

Ученю — свет. Лучше светодиодный

Споры о пользе или вреде любых нововведений велись и будут вестись всегда. Война между консерваторами и сторонниками прогресса вспыхивает с особой силой, когда дело касается генофонда нации (здоровья подрастающего поколения). Существуют ли на сегодня какие-либо весомые аргументы «за» или «против» использования светодиодного освещения в детских и юношеских учреждениях? На эту тему беседовали Сергей Никифоров, к. т. н., главный редактор журнала «Полупроводниковая светотехника», и Любовь Текшева, к. б. н., заведующая отделом гигиенического нормирования и экспертизы НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков НЦЗД РАМН.



С. Н. Я знаю, что ваш институт занимается вопросом применения светодиодного освещения в образовательных учреждениях и даже провел ряд интересных экспериментов. С чего вы начинали?

Л. Т. Первые исследования начались в 2009 г. В то время светодиоды уже позиционировались как высокоэффективные экономичные источники света, но в санитарных правилах и нормах было четко прописано, что в жилых и общественных зданиях допускается использовать в системах общего и местного освещения только лампы накаливания и люминесцентные источники света. Поэтому, естественно, нужно было проверить воздействие светодиодов на организм человека — с тем, чтобы потом давать рекомендации, действительно ли их можно использовать для освещения, или нельзя. Общественность относилась и относится с большой настороженностью к любым инновациям. Существует мнение о том, что светодиоды вредны и для зрения, и для здоровья в целом в силу наличия у них достаточно мощного излучения в синей части спектра. Большинство потенциальных пользователей боится их, поскольку смутно представляет себе, что такое осветительные установки со светодиодами. Первые экспериментальные исследования

мы проводили с участием взрослых, потому что в соответствии с конвенцией Всемирной организации здравоохранения мы не можем начинать с исследований, в которых принимают участие дети. Ознакомившись с метрологическими особенностями светодиодов и светильников, мы построили две экспериментальные камеры (одинаковые комнаты офисного типа). В одной из них было реализовано общее освещение люминесцентными лампами, во второй — специальной световой аппаратурой со светодиодами. При этом мы придерживались следующих нормативных требований: освещенность на уровне поверхности стола стандартной высоты 400 лк в каждом из экспериментальных помещений; показатель дискомфорта, не превышающий 15%; коэффициент пульсаций, не превышающий 10%; более-менее тождественная цветовая коррелированная температура (у нас она составляла примерно 4500 К).

С. Н. Замечу, что требование поддерживать цветовую температуру светодиодных светильников в диапазоне 4000–4500 К обусловлено тем, что люминесцентные лампы, которые сейчас применяются в освещении помещений, в основном имеют максимум 4000–4300 К.

Л. Т. Да, таким образом, наши установки соответствовали всем нормативным требованиям. То есть заведомо освещение не могло навредить человеку, даже взрослому. Классический эксперимент был связан с кратковременным пребыванием в экспериментальной камере, но с повышенной зрительной нагрузкой, которая имитирует нагрузку рабочего дня. Мы ожидали получить результаты от светодиодного освещения хотя бы не хуже, чем при люминесцентных лампах. Специалисты исследовали функциональное состояние зрения, центральной и вегетативной нервных систем, показатели умственной работоспособности и кардиоваскулярную систему, как общий тонус организма в ответ на воздействие световой среды. Всего нами было изучено 15 показателей, и когда был обработан материал, определены достоверные интервалы, мы получили, что по 11 показателям светодиоды имеют преимущество. В остальных случаях оба вида источников света были «на равных».

С. Н. То есть равенство светотехнических показателей превратилось в равенство психофизической реакции на это освещение?

Л. Т. Нагрузка, которую мы задавали, — корректура на 8-пунктовом кегле с дифференцировкой. Это высокий уровень нагрузки. Работоспособность и качество работы, которую делали участники эксперимента, при люминесцентном и при светодиодном освещении были одинаковы, без достоверной разницы. А вот ответная реакция функциональных систем организма была разной. И результаты свидетельствовали явно в пользу светодиодов.

С. Н. Этот эксперимент уже описан и вызвал некий резонанс среди специалистов, он обсужден и в среде светотехников. В основном специалисты указывают вот на что: вы пишете, что задаете заранее одинаковые светотехнические параметры, откуда же взяться разной реакции? Я так понял, что здесь ответ кроется в спектральном составе светодиодного излучения. В этом и был основной подвох: разница в восприятии вроде бы идентичных параметров. Фотометрические характеристики устроены таким образом, что у них существует так называемая метамерность, когда вы можете одну-единственную коррелированную цветовую температуру получить тысячами видов спектра.

