

© Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Курганский А.М., Маркелова С.В., Цамерян А.П., Татаринчик А.А., Федотова Т.И., 2020

УДК 613.955

Влияние светодиодного освещения школьных рекреаций на остроту зрения и психоэмоциональное состояние первоклассников в динамике учебного года

Н.А. Скоблина¹, О.Ю. Милушкина¹, А.М. Курганский², С.В. Маркелова¹,
А.П. Цамерян³, А.А. Татаринчик¹, Т.И. Федотова¹

¹ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России,
ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997, Российская Федерация

²НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ Здоровья детей» Минздрава России, Ломоносовский проспект, д. 2, стр. 1, г. Москва, 119296, Российская Федерация

³ГАОУ «Долгопрудненская гимназия», Лихачевский проспект, д. 68, к. 2,
г. Долгопрудный, Московская обл., 141700, Российская Федерация

Резюме: Объект исследования: широкое распространение гаджетов среди современных школьников и их активное использование во время перемен в школьных коридорах и рекреациях говорит о необходимости увеличения освещенности школьных рекреаций для создания условий, пригодных для интенсивной зрительной работы. Светодиодные источники света, благодаря своим техническим характеристикам, надежности и стоимости, могут обеспечить выполнение данной задачи. Цель исследования состояла в оценке влияния воздействия светодиодного освещения коридоров, холлов и рекреаций образовательных учреждений на остроту зрения и психоэмоциональное состояние первоклассников в динамике учебного года. *Материалы и методы:* в школьных коридорах и рекреациях ГАОУ «Долгопрудненская гимназия» (Московская область) была произведена замена люминесцентных ламп на светодиодные светильники PrLUX-AU-36 со светодиодами Epistar, рассеиватель – опал. Световой поток 3600Lm, цветовая температура 4000K. Замеры искусственной освещенности проводились до и после установки светодиодных светильников с использованием люксметра «ТКА ПКМ» 43. Было проведено исследование остроты зрения у 67 первоклассников в годовой динамике с сентября по май, использовалась таблица Сивцева – Головина, помещенная в аппарат Рота. Исследование проводилось врачом-офтальмологом высшей квалификации. Психоэмоциональное состояние оценивалось по цветовому тесту Люшера. *Результаты исследования:* показано достоверное увеличение остроты зрения у детей за указанный период, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния светодиодного освещения на орган зрения. По результатам теста Люшера также отсутствовала негативная динамика, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния светодиодных светильников на зрительный анализатор школьников. Проведенные исследования подтверждают, что влияние данной световой нагрузки на зрение, ее негативные не визуальные эффекты являются только потенциальными.

Ключевые слова: светодиоды, школьные рекреации, гаджеты, острота зрения, тест Люшера, меланопсин.

Для цитирования: Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Курганский А.М., Маркелова С.В., Цамерян А.П., Татаринчик А.А., Федотова Т.И. Влияние светодиодного освещения школьных рекреаций на остроту зрения и психоэмоциональное состояние первоклассников в динамике учебного года // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 6 (327). С. 25–30 DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-327-6-25-30>

The Influence of LED Lighting in School Recreation Areas on Visual Acuity and Psycho-Emotional State of First Graders in the Dynamics of a Schoolyear

N.A. Skoblina¹, O.Yu. Milushkina¹, A.M. Kurgansky², S.V. Markelova¹,
A.P. Tsameryan³, A.A. Tatarinichik¹, T.I. Fedotova¹

¹Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanov Street, Moscow, 117997, Russian Federation

²National Medical Research Center for Children's Health,
Bldg. 1, 2 Lomonosov Ave., Moscow, 119296, Russian Federation

³Dolgoprudnenskaya Gymnasium, Bldg. 2, 68 Likhachev Ave.,
Dolgoprudny, 141700, Moscow Region, Russian Federation

