

Десять лет школьному светодиодному освещению.

Часть 2.

Перспективные инновации

➔ В первой части статьи речь шла о внедрении светодиодного освещения в школах на базе отечественных светодиодов фирмы ЗАО «Оптоган». Но как говорится, история ничему не учит, а только наказывает за незнание уроков, а наказание простое — банкротство и эпидемия миопии.

На сайте НП «Энергоэффективный город» отмечено, что крупной технологической потерей «Роснано» стал проект по производству светодиодной светотехники компанией «Оптоган».

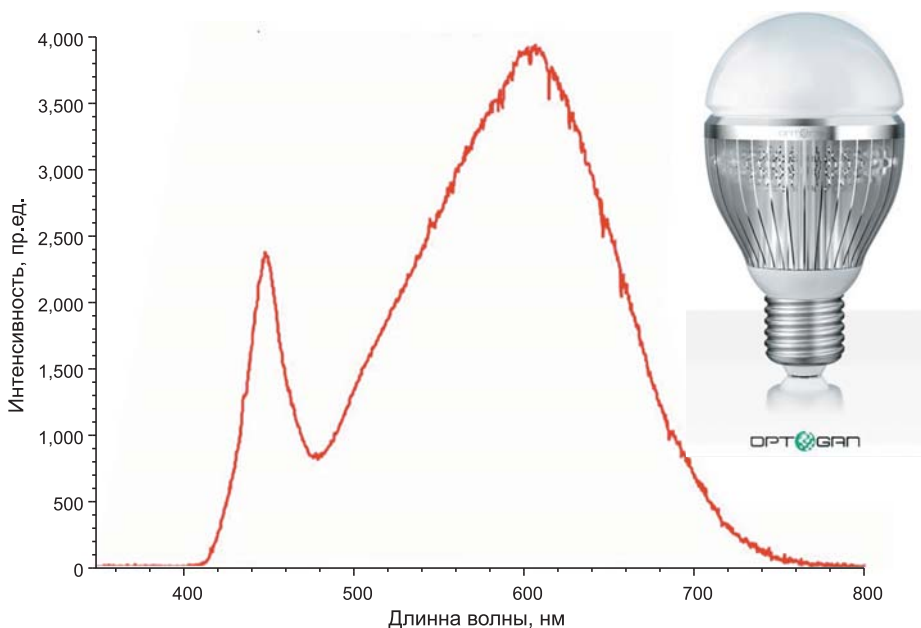


Рис. 1. Спектр света лампы «Оптолюкс Е-27»

*И повторится все, как встарь:
Ночь, ледяная рябь канала,
Аптека, улица, фонарь.
А. Блок*

В «Роснано» также понимают, что в обозримом будущем до 90% мирового рынка светотехники займут светодиоды. И в этом специалисты «Роснано» правы, однако они не учитывают, что это будут светодиоды с скорректированным спектром излучения белого света, а не с таким, как у лампочки «Оптолюкс Е-27» и у сверхъярких светодиодов завода «Клевер», к созданию которого «Роснано» имеет прямое отношение.

На рис. 1 приведен спектр света светодиодной лампы «Оптолюкс Е-27».

Спектр света лампы «Оптолюкс Е-27» имеет существенный провал в области 480 и 380 нм. Мир давно отказался от паттерна этого спектра и перешел на новую технологию изготовления светодиодных ламп.

На рис. 2 показан спектр света светодиодной лампы GE Sun Filled LED Bulbs (Sun Filled — наполненный солнцем) с скорректированным спектром излучения.

Новая лампа Sun filledTMLED излучает спектр, который ближе к солнечному свету в диапазоне 380–780 нм, чем обычные светодиоды (рис. 1). При этом в спектре новой лампы устранен выброс синего 450 нм и провал в области 480 нм, которые присутствуют во многих искусственных источниках света. В этой лампе используются новые светодиоды Seoul Semiconductor SunLike.

Концепция синтеза белого света с солнечноподобным спектром излучения начинает овладевать умами разработчиков светодиодов. Фирма Lumileds приступила к пакетному выпуску линейки светодиодов для синтеза спектр белого света в процессе создания светильника.

О необходимости корректировки спектра света белых светодиодов автором статьи было сказано:

- в докладе на IV Всероссийская конференция «Современная светотехника» 09.06.2012, которая собрала свыше 100 специалистов в области светотехники из разных городов России;
- в докладе «О влиянии светодиодного освещения на глаза и здоровье человека» на Ярославском энергетическом форуме 4–6 декабря 2012 года;
- на Пятом заседании Координационного совета Президиума Генерального

совета Всероссийской политической партии «Единая Россия» по вопросам энергосбережения и повышения энергетической эффективности, состоявшемся 12 февраля 2013 года в Государственной Думе Федерального Собрания РФ, на котором присутствовали редакторы ведущих светотехнических журналов;

- в докладах на семинарах в рамках выставки «Промышленная Светотехника» при участии ведущих менеджеров по внедрения светодиодов на российском рынке;
- в докладе на конференции: «Импортозамещение: наша светотехника для промышленности, складских и торговых комплексов. Осветительные приборы для ТЭК, АЭС, взрывоопасных производств» 19.04.2017, модератором которой был член Рабочей группы Экспертного совета по энергоэффективности при Правительстве Российской Федерации.

