

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ЗРЕНИЕ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ В СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ

IMPACT OF MODERN ARTIFICIAL LIGHTING ON HUMAN AND ANIMAL VISION AND HEALTH IN NORTHERN AND ARCTIC REGIONS

Тарбаева В. М.

Tarbaeva V. M.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

искусственное освещение, светодиоды, зрение, цветовая температура, индекс цветопередачи

KEY WORDS:

artificial lighting, LEDs, vision, color temperature, color reproduction index

АННОТАЦИЯ

В статье представлен обзор материалов по источникам наружного искусственного освещения и о его влиянии на состояние человека и экосистемы в северных и арктических регионах. Дана оценка влиянию искусственного освещения на здоровье и зрение людей и животных. Приведены результаты проведенной независимой экспертизы по оценке использования специальных ламп с ограниченным спектром излучения на особо охраняемых природных территориях. Сформулированы предложения и рекомендации по безопасному использованию светильников.

ABSTRACT

The article provides an overview of materials on the sources of outdoor artificial lighting and its impact on the state of humans and ecosystems in northern and arctic regions. An assessment of the impact of artificial lighting on the health and vision of humans and animals is given. Proposals and recommendations for safe use of lamps have been formulated.



Тарбаева В. М.

д.б.н., проф., член-корр. РАЕН, академик
РЭА, председатель центрального совета
межрегиональной общественной орга-
низации «Природоохранный союз».

—
tarbaeva@yandex.ru

Tarbaeva V. M.

Doctor of Biological Sciences, Prof., Corre-
sponding Member of RANS, Academician of
REA, Chairman of the Central Council of the
Interregional public organization «Environ-
mental Union».

—
tarbaeva@yandex.ru

Введение

Если не принять
срочные меры,
то к 2030 году
на планете будет
75 млн слепых

Людей ожидает
самая массовая
эпидемия в исто-
рии челове-
чества — «пандемия
близорукости»

Снижение остроты зрения у значительной массы людей, в том числе у подрастаю-
щего поколения и молодежи — школьников и студентов, стало одной из серьез-
нейших проблем нашего века.

По данным Всемирного общества здравоохранения (ВОЗ), если не принять сроч-
ные меры, то к 2030 году на планете будет 75 млн слепых. Чем больше нагрузок на
глаза (а их становится больше), тем стремительнее рост глазных болезней, в том
числе миопии и тех, что ведут к слепоте.

В опубликованном ВОЗ Всемирном докладе о зрении приводятся фактические
данные о масштабах заболеваний глаз и о нарушении зрения в мире, по оценкам
2020 года:

- 43,3 млн человек — слепые,
- 295 млн человек имеют умеренные и тяжелые степени нарушения зрения;
- 258 млн человек — легкую степень;
- 510 млн человек — нарушения зрения из-за старческой дальнозоркости.

Согласно прогнозу, распространенность приобретенной миопии к 2050 году до-
стигнет 5 млрд человек, что составит около 50% населения Земли, то есть людей
ожидает самая массовая эпидемия в истории человечества — «пандемия близору-
кости». Врачи-офтальмологи отмечают, что «пандемия близорукости» наступит на
фоне тотальной компьютеризации и массового внедрения энергосберегающего
освещения.

Данные источники световой нагрузки на глаза имеют избыточную дозу синего
света в их спектре, при этом за 100 лет использования лампы накаливания (ЛН) ни
разу не было выявлено повреждающего действия на глаза производимого этим
прибором искусственного света [1].