Л. Т. Уточню, что все-таки те параметры для световой среды, которые мы задавали, имеют гигиеническую значимость, и потому они нормируются санитарными нормативами. Кроме различий в спектре, отмечались различия в уровне пульсации. При люминесцентном освещении коэффициент пульсации был 2,5%, а при светодиодах — 0,5%. И это очень интересный вопрос. Потому что если говорить о дальнейших проблемах, мы напрямую сталкиваемся с задачей пересмотра нормативных уровней коэффициента пульсации. Когда в конце 60-х годов после исследований физиологов нормы были утверждены, остановились на 10%-ном коэффициенте пульсации для общественных зданий и школ, но это было напрямую связано с технологическими возможностями. В то время лампы, которые отличались хорошим спектром с повышенной цветопередачей, имели коэффициент пульсации до 80%, поэтому нельзя было технически обеспечить пульсацию меньше чем 10%. Сейчас полученные результаты заставляют задуматься. Если бы только спектр был разный, мы получили бы, наверное, разницу по зрительным функциям. А мы установили разницу кроме того в работоспособности и концентрации внимания.

С. Н. Тем не менее все эти вещи связаны. Действительно, люминесцентные лампы не имеют такой потенциальной возможности по уменьшению коэффициента пульсации, как светодиоды. Теоретически светодиоды могут работать с нулевой пульсацией, в то время как лампы люминесцентные могут достичь какого-то минимума только с использованием очень серьезных технических средств.

Л. Т. Возможно, я выскажу крамольную мысль, но мне кажется, что она не лишена рационального зерна. Когда мы сравниваем спектры, мы говорим о цветовой температуре, о наполненности в той или иной части спектра. Хорошо бы создать критерий по приближенности спектра как такового к усредненному спектру естественного освещения. И тогда можно было бы все наши полученные данные сравнить еще и по количественным критериям, так сказать, по качеству света.

С. Н. Группой под руководством д. б. н. П. П. Зака (Институт биохимической физики РАН) была предпринята такая попытка, но их идея свелась к расчетам индекса цветопередачи источников с высокими цветовыми температурами относительно некоего эталонного источника (как и предписывает методика). Разработчики метода считали, что нужно создать эталонный источник цветовой температуры 6000 К, но по характеру спектрального распределения он должен быть «черным телом». Это непрактично и реализуемо ли вообще? Я считаю, что здесь надо углубляться в физику и оперировать не расчетными виртуальными величинами в виде индексов, а исключительно физическими параметрами, то есть спектром излучения. Другими словами, сравнивать его детально с солнечным излучением, например.

Л. Т. Свет — это нечто подвижное, находящееся в динамике в течение сезона и даже дня, и у него цветовая температура меняется в зависимости от часа и от состояния небосвода, но тем не менее

о некоем усредненном спектре естественного света говорить можно. Это было бы интересно.

С. Н. Это в большей степени задача теоретическая, многомерная. Но она должна быть основана на практических экспериментах.

Л. Т. Если бы мы имели отработанный критерий, то могли бы просто сравнить новый источник света с естественным светом, сказать «добро» или нет и не тратить такие большие деньги на углубленные исследования, а подтверждать свои заключения экспресс-экспериментами.

С. Н. Мне кажется, для разработки критерия необходим большой статистический эксперимент, это как с кривой видности. Ее вывели около ста лет назад, и теперь мы считаем всю колориметрию по ней. Так же и здесь. Хотя даже у нас с Вами присутствуют две наши кривые видности, явно отличающиеся друг от друга. Но статистически мы все равно привязаны к одной, средней.

Л. Т. Возвращаясь к нашему эксперименту, скажу, что по его завершении были внесены изменения в санитарные правила и нормы (СанПиН), гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению. Право на жизнь в осветительных установках общего и местного освещения светодиодам было дано, но только в жилых и общественных зданиях, исключая детские дошкольные учреждения, учреждения общего образования, ПТУ и функциональные помещения лечебно-профилактических учреждений. Во-первых, это связано с физиологией детей

и ее возрастными особенностями. Во-вторых, в основных функциональных помещениях лечебно-профилактических учреждений (я имею в виду прежде всего больничные палаты) линия зрения направлена не столько вниз, как в жилых общественных зданиях, или горизонтально, а преимущественно вверх. И, кроме того, при диагностике большого его, как правило, укладывают в горизонтальное положение, и опять мы получаем линию зрения, направленную вверх. Поэтому пока данные виды помещений мы исключили.