В статье [1] отмечалось: «Контакт с представителями отраслевого бизнес-сообщества приводит к пониманию того, что вопрос воздействия на здоровье для них является одним из последних. Крупные потребители, с которыми приходилось общаться (директора парков отдыха, отельеры, чиновники) хотя и осознают важность обозначенных рисков, признают доминирующую роль экономической составляющей при закупках. Желание заработать и сэкономить стало определяющим в действиях большинства людей». Справедливость этих слов подтверждает высказывание ведущего менеджера АПСС [3].

Главными задачами для отечественных производителей светодиодов являются:

- повысить показатель светоотдачи (лм/Вт);
- объединить силы путем создания общественных организаций для формирования административного кулака с целью получения максимальной прибыли под лозунгом энергосбережения.

Техническую политику на рынке светотехники России определяет Научно-технический совет светотехнической отрасли России (НТС «Светотехника»), и он объединяет все силы, заинтересованные в развитии отечественной светотехнической науки и внедрения ее прорывных достижений как в России, так и за рубежом. НТС возглавляет собственник МСК «БЛ ГРУПП». Частный

светодиодный производитель России получил административное подкрепление. В июне 2020 года вступили в силу изменения в Постановление Правительства РФ от 17 июля 2015 года № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории РФ», согласно которым для отнесения светильника к продукции отечественного производства необходимо, чтобы он содержал отечественные светодиоды.

МСК «БЛ ГРУПП» имеет подтвержденный Минпромторгом РФ статус отечественного производителя, что дает приоритет при выполнении заказов для государственных и муниципальных нужд. В результате запуска производства завода «Клевер» совокупный объем выпуска продукции будет увеличен до 100–150 млн светодиодов в год. Новые сверхъяркие белые светодиоды завода «Клевер» со старым паттерном спектра света (рис. 1) под прикрытием решения Минпромторга РФ отправятся освещать общеобразовательные школы, учебные заведения и объекты МО РФ. Это является новой угрозой для зрительного анализатора человека, детей и подростков, будущих призывников ВС МО РФ, так как отечественные производители светодиодов занимались и занимаются трансфером технологии по изготовлению светодиодов со спектром 25-летней давности, а зарубежные партнеры переходят на изготовление светодиодов с скорректированным спектром излучения белого света [2]. При этом по предложению компании

LightingEurope в нормативные документы ЕРВД вводят требования к инспекции освещения в общественных зданиях.

Есть изменения и на российском светодиодном рынке. Генеральный директор АПСС отмечает: «...За последний год наши члены сильно продвинулись по пути локализации производства светодиодов. Корпусирование светодиодов запустили, помимо GS GROUP, также и другие члены АПСС. Это НИИПП, «РусИД» (совместное предприятие с участием МГК «Световые Технологии»), «Клевер» (БЛ ГРУПП), «Арлайт РУС». Спрос на российские светодиоды огромный, уверена, что с приходом новых игроков качество будет улучшаться, а цены станут более конкурентоспособными. А для участия в торгах наличие российских светодиодов в светильниках — огромное преимущество».

При этом хочется отметить, что кристаллы и люминофоры для отечественных светодиодов берутся с мирового светодиодного рынка.

Каждая богатая светотехническая компания (МГК «Световые Технологии», МСК «БЛ ГРУПП») желает иметь свое светодиодное производство для выполнения правительственной программы по энергосбережению. Объем российского рынка светодиодного освещения по итогам 2019 года оценивался в 58,9 млрд руб., что составляет чуть больше 1% от объема мирового рынка, и по итогам 2020-го может вырасти до 61,3 млрд руб., следует из данных «Лайтинг Бизнес Консалтинг».

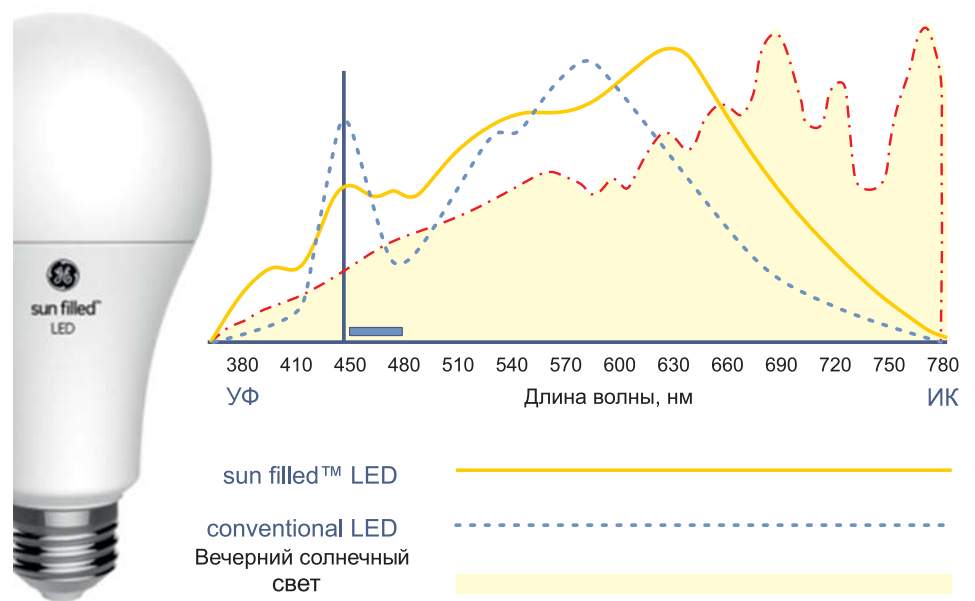


Рис. 2. Спектр света лампы Sun filled LED

Минэнерго РФ оценивает объем госконтрактов, в рамках которых должна проводиться замена традиционных источников света на светодиодные, в сумму 442 млрд руб. в течение десяти лет [4].