Но современная ситуация диктует необходимость поиска более экономичных
источников света, так как тарифы на электроэнергию всегда имеют тенденцию
к росту. В то же время необходимо помнить, что экономить на освещении неудоб-
но и вредно для зрения. Многие пользователи люминесцентных и светодиодных

У людей, живущих в арктических регионах, отмечаются чувство необоснованной тревоги; снижение иммунитета; обострение хронических заболеваний; метеозависимость

«белых» ламп начали замечать, что по вечерам такое освещение раздражает глаза и вызывает заметный дискомфорт. При этом, учитывая особенности арктического климата, где средняя продолжительность светового дня в зимнее время года составляет до четырех часов, постоянное использование нерационального освещения является прямым риском для здоровья населения и экосистемы в целом. Все это усугубляется следующими факторами: недостаток солнечного света в течение нескольких месяцев; длинная и холодная зима, очень короткое и холодное лето; низкая температура воздуха на протяжении всего года. Как следствие недостатка солнечного света у людей, живущих в арктических регионах, отмечаются чувство необоснованной тревоги; снижение иммунитета; обострение хронических заболеваний; метеозависимость и др. Поэтому крайне необходимо создание правильного искусственного освещения с учетом полярной ночи и полярного дня.

Влияние искусственного освещения на здоровье и зрение человека

Для здоровья глаз значительную опасность представляет воздействие ультрафиолетовой и синей части спектра светового излучения светодиодов. Изучение параметров освещения светодиодными светильниками (СД) показало, что у белых СД-ламп присутствует выраженная полоса излучения в сине-голубом диапазоне с длиной волны около 450 нм, которая оказывает влияние как на зрение, так и на механизм биологических часов человека [2].

«Внутренние часы» человека ориентируются на циркадные ритмы. Другими словами, биологические часы подстраиваются по внешним факторам, одним из которых является освещение. Например, в полдень при ясном небе цветовая температура естественного освещения составляет около 5500 К, а за час до заката — 3000 К. Таким образом, если освещение имеет цветовую температуру около 5500 К, то человек настраивается на бодрствование, 3000 К и менее — подсознательно готовится ко сну.

Таким образом, если человек находится вечером или ранним утром под действием коротковолнового холодного белого света, то в его организме резко замедляется выработка мелатонина. Это отрицательно сказывается на здоровье человека, так как данный гормон влияет на многие функции организма. Он:

- 1) регулирует естественные биоритмы, поддерживает нормальную работу иммунной и гормональной систем;
- 2) обладает мощными антиоксидантными свойствами, влияя на процессы старения в сторону их замедления;
- 3) препятствует повреждению ДНК канцерогенными веществами, останавливает действие механизмов, приводящих к образованию раковых опухолей.

Нарушение норм концентрации мелатонина в крови приводит к сбою биоритмов. Данное нарушение на начальных стадиях проявляется в виде усталости, бессонницы и депрессии, а впоследствии может привести к развитию ряда заболеваний, в том числе и хронических [3].

Если человек находится вечером или ранним утром под действием коротковолнового холодного белого света, то в его организме резко замедляется выработка мелатонина

Урезанный спектральный состав света от холодно-белых светодиодов опосредованно снижает регенеративные способности тканей глаза (способности к восстановлению). Суть в том, что видимый красный и ближний инфракрасный диапазон естественного солнечного света и ламп накаливания в определенной степени прогревает ткани, стимулируя их кровоснабжение и питание, улучшая производство энергии в клетках. Свет от высокотехнологичных устройств практически не имеет этой естественной «лечебной» части спектра.

Исследования влияния искусственных источников света на концентрацию мелатонина в крови (при равных условиях по освещенности и коррелированной цвето-

вой температуре) показали, что наибольшее влияние оказывают холодно-белые светодиоды (6000 К): их влияние в 2,5–3,0 раза выше по сравнению с ЛН. У нейтрально-белых светодиодов (4000 К) воздействие больше в 1,2–1,5 раза. Использование же светодиодных светильников с цветовой температурой 3000 К и ниже не сопряжено с указанным выше вредным воздействием. Освещение, создаваемое такими лампами, похоже на теплый желтоватый свет ЛН [4].

Неправильная установка уличного светильника зачастую приводит к попаданию света от него в окна дома. Если же его цветовая температура достигает 5500 К, то это ведет к сбою биологических часов человека и, как следствие, ухудшению сна. То же самое относится к освещению мест отдыха в парках и зеленых зонах.

Второй значимый показатель любого искусственного освещения — общий индекс цветопередачи Ra. Он определяет психофизиологический комфорт световой среды, но косвенно характеризует степень близости спектра искусственного света к спектру дневного света. Чем выше Ra, тем ближе спектр искусственного света к естественному.