Abstract. *Object:* The wide spread of gadgets among modern schoolchildren and their intensive use during breaks in school corridors and recreation areas indicates the necessity of improving illumination in school recreation areas to secure conditions suitable for intensive visual work. Thanks to their technical characteristics, durability and affordable price, LED light sources can ensure the implementation of this task. *The objective* of the study was to assess the impact of LED lighting of school corridors, halls and recreational facilities on visual acuity and psycho-emotional state of first graders in the course of a schoolyear. *Materials and methods:* In the corridors and recreation areas of the Dolgoprudnenskaya Gymnasium (Moscow Region), fluorescent lamps were replaced by PrLUX-AU-36 LED lamps with Epistar LEDs, opal diffuser, 3600Lm luminous flux, and the color temperature of 4000K. Measurements of artificial lighting were taken before and after installing LED lamps using a TKA PKM 43 light meter. We conducted a study of visual acuity among 67 first graders (aged 7-8) in the annual dynamics from September to May using the Sivtsev-Golovin table placed in the Rota apparatus. Testing was conducted by a highly qualified ophthalmologist. The psycho-emotional state was assessed using the Lusher color test. *Results:* We observed a significant increase in visual acuity in children over the specified period indicating the absence of negative effects of LED lighting on the organ of vision. The results of the Lusher test proved the absence of negative dynamics, thus demonstrating null adverse health effects of LED lighting in the primary schoolchildren. The studies confirmed that the influence of that light load on vision and its negative non-visual effects were only potential.

Key words: LEDs, school recreation area, gadgets, visual acuity, Lusher color test, melanopsin.

For citation: Skoblina NA, Milushkina OYu, Kurgansky AM, Markelova SV, Tsameryan AP, Tatarinichik AA, Fedotova TI. The influence of LED lighting in school recreation areas on visual acuity and psycho-emotional state of first graders in the dynamics of a schoolyear. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (6(327)):25-30. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-327-6-25-30>

Author information: Skoblina N.A., <https://orcid.org/0000-0001-7348-9984>; Milushkina O.Yu., <https://orcid.org/0000-0001-6534-7951>; Kurgansky A.M., <https://orcid.org/0000-0001-7688-586X>; Markelova S.V., <https://orcid.org/0000-0003-0584-2322>; Tsameryan A.P., <https://orcid.org/0000-0003-4487-559X>; Tatarinichik A.A., <https://orcid.org/0000-0002-9254-2880>; Fedotova T.I., <https://orcid.org/0000-0002-2834-0758>.

Введение. Настоящее время можно охарактеризовать как период интенсивного развития новых технологий и их внедрения в жизнедеятельность современного общества. Так, за последние несколько десятилетий широкое распространение получили электронные устройства, в том числе мощные портативные, средства беспроводной связи и компактные высококонтрастные экраны.

Зачастую электронные устройства используются не только в «стационарных условиях» (рабочее место школьника дома, в классе), но и в местах, где организована зона Wi-Fi, в т. ч. транспорте. Популярными местами использования электронных устройств школьниками являются коридоры, холлы, рекреационные помещения образовательных организаций. Именно там, в момент нахождения на переменах, школьники осуществляют зрительную работу с использованием электронных устройств. Отдельных требований, предъявляемых к искусственной освещенности при работе с электронными устройствами вне учебных или рабочих помещений, на данный момент не существует. Однако в СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03¹ в п. 6.3 указано, что «освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300–500 лк», а в СанПиН 2.4.2.2821–10² в п. 7.2.4 сказано, что при использовании компьютерной техники и необходимости считывать информацию с экрана уровень искусственной освещенности на рабочих столах должен быть не меньше 300 лк.

Освещенность же холлов и рекреационных помещений не способна обеспечить оптимальные для зрительной работы условия, поскольку нормируется на уровне 75–150 лк, что не предполагает осуществления зрительной работы и тем более зрительной работы с использованием электронных устройств, но школьники, напротив, в основном используют гаджеты в школьных рекреациях.

При использовании электронных устройств в местах с недостаточным уровнем искусственного освещения у школьников возникают различные «астенопические» жалобы [1–3], характерные для компьютерно-зрительного синдрома, включающего в себя как глазные симптомы (боль в глазах, жжение, ощущение песка в глазах), так и жалобы со стороны зрительного анализатора (расплывчатость изображения, мелькание в глазах, потемнение, возникновение мошек и точек в глазах).

Важно отметить, что, помимо влияния на зрение, электронные устройства являются источником СВЧ излучения, которое тоже может оказывать неблагоприятное воздействие на состояние здоровья. Так, в младшем школьном возрасте к воздействию излучения наиболее чувствительна иммунная система: при продолжительном использовании телефона повышается риск для детей быть отнесенными к группе часто болеющих; в более старшем возрасте наблюдаются нарушения со стороны ЦНС – увеличение риска возникновения трудностей засыпания и головных болей [4, 5]; при этом

к излучению чувствительна биоэлектрическая активность мозга, что отражается в снижении мощности основных ритмов [6].

Технический прогресс электронной промышленности наблюдается и в области технических средств освещения. При этом основной акцент делается на энергосбережении в соответствии с принятой государственной программой. Так, за последнее время появились энергосберегающие и светодиодные лампы. Поскольку светодиодные источники освещения являются относительно новыми и трудно оценить все возможные потенциальные риски их использования, то к ним приковано особое внимание гигиенистов [7–17], в том числе и зарубежных авторов [18–25].

С гигиенической точки зрения основную потенциальную опасность представляет так называемый синий свет, скачок излучения на частоте 460 nm, который может негативно влиять на состояние сетчатки, чему посвящена основная научная дискуссия в данной области [8, 12]. При этом существует точка зрения, что избыточные риски не всегда оцениваются адекватно [26].

Существуют различные теории возможного негативного воздействия светодиодов на зрение и функциональное состояние организма. Так, основной механизм воздействия связан с открытой недавно меланопсиновой системой, влияющей на регуляцию диаметра зрачка, уровень бодрствования и обмен мелатонина. В дополнение к этому важную роль при воздействии синего света светодиодов играют биохимические процессы в сетчатке, приводящие к возможной кумуляции липофусцина [8, 9]. Актуальность проблемы данного исследования определяется сочетанием перспективности использования данных технических средств освещения и потенциальной опасности их применения.

Цель исследования. Оценить влияние воздействия светодиодного освещения коридоров, холлов и рекреаций образовательных учреждений на остроту зрения и психоэмоциональное состояние первоклассников.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в ГАОУ Московской области «Долгопрудненская гимназия», являющейся городской экспериментальной площадкой.

Выбор организации для исследования осуществлялся при согласовании с администрацией и родительским комитетом.

Светодиодное освещение было установлено в школьных коридорах, холлах и рекреациях. Использовался светильник PrLUX-AU-36 со светодиодами марки Epistar, рассеиватель – опал. Световой поток 3600Lm, цветовая температура 4000К.

Были выполнены измерения физических факторов в классах, учебных кабинетах, аудиториях, рекреациях, холлах и коридорах ГАОУ «Долгопрудненская гимназия» до и после замены люминесцентного освещения на светодиодное освещение. Замеры искусственной освещенности проводились с использованием люксметра «ТКА ПКМ» 43 (производство «НТМ-Защита», Россия). Данный прибор позволяет измерить

¹ СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ 03.06.2003 № 118).

² СанПиН 2.4.2.2821–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ 29.12.2010 № 189).

параметры освещенности видимой части спектра (380–760 нм) и имеет диапазон измерений от 10 до 200000 лк с пределом допускаемой погрешности 8 %. Прибор имел свидетельство о поверке и полностью удовлетворял требованиям, предъявляемым к средствам измерений. Измерения осуществлялись по установленным методикам, описанным в ГОСТ 24940³. Всего было проведено 48 замеров.

В динамике учебного года в сентябре и мае были осмотрены 67 первоклассников, т. е. все, для кого было получено подписанное родителями информированное согласие, которое явилось критерием включения в выборку.

Для исследования остроты зрения у первоклассников использовалась таблица Сивцева – Головина, помещенная в аппарат Рота. Осмотр первоклассников проводился врачом-офтальмологом высшей квалификационной категории. Результат исследования записан следующим образом: Visбез/коррекции (OD = ..., OS = ...).

Психоэмоциональное состояние оценивалось с помощью цветового теста Люшера⁴. Учитывались фактор тревожности, фактор активности и уровень работоспособности.

В качестве контроля были использованы данные, опубликованные в научной литературе специалистами НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков, в период, предшествовавший массовому использованию электронных устройств школьниками [27].

Проведенные исследования не ущемляют прав человека, не подвергают опасности обследуемых и соответствуют требованиям биомедицинской этики; рассмотрены и одобрены в соответствии с правилами GCP Локальным этическим комитетом РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Все исследования проведены с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609ЕС). Для всех обследуемых было получено добровольное информированное согласие, подписанное родителями.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета статистического анализа Statistica 10.0 (StatSoft, США).

Результаты исследования. В классах образовательной организации замена светильников не осуществлялась, поскольку уровень искусственной освещенности соответствовал гигиеническим нормативам (480 ± 40). В коридорах до замены светильников уровень искусственной освещенности также соответствовал гигиеническим нормативам (150 ± 10), однако после замены составил 400 ± 55 лк. Замена светильников была обоснована частым использованием детьми электронных устройств

во время нахождения в школьных рекреациях, что приводит к дополнительной нагрузке на зрительный анализатор.

В работе изучалась острота зрения и психоэмоциональное состояние первоклассников в динамике одного учебного года с сентября по май.

Установлено, что у первоклассников острота зрения за данный период улучшилась (за счет снижения таких состояний, как ПИНА, предмиопия и спазм аккомодации). Так, для правого глаза она составила $0,79 \pm 0,04$ в сентябре и $0,85 \pm 0,03$ в мае соответственно, $p = 0,003$. Для левого глаза в сентябре острота зрения составила $0,81 \pm 0,03$, в мае $0,87 \pm 0,03$, $p = 0,005$ (табл. 1).

В целом с сентября по май улучшение со стороны органа зрения зафиксированы у 41 % первоклассников и у 51 % состояние органа зрения было без изменения. То есть наблюдается повышение остроты зрения и улучшения состояния органа зрения у первоклассников, которые в динамике учебного года находились в условиях светодиодного освещения, которое можно расценивать как хроническое воздействие.

Нельзя исключить отсроченные эффекты синего света и их возможное проявление в более старшем возрасте, но данные наблюдения за один учебный год не выявили снижения остроты зрения. Возможно, это говорит о подпороговом воздействии света более современных светодиодов, расположенных только в отдельных помещениях образовательной организации.

В более ранних работах, выполненных в НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков, исследование было проведено по следующим направлениям: была оценена умственная работоспособность [14], влияние на нервно-психическую сферу [17], оценено влияние на сердечно-сосудистую систему [16]. Было показано, что светодиодное освещение не уступает, а в большинстве случаев превосходит люминесцентное освещение.

В данной работе использовался тест Люшера (табл. 2). Установлено, что показатели тревожности, активности и работоспособности за учебный год у изучаемой группы первоклассников значимо не изменились ($p = 0,184$; $p = 0,951$; $p = 0,237$ соответственно).

Было обнаружено снижение тревожности на уровне тенденции в мае $15,40 \pm 1,95$ по отношению к сентябрю $18,16 \pm 2,05$ ($p = 0,184$), что может быть расценено как положительное явление, однако его трудно связать с воздействием только светодиодного освещения. По крайней мере, поскольку отличие незначимое, мы можем говорить об отсутствии негативного результата.

Таблица 1. Показатели остроты зрения у первоклассников в динамике учебного года
Table 1. Vision acuity indicators in the first graders in the dynamics of a schoolyear

Острота зрения / Vision acuity		M	N	Стд. откл. / Std Dev	m	p
OD правый глаз / Right eye	Сентябрь / September	0,79	67	0,25	0,04	0,003
	Май / May	0,85	67	0,24	0,03	
OS левый глаз / Left eye	Сентябрь / September	0,81	67	0,23	0,03	0,005
	Май / May	0,87	67	0,22	0,03	

³ ГОСТ 24940–2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности».

⁴ Тест Люшера АПК «Здоровье-Экспресс» для школ.

Таблица 2. Показатели теста Люшера у первоклассников в динамике учебного года
Table 2. Indicators of the Luscher test at first-grade pupil in the dynamics of the academic year

		M	N	Стд. откл. / Std Dev	m	p
Тревожность / Anxiety	Сентябрь / September	18,18	67	17,80	2,10	0,188
	Май / May	15,53	67	16,20	1,98	
Активность / Activity	Сентябрь / September	47,57	67	16,31	1,97	0,955
	Май / May	47,43	67	16,25	1,94	
Работоспособность / Performance capability	Сентябрь / September	69,62	67	18,55	2,19	0,245
	Май / May	71,75	67	17,54	2,16	

Если же обратиться к данным исторического контроля, то в 2000 году по результатам тестирования первоклассников в гимназии № 12 были выявлены высокие показатели тревожности и стрессовое состояние, которые к концу учебного года фиксировались у 12,5 % мальчиков и 3,3 % девочек [27].

Поскольку ученики первого класса находятся еще в процессе адаптации к обучению в школе, то можно ожидать снижения показателей активности и работоспособности к концу года. Поскольку этого не наблюдается, то данные результаты можно расценивать как положительные.

Обсуждение результатов. В современной литературе основная проблема воздействия светодиодного освещения на орган зрения описывается воздействием синего света на меланопсиновые рецепторы, то есть так называемые не визуальные эффекты видимого света. К данным эффектам можно отнести влияние на диаметр зрачка, когнитивные функции и режим сна – бодрствования. Важно отметить и потенциальный токсический эффект на сетчатку, вызванный кумуляцией липофусцина [8, 9].

Следует упомянуть понятие так называемого меланопсинового креста. Так, солнечный свет имеет сглаженный спектр излучения, лампа накаливания имеет плавно возрастающий спектр с усилением излучения в сторону инфракрасного диапазона. Люминесцентное и светодиодное освещение, напротив, имеют спектр, характеризующийся пиками излучения (рисунок).

Так, спектр светодиодного источника излучения имеет острый пик на длине волны 460 nm, далее – резкий спад на длине волны 480 nm, затем

идет колоколообразное увеличение интенсивности излучения. При сравнении спектров лампы накаливания и светодиодной лампы отличие заключается в том, что в месте, где происходит подъем мощности спектра у лампы накаливания, происходит спад у светодиодной лампы, что и называется «меланопсиновым крестом».

То есть, если учесть, что на длине волны 480 nm происходит регуляция диаметра зрачка и высокие уровни излучения приводят к его сужению, то для лампы накаливания с ее восходящим спектром на длине волны 460 nm интенсивность излучения будет меньше, чем на длине волны 480 nm, и, следовательно, в суженный зрачок попадет меньше потенциально опасного синего излучения. Для светодиода будет наблюдаться противоположная картина. На пике излучения с длиной волны 460 nm будет наблюдаться максимальная интенсивность синего света, а на длине волны 480 nm, регулирующей диаметр зрачка, – резкий спад излучения, что приведет к его раскрытию и большему попаданию синего света на сетчатку. То есть основная опасность сводится к нарушению регуляции диаметра зрачка, при этом эффекты по неадекватному управлению зрачком характерны и для люминесцентных, и энергосберегающих ламп [12].

При всей сложности проблемы проведенный эксперимент с использованием светодиодного освещения в коридорах, холлах и рекреациях образовательного учреждения не показал негативных последствий светодиодного освещения для органа зрения, что, возможно, говорит о том, что на данном уровне нагрузки негативный эффект является только потенциальным и не оказывает значимого эффекта на здоровье.

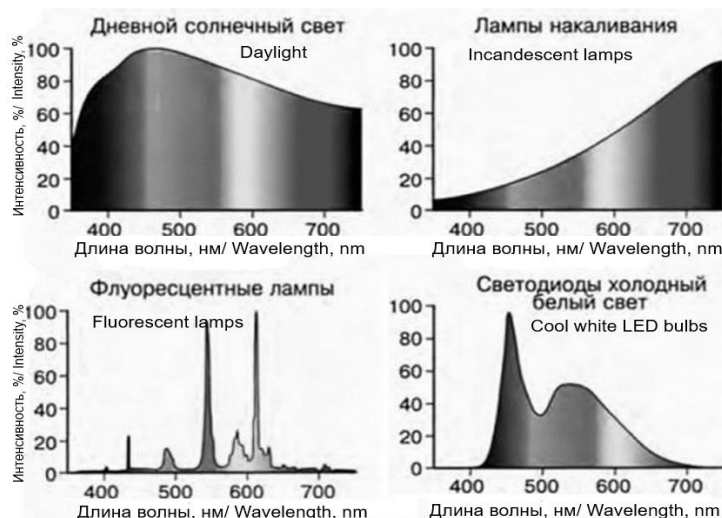


Рисунок. Спектр излучения различных источников света
Figure. Emission spectra of various light sources

Вторым эффектом меланопсина можно назвать супрессию мелатонина – гормона, регулирующего суточный ритм и стимуляцию выработки кортизола. Так, по данным авторов [10], регуляция мелатонина происходит на длине волны 460 nm (что соответствует синему пику в спектре излучения светодиода). По данным [8, 9], применение светодиодного освещения нежелательно в вечернее время, поскольку преобладание синего света приводит к снижению мелатонина, что вызывает трудности с засыпанием. Но важно отметить, что в нашем исследовании светодиодные светильники применялись в школе, где школьники находятся в первую половину дня, на основании чего можно сделать вывод, что данная проблема для школьников неактуальна.

Ранее проведенные исследования подтвердили, что когнитивные функции при работе со светодиодными источниками демонстрируют более высокие результаты, чем при люминесцентном освещении [14, 17].

Было также показано увеличение активации парасимпатического отдела ВНС во время работы при светодиодном освещении по сравнению с люминесцентным освещением, что говорит о том, что в данном случае не произошло смещение гормонального равновесия в сторону снижения мелатонина и преобладания кортизола [16].

Оценить влияние синего света светодиодов на метаболизм липофусцина в рамках проведенных исследований не представляется возможным, но отсутствие снижения остроты зрения может говорить о том, что негативные последствия со стороны органа зрения, возможно, являются только потенциальными.