При таких деньгах и на основе «исследований» НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГБУ «Научный центр здоровья детей» РАМН как-то не думается о детях и возможных негативных последствиях, например о ранней миопии у детей и помолодевшей глаукоме.

Но не везде такое отношение к вопросам сохранения здоровья человека и детей. Например, Министерство здравоохранения Республики Беларусь приняло решение (письмо от 11.02.2020 № 7-13/2440) об ограничении применения светодиодного освещения в учебных классах общеобразовательных учреждений [5].

В отчете [6] за 2016 год Департамента энергетики Министерства энергетики США по итогам совещания «Физиологические ответы на свет» говорится следующее: «17 экспертов с мировым именем пришли к выводу, что для создания рыночного, здорового светодиодного освещения и минимизации факторов риска, связанных с внедрением светодиодов, необходимы новые показатели качества света и определение здоровой дозировки освещения. Это позволило бы проводить скоординированные исследования, которые помогли бы уточнить, что происходит,

когда фоторецепторы получают разные уровни световых сигналов (в виде потока фотонов) и как лучше всего применять свет, чтобы помочь контролировать циркадное и нейрофизиологическое регулирование, а также уменьшить риски, связанные со световыми суточными расстройствами, депрессией, ожирением, раком и повреждением глаз. Эксперты также отмечали, что для определения, может ли длительная экспозиция светодиодного света вызвать проблемы, требуются дополнительные исследования» [6].

Министерство энергетики США в 2021 году выпустило отчет по цепочкам поставок светодиодной продукции, в котором специалисты отмечают:

- в цепочке поставок доминирует Малайзия, а Китай и Япония не сильно отстают;
- многие специальные приложения такие, как освещение для здоровья и благополучия могут быть плохо обеспечены поставками из Китая. Производители в США могут иметь выгодную возможность выпускать продукцию (светильники) для такого специального приложения.

Этим Министерство энергетики США ориентирует своих производителей занимать нишу освещение для здоровья и благополучия. При этом Министерство энергетики США повторяет проект L-Prize, стремящийся ускорить эволюцию твердотельного освещения (solid

state lighting, SSL) в коммерческих зданиях. В рамках этой программы для победителей (производителей США) предусмотрен призовой фонд \$10 млн.

Еще в 2015 году ВОЗ вместе с Институтом зрения Брайена Холдена собрал ведущих исследователей близорукости со всего мира на глобальный научный саммит по миопии. Исследователи отметили, что в 2010 году миопия и миопия высокой степени поражали 28 и 3,0% населения мира соответственно. Текущие модели прогнозируют, что к 2050 году миопия и миопия высокой степени достигнут масштабов эпидемии, затронув 52 и 10% населения мира. На основе этих прогнозов ВОЗ определила рост миопии как угрозу здоровью и зрению номер один во всем мире, отчасти из-за ее связи с миопической дегенерацией желтого пятна и другими состояниями, такими как катаракта и глаукома. Хотя миопия развивается как сложное взаимодействие между экологическими и генетическими факторами, изменения окружающей среды считаются основными движущими силами нынешней эпидемии миопии. Эмметропизация — процесс управляемый визуально и зависит от воздействия окружающей среды в детстве. Факторы риска развития миопии включают возраст, семейный анамнез, расу, циклоплегическую рефракцию в возрасте шести лет (<+ 0,75D увеличивает риск миопии в более позднем возрасте), близость к работе и уменьшение времени пребывания на открытом воздухе. Новые исследования показывают, что факторы окружающей среды, такие как использование светодиодного освещения при выполнении домашних заданий, тусклый свет при выполнении задач вблизи, меньшее количество часов сна, постоянное расстояние для чтения менее 25 см и проживание в городе, могут увеличить риск миопии [7–9].

Механизм, лежащий в основе взаимосвязи качества (продолжительности) сна и миопии, еще недостаточно изучен, и необходимы дальнейшие исследования, предположительно бездействие цилиарной мышцы во время сна могло бы предотвратить или облегчить прогрессирование миопии. Однако могут быть задействованы и другие новые переменные, например, эффект тусклого света (световое загрязнение). Новые данные показывают, что, помимо воздействия яркого света, стержневые пути, стимулируемые воздействием тусклого света, могут быть важны для развития

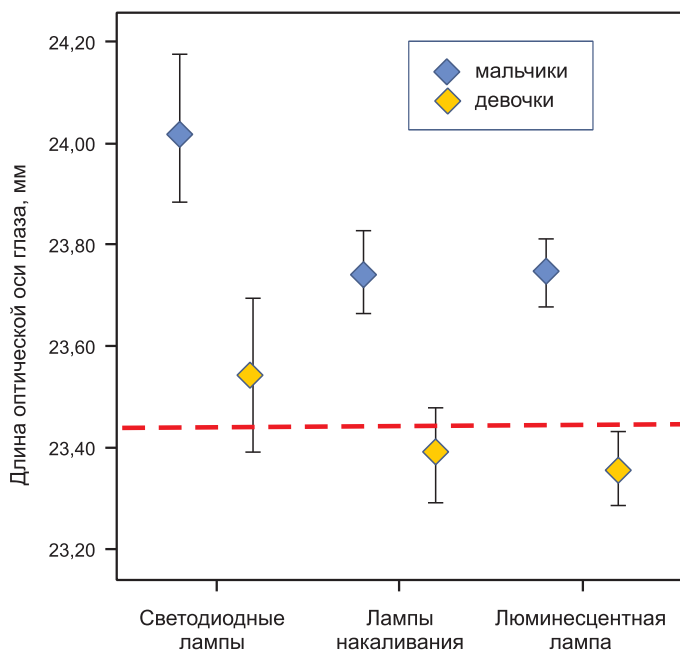


Рис. 3. Обобщенные результаты измерения оптической оси у школьников, которые занимались при освещении от разных источников света [15]

миопии у человека [10, 11]. Опасность светового загрязнения городов получает новые доказательства его негативного влияния на здоровье человека.

На протяжении ряда лет в России и за рубежом велась активная работа по изучению влияния спектра света белых люминесцентных светодиодов на глаза человека и его здоровье. Для проводимых исследований характерным являются глубокие инструментальные исследования, позволяющие при коротком времени светодиодного воздействия (сутки и месяцы) по ранним маркерам предсказать развитие миопии и глаукомы, для развития которых нужны годы. Углубленные инструментальные исследования активно ведутся в Китае, где миопия стала национальной бедой. Условия, угрожающие зрению, являются результатом чрезмерного удлинения оси, которое приводит к дегенеративным изменениям сетчатки и хориоидеи.

Оптическая ось глаза при ультразвуковой биометрии — 23,45 мм, а при оптической биометрии — 23,65 мм. Толщина сетчатки — 250 мкм [12, 13]. Высокий уровень образования, социальный статус семьи, влияние окружающей среды и урбанизации повышают риск развития миопии [14].

В работе [15] приведены результаты измерения длины оптической оси глаза при освещении рабочего места светом от источников света с различным спектральным составом.

Самые длинные оптические оси были обнаружены у детей, которые использовали светодиодные лампы для домашней работы среди трех групп. Китайские школьники тратят гораздо больше времени на выполнение домашних заданий после школы, чем дети в западных странах. Авторы [15] предположили, что типы ламп для домашней работы после школы могут способствовать увеличению риска близорукости у детей. В настоящее время во всем мире светодиодные лампы постепенно заменяют традиционные лампы накаливания или люминесцентные лампы. Например, китайское правительство призвало прекратить производство ламп накаливания в последние годы. Однако данных о пользе светодиодных ламп для здоровья людей, особенно связанных со зрением, было недостаточно. Это исследование [15] показало, что светодиодные лампы не могут быть хорошим выбором для профилактики близорукости у детей, хотя необходимы дополнительные усилия в этой области,



Рис. 4. Световое загрязнение улицы в г. Иваново при «умном» освещении [18]

чтобы подтвердить выводы и выяснить механизмы. В заключение было показано, что использование светодиодных ламп для домашней работы после школы может способствовать развитию миопии у детей школьного возраста [15]. В работе [16] отмечено, что митохондрии глаза подвергаются воздействию синего света светодиодного освещения. Коммерчески доступные белые светоизлучающие диоды (светодиоды) имеют интенсивное излучение в диапазоне синего света, что вызвало ряд общественных опасений по поводу их потенциального риска как опасности для сетчатки. В отличие от других компонентов видимого света, синий свет характеризуется короткой длиной волны, высокой энергией и сильным проникновением, которое может достичь сетчатки с относительно небольшой потерей потенциала повреждения. Митохондрии в избытке присутствуют в тканях сетчатки, что дает им относительно высокий доступ к синему свету, а хромофоры, которые расположены в сетчатке, имеют много митохондрий, способных поглощать синий свет и вы-



Рис. 5. Российский космонавт Международной космической станции (МКС) Олег Кононенко сделал редкий снимок ночного Петербурга. Фото: Instagram Роскосмоса, снимок Олега Кононенко

зывать фотохимические эффекты. Таким образом, чрезмерное воздействие синего света на сетчатку имеет тенденцию вызывать накопление активных форм кислорода (АФК) и окислительный стресс, которые влияют на структуру и функцию митохондрий сетчатки и запускают митохондриальные сигнальные пути смерти. В этом обзоре авторы подчеркивают существенную роль митохондрий в индуцированном синим светом фотохимическом повреждении [16, 17].

Световое загрязнение городов является новым фактором для развития миопии как фактор дополнительной подсветки спальных помещений. По мнению разработчика [18], «умное» освещение формирует в г. Иваново безопасную и комфортную среду. На рис. 4 приведено световое загрязнение при типовом проекте освещения улиц «умного» города [18].

При таком освещении окна домов просто залиты синюшным светом, что представляет угрозу здоровья жильцам из-за возможного нарушения у них циркадных ритмов. Из светового загрязнения осветительных установок складывается световое загрязнение города. Космонавт сделал редкий снимок ночного Петербурга.

В России в рамках Президентской программы «Формирование комфортной городской среды» в настоящее время проводится благоустройство и реконструкция системы искусственного освещения (СИО) крупнейшего парка Санкт-Петербурга «Сосновка». Выполнение плана этого проекта контролируется губернатором Северной столицы, который находится в диалоге с населением. Дети и подростки жалуются после небольшой вечерней прогулки на «звездочки» и «зайчики» в глазах, взрослые, и особенно старшее поколение, на зрительный дискомфорт и усталость от ослепляющего света. Губернатор Санкт-Петербурга Александр Беглов посетил парк «Сосновка», где переговорил с отдыхающими, узнал их мнение по поводу обновленного места и о имеющихся недочетах. Они посетовали, что новое освещение сильно раздражает глаза. Тогда губернатор Северной столицы поручил в скором времени отрегулировать освещение для комфорта отдыхающих и занимающихся спортом [19].

Но это поручение губернатора не выполнено, так как требует:

- изменения концепции построения светильников;

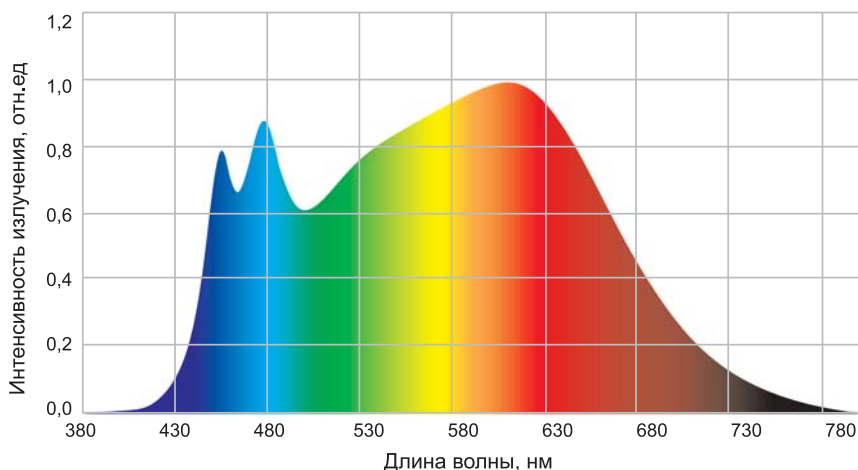


Рис. 6. Паттерн спектра света светодиодного излучателя («Альбатрос»)

Таблица 1. Характеристики излучателя «Альбатрос» 2.2 при CRI > 90

Параметры	Напряжение, В	Ток, А	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Эффективность, лм/Вт	T _v , С	CCT, К	CRI
Излучатель «Альбатрос» 2.2	74,7	0,148	11,06	1369,31	123,9	25	4000	91,1
	74,2	0,150	11,13	1341,81	120,6	60	4008	90,9
	76,8	0,204	15,67	1770,68	113,0	25	3997	91,2
	76,2	0,204	15,54	1705,63	109,7	60	4007	91,1

- корректировку спектра света;
- уменьшения точечной яркости светодиодов.

Для формирования кривой силы света в светодиодных светильниках применяются

линзы, а для снижения энергопотребления применены высокоэффективные светодиоды Cree с эффективностью более 140 лм/Вт со старыми синюшными спектрами, которые могут заменить светодиоды завода

Таблица 2. Характеристики излучателя «Альбатрос» 1.3 при CRI > 80

Параметры	Напряжение, В	Ток, А	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Эффективность, лм/Вт	T _v , С	CCT, К	CRI
Излучатель «Альбатрос» 1.3	74,6	0,150	11,19	1705,66	153,4	25	4001	82,9
	74,1	0,150	11,12	1672,52	150,5	60	4027	82,7
	76,5	0,200	15,30	2195,22	143,5	25	3991	82,7
	76,1	0,200	15,22	2147,08	141,1	60	4021	82,6

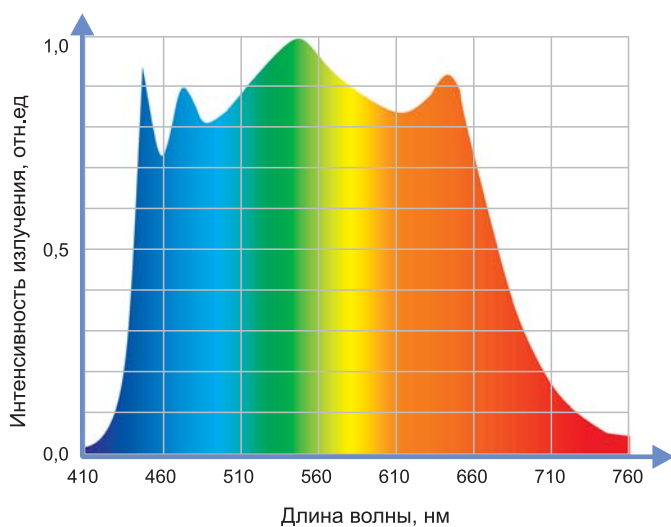


Рис. 7. Симметричный спектр белого света излучателя «Альбатрос» при CCT = 4810 К и CRI = 90 при эффективности более 120 лм/Вт

«Клевер». Выпуск этих светодиодов в России наращивается и административно рекомендован для применения. Новые концепции построения светодиодов и светодиодных светильников не воспринимаются и не рассматриваются в перспективе [20].

Все это усугубляет проблему опасности синюшного светодиодного освещения и светового загрязнения, а катастрофа детской миопии становится неотвратимой, если не изменить техническую политику и концепции построения, как светильников, так и излучателей к ним.

В России в инициативном порядке на деньги Пенсионного фонда ведутся работы в этом направлении.

Концепция удаленного люминофора, изложенная в работе [24], получила новое развитие и теоретическое обоснование выбора конструктивных размеров конвектора света излучателя (бренд «Альбатрос») [25].

В ходе реализации обновленной концепции разработаны твердотельные излучатели (бренд «Альбатрос») с адаптивным спектром излучения под его функциональное применение для тяжелых условий эксплуатации, а также проведены их светотехнические испытания, которые показали обнадеживающие положительные результаты. На рис. 6 приведен пример паттерна спектра света излучателя «Альбатрос».

Данный паттерн спектра света излучателя (бренд «Альбатрос») сравним с паттерном спектра светодиодов LUXEON SkyBlue Kit

При этом диапазон спектра света излучателя «Альбатрос» может быть расширен до 380 нм без изменения конструкции излучателя.

На рис. 7 приведен один из вариантов симметричного спектра излучения относительно длины волны 550 нм.

Излучатели («Альбатрос») имеют следующие характеристики при CRI > 90 и при CRI > 80 (табл. 1, 2).

По значениям показателя световой эффективности (лм/Вт) излучатель «Альбатрос» сравним, а по отдельным параметрам и превосходит светодиоды LUXEON SkyBlueKit, эффективность которых уменьшится при применении рассеивателя и мер защиты от воздействия внешних дестабилизирующих факторов.

В спектре герметизированного излучателя «Альбатрос» и светодиодов LUXEON SkyBlue заполнен провал 480 нм, что

сужает диаметр зрачка глаза, при этом срабатывает эффект меланопсина, который удерживает зрачок в закрытом состоянии, что повышает эффективность защиты сетчатки от дозы синего света, фокусируя мощность излучения на центральной части защитного желтого пятна [60]. Не желая корректировать спектры в соответствии с новыми знаниями и не найдя свою нишу на рынке человеко-ориентированного освещения, часть российских предприятий обанкротилась или прекратила производство светодиодов или светильников [20].

При этом хочется отметить, что ведущие светотехники России в стратегической статье «Светотехника на 20-е годы XXI века» отмечают следующее:

- первой задачей является создание оптимальной световой среды для человека во время производства, учебы и отдыха с целью сохранить здоровье людей, повышение производительности труда, эффективность учебы и здравоохранения;
- создание облучательных установок, многократно форсирующих продуктивность животноводства (коров, козлов и баранов), птицеводства (кур и петухов), растениеводства (редиса, салатов и т. д.), все это должно выполняться на основе исследований влияния спектрального состава излучения, его интенсивности и периодичности действия.

При этом хочется отметить, что оптимизация световой среды обитания человека проводится на основе требований взятых из ГОСТов и СанПиНов, в которых отсутствуют требования к спектру излучения.

Учитывая современные мировые тенденции по корректировке спектров света для световой среды обитания человека, производитель светодиодов ООО «РусИД» опробовал нашу технологию по корректировке светодиодного спектра света. Руководство ООО «РусИД» предоставило светодиоды для изготовления излучателя под брендом «Альбатрос».

На рис. 8 приведен спектр герметизированного излучателя, собранного на светодиодах ООО «РусИД», в которых применены российские люминофоры.

Изготовленные излучатели имеют эффективность не хуже, чем 130 лм/Вт и CRI = 80. Спектр света данных излучателей позволит создать светильники под брендом «Альбатрос» для освещения

объектов Министерства обороны РФ. Разработанные светильники с излучателями под брендом «Альбатрос» на базе светодиодов ООО «РусИД» были представлены на Международном военно-техническом форуме «Армия-2021», прошедшем в августе 2021 года. Разработанная технология позволяет корректировать спектр света источников света, построенных с применением светодиодов от любых производителей, отечественных или зарубежных.

Сбережение зрения военнослужащих и учащихся военных образовательных учреждений является приоритетной задачей военной светотехники, которую обогатили труды военных инженеров, таких как:

- капитан, д. т. н. В. В. Новика, который в 1922 году был адъюнктом ВИА РККА по курсу военной светотехники и курсу телефонии, а в 1923 году стал членом комиссии по осветительной технике. Он автор более 120 научных трудов, учебных пособий и изобретений в области телефонии и светотехники;
- начальник ВИТУ ВМС им. В. В. Куйбышева, генерал-майор инженерных войск Ф. Я. Бутров много лет был председателем светотехнической секции ЦЕНТР ОЭП, активно содействовал выпуску журнала «Светотехника».

Итак, не зная истории и законов (правил) световой гигиены глаза, невозможно проектировать источники света и светильники для школ и военных образовательных учреждений. Среди таких правил нужно отметить следующие:

- коррелированная цветовая температура однозначно не определяет спектральный состав света. Как было показано выше, свет с определенной коррелированной цветовой температурой можно получить при разных технических реализациях источника света, каждый из которых будет иметь свой характерный паттерн спектр света, чей спектральный состав накладывает свой негативный отпечаток на здоровье человека и на его зрительный анализатор;
- главной особенностью болезней глаз является накопительные эффекты малых повреждений в течение длительного интервала времени, маркеры которых выявляются только при сложных специальных обследованиях, требующих оборудования соответствующей функциональной сложности и стоимости как в ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» [26].

Результатом совместной «работы» административного ресурса и бизнеса на светодиодном рынке России стала безликая формулировка в СанПиН 1.2.3685-21: «Система общего освещения обеспечивается потолочными светильниками с разрядными, люминесцентными или светодиодными лампами со спектрами светоизлучения: белый, тепло-белый, естественно-белый», а также обязательное применение отечественных сверх ярких светодиодов (около 200 лм/Вт) со спектром света, имеющего большие выбросы синего света 450–460 нм и провал 480 нм».

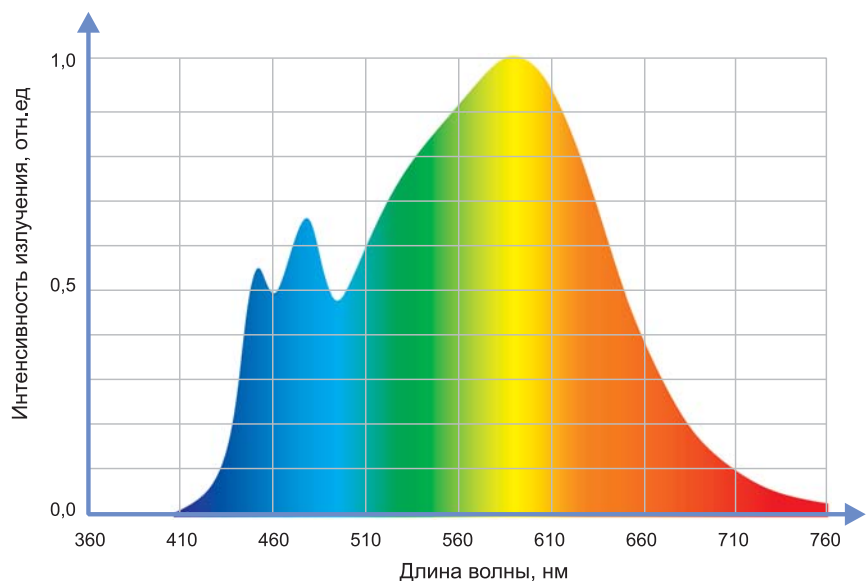


Рис. 8. Спектр герметизированного излучателя собранного на светодиодах ООО «РусИД»

СанПиН 1.2.3685-21 снимает ответственность с производителей светильников и работодателей за обеспечение безопасности световой среды для человека (работника, ученика и военнослужащего). В целом взятое направление на выпуск новых светодиодов со старым синюшным спектром не соответствует трендам мирового здравоохранения и современных разработок полупроводниковых источников света, цель которых синтез спектра света на основе биологических законов гигиены света и функционирования зрительных и незрительных подсистем зрительного анализатора человека.

Новый СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», к сожалению, не стимулирует производителей к созданию источников света, спектр которых минимизирует риски негативного воздействия искусственного освещения в образовательных и лечебных учреждениях. В рамках Международного промышленного форума «Интеллект машин и механизмов» (30 мая — 1 июня 2021 года, Севастополь) работала специализированная сессия «Интеллектуальные системы освещения и аппаратура управления ЖКХ», по итогам которой светотехническим сообществом была принята Резолюция, где подчеркивается, что необходимо «просить Минпромторг инициировать рабочее совещание и формирование рабочей группы с участием Росстандарта, Роспотребнадзора, Минстроя и «Консорциума Светотехника» для снятия противоречий в основополагающих НПА для светотехнической отрасли — СанПиН 1.2.3685-21 и ПП 2255». В этих документах отсутствуют требования к спектру искусственных источников света.

В статье [22] разработчики светодиодов PerfectWhite COB отмечают: «Теперь мы понимаем, как освещение влияет на биологию человека и как проектировать схемы освещения, которые поддерживают наше здоровье и функционирование». С пониманием этого разработчики устранили провал 480 нм в спектре белого света светодиода PerfectWhite COB.

Но российские производители светодиодов, под сенью статуса отечественного производителя, полны уверенности в сбыте своей продукции с синюшным спектром излучения на рынке госзакупок, чтобы со временем выйти на коммерческий рынок

и экспорт. «Кто достигнет технологического совершенства, тот и победит», — уверена эксперт Виктория Безуглова в своей статье «Светодиод: в поисках технологического совершенства» [26].

Для гигиенистов исследования влияния спектрального состава излучения, его интенсивности и периодичности действия на глаза и здоровье человека являются краеугольным камнем гигиены света. Отечественная технология под брендом «Альбатрос» позволяет создавать светодиодные излучатели со спектром света, отвечающих требованиям заказчика.

Выводы

1. Современные производители отечественных светодиодов не учитывают положительный зарубежный опыт совершенствования спектров лучших образцов полупроводниковых источников света.
2. Необходимо комплексное исследование визуальных и не визуальных мгновенных и отдаленных эффектов применения современных светодиодов в учреждениях образования, здравоохранения, всех видах транспорта и промышленности.
3. Офтальмологи ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» отмечали, что в документе ГОСТ Р 50804-95, как и в других подобных нормативных документах, спектр света не нормируется.
4. Целесообразно внести дополнения в ныне действующий СанПин 1.2.3685-21., учитывающие современные знания о физиологических эффектах различных частей спектра светодиодов. ●

Литература

1. Андреев А. В море света объявлен «синий уровень опасности // Полупроводниковая светотехника. 2017. № 4.
2. Капцов В. А., Дейнего В. Н. Школьные люмены. Светодиодное освещение — безопасность и охрана труда в школах // Безопасность и охрана труда. 2017. № 4.
3. New LUXEON SkyBlue LED Solution Simplifies and Speeds Development of Human-Centric Lighting 2021 LED professional. www.led-professional.com/all/new-luxeon-r-skybluetm-led-solution-simplifies-and-speeds-development-of-human-centric-lighting

4. Свет российской сборки GS Group локализует производство светодиодов. www.kommersant.ru/amp/4584787
5. Информационное письмо Министерства здравоохранения Республики Беларусь по вопросу регулирования применения светодиодных источников света. www.gmlodge.by/docs/informacionnoe-pismo-ministerstva-zdravooohraneniya-respubliki-belarus-po-voprosu-regulirovaniya
6. Human Physiological Responses to Light Meeting Report. July 19th, 2016 Washington, D.C. U.S. Department of Energy Solid-State Lighting Program. SSLS, Inc. Navigant. September 2016.
7. Grzybowski A, Kanclerz P, Tsubota K, et al. A review on the epidemiology of myopia in school children worldwide. BMC Ophthalmol, 2020.
8. Pan C.-W., Wu R.-K., Liu H. et al. Types of lamp for homework and myopia among Chinese school-aged children. Ophthalmic Epidemiol, 2017.
9. Gong Y, Zhang X, Tian D, et al. Parental myopia, near work, hours of sleep and myopia in Chinese children. Health, 2014.
10. Landis E. G., Yang V., Brown D. M. et al. Dim light exposure and myopia in children. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2018.
11. Taylor C. P., Shepard T. G., Rucker F. J. et al. Sensitivity to S-cone stimuli and the development of myopia. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2018.
12. Holladay J. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations // J. Cataract Refract. Surg. 1997. Vol. 23.
13. Куликов А. Н., Кокарева Е. В., Дзилихов А. А. Эффективная позиция линзы // Обзор Офтальмохирургия. 2018. № 1.
14. Тарутта Е. П., Проскурина О. В., Тарасова Н. А., Маркосян Г. А. Анализ факторов риска развития близорукости в дошкольном и раннем школьном возрасте // Анализ риска здоровью. 2019. № 3.
15. Pan C.-W., Wu R.-K., Liu H. et al. Types of lamp for homework and myopia among Chinese school-aged children. Ophthalmic Epidemiol, 2017.
16. Tao J.-X., Zhou W.-C., Zhu X.-G. Mitochondria as Potential Targets and Initiators of the Blue Light Hazard to the Retina. 2019.
17. Капцов В. А., Дейнего В. Н. Энергетический потенциал митохондрий

- в условиях светодиодного освещения и риски заболевания глаз // Анализ риска здоровью. 2019. № 2.
18. Тимофеева Н. Умный город Иваново // Современная светотехника. 2018. № 6.
 19. Дейнего В. Н., Капцов В. А. Гигиена утилитарного наружного освещения // Полупроводниковая светотехника. 2020. № 2.
 20. Долин Е. В. Экспертная справка. К проекту «Стратегия развития фотоники» — научно-технологической отрасли, производящей продукцию лазерных, оптических и оптоэлектронных технологий на среднесрочную (до 2025 г.) и долгосрочную (до 2035 г.) перспективу. www.yadi.sk/i/wGOxOBNT-T_txA
 21. Дейнего В. Н. Выбор концепции построения безопасной и энергосберегающей системы освещения «Не имеющий стратегии – жертва чужой тактики!» // КАБЕЛЬ-news. 2012. № 2.
 22. Гордиенко В. Р., Дейнего В. Н., Капцов В. А. Светильники-трансформеры с комплексированным полупроводниковым источником света с солнцеподобным спектром излучения // Полупроводниковая светотехника. 2019. № 4.
 23. Дейнего В. Н., Капцов В. А., Балашевич Л. И., Светлова О. В., Кошиц И. Н. Профилактика глазных заболеваний у детей и подростков в учебных помещениях со светодиодными источниками света первого поколения // Российская детская офтальмология. 2016. № 2.
 24. Нероев В. В., Ушаков И. Б., Зуева М. В., Манько О. М., Лантух Е. П., Цапенко И. В., Смолеевский А. Е., Назара Г. Н. Вызванные потенциалы сетчатки и зрительной коры при длительном воздействии светодиодного излучения светильников с варьируемыми во времени спектрально-энергетическими характеристиками // Российский офтальмологический журнал. 2016. № 1.
 25. Rest Jory T., Lai Y.-Y., Sims P. WHITE PAPER Lighting for Health: Human-Centric Lighting Using Advanced LEDs to Achieve Lighting Design that Promotes Human Health, Productivity, June 2021.
 26. Безуглова В. Светодиод: в поисках технологического совершенства // Эксперт. 2021. № 28.