a power sufficient for being used in lighting devices (60 lm/W) were obtained in the USA in 1999 by Professor Shuji Nakamura. After 2 years, there were already dozens of LED manufacturers in the world, and information campaign was launched to promote their advantages. The need for a thorough estimation of the effect of optical radiation from LEDs on human health was first realized in Germany, where in 2001-2002 there were
--	--

документы, регламентирующие гигиенически значимые контролируемые параметры новых осветительных приборов [8].

В России и за рубежом был выполнен ряд научных исследований по изучению биологических эффектов от воздействия излучения светодиодов. Заключение специалистов о возможности применения этих источников света в различных условиях неоднозначны, однако ведущие научные школы обращают внимание на спектральный состав излучения и его отдельные компоненты. Поэтому целесообразно сопоставить спектры излучения наиболее распространенных искусственных источников света (рис.

1)

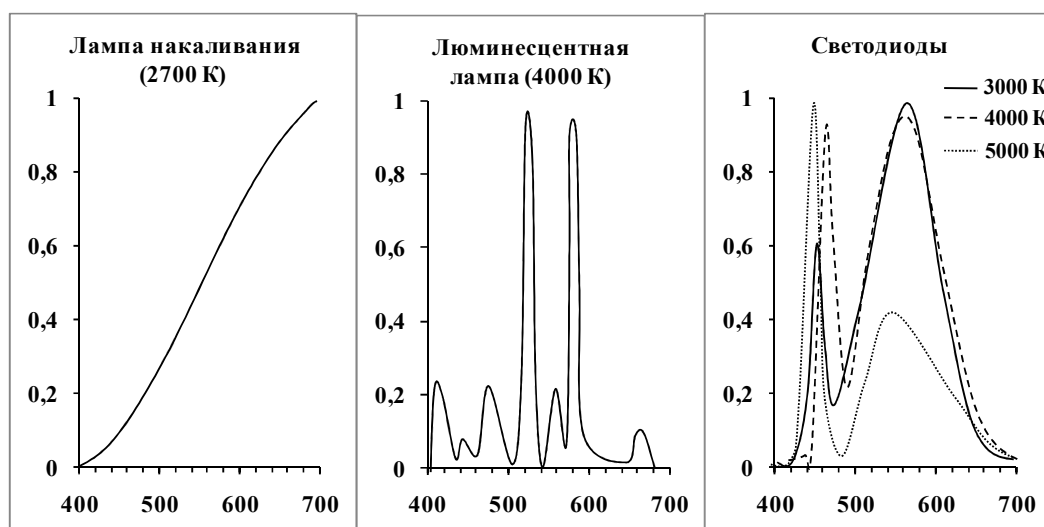


Рис.1. Распределение относительной спектральной плотности излучения основных искусственных источников света

По горизонтальной оси – длина волны, нм

Лампа накаливания

Люминесцентная лампа

Светодиоды

elaborated the documents, which rated hygienically meaningful controlled parameters of new lighting devices [8].

In Russia and abroad, a number of scientific investigations were carried out to study the biological effects of radiation from light emitting diodes. The experts gave ambiguous conclusions on the possibility of using these light sources in different conditions are ambivalent, but the leading scientific schools pay their attention to spectral composition of radiation and its components. Therefore, it makes sense to compare the emission spectra of the most common artificial light sources (Fig. 1).

The tungsten filament of an incandescent lamp radiated light with a spectral minimum in the blue range and a smooth increase to a maximum in the red and infrared ranges. The radiation spectrum of a fluorescent lamp is characterized by unevenness with several spikes and peaks in the green and red ranges. The most common white LEDs have radiation maximums in the wavelength range from blue to pale blue (440-460 nm) and in the wavelength range from yellow to green (560-620 nm), and the radiation minimum for the visible light with a wavelength of 480 nm.

The biological effect of radiation from an incandescent lamp is estimated by the experts as a favorable, since its spectrum is close to the spectrum of sunlight at sunset. Spectra of a fluorescent lamp are usually disregarded, except for the ultraviolet range. The quality of lighting for this group of instruments is estimated at a correlated light temperature.

Special attention of the experts is paid to special features of a light-emitting diode. In 1991, ipRGC (intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells) were detected in the retina, which contain a photosensitive pigment, the melanopsin [9, 10, 11]. The signal from melanopsin-containing retinal

Вольфрамовая спираль лампы накаливания излучает свет со спектральным минимумом в синем диапазоне и плавным нарастанием до максимума в красном и инфракрасном диапазоне. Спектр излучения люминесцентных ламп отличается неравномерностью с несколькими выбросами и максимумами в зеленом и красном диапазонах. Наиболее распространенные белые светодиоды имеют максимумы излучения в сине-голубом (440–460 нм) и желто-зеленом (560–620 нм) диапазонах, а минимум – при длине волны 480 нм.

Биологическое действие излучения ламп накаливания оценивается специалистами, как благоприятное, поскольку его спектр близок к спектру солнечного света на закате. Спектры люминесцентных ламп, как правило, не принимаются во внимание, за исключением ультрафиолетового диапазона. Качество света этой группы приборов оценивается по коррелированной световой температуре.

Наибольшую настороженность специалистов вызывают особенности спектра светодиодов. В 1991 г. в сетчатке были обнаружены светочувствительные клетки ipRGC (intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells), которые содержат светочувствительный пигмент меланопсин [9, 10, 11]. Сигнал от меланопсинсодержащих рецепторов сетчатки поступает в эпифиз и регулирует концентрацию гормона мелатонина в крови. Биологическое действие синего света с длиной волны 440–460 нм заключается в подавлении секреции мелатонина и активации организма. Соответственно при недостатке синего света и поступлении в кровь мелатонина снижается тонус организма и наступает сон.