Одним из важнейших выводов авторов монографии В. А. Капцова и В. Н. Дейнего «Эволюция искусственного освещения: взгляд гигиениста» от 2021 года является их твердая убежденность в том, что при внедрении новой техники, технологий, приборов и оборудования, несмотря на кажущиеся экономические выгоды (как в нашем случае — экономия электроэнергии), в первую очередь должны рассматриваться вопросы воздействия на здоровье ныне живущих и последующих поколений. Уверенность в безопасности должна обеспечиваться следующими мероприятиями — проведением необходимых научных исследований, адекватно обеспеченных как материальной, так и административной поддержкой на государственном уровне через программы первичной профилактики с целью предупреждения неблагоприятного воздействия этих факторов на здоровье людей [5].

По мнению В. А. Капцова и В. Н. Дейнего, в настоящее время этот контроль возлагается на врачей-гигиенистов, которые должны комплексно оценивать влияние искусственных источников белого света на здоровье человека. Эта оценка включает в себя ряд основных критериев:

- визуальных (нормы освещенности, энергетически-частотная характеристика света, комфортность освещения);
- психоэмоциональных (производительность труда, утомление, скорость реакции операторов (машинистов));
- биологических (риски негативного влияния на уровни циркадно-зависимых гормонов, таких как мелатонин, вазопрессин, кортизол, инсулин; эффективность антиоксидантной системы защиты; активность структур гематоретинального барьера кровеносной системы стекловидного тела и сетчатки; уровень деградации защитного желтого пятна; ускоренного уничтожения запаса радиальной глии; деградации системы аквапоринов);
- энергетических (уровни электромагнитного и геомагнитного излучения) [5].

Влияние искусственного освещения на здоровье и зрение детей гораздо более значительно, чем у взрослых

По данным группы ученых под руководством академика РАН М. А. Островского (Зак П. П., Рябцева А. А., Андрюхина А. С., Коврижкина А. А., Трофимова Н. Н., Лобанова В. Н. и др.), изучающих влияние спектрального состава искусственного освещения на остроту зрения лиц молодого возраста, установлено, что влияние искусственного освещения на здоровье и зрение детей гораздо более значительно, чем у взрослых. Это объясняется тем, что несформированный хрусталик детского глаза не является фильтром для синего и ультрафиолетового излучения, как у взрослых людей, что приводит к существенным повреждениям и нарушениям зрения у подрастающего поколения [6].

Влияние искусственного освещения на здоровье и зрение животных

Практически одна четвертая часть Земли постоянно подвергается световому загрязнению, которое оказывает такое же существенное антропогенное влияние, как пластик или сжигание ископаемого топлива. Ученые из Университета Вашингтона признали световое загрязнение одним из главных факторов, способствующих глобальному вымиранию насекомых. Они установили, что свет привлекает, а затем и убивает насекомых, также делая их более заметными для хищников. Эксперты отметили, что массовая гибель насекомых — это не единственное последствие светового загрязнения [7].

Среди представителей фауны планеты около 30% позвоночных и 60% беспозвоночных ведут ночной образ жизни, и в первую очередь искусственное освещение влияет на цикл жизни и сна именно этих форм жизни. Поэтому по сравнению с людьми животные сильнее страдают от светового загрязнения: постоянное наличие света ухудшает условия охоты, питания и размножения многих видов. Результаты проведенных исследований показывают, что световое загрязнение влияет на поведение животных (характер миграции, циклы бодрствования и сна), а также на формирование их среды обитания [8].

Ученые подсчитали, что искусственная освещенность во всем мире ежегодно вырастает на 6%. Это обстоятельство значительно сокращает среду обитания ночных животных. Опасно то, что искусственный свет имеет огромное, но скрытое влияние на экосистему, вызывая в ней существенные изменения. Этот фактор в значительной степени влияет на жизнь ночных животных, которые, ориентируясь на свет звезд или фазу луны, определяют момент, когда нужно готовиться к размножению, чтобы отправиться в места скопления своего вида для поиска пары. Наиболее яркий пример — мотыльки: они летят на свет ламп к полнолуннию, где обязательно находят себе пару. В то же время следует отметить, что в городах в период после спаривания очень мало кормовых растений и бабочкам негде отложить яйца. Поэтому их потомство обречено на гибель еще до рождения [8].