Кроме того, светодиоды используются в подсветке экранов мобильных телефонов и жидкокристаллических мониторов [8–10], но их использование не вызывает опасения, в связи с чем можно предположить, что использование светодиодных светильников в помещениях образовательных организаций также является оправданным при том, что нет превышения дозы излучения, как в случае с экранами.

Важно отметить, что в процессе технического прогресса идет постепенное улучшение технологий. Так, мониторы компьютеров значительно улучшились за последние десятилетия; тот же процесс снижения интенсивности излучения наблюдается и с сотовыми телефонами. При этом потенциальный риск синего света также снижается с развитием технологии. Существуют тенденции создания светодиодов нового поколения в рамках концепции «циркадно дружественного светодиодного источника света», лишенных описанного выше синего пика, что может полностью решить проблему потенциального риска воздействия синего света от светодиодных источников.

При этом очень важно организовать хорошее освещение для школьников, которые пользуются электронными устройствами длительно в условиях недостаточного освещения не только в школе, но и в транспорте и других местах.

Также следует упомянуть о перспективности светодиодного освещения. Срок службы светодиода может превышать в 50 раз срок службы лампы накаливания. Важно сказать и о небольшом энергопотреблении светодиодов,

а с гигиенической точки зрения – об отсутствии вредных веществ в конструкции лампы (соединения ртути и фосфора, что имеются в энергосберегающих лампах), отсутствие ультрафиолетового свечения, шума и пульсации, присущих люминесцентным лампам.

Выводы

1. Использование школьниками гаджетов на переменах и в свободное от уроков время говорит о необходимости адекватного освещения школьных рекреаций в условиях, связанных с высокой зрительной нагрузкой при работе с электронными устройствами, что может обеспечить светодиодное освещение.

2. Проведенное в динамике учебного года наблюдение за состоянием органа зрения первоклассников, находящихся в условиях светодиодного освещения школьных рекреаций, не выявило снижения остроты зрения.

3. По результатам теста Люшера не было выявлено ухудшения таких показателей, как тревожность, активность и работоспособность.

4. На основании данных исследований можно сделать вывод, что риск негативного воздействия на орган зрения светодиодного освещения, расположенного в коридорах, холлах и рекреациях образовательной организации, является только потенциальным.

5. Дальнейшее развитие технологий и создание «циркадно дружественного светодиодного источника света» может полностью решить описанную выше проблему потенциального негативного влияния светодиодов на зрение школьников.

Авторы выражают *благодарность* Л.М. Текшевой за консультацию по данному вопросу.

Информация о вкладе авторов: Скоблина Н.А. – 15 %, научн. редакция; Милушкина О.Ю. – 15 %, научн. редакция; Курганский А.М. – 15 %, подготовка текста статьи; Маркелова С.В. – 15 %, работа над статьей и обсуждение результатов; Цамерян А.П. – 12,5 %, работа над статьей и обсуждение результатов; Татаринчик А.А. – 15 %, работа над статьей и обсуждение результатов; Федотова Т.И. – 12,5 %, работа над статьей и обсуждение результатов.

Список литературы (пп. 18–25 см. References)

1. Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Татаринчик А.А. и др. Гигиенические проблемы охраны зрения школьников и студентов в условиях гиперинформационного общества // Российская детская офтальмология. 2017. № 4. С. 5–9.
2. Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Татаринчик А.А. и др. Место гаджетов в образе жизни современных школьников и студентов // Здоровье населения и среда обитания 2017. № 7 (292). С. 41–43.
3. Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Обрубов С.А. и др. Гигиенические факторы формирования функциональных отклонений и хронических заболеваний глаза у школьников и студентов в современных условиях // Российская детская офтальмология. 2019. № 1. С. 22–27.
4. Вятлева О.А., Курганский А.М. Мобильные телефоны и здоровье детей 6–10 лет: значение временных режимов и интенсивность излучения // Здоровье населения и среда обитания 2017. № 8 (293). С. 27–30.
5. Вятлева О.А., Курганский А.М. Режимы пользования мобильным телефоном и здоровье детей школьного возраста // Гигиена и санитария 2019. Т. 98. № 8. С. 857–862.
6. Вятлева О.А., Текшева Л.М., Курганский А.М. Физиолого-гигиеническая оценка влияния мобильных телефонов различной интенсивности излучения на функциональное состояние головного мозга детей и подростков методом электроэнцефалографии. // Гигиена и санитария 2016. Т. 95. № 10. С. 965–968.
7. Вильк М.Ф., Соснова Т.Л. Цветовое зрение и безопасность движения. М.: «СПМ-Индустрия». 2017. 696 с.

8. Дейнего В.Н., Капцов В.А., Балашевич Л.И. и др. Профилактика глазных заболеваний у детей и подростков в учебных помещениях со светодиодными источниками света первого поколения // Российская детская офтальмология. 2016. № 2. С. 57–72.
9. Дейнего В.Н., Капцов В.А. Балашевич Л.И. и др. Профилактика глазных заболеваний: светобиологическая безопасность и гигиена энергосберегающих источников света. Аналитический обзор // Глаз. 2016. № 1 (107). С. 18–33.
10. Дейнего В.Н., Капцов В.А. Свет энергосберегающих и светодиодных ламп и здоровье человека // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 6. С. 81–84.
11. Калинин Н.И. Гигиенические аспекты применения современных источников света // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2018. Т. 13. № 2. С. 803–811.
12. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Синий свет светодиодов – новая гигиеническая проблема. // Анализ риска здоровью. 2016. № 1. С. 15–25.
13. Капцов В.А., Сосуннов Н.Н. Шищенко И.И. и др. Функциональное состояние зрительного анализатора при использовании традиционных и светодиодных источников света // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 4. С. 120–123.
14. Кучма В.Р. Сухарева Л.М. Текшева Л.М. и др. Гигиенические аспекты применения светодиодных источников света для общего освещения в школах // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 5. С. 27–31.
15. Кучма В.Р., Текшева Л.М. Сухарева Л.М. и др. Гигиенические основы использования светодиодов в системах искусственного освещения. М.: ФГБУ «Научный центр здоровья детей» РАМН. 2013. 246 с.
16. Текшева Л.М., Звездина И.В. Методические подходы к гигиенической оценке общего искусственного освещения учебных помещений с различными источниками света на основании ответной реакции сердечно-сосудистой системы школьников // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 1. С. 98–102.
17. Текшева Л.М. Надеждин Д.С. Состояние нервно-психической сферы младших школьников в течение учебного дня при люминесцентном и светодиодном освещении учебного кабинета // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 4. С. 123–127.
26. Потапов А.А., Ежелева М.И. Современные проблемы организации зрительной работы в системе обучения на кафедрах гигиенического профиля // Университетская Клиника. 2019. № 1. Т. 30. С. 110–114.
27. Скоблина Н.А., Добрук И.В., Цамерян А.П. и др. Использование технологии «кабинет охраны зрения детей» в образовательной организации // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2016. № 2. С. 39–42.

References

1. Skoblina NA, Milushkina OYu, Tatarinchik AA, et al. Hygienic problems of vision protection in schoolchildren and students in a hyper-information society. *Rossiiskaya Detskaya Oftal'mologiya*. 2017; (4):5-9. (In Russian).
2. Skoblina NA, Milushkina OYu, Tatarinchik AA, et al. The place of gadgets in the life of modern schoolchildren and students. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017; (7(292)):41-43. (In Russian).
3. Skoblina NA, Milushkina OYu, Obrubov SA, et al. Hygienic factors in formation of functional deviations and chronic eye diseases for schoolchildren and students under current conditions. *Rossiiskaya Detskaya Oftal'mologiya*. 2019; (1):22-27. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2019-1-22-27>
4. Vyatleva OA, Kurgansky AM. Mobile phones and health of children 6-10 years: importance of time modes and the radiation intensity. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017; (8(293)):27-30. (In Russian).
5. Vyatleva OA, Kurgansky AM. Modes of use of the cell phone and health of schoolchildren. *Gigiena i Sanitariya* 2019; 98(8):857-862. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-857-862>
6. Vyatleva OA, Teksheva LM, Kurgansky AM. Physiological and hygienic assessment of the impact of mobile phones with various radiation intensity on the functional state of brain of children and adolescents according to electroencephalographic data. *Gigiena i Sanitariya*. 2016; 95(10):965-968. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-10-965-968>
7. Wilk MF, Sosnova TL. *Color vision and traffic safety*. Moscow: SPM-Industriya Publ., 2017. 696 p. (In Russian).
8. Deinego VN, Kaptsov VA, Balashevich LI, et al. Prevention of ocular diseases in children and teenager in classrooms with led light sources of the first generation. *Rossiiskaya Detskaya Oftal'mologiya*. 2016; (2):57-72. (In Russian).
9. Deinego VN, Kaptsov VA, Balashevich LI, et al. Eye disease prevention: light biological safety and hygiene lighting with energy-saving lamps. *Glaz*. 2016; (1(107)):18-33. (In Russian).
10. Deynego VN, Kaptsov VA. Energy saving and LED lamp lighting and human health. *Gigiena i Sanitariya*. 2013; 92(6):81-84. (In Russian).
11. Kalinina NI. Hygienic aspects of application of modern light sources. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2018; 13(2):803-811. (In Russian).
12. Kaptsov VA, Deinego VN. Blue LED light as a new hygienic problem. *Health Risk Analysis*. 2016; (1(13)):15-25. (In Russian).
13. Kaptsov VA, Sosunov NN, Shishchenko II, et al. Functional state of the visual analyzer in the conditions of the use of traditional and LED light sources. *Gigiena i Sanitariya*. 2014; 93(4):120-123. (In Russian).
14. Kuchma VR, Sukhareva LM, Teksheva LM, et al. Hygienic aspects of the use of LED light sources for general illumination in schools. *Gigiena i Sanitariya*. 2013; 92(5):27-31. (In Russian).
15. Kuchma VR, Teksheva LM, Sukhareva LM, et al. *Hygienic bases for the use of LEDs in artificial lighting systems*. Moscow: FGBU "Nauchnyi tsentr zdorov'ya detei" RAMN Publ. 2013. 246 p. (In Russian).
16. Teksheva LM, Zvezhina IV. Methodological approaches to the hygienic evaluation of total artificial lighting of classrooms with different light sources on the basis of the response of the cardiovascular system of schoolchildren. *Gigiena i Sanitariya*. 2014; 93(1):98-102. (In Russian).
17. Teksheva LM, Nadezhdin DS. Psychophysiological research of changes of the functional condition of the neuro-psychic sphere of younger schoolchildren during the school day at luminescent and LED lighting in the classroom. *Gigiena i Sanitariya*. 2014; 93(4):123-127. (In Russian).
18. Zhang Y, Tu U, Wang LL, et al. Assessment of visual fatigue under LED tunable white light with different blue components. *J Soc Inf Display*. 2020; 28(1):24-35.
19. Spitschan M. Melanopsin contributions to non-visual and visual function. *Curr Opin Behav Sci*. 2019; 30:67-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2019.06.004>
20. Nasir-Ahmad S, Lee SCS, Martin PR, et al. Melanopsin-expressing ganglion cells in human retina: Morphology, distribution, and synaptic connections. *J Comp Neurol*. 2019; 527(1):312-327. DOI: <https://doi.org/10.1002/cne.24176>
21. Cao DC, Chang A, Gai S. Evidence for an impact of melanopsin activation on unique white perception. *J Opt Soc Am A*. 2018; 35(4):B287-B291. DOI: <https://doi.org/10.1364/JOSAA.35.00B287>
22. Marek V, Potey A, Réaux-Le-Goazigo A, et al. Blue light exposure in vitro causes toxicity to trigeminal neurons and glia through increased superoxide and hydrogen peroxide generation. *Free Radic Biol Med*. 2019; 131:27-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.11.029>
23. Hartstein LE, LeBourgeois MK, Berthier NE. Light correlated color temperature and task switching performance in preschool-age children: Preliminary insights. *PLoS ONE*. 2018; 13(8):e0202973. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202973>
24. Westland S, Pan Q, Lee S. A review of the effects of colour and light on non-image function in humans. *Color Technol*. 2017; 133(5):349-361. DOI: <https://doi.org/10.1111/cote.12289>
25. Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Mol Vis*. 2016; 22:61-72.
26. Potapov AA, Yezheleva MI. Modern problems of the organization of visual work in the system of education at the hygienic profile departments. *Universitetskaya Klinika*. 2019; (1(30)):110-114. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.26435/UC.V0I1\(30\).276](https://doi.org/10.26435/UC.V0I1(30).276)
27. Skoblina NA, Dobruk IV, Tsameryan AP, et al. Using the technology of the office of protection of children's vision in the educational organization. *Voprosy Shkol'noi i Universitetskoi Meditsiny i Zdorov'ya*. 2016; (2):39-42. (In Russian).

Контактная информация:

Курганский Александр Михайлович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» МЗ РФ
e-mail: Kurgansk@yandex.ru

Corresponding author:

Alexander M. Kurgansky, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, National Medical Research Center for Children's Health of the Russian Ministry of Health
e-mail: Kurgansk@yandex.ru