Кроме того, определенный дисбаланс в процессы регуляции продукции меланопсина вносит относительно низкая плотность излучения с длиной волны 480 нм, регулирующая диаметр зрачка. Таким образом, при расширении зрачка увеличивается мощность потока излучения, проникающего во внутренние среды глаза и на сетчатку,

receptors enters the epiphysis and adjusts concentration of the hormone

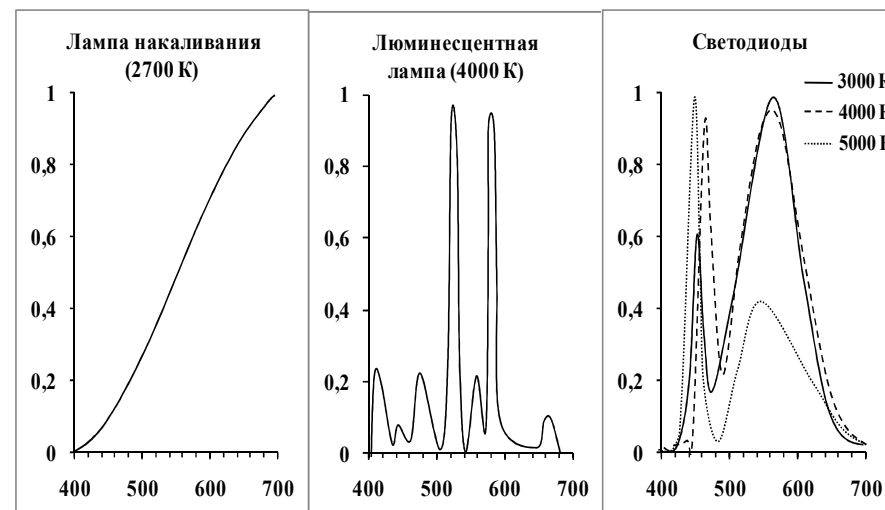


Fig.1. Relative spectral radiant density distribution of the main artificial light sources.

On the horizontal axis - wavelength, nm

Incandescent lamp

Fluorescent lamp

LEDs

melatonin in the blood. The biological effect of blue light with a wavelength of 440–460 nm is to suppress the secretion of melatonin and activate the organism. Accordingly, if there is a lack of blue light, and melatonin enters the blood, the tonus of the body decreases and the person fell asleep.

Besides that, melanopsin production control processes are in some degree imbalanced by relatively low density of light radiated with a wavelength of 480 nm, which adjusts the diameter of the pupil. In view of this, when the pupil dilates, the power of the radiation flux penetrating into the internal media of the

что, по мнению ряда авторов [12, 13], усиливает негативное влияние синего света с длиной волны 440–460 нм. Исследования влияния искусственных источников света на концентрацию мелатонина в крови (при равных условиях по освещенности и коррелированной температуре) показали, что наибольшее влияние оказывают холодно-белые люминофорные светодиоды (6000 К). Их влияние в 2,3-3,1 раза выше по сравнению с лампой накаливания, а у нейтрально-белых светодиодов (4500 К) больше в 1,2-1,5 раза [14]. Таким образом, наименее опасными для зрения представляются диоды с коррелированной цветовой температурой не выше 4000 К, у которых уровень излучения в сине-голубой части спектра не больше, чем в жёлто-оранжевой. Другим действующим началом фотохимического повреждения сетчатки коротковолновым видимым излучением является липофусцин – фототоксичный пигмент старости, который из-за избирательного поглощения света в полосе 440–460 нм генерирует свободные радикалы, отравляющие пигментный эпителий сетчатки [15]. Фототоксичные эффекты сине-голубого света являются кумулятивными и приводят к медленному необратимому падению зрительных функций [13]. В 2013 г. в России в рамках государственной программы было выполнено несколько проблемно ориентированных поисковых научных работ с целью создания комплексной методики оценки эффективности и безопасности для здоровья человека светодиодных источников света. Исследователи сконцентрировались на методиках оценки состояния зрительного анализатора, некоторых психофизиологических функций и работоспособности. Результаты испытаний, выполненных в различных научных учреждениях, неоднозначны. Специалисты по железнодорожной гигиене, которые исследовали	eye and into the retina increases, which, according to a number of authors [12, 13], enhances the negative effect of blue light with a wavelength of 440-460 nm. Studies of influence of artificial light sources on the concentration of melatonin in the blood (under equal conditions for quantity of illumination and correlated temperature) have shown that the greatest effect is exerted by a cold-white phosphor LED (6000 K). Its influence is 2.3-3.1 times higher in comparison with that of an incandescent lamp, and in a neutral-white LED (4500 K) it is more by 1.2-1.5 times [14]. Consequently, LEDs with correlated color temperature of no higher than 4000 K, in which the radiation level in the wavelength range from blue to pale blue is no more than in that from yellow to orange, appear to be the least dangerous for eyesight. Another factor of photochemical damage to the retina by shortwave visible radiation is lipofuscin – phototoxic age pigment, which, due to selective absorption of light in the wavelength range from 440 to 460 nm, generates free radicals that poison retinal pigment epithelium [15]. Phototoxic effects of visible light in the wavelength range from blue to pale blue are cumulative and lead to a slow irreversible fall in visual functions [13]. In 2013, in Russia in the framework of a government program, several problem-oriented researches were carried out to create a comprehensive methodology for estimating efficiency and safety of LED luminaries for human health. The researchers were concentrated on the techniques for estimating the condition of the visual analyzer, its psychophysiological functions, and performance. The results of the test performed in various scientific institutions are diverging. The experts in railway hygiene, who investigated functioning of operators
---	---

операторскую деятельность в условиях традиционных (лампа накаливания, люминесцентный светильник) и новых светодиодных источников света, выявили изменения негативного характера. Это выразилось в некотором снижении функциональной устойчивости к цветоразличению зеленого и красного сигналов, а также в увеличении времени реагирования при сложной зрительно-моторной реакции и значимом снижении готовности к экстренному действию у обследованных операторов [16]. В НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков РАМН изучали сравнительную динамику психофункционального состояния добровольцев-волонтеров при значительной зрительной и умственной нагрузке в условиях общего освещения, организованного светодиодами и люминесцентными лампами [16]. В результате исследований было установлено, что работоспособность не зависит от используемых источников света. Динамика ряда показателей психофизиологического состояния работающих после интенсивной полуторачасовой зрительной и умственной нагрузки, имитировавшей полный рабочий день, имела положительную направленность, которая при светодиодном освещении была более выраженной, чем при люминесцентном. Интенсивная умственная нагрузка в обоих случаях приводила к снижению адаптационного потенциала у волонтеров, однако в условиях светодиодного освещения, по сравнению с люминесцентным, почти в 2 раза реже отмечалось напряжение адаптации. По мнению исследователей, это свидетельствует о торможении гормонального вклада (снижении симпатических влияний) и доминировании «нейрогенной» составляющей регуляции, что характеризует повышение адаптационных возможностей и улучшение функционального состояния организма. В 2016 г. выполнены испытания светильников производства АО «Электрорадиоавтоматика», установленных в одном из подземных сооружений Минобороны РФ. Длительное (в течение года) периодическое (сутки через трое)	illuminated with the traditional (incandescent, fluorescent) and new (LED) luminaries, revealed some changes of the negative nature. These changes resulted to a certain decrease in functional resistance to coloration of the green and red signals, as well as in increase in reacting time for a complex visual-motor reaction and a significant reduction in the readiness for emergency action in the tested operators [16]. The Institute of Hygiene and Health of Children and Adolescents of the Russian Academy of Medical Sciences studied comparative dynamics of psychofunctional conditions of volunteers with significant visual and mental workload illuminated with light-emitting diodes and fluorescent lamps [16]. As a result of the study it was established that a volunteer's operability does not depend on a source of light used. The dynamics of a number of indicators of the psychophysiological state of people working after an intense hour and a half visual and mental workload, imitating a full-time work, had a positive orientation, which was more pronounced under LED illumination than under luminescent lighting. Intensive mental workload in both cases led a volunteer to reduction in his or her adaptive potential, but under LED illumination as compared to luminescent lighting the stress of his or her adaptation reduced almost twice. According to the researchers, this is evidence to inhibition of the hormonal contribution (reduction of sympathetic influences) and dominance of the "neurogenic" component of the control, which characterizes increase in adaptive capacity and improvement in functional state of the body. In 2016 tests were carried out with the luminaries (the light-emitting diode lamps) manufactured by JSC "Electroradioavtomatika" installed in one of the underground structures of the Ministry of Defense of the Russian Federation.
--	---

воздействие диодного излучения на операторов оценивалось специалистами Военно-Медицинской академии им. С. М. Кирова с применением расширенного перечня методик оценки состояния организма в целом и зрительного анализатора, в частности. Выраженных негативных трендов оцениваемых показателей в испытаниях не выявлено. Группа авторов [14] «Научно-технологического центра микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН» оценивала расчетными методами потенциальную опасность диодного излучения по критерию «мелатониновый фактор». Было показано, что источники света могут заметно (до 6 крат) различаться по биологическому эквиваленту излучаемого ими света в зависимости от их типа и цветовой температуры даже при одном и том же зрительном действии. Особенно высокие значения биологического эквивалента присущи люминофорным светодиодам холодно-белого света (с $T_c > 6000$ K). Неопределенность современных представлений об опасности или безопасности диодного излучения осложняет процесс гигиенической регламентации его параметров. До октября 2008 г. ограничения по критерию биологической безопасности регулировались европейским стандартом IEC 60825-1, скопированным с немецкого стандарта DIN EN 60825-1. В этом стандарте устанавливались требования к источникам света на основе лазеров и светодиодов. Однако IEC 60825-1 входил в противоречие с американским стандартом ANSI Z 136.1 (2000 г.), который не относил диодные источники света к устройствам с опасным для человека когерентным излучением. В дальнейшем американские стандарты были перенесены в Европу в виде международного стандарта IEC 62471:2006 «Светобиологическая безопасность ламп и ламповых систем» (Photobiological safety of lamp and lamp systems). Данный стандарт в полном объеме был принят в России как ГОСТ Р МЭК 62471-2013. Стандарт устанавливает пределы облучения от всех электрически не связанных широкополосных	Long-term (during a year) periodic (day after three) exposing the operators to diode radiation was estimated by experts of S. M. Kirov Military Medical Academy under condition of the use of an expanded list of techniques for assessing the state of the body as a whole and the visual analyzer in particular. Negative trends of the assessed indicators were not revealed in the trials. The group of authors [14] of <i>Scientific and Technological Center of Microelectronics and Submicron Heterostructures</i> of the Russian Academy of Sciences estimated the potential danger of diode radiation by calculating on the criterion “melatonin factor”. It was shown that sources of the light can appreciably (up to 6 times) differ in the biological equivalent of the light emitted by them depending on their type and color temperature, even with the same visual effect. Especially high values of biological equivalent are inherent in phosphor-based light-emitting diodes of cold white light (with $T_c > 6000$ K). The uncertainty of modern ideas about the danger or safety of diode radiation complicates the hygienic rating of its parameters. Until October 2008, the restrictions on the criterion of biological safety were regulated by the European standard IEC 60825-1, copied from the German standard DIN EN 60825-1. This standard established requirements for the illuminants based on lasers and light-emitting diodes. However, IEC 60825-1 was in conflict with the American standard ANSI Z 136.1 (2000), which did not refer diode illuminants to devices with human-hazardous coherent radiation. Later American standards were transferred to Europe in the form of the international standard IEC 62471: 2006 “Photobiological safety of lamps and lamp systems”. This standard was fully adopted in Russia as GOST R IEC 62471-2013. The standard sets the irradiation limits from all electrically non-connected broadband light sources, including light-emitting diodes, in addition
--	--

источников оптического излучения, включая светодиоды, кроме лазеров с длиной волны от 200 нм до 3000 нм. Все лампы и ламповые системы разделены на три группы по степени риска: малый, умеренный и большой. Источники света с коррелированной цветовой температурой ниже 4000 К отнесены к 1 группе малого риска. Методика оценки риска построена на основе физических измерений светового потока на расстоянии 200 мм от излучающего элемента при экспозиции от 0,25 до 10000 секунд. Риск повреждения органа зрения определяется для случайного прямого взгляда на источник излучения, то есть для неестественных условий. При этом не учитывается преобразование (в том числе по спектральному распределению) светового луча различными оптическими элементами светильника и отражающими поверхностями. В отношении собственно биологического действия стандарт допускает довольно неопределенные формулировки, например: «Светохимическая реакция является началом цепи биологических реакций, концентрирующихся в эпителии пигмента сетчатки. Детали не понятны». СанПиН 2.2.4.3359-16 [17] разрешает применение для искусственного освещения (общего, местного и комбинированного) разрядных источников света, светодиодов, ламп накаливания. Оговаривается, что источники света, создаваемые по новым технологиям, требуют проведения санитарно-эпидемиологической экспертизы перед их использованием в системах искусственного освещения. При этом отсутствуют ссылки на документы, устанавливающие порядок экспертизы. Единственным документом, который содержит ограничения на биологически значимые параметры диодного излучения, является письмо Роспотребнадзора от 01.10.2012 [18]. Основанием для рекомендаций по внедрению светодиодного освещения послужили приведенные выше результаты испытаний, выполненных в НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков РАМН. Рекомендуемый условный защитный угол светильников должен быть не менее 90°. Габаритная яркость не должна превышать	to lasers with a wavelength of 200 nm to 3000 nm. All lamps and lamp systems are divided into three groups according to the degree of risk: small, moderate and large. Sources of light with a correlated color temperature below 4000 K are classified as a low risk group. Risk assessment technique is based on physical measurements of the light flux at a distance of 200 mm from the radiating element with exposure from 0.25 to 10,000 seconds. The risk of visual organ damage is determined for casual direct look at the radiant that is for unnatural conditions. This does not take into account the transformation (including on the spectral distribution) of the light beam by the various optical elements of a luminaire and reflecting surfaces. With respect to the biological effect itself, the standard allows for rather vague formulations, for example: “A light chemical reaction is the beginning of a chain of biological reactions concentrating in the epithelium of the retinal pigment. Details are not clear.” SanPiN 2.2.4.3359-16 [17] allows the use for artificial illumination (general, local, and combined) gas discharge lamps, LEDs, incandescent lamps. It is stipulated that the illuminants created using new technologies require the sanitary-epidemiological examination before using them in artificial lighting systems. At the same time, there are no references to documents establishing the procedure for examination. The only document that contains restrictions on biologically significant parameters of diode radiation is the letter of Rosпотребнадзор dated 01.10.2012 [18]. The basis for recommendations on LED lighting implementation was the above results of tests performed in the <i>Research Institute of Hygiene and Health of Children and Adolescents</i> of the RAMS. The recommended conditional protective angle of the luminaires must be at least 90°. The overall brightness
---	--

5000 кд/м². Запрещено использовать светильник с открытыми светодиодами для общего освещения помещений. Допустимая неравномерность яркости выходного отверстия светильников $L_{max}:L_{min}$ должна составлять не более 5:1. Цветовая коррелированная температура светодиодов белого света не должна превышать 4000°K. Таким образом, ни результаты научных исследований, ни действующие нормативные документы не вносят ясности в проблему гигиенической регламентации и санитарно-эпидемиологической экспертизы диодных источников света. Тем не менее, этот класс светоизлучающих приборов широко внедряется в системы промышленного, офисного и бытового освещения, а также на транспорте, в том числе морском. Проводились эксперименты с установкой диодных светильников на обитаемых космических станциях [19, 20]. С 2005 г. диодные светильники устанавливаются на кораблях ВМС США [21]. Первое поколение диодных ламп по форме копировало люминесцентные. В прозрачной трубке размещалась диодная лента, там же монтировался блок питания, а контакты соответствовали контактам люминесцентных ламп, что позволило быстро модернизировать внутрикорабельные системы освещения. В дальнейшем корабельные диодные светильники для общего освещения дважды модернизировались, а прикроватные с регулируемой яркостью и цветовой температурой проходили расширенные испытания [22]. На кораблях ВМФ России диодные источники света устанавливаются в необитаемых периодически посещаемых помещениях с 2007 г. Для расширения области их применения, включая помещения с постоянным пребыванием экипажа, неоднократно планировались стендовые испытания. В 2016 г. начальником Главного военно-медицинского управления Минобороны РФ были утверждены методические указания по организации и методам исследования влияния светодиодных источников света на функциональное состояние корабельных специалистов. Однако инициатива	should not exceed 5000 cd/m². It is forbidden to use a luminaire with open LEDs for general lighting of the facilities. The permissible unevenness of the brightness of the outlet of $L_{max}:L_{min}$ luminaries should not be more than 5:1. The color correlated temperature of white LEDs should not exceed 4000° K. As can be seen from the above, neither the scientific research results nor the effective regulatory documents clarify the problem of the hygienic rating and sanitary-epidemiological examination of the diode illuminants. Nevertheless, this class of light-emitting devices is widely introduced into industrial, office and household lighting systems, as well as in transport, including maritime. Experiments were carried out by installing the diode luminaries on manned space stations [19, 20]. Since 2005, the light-emitting diode lamps have been installed at the ships of the US Navy [21]. The diode lamps in their first generation were identical in form to the cold light lamps. A diode tape was placed in a transparent tube, the power unit was mounted in the same place, and the contacts corresponded to the contacts of the fluorescent lamps, which made it possible to quickly upgrade the in-ship lighting systems. Subsequently, the LED lamps for general lighting the ship facilities were upgraded twice, and the bedside ones with adjustable brightness and color temperature underwent extensive tests [22]. In the facilities uninhabited but periodically visited at the ships of the Russian Navy, the diode illuminants have been installing since 2007. To extend the scope of their application, including the facilities in which the crew stays permanently, bench tests were repeatedly planned. In 2016, the chief of the Main Military Medical Directorate of the Ministry of Defense of the Russian Federation approved methodological guidelines for getting arrangements and elaborating the techniques for diagnostics of influence of the LED illuminants
--	--

медицинской службы ВМФ не получила должной поддержки в структурах Минобороны РФ, ответственных за финансирование научных исследований. В сложившихся условиях активного продвижения новых светотехнических систем существует вероятность превентивного внедрения на корабли диодных светильников, не прошедших испытаний на фотобиологическую безопасность и должным образом не сертифицированных. Оптимальным выходом из сложившейся ситуации может быть формирование комплексных медико-технических требований ВМФ к диодным светильникам для корабельных помещений на основе анализа стандартов, санитарных правил и результатов испытаний, выполненных научными учреждениями различной ведомственной принадлежности. Изложенные выше сведения позволяют выделить светотехнические характеристики, подлежащие гигиенической регламентации, а также их количественные параметры. Наибольшая гигиеническая значимость принадлежит коррелированной цветовой температуре (T_c), как величине, определяющей спектральное распределение излучения стандартных источников с синими диодами и желтым люминофором. T_c диодных светильников для обеспечения общего освещения командных пунктов, боевых постов, общественных, санитарно-бытовых, медицинских помещений, а также коридоров и вспомогательных помещений не должна превышать 4000 К; светильников для обеспечения общего освещения жилых помещений (кают и кубриков) – 3000 К; прикроватных светильников – 2700 К. Индекс цветопередачи для всех типов светильников должен быть не менее 80 единиц. Условный защитный угол светильников должен быть не менее 90°. Габаритная яркость светильников не должна превышать 5000 кд/м². Светильники должны иметь в своем составе эффективные рассеиватели, снижающие габаритную яркость до вышеуказанных значений. Допустимая	on the ship crew functional conditions. However, this initiative of the medical service of the Navy has not received adequate support in the structures of the Ministry of Defense of the Russian Federation responsible for funding scientific research. In the existing conditions of an active promotion of new lighting equipment, there is a chance on preventive adoption of the LED lamps at the ships that have not undergone tests for photobiological safety and are not properly certified. The optimal way out of this situation can be making a definition for integral system of medical and technical requirements of the Navy regarding the LED lamps for the ship facilities on the basis of analysis of the standards, health regulations, and results of the tests carried out by scientific institutions of various departmental affiliations. The information given above makes it possible to distinguish the illuminating characteristics subjected to hygienic rating, as well as their quantitative parameters. The most important hygienic significance belongs to the correlated color temperature (T_c), as the value determining the spectral distribution of radiation from standard sources with blue diodes and a yellow phosphor. T_c of LCD lamp for providing general illumination at command posts, combat posts, public rooms, sanitary and amenity facilities, and medical locations, as well as corridors and auxiliary rooms should not exceed 4000 K; T_c of LCD lamp for providing general illumination at the accommodation facilities (staterooms and crew quarters) - 3000 K; T_c of bedside lamps - 2700 K. The color rendering index for a LCD lamp of any type should not be less than 80. The conditional protective angle of a LCD lamp must be at least 90°. The overall brightness of a lighting fitting should not exceed 5000 cd/m². A lighting fitting should contain an effective scatterer, reducing the overall brightness to the above value. The
---	--

неравномерность яркости светильников $L_{\max}:L_{\min}$ должна составлять не более 5:1. Допустимые значения показателя дискомфорта, показателя ослепленности и коэффициента пульсации должны соответствовать регламенту, установленному действующими санитарными правилами. Осветительные установки, независимо от используемых источников света и световых приборов, должны обеспечивать нормативные требования ВМФ к общему и местному искусственному освещению.

Следует особо подчеркнуть, что приведенный здесь гигиенический регламент должны расцениваться как временные вследствие продолжающегося научного поиска в различных областях знаний с последующей корректировкой стандартов. На основе достижений физики меняются состав материалов и конструкция излучающих элементов, что существенно модифицирует спектр светового потока (рис.2).

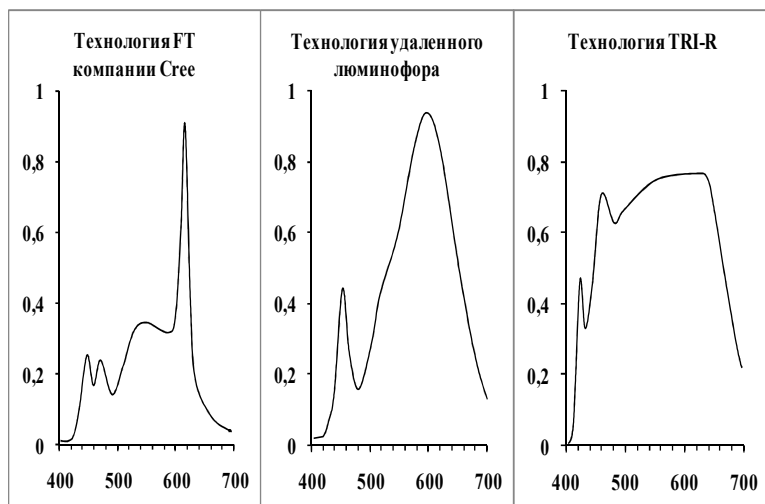


Рис.2. Распределение относительной спектральной плотности излучения перспективных диодных источников света
По горизонтальной оси – длина волны, нм

permissible luminance variance of a lighting fitting, $L_{\max} : L_{\min}$, should not exceed 5: 1. The permissible indexes of discomfort, blindness ripple must comply with the regulations established by the effective sanitary rules. Lighting installations, regardless of the light sources and lighting fixtures used, should ensure the Navy's regulatory requirements for general and local artificial lighting.

It should be emphasized that the hygienic regulations listed here should be regarded as temporary due to the ongoing scientific search in various fields of knowledge with subsequent correction of the standards. Based on the achievements in physics, the composition of materials and the design of radiating elements change, which substantially modifies the spectrum of the light flux (Fig. 2).

Технология FT компании Cree

Технология удалённого люминофора

Технология TRI-3R

Наиболее благоприятным для органа зрения и организма в целом является спектр излучения источника по технологии TRI-R, созданного в Японии компанией Toshiba Material Co., LTD. Конструктивной основой TRI-R является кристалл фиолетового свечения (420 нм), на который последовательно нанесены синий, зеленый и красный люминофоры. Подобная комбинация фиолетовых кристаллов и люминофоров позволяет синтезировать светодиоды со спектрами, близкими к спектру солнечного света с различной цветовой температурой, и таким образом устранить недостатки, свойственные типовым и наиболее распространенным светодиодам (синий кристалл, покрытый желтым люминофором).

Другое перспективное направление создания здоровой световой среды связано с новыми технологиями освещения, базирующимися на диодных источниках, меняющих яркость и спектр в течение суток: более тёплые тона – утром и вечером, а более холодные – в середине дня [23]. Данное техническое решение может быть оптимальным для повседневных бытовых условий, для медицинских учреждений или для космических станций, однако нецелесообразно для корабельной среды обитания с посменным несением вахты, за исключением индивидуальных прикроватных светильников.

Современные представления об опасности диодных осветительных приборов связаны с неблагоприятным воздействием узкой полосы синего света и не принимают во внимание биологические эффекты от других составляющих видимого спектра. Психологическое и физиологическое влияние компонентов цветовой гаммы известно давно [24]. Однако в последние годы именно в связи с появлением светодиодов, как

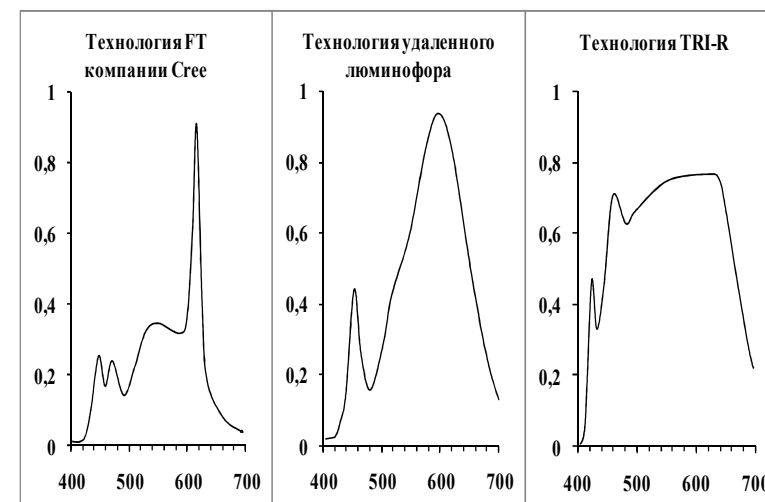


Fig.2. Distribution of the relative spectral radiation density of promising diode illuminants
On the horizontal axis - wavelength, nm

The most favorable for a visual organ and the body as a whole is the emission spectrum from the light source using TRI-R technology, created in Japan by Toshiba Material Co., LTD. The structural basis of TRI-R is a crystal of violet glow (420 nm), on which blue, green, and red coating phosphors are successively applied. Such combination of violet crystals and phosphors allows synthesizing the LEDs having spectra close to spectrum of sunlight with different color temperature, and in such a manner eliminate the drawbacks typical of the typical and most common LEDs (a blue crystal coated with a yellow phosphor).

Another promising direction for creating a healthy light environment is associated with new lighting technologies based on diode illuminants that change the brightness and spectrum during the day: warmer tones in the morning and in the evening, and colder ones in the middle of the day [23]. This technical

источников некогерентного монохроматического излучения, существенно возросла интенсивность как фундаментальных, так и прикладных исследований в фотобиологии. По мере накопления информации о действии света на организм человека будут изменяться теоретические представления о роли отдельных спектральных компонентов в его жизнедеятельности. Специалистам в области морской медицины необходимо постоянно мониторировать эту динамику с целью своевременной коррекции гигиенического регламента оптической среды корабельных помещений.

Литература

1. Федеральный закон №261 от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».
2. Моркотун К.С. Морская гигиена. СПб. – 1907. – 860 с.
3. Капцов В. А., Сосунов Н. Н., Шищенко И. И., Викторов В. С., Тулушев В. Н., Дейнего В. Н., Бухарева Е. А., Мурашова М. А., Шищенко А. А. Функциональное состояние зрительного анализатора при использовании традиционных и светодиодных источников света // Гигиена и санитария. – 2001. – т.93. – №4. – С. 120-123.
4. Андреев В. А. Корабельная санитарная техника. – Медгиз:М-Л., 1938. – 150 с.
5. Богданов А. А. Обитаемый корабль. – Галея-Принт: СПб., 2015. – С.131.
6. Нормы искусственного освещения на судах морского флота (от 15 декабря 1981 г. N 2506-81).
7. Санитарные правила для морских судов СССР (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 18.06.1987 N 4393-87).
8. LED's in General Lighting. Optical Radiation Safety in Connection with Luminaries // Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie. – 2002 March.
9. Berson D. M., Dunn, F. A., Takao, M. Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set

solution can be the optimal for everyday living conditions, for medical institutions or for space platforms, but it seems inappropriate for a ship's habitat with shifting watch, except for individual bedside lamps.

Modern ideas about the dangers of diode lighting devices are associated with the adverse effect of a narrow band of blue light and do not take into account biological effects from other components of the visible spectrum. The psychological and physiological effects of color-gamut components have been known for a long time [24]. However, in recent years, precisely because of the appearance of LEDs as the sources of incoherent monochromatic radiation, the intensity of both fundamental and applied research in photobiology has significantly increased. As information about the effect of light to the human body accumulates, the theoretical ideas about the role of individual spectral components in its vital activity will change. Naval medicine professionals should monitor this dynamic constantly with a view to timely correcting the hygienic regulations of the optical environment of ship spaces.

References

1. Federal law “On energy saving and on improving energy efficiency and on amending certain legislative acts of the Russian Fed.” No.261 of 23.11.2009.
2. K. S. Morkotun “Sea hygiene”. St. Petersburg. 1907. 860 p.
3. V. A. Kaptsov, N. N. Sosunov, I. I. Shishchenko, V. S. Viktorov, N. V. Tulushev, V. N. Deynego, E. A. Bukhareva, M. A. Murashova, A. A. Shishchenko. “Functional state of the visual analyzer in the conditions of the use of traditional light sources and LED luminaries” // *Gigiena I Sanitariia/ Hygiene and Sanitation*. 2001. Volume 93. Issue 4. Pages 120-123.
4. V. A. Andreev. “Marine sanitary engineering”. Medgiz: M.-L., 1938. 150 p.
5. A. A. Bogdanov. “Inhabited ship”. *Galeya-Prin*. St. Petersburg, 2015. P.131.

the Circadian Clock // <i>Science</i>. – 2002. – Vol. 295. – P. 1070. 10. Brainard G., Hanifin J., Greeson J., Byrne B., Glickman G., Gerner E., Rollag M. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor // <i>Journal of Neuroscience</i>. – 2001. – Vol. 21. – No. 16. – P. 6405. 11. Thapan K., Arendt J., Skene D. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans // <i>J. Physiol.</i> – 2001. – Vol. 535 (pt 1). – P. 261. 12. Дейнего В. Н., Капцов В. А., Балашевич Л. И., Светлова О. В., Макаров Ф. Н., Гусева М. Г., Кошиц И. Н. Профилактика глазных заболеваний у детей и подростков в учебных помещениях со светодиодными источниками света первого поколения // <i>Российская детская офтальмология</i>. – 2016. – № 2. – С. 34-39. 13. Зак П. П., Островский М. А. Потенциальная опасность освещения светодиодами для глаз детей и подростков // <i>Светотехника</i> – 2012. – №3 – С. 4-6. 14. Аладов А. В., Закгейм А. Л., Мизеров М. Н., Черняков А. Е. О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1800–10000 К // <i>Светотехника</i> – 2012 – №3 – С. 7-10. 15. Яковлева М. А. и др. Вызванные видимым светом изменения спектров флуоресценции флуорофоров липофусциновых гранул, полученных из ретинального пигментного эпителия кадаверных глаз человека // <i>Офтальмохирургия</i>. – 2009. – № 5. – С. 59-64. 16. Функциональное состояние зрительного анализатора при использовании традиционных и светодиодных источников света / В. А. Капцов, Н. Н. Сосунов, В. С. Викторов, И. И. Шищенко, В. Н. Тулушев, В. Н. Дейнего, Е. А. Бухарева, М. А.	6. Hygienic requirements to artificial lighting for a naval ship (from December 15, 1981. Issue 2506-81.) 7. Health regulations for sea vessels of USSR (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the USSR on June 18, 1987, Issue 4393-87.) 8. LEDs for General Lighting. Optical Radiation Safety in Connection with Luminaries // <i>Zentralverband Elektroteik-und Elektronikindustrie</i>. - 2002 March. 9. Berson, D. M., Dunn, F.A., Takao, M. Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set the Circadian Clock // <i>Science</i>. - 2002. - Vol. 295. - P. 1070. 10. Brainard, G., Hanifin, J., Greeson, J., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E., Rollag, M. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor // <i>Journal of Neuroscience</i>. 2001.Vol.21. No.16. P.6405. 11. Thapan, K., Arendt, J., Skene, D. An. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. <i>J. Physiol.</i> - 2001. - Vol. 535 (pt 1.) - P. 261. 12. V. N. Dainego, V. A. Kaptsov, L. I. Balashevich, O.V. Svetlova, F. N. Makarov, M. G. Guseva, I. N. Koshits “Prevention of ocular diseases in children and teenager in classrooms with the LED luminaries of the first generation” // <i>Russian children's ophthalmology</i>. 2016. Issue 2. Pages 34-39. 13. Pavel P. Zak, Michail A. Ostrovsky. Potential danger of light emitting diode illumination to the eye in children and teenagers // <i>Svetitechnika</i> (Lighting and Engineering.) 2012. Volume 20. Issue 3. Pages 4-6 (In Russian). Pages 5-8 (In English). 14. A. V. Aladov, A. L. Zakgeym, M. N. Mizerov, A. E. Chernyakov. “On the biological equivalent of radiation from LED luminaries and traditional light sources with a color temperature of 1800-10000 K” // <i>Svetitechnika</i> (Lighting and Engineering.) 2012. Issue 3. Pages 7-10. 15. M. A. Yakovleva et al. “Visible light-induced changes of fluorophores
--	--

Мурашова, А. А. Шищенко // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 4. – С. 120–123. 17. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. – М. – 2015. 18. Письмо Роспотребнадзора №01/11157-32 от 01.10.2012 «Об организации санитарного надзора за использованием энергосберегающих источников света». 19. Acta Astronautica, 2012. [DOI: 10.1016/j.actaastro. 2012.04.01]: “Solid-state Lighting for International Space Station: Tests of Visual Performance and Melatonin Regulation” http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/651.html). 20. Беляев Р. И., Леонов А. В., Оптимизация параметров внутреннего освещения орбитальных космических станций, Светотехника, № 4, стр. 12-15, 2007 г. 21. www.public.navy.mil/NAVSAFECEN/.../ElecSaf_AppC5 22. A Spectrally Dynamic Berth Light for Active Circadian Cycle Management. http://www.acq.osd.mil/osbp/sbir/solicitations/.../darpa082.doc. 23. Philips and Maastricht University study lighting impact on cardiac patients. URL: http://www.ledsmagazine.com.news/8/11/33 (дата обращения: 11.05.2012). 24. Кирьянова В. В. Антология света / В. В. Кирьянова // Физиотерапевт. — 2005. – №9. – С.16-19. Сведения об авторах: Смуrow Андрей Владимирович — кандидат медицинских наук, доцент, полковник	fluorescence spectra of lipofuscin granules isolated from human cadaver eyes retinal pigment epithelium”. <i>Oftalmohirurgiya</i> (Ophthalmosurgery.) - 2009. – Issue 5. P. 59-64. 16. V. A. Kaptsov, N. N. Sosunov, V.S. Viktorov, I. I. Shishchenko, V. N. Tulushev, V. N. Deynego, E. A. Bukhareva, M. A. Murashova, A. A. Shishchenko “Functional state of the visual analyzer in the conditions of the use of traditional light sources and LED luminaries” // <i>Gigiena I Sanitariia</i>/ Hygiene and Sanitation. 2001. Volume 93. Issue 4. Pages 120-123. 17. SanPiN 2.2.4.3359-16. Sanitary and epidemiological requirements to physical factors in the workplace. - M. - 2015. 18. Letter of Rospotrebnadzor No. 01/11157-32 dated 01.10.2012 “On arrangements for hygienism in use of energy-saving light sources”. 19. Acta Astronautica, 2012. [DOI:10.1016/j.actaastro.2012.04.01]: “Solid-state Lighting for the International Space Station: Tests of Visual Performance and Melatonin Regulation” http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/651.html). 20. R. I. Belyaev, A. V. Leonov. “Optimization of the parameters of indoor lighting for orbital space platforms.” // <i>Svetotechnika</i> (Lighting and Engineering.) 2007. Issue 43. Pages 12-15. 21. www.public.navy.mil/NAVSAFECEN/.../ElecSaf_AppC5 22. A Spectrally Dynamic Berth Light for Active Circadian Cycle Management. http://www.acq.osd.mil/osbp/sbir/solicitations/.../darpa082.doc. 23. Philips and Maastricht University study lighting impact on cardiac patients. URL: http://www.ledsmagazine.com.news/8/11/33 (reference date: 11.05.2012). 24. V. V. Kiryanova. “Anthology of light” // <i>Fizioterapevt</i> (Physiotherapist). 2005. Issue 9. Pages 16-19.
--	--

медицинской службы, начальник отдела Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения Военно-морского флота Военного учебно-научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия им. Н. Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург, тел.: +7 (812) 405-07-25. <i>Богданов Александр Алексеевич</i> – доктор медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения Военно-морского флота Военного учебно-научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия им. Н. Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург, тел.: +7 (812) 405-07-86. <i>Воронов Виктор Витальевич</i> – кандидат медицинских наук, доцент, подполковник медицинской службы, докторант Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения Военно-морского флота Военного учебно-научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия им. Н. Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург, тел.: +7 (812) 405-07-86. <i>Беляев Виктор Федорович</i> – кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения Военно-морского флота Военного учебно-научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия им. Н. Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург, тел.: +7 (812) 405-07-86. Дата поступления статьи: 27.10.2017 г.	Author credentials: <i>Smurov, Andrei Vladimirovich</i> – Candidate of Medicine, associate professor, medical service colonel, chief of division of Research Institute of Navy Shipbuilding and Armament of STC <i>N. G. Kuznetsov Navy Academy</i>, Saint-Petersburg, Russia, tel .: +7 (812) 405-07-25. <i>Bogdanov, Alexander Alekseevich</i> – Doctor of Medicine, professor, senior researcher of Research Institute of Navy Shipbuilding and Armament of STC <i>N. G. Kuznetsov Navy Academy</i>, Saint- Petersburg, Russia, tel .: +7 (812) 405-07-86. <i>Voronov, Victor Vital'evich</i> – Candidate of Medicine, associate professor, medical service lieutenant colonel, doctoral student of Research Institute of Navy Shipbuilding and Armament of STC <i>N. G. Kuznetsov Navy Academy</i>, Saint- Petersburg, Russia, tel.: +7 (812) 405-07-86. <i>Belyaev, Viktor Fedorovich</i> - Candidate of Medicine, associate professor, senior researcher of Research Institute of Navy Shipbuilding and Armament of STC <i>N. G. Kuznetsov Navy Academy</i>, Saint- Petersburg, Russia, tel.: +7 (812) 405-07-86.
--	---