С. Н. Это был первый этап научного подхода к внедрению светодиодов, данным экспериментом он завершился. Результат — внесение изменений в СанПиН. Далее вы продолжили исследования относительно детских учреждений?

Л. Т. Да, далее эксперимент проводился в естественных условиях на базе школы «Центр образования Феникс» № 1666. Здесь мы столкнулись со многими трудностями. Во-первых, необходимо было поговорить с каждым родителем и получить разрешение на участие ребенка в таких исследованиях. На это ушло очень много времени. Во-вторых, нужно было подобрать светильники со светодиодами так, чтобы они не превышали показатель дискомфорта, который в настоящее время нормируется. В связи с этим мы выбрали светильники ГК «Оптоган», поскольку они представляют собой дискретную световую ячейку, где задействовано более 400 светодиодов мощностью 0,1 Вт, которые пере-

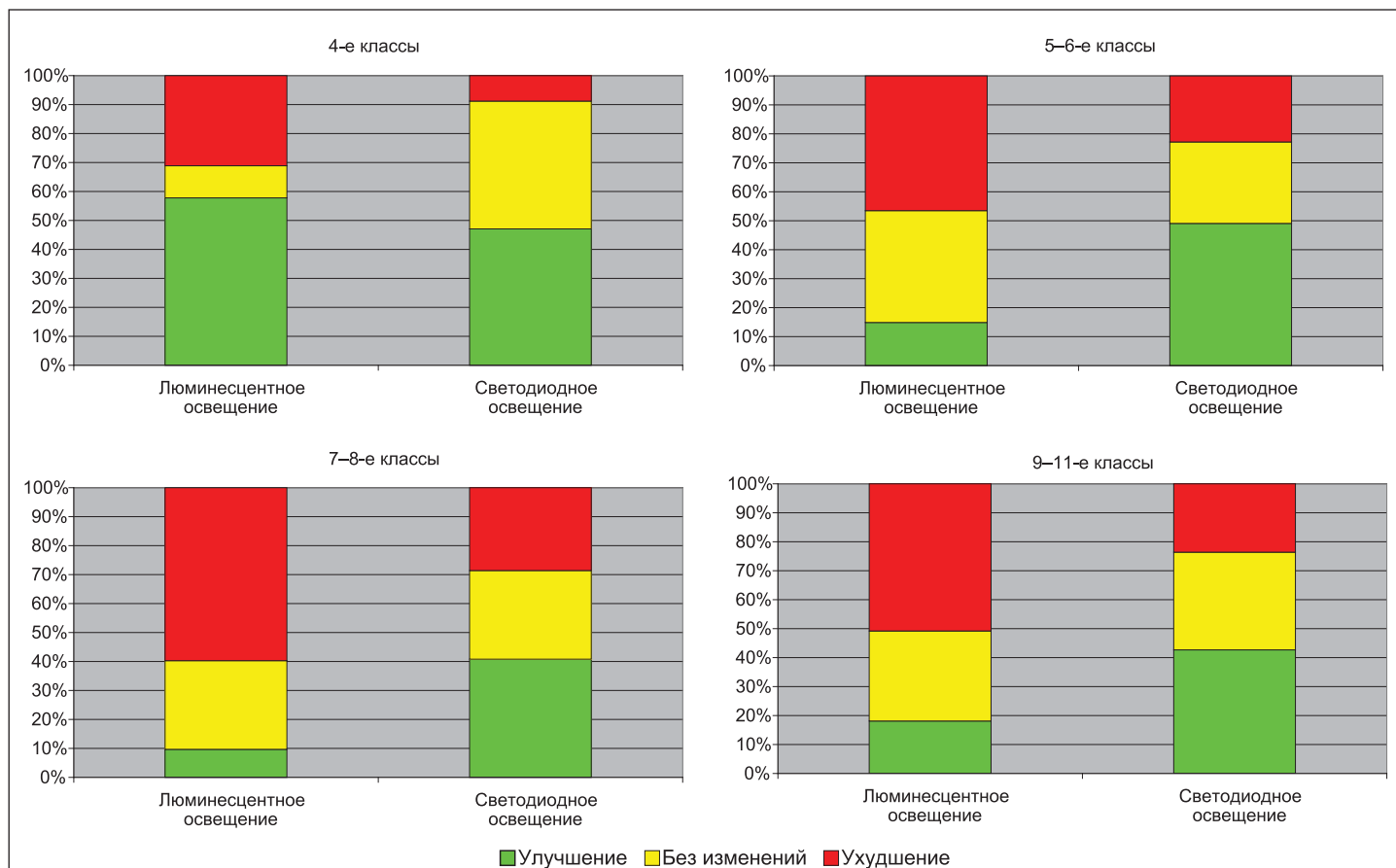


Рис. 1. Характер индивидуальных изменений КЧСМ учащихся в динамике дня при различных видах освещения. КЧСМ — критическая частота слияния мельканий рассматривается гигиенистами как интегральный показатель состояния зрительного анализатора. Экспериментальные данные свидетельствуют, что во всех возрастных группах отрицательная динамика КЧСМ была достоверно более выраженной при люминесцентном освещении по сравнению со светодиодным.

крыты рассеивателем. Это нам дало равномерное освещение, показатель дискомфорта менее 14 единиц. Габаритная яркость по выходному отверстию была практически равномерной и составляла 800 кд/м², то есть, освещение было действительно качественное.

Забегая вперед, могу сказать, что когда мы закончили эксперимент, родители и учителя просили, чтобы мы не демонтировали эти светильники и установили такое же освещение в тех классах, где исследования не проводились, потому что люди наглядно увидели, насколько это хорошо.

Теперь о результатах эксперимента. У нас работало три группы ученых. Гигиенисты изучали зрительную и умственную работоспособность; психофизиологи наблюдали за центральной и вегетативной нервной деятельностью, а клиницисты работали с сердечно-сосудистой системой детей. И надо сказать, — а мы этого не ожидали, — что в этом эксперименте достоинство светодиодов было заметно еще более, чем в эксперименте со взрослыми. Вероятно, это обусловлено большей чувствительностью детского организма (рис. 1).