В физиологии животных также важную роль играют суточные, лунные и годовые циклы, которые влияют на гормональный баланс организмов. Это и сигналы к размножению, и подготовка к зимнему анабиозу, запасу пищи или нагулу жира. Биоритмы животных, обитающих в городах, нарушаются в значительной степени, вследствие чего наблюдается заметное снижение их численности.

Искусственный свет также влияет на взаимодействие между разными видами животных. Например, известный всем факт, что бабочки слетаются на фонарь, также издавна знают и жабы. «Зеленые охотницы» обычно собираются под столбами, прекрасно осознавая, что они смогут успешно поживиться, не тратя на это больших усилий. Та же картина наблюдается и у пауков, которым всего лишь достаточно развесить свою паутину в нужном месте. В результате происходит дисбаланс: потребность в охоте снижается у одних животных, а шансы на выживание и размножение — у других. Рассуждая с человеческой позиции, можно утверждать, что нет ничего ужасного в том, что жабы наедятся досыта, а насекомых станет поменьше. С позиций природы это в корне неверно, ведь все в природе должно находиться в равновесии, любые отклонения могут привести к глобальным последствиям [8].

На представителей орнитофауны искусственное освещение влияет гораздо более значительно, чем на людей, так как они воспринимают свет несколько иначе, чем человек. В первую очередь данный факт относится к спектральной чувствительности, чувствительности к мерцанию, аккомодации и остроте зрения. Например, у птиц в колбочках сетчатки глаза находятся четыре светочувствительных пигмента, которые определяют цветное зрение, в то время как у человека их всего три. Люди могут воспринимать свет в диапазоне 400–700 нм, а птицы, ведущие дневной образ жизни, — 370–720 нм, так как их оптический диапазон несколько шире, чем у человека [9].

Результаты проведенных учеными исследований черных дроздов в Германии показали, что те из них, кто обитает в городе, остаются активными гораздо дольше, чем представители этого вида, живущие в естественных природных условиях, то есть городские дрозды бодрствуют на 5–6 часов дольше [9].

Что касается оценки влияния светового загрязнения на другие виды птиц, то, по подсчетам канадской некоммерческой организации FLAP, в Северной Америке солнечные блики на окнах, фонари и прожекторы ежегодно приводят к гибели от 100 млн до 1 млрд птиц [7].

Этот список можно продолжать бесконечно долго. Например, более 130 различных видов кораллов на Большом Барьерном рифе размножается при лунном свете. Ежегодно осенью, в октябре-ноябре, после полнолуния кораллы выбрасывают сперматозоиды и яйцеклетки в океан, при этом искусственно освещенное небо нарушает их процесс оплодотворения. Свет влияет на биологические часы кораллов, вследствие чего происходит не синхронизированное выбрасывание сперматозоидов и яйцеклеток [7].

У морских черепах вылупившиеся детеныши ориентируются на лунный свет, чтобы добраться до воды. Искусственное освещение пляжей и набережных сбивает их ориентир и делает этих малышей легкой добычей для хищников — чаек и крабов. По высказанным специалистами прогнозам, ежегодная гибель детенышей морских черепах в ближайшем будущем приведет к серьезному сокращению популяции ряда этих видов животных [7].

Световое загрязнение также влияет на обитателей пресноводных объектов. Например, представители зоопланктона дафнии в естественных природных условиях в дневное время обитают глубоко под водой, а ночью поднимаются к поверхности воды для поедания водорослей. Миграцию дафний запускает механизм смены дня и ночи, а постоянное присутствие искусственного света, с одной стороны, делает их уязвимыми для хищников, а с другой — приводит опосредованно к существенному размножению сине-зеленых водорослей, а значит, к эвтрофикации водоема, приводящей к значительному ухудшению условий и качества водной среды обитания [10].

Использование специальных ламп с ограниченным спектром излучения в парках и на особо охраняемых природных территориях (ООПТ)

Кподсветке природных зон в северных и арктических регионах не предъявляются такие жесткие требования, как, например, к освещению автомагистралей. Но и для парков и экотроп на ООПТ, расположенных на территории этих регионов, необходим определенный уровень освещенности, чтобы посетители свободно ориентировались в пространстве, чувствовали себя в безопасности и комфорте во время вечерних прогулок и на пробежках.

В стандартах, СНИПах указаны средние нормы для различных парковых зон. Уровень освещенности при входе должен быть не ниже 6 лк, на главных аллеях — 4 лк, на боковых дорожках — 2 лк, на спортивных площадках, в местах массового отдыха — 10 лк.

Для каждой природной зоны создается своя световая концепция. Она зависит от размеров площади, проходимости, плотности зеленых насаждений, наличия парковой инфраструктуры. Все эти особенности учитываются при выборе светового оборудования. Но к любым осветительным приборам предъявляются общие требования: устойчивость к негативным внешним факторам (пыль, влага, ветер, перепады температур), герметичность, защита от коррозии и вандализма, пожарная безопасность, прочность, надежность, экономичность, удобство при монтаже и обслуживании. В этом обширном списке технико-эксплуатационных характеристик не хватает пункта, имеющего особое значение для состояния экосистемы, а именно цветовой температуры и индекса цветопередачи.

К подсветке природных зон в северных и арктических регионах не предъявляются такие жесткие требования, как, например, к освещению автомагистралей

При проведении независимой экспертизы 30 мая 2023 года по оценке работ по восстановлению и реконструкции тропы у подножия горы Машук (памятник природы краевого значения) в части применяемого на тропе искусственного освещения нами было установлено следующее.

Согласно требованиям ГОСТ 17677-82 (СТ СЭВ 3182-81, МЭК 598-1-86, МЭК 598-2-1-79, МЭК 598-2-2-79, МЭК 598-2-4-79, МЭК 598-2-19-81) паспорта на партии светильников, применяемых на экотропе у подножия горы Машук, представлены. Согласно требованиям ГОСТ Р МЭК 60598-1-2003 «Светильники» (часть 1), маркировка на светильниках представлена:

- 1) светильник светодиодный LZ-16-HG-RR-1000H-2300K,
- 2) потребляемая мощность — 41 Вт,
- 3) климатическое исполнение — У1,
- 4) степень защиты — IP 66,
- 5) цветовая температура — 2300 К,
- 6) вид КСС — специальная,
- 7) группа компаний «ЦЕРС».

Комплектность светильников соответствует ГОСТ 17677.

Результаты обследования освещения экотропы светодиодными светильниками LZ-16-HG-RR-1000H-2300K в вечернее время, согласно критериям

Экспертиза проводилась в присутствии представителей заказчика и подрядчика с 20:00 до 23:00 часов.

Визуальное обследование территории, занятой экотропой, показало, что монтаж освещения на экотропе проводился без использования техники и не нанес ущерба окружающей среде.

Оценка влияния освещения светодиодными светильниками LZ-16-HG-RR-1000H-2300K в вечернее время проводилась по рекомендованным критериям [5]:

1) визуальный критерий

- комфортность освещения — высокая (мягкий тепло-желтый свет, близкий к естественному освещению);

2) психоэмоциональный критерий

- глаза не утомляются,
- эмоциональное состояние спокойное, расслабленное;

3) биологический критерий

- за три часа нахождения при таком освещении перевозбуждения и раздражения не наблюдалось,
- после посещения сон был глубокий и спокойный,
- анализы крови на определение влияния на уровни циркадно-зависимых гормонов, таких как мелатонин, вазопрессин, кортизол и инсулин, не брались (это не входило в задачи экспертизы);

4) энергетический критерий

- уровни электромагнитного и геомагнитного излучения не измерялись.

Результаты обследования освещения экотропы светодиодными светильниками LZ-16-HG-RR-1000H-2300K в вечернее время по цветовой температуре, спектрам и индексу цветопередачи

Проведенные нами измерения параметров освещения всех светильников LZ-16-HG-RR-1000H-2300K следующие:

- CCT 2208-2300 K,
- CRI 90-92,
- LUX 33115,
- λ_r 631 nm.

Проведенные измерения спектра света всех светильников LZ-16-HG-RR-1000H-2300K показали минимальные значения полосы излучения в сине-голубом диапазоне с длиной волны около 450 nm.

Измерения общего индекса цветопередачи RCI света всех светильников LZ-16-HG-RR-1000H-2300K — более 90. Таким образом, с учетом особенностей сумеречного зрения человека видимость объектов при освещении их данными светильниками стала в несколько раз выше.

Результаты обследования освещения экотропы светодиодными светильниками LZ-16-HG-RR-1000H-2300K в вечернее время в части влияния на состояние экосистемы

Визуальное обследование фитоценоза вокруг экотропы в течение трех часов (с 20:00 до 23:00 часов) показало, что экосистема находится в равновесии:

- вокруг светильников наблюдались единичные летающие насекомые;
- отсутствовала активность земноводных (лягушек) и рептилий (ящериц и змей);
- отсутствовала активность птиц, ведущих дневной образ жизни. Не наблюдались признаки их кормежки или брачного поведения. К экотропе выходила лисица.

В целом полученные результаты проведенных измерений показаний применяемых светодиодных светильников LZ-16-HG-RR-1000H-2300K и визуального обследования освещения экотропы у подножия горы Машук свидетельствуют в пользу целесообразности широкого применения светильников данной марки в парках и на особо охраняемых природных территориях.

Заключение

Учитывая особенности арктического климата, где средняя продолжительность светового дня в зимнее время года — до четырех часов, постоянное использование нерационального освещения является прямым риском для здоровья населения и экосистемы в целом. В связи с этим рекомендуется:

- 1) ограничить верхний уровень цветовой температуры в 3000K, а в некоторых особых зонах применять цветные фильтры, полностью отсекающие синий спектр. Данная мера приведет к снижению вредной коротковолновой составляющей спектра свечения источников света. Применять искусственные источники света с индексом цветопередачи не менее CRI 90;
- 2) создать рабочую группу с привлечением орнитологов и биологов для разработки классификатора биоактивных зон, для каждой из них установить критерии вечернего и ночного освещения. Внести предложения по освещению природных зон и ООПТ только теплым светом с минимальным синим спектром. Выработать рекомендации

Учитывая особенности арктического климата, где средняя продолжительность светового дня в зимнее время года — до четырех часов, постоянное использование нерационального освещения является прямым риском для здоровья населения

и запреты по освещению биоактивных зон для птиц и других представителей биосферы. Выйти с предложением о включении данного классификатора в СП 52.13330.2016;

3) для снижения риска заболеваемости органов зрения, особенно у детей до 17 лет, в общественных зонах максимально изолировать прямой источник света от глаза наблюдателя. Применять светильники со скрытыми источниками света или отраженного свечения;

4) необходимо с особым вниманием относиться к трансферу световых технологий. К сожалению, приоритеты производителя продукции зачастую отличаются от основополагающего принципа гигиены «не вредить». Целесообразно разрабатывать отечественные полупроводниковые источники белого света с солнцеподобным спектром излучения как для общего освещения, так и для подсветки мониторов и автомобильных фар. Осветительные приборы и установки, разработанные на базе этих источников света, должны создавать минимальные уровни светового загрязнения окружающей среды;

5) существующие ГОСТы и СанПиНы в области освещения устарели и требуют актуализации и гармонизации с учетом новых технологий и обеспечения безопасности для человека и экосистемы.

Литература

1. Через 10 лет количество слепых людей достигнет 75 миллионов (2020). — <https://www.med2.ru/story.php?id=33676>.
2. Опасно ли светодиодное освещение для человека (2018). — <https://elektrika-ok.ru/elektrooborudovanie/o-produkcii/opasno-li-svetodiodnoe-osveshchenie-dlya-cheloveka>.
3. Современный взгляд на люминесцентное и светодиодное освещение (2018). — <https://sakhgig.ru/632-sovremennyy-vzglyad-na-lyuminescentnoe-i-svetodiodnoe-osveshchenie.html>.
4. Для чего нужен фонарик с ультрафиолетовым светом (2021). — <https://ads-i.ru/ochki-i-linzy/vred-led-lampy.html>.
5. Капцов В. А., Дейнего В. Н. Эволюция искусственного освещения: взгляд гигиениста. — М., 2021. — 632 с. — https://library.by/portalus/modules/medecine/readme.php?subaction=showfull&id=1639491032&archive=&start_from=&ucat.
6. Рябцева А. А., Зак П. П., Андрухина А. С., Коврижкина А. А., Трофимова Н. Н., Андрухина О. М., Лобанова В. Н. Влияние спектрального состава искусственного освещения на остроту зрения лиц молодого возраста. Точка зрения. Восток-Запад. 2017. № 4. — <https://eyepress.ru/article.aspx?24403>.
7. Сабитов О. Как световое загрязнение Земли убивает животных и вызывает болезни у людей (2020). — <https://hightech.fm/2020/01/07/light-pollution>.
8. Как искусственное освещение влияет на жизнь животных (2015). — <https://zooblog.ru/5916-kak-iskusstvennoe-osveshchenie-vliyaet-na-zhizn-zhivotnyh>.
9. Мельник В. А. Как свет действует на птицу? (2020). — <https://pticevod.ru/reprodukcija/soderzhanie-pticy/kak-svet-dejstvuet-na-pticu.html>.
10. Влияние светового загрязнения на окружающую среду и человека (2020). — <https://zelniko.ru/problemny/svetovoj-rezhim-cheloveka.html>.

References

1. In 10 years, the number of blind people will reach 75 million (2020). — <https://www.med2.ru/story.php?id=33676> (In Russ.).
2. Is LED lighting dangerous for humans? (2018). — <https://elektrika-ok.ru/elektrooborudovanie/o-produkcii/opasno-li-svetodiodnoe-osveshchenie-dlya-cheloveka> (In Russ.).
3. A modern take on fluorescent and LED lighting (2018). — <https://sakhgig.ru/632-sovremennyy-vzglyad-na-lyuminescentnoe-i-svetodiodnoe-osveshchenie.html> (In Russ.).
4. Why do you need a flashlight with ultraviolet light? (2021). — <https://ads-i.ru/ochki-i-linzy/vred-led-lampy.html> (In Russ.).
5. Kaptsov V. A., Deynego V. N. The Evolution of Artificial Lighting: The Hygienist's Gaze. — Moscow, 2021. — 632 p. — https://library.by/portalus/modules/medecine/readme.php?subaction=showfull&id=1639491032&archive=&start_from=&ucat (In Russ.).
6. Ryabtseva A. A., Zak P. P., Andruhina A. S., Kovrizhkina A. A., Trofimova N. N., Andruhina O. M., Lobanova V. N. Effect of spectral composition of artificial lighting on visual acuity of young people. Point of view. East-West. 2017. № 4. — <https://eyepress.ru/article.aspx?24403> (In Russ.).
7. Sabitov O. (2020). How Earth's light pollution kills animals and causes disease in humans — <https://hightech.fm/2020/01/07/light-pollution> (In Russ.).
8. How artificial lighting affects animal life (2015). — <https://zooblog.ru/5916-kak-iskusstvennoe-osveshchenie-vliyaet-na-zhizn-zhivotnyh> (In Russ.).
9. Melnik V. A. (2020). How does light work on a bird? — <https://pticevod.ru/reprodukcija/soderzhanie-pticy/kak-svet-dejstvuet-na-pticu.html> (In Russ.).
10. Environmental and Human Impact of Light Pollution (2020). — <https://zelniko.ru/problemny/svetovoj-rezhim-cheloveka.html> (In Russ.).