Также нами изучались детские неврозы, и надо сказать, что практически все показатели психоэмоционального состояния были в пользу светодиодов. В отдельных случаях мы не наблюдали достоверной разницы, отмечалась лишь тенденция, хотя здесь тоже можно поспорить: уровнем достоверности считается $p \leq 0,05$, то есть, если событие наблюдается в 9,5 из 10 случаев. А если только в 9 или 8 из 10 — разве это плохо? Но и на уровне тенденции средние полученные значения свидетельствовали в пользу светодиодов.

Таким образом, мы опять пришли к связи между зрительной системой и умственной работоспособностью, как и в исследованиях со взрослыми. На психофункциональное состояние влияют самые различные события, допустим, кто-то утром толкнул ребенка — весь день «намарку» (табл. 1, 2).

Поэтому нами было принято так: два минуса — это ухудшение более чем на 20%; один минус — ухудшение на 10–15%; один плюс — тождественные значения; два плюса — положительные сдвиги. Дальше мы сравнили то, что получили при люминесцентном освещении и при светодиодном, и попытались привести это к единому средневзвешенному значению. То есть с учетом действия всех знаков и их количества. И таким образом мы получили ответную интегральную реакцию организма, где видно, насколько благоприятней светодиодное освещение, чем люминесцентное, хотя оно тоже было приведено ко всем нормативным требованиям.

С. Н. Из этого материала наглядно видно, что, в общем-то, практически по всем показателям светодиоды — это шаг вперед.

Л. Т. Здесь нужно отметить еще одну немаловажную вещь: когда мы публиковали результаты своих исследований со взрослыми, часто проскальзывало замечание, почему в экспериментах не участвовали офтальмологи. К исследованиям с участием детей мы привлекли специалистов с кафедры детской офтальмологии Медицинского государственного университета г. Москвы. Изменений и ухудшений не было зафиксировано никаких (рис. 2).

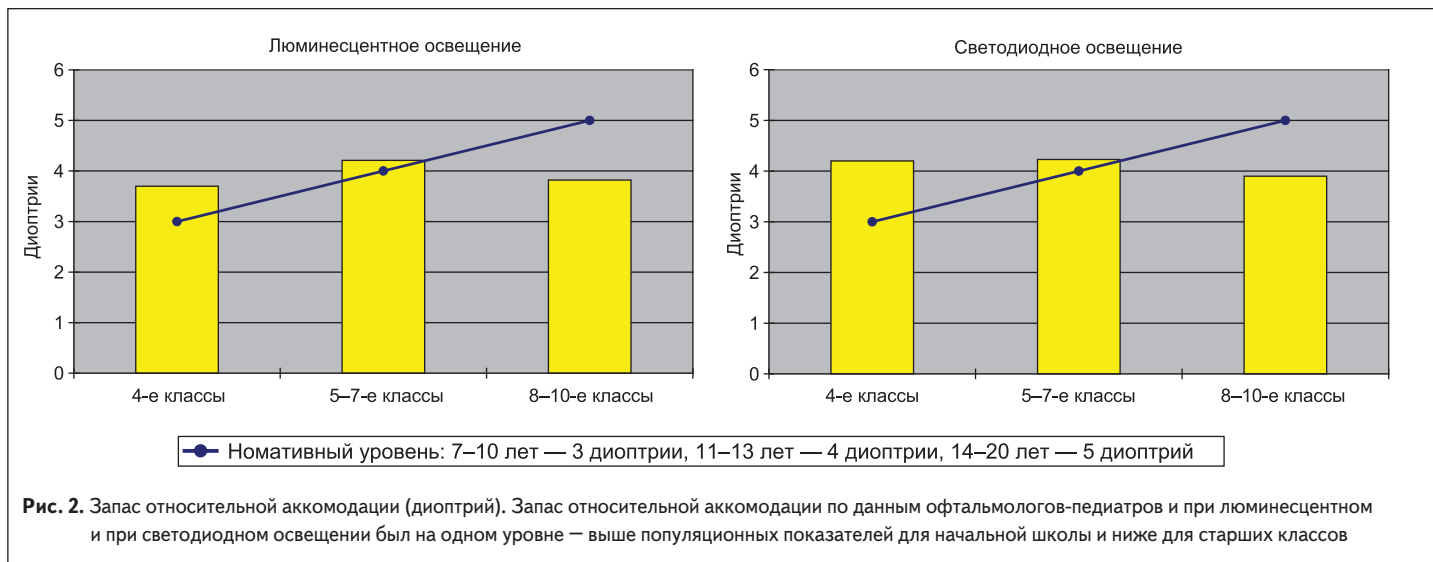
Более того, у нас были детки, находящиеся в состоянии так называемой «предмиопии», то есть еще не близорукие, но уже не совсем здоровые. И надо

Таблица 1. Сравнительный анализ умственной работоспособности учащихся 4–11-х классов при обучении в условиях светодиодного и люминесцентного освещения

Классы	Показатели	Люминесцентное освещение	Светодиодное освещение
4-е классы	Скорость работы	-	+
	Точность работы	-	-
	Сильное и выраженное утомление	-	+
	Интегральный показатель работоспособности	-	-
5-6-е классы	Скорость работы	-	-
	Точность работы	--	-
	Сильное и выраженное утомление	--	-
	Интегральный показатель работоспособности	--	+
7-8-е классы	Скорость работы	-	-
	Точность работы	--	+
	Сильное и выраженное утомление	--	+
	Интегральный показатель работоспособности	--	++
9-11-е классы	Скорость работы	+	++
	Точность работы	--	-
	Сильное и выраженное утомление	-	+
	Интегральный показатель работоспособности	--	+

Таблица 2. Средневзвешенная оценка умственной работоспособности учащихся 4–11-х классов при обучении в условиях светодиодного и люминесцентного освещения

Классы	Показатели	Люминесцентное освещение	Светодиодное освещение
4-е классы	Скорость работы	-	+
	Точность работы	-	-
	Сильное и выраженное утомление	-	+
	Интегральный показатель работоспособности	-	-
5-6-е классы	Скорость работы	-	-
	Точность работы	--	-
	Сильное и выраженное утомление	--	-
	Интегральный показатель работоспособности	--	+
7-8-е классы	Скорость работы	-	-
	Точность работы	--	+
	Сильное и выраженное утомление	--	+
	Интегральный показатель работоспособности	--	++
9-11-е классы	Скорость работы	+	++
	Точность работы	--	-
	Сильное и выраженное утомление	-	+
	Интегральный показатель работоспособности	--	+



сказать, что врачи отметили: те, кто учился при люминесцентном освещении, оставались в этом же состоянии или к концу исследования «уходили» в миопию, а все обучавшиеся при светодиодном освещении переместились в здоровую группу. Также офтальмологи изучали объем и запас аккомодации, и в ходе исследований было выявлено, что и при светодиодах, и при люминесцентном освещении этот показатель состояния зрения был одинаков. Кроме того, было отмечено, что и запас прочности по аккомодации был на одном уровне и при том и при другом освещении.

С. Н. Офтальмологи или вы с помощью медиков пытались объяснить преимущество светодиодов? Понятно, что пульсация освещенности у различных источников освещения была близка, хотя, конечно, у светодиодов поменьше. Но если говорить про спектр излучения, то вы можете ответить на вопрос, почему светодиодное освещение лучше?

Л. Т. Я могу предположить, что такой линейчатый спектр, который дают нам люминесцентные лампы, филогенетически противоречит зрению.

С. Н. Именно на это я и хотел обратить внимание. Наполненность составляющими и равномерность спектра, которые у светодиодов на порядок больше, чем у люминесцентных ламп, таким образом воздействуют на сетчатку, на фоточувствительные колбочки с палочками, что фоточувствительная область сетчатки получается более равномерно засвеченной или нагруженной по спектру, потому что задействованы все типы рецепторов, а не какие-то отдельные.

Л. Т. Знаете, недаром нейрофизиологи говорят, что «глаза — это хвост мозга»: нервная ткань сетчатки является частью центральной нервной системы. Так что и пульсацию освещенности нельзя игнорировать, ведь через сетчатку глаза она воздействует на биоритмы мозга.

С. Н. У нас есть надежда, что результат и этого эксперимента не только подтвердит положительное физиологическое воздействие светодиодов, но еще и законодательно утвердит этот тип освещения в школах и в каких-то других учреждениях?

Л. Т. Мы уже подали проект в управление нормирования Роспотребнадзора по внесению изменений в санитарные и правовые нормы для школьных зданий и для профтехучилищ. Но это не касается дошкольных учреждений. Речь идет только о школьном и дополнительном образовании (музыкальные и спортивные школы, разные кружки и т. д.) и о колледжах.

С. Н. Очень важно вдогонку этому эксперименту наглядно показать людям все достоинства и все отличия. Говорить о спектрах и о различных соотношениях величин — не всегда понятно.

Л. Т. У нас есть мечта — создать ресурсный кабинет по внедрению светодиодов. Он как раз будет преследовать цели популяризации этих источников света. Мы грамотно в эксперименте организовали в школьных помещениях светодиодное освещение. И знакомство с этой ситуацией будет способствовать позитивным сдвигам в общественном мнении относительно светодиодов.

Еще мы планируем в постерной сессии по результатам исследований организовать маленькие лекции, ориентированные на сотрудников Роспотребнадзора, на представителей образования, светотехников, специалистов разного профиля,

заинтересованных в том, чтобы оптимизация световой среды в наших различных учреждениях была осуществлена. Ведь на сегодня мы можем говорить, что, используя светодиоды в общем и местном освещении, мы занимаемся именно оптимизацией световой среды.

С. Н. Это на самом деле очень важно, поскольку сейчас практически никто не выступает с такой позиции, как вы, — научной и максимально доступной пониманию. Чаще всего мы сталкиваемся с какими-то коммерческими ходами, презентациями собственной светодиодной продукции, и все это звучит не настолько компетентно. В данном случае вы говорите о здоровье, о применении, не о каких-то отдельных марках, типах и производителях. Это самый важный момент. Мне кажется, что и Роспотребнадзор, и соответствующие органы, для которых принятие подобных решений всегда сложно, должны вашу позицию именно так и воспринимать — вы не являетесь рекламным представителем, вы говорите о здоровье нашей нации.

Л. Т. Хорошо бы еще акцентировать внимание на том, что в понятие оптимизации световой среды, кроме комфортности, входит обязательно и экономическая эффективность. А когда мы говорим про школы, тут нужно в первую очередь думать о социальной эффективности, об усвоении материалов. Общественность уже насторожена из-за потока спекулятивной информации о вредности светодиодов. К тому же на наш рынок хлынули не совсем качественные светодиоды. Все это вызывает негативную реакцию, формируется мнение, что светодиодов надо бояться. Поэтому я считаю, что вместо призыва просто покупать светодиодные лампы нужна грамотная и наглядная реклама, как, например, ресурсный кабинет, куда каждый может прийти и увидеть: вот результат, светодиоды нам не только дают экономическую эффективность, комфортную световую среду, но еще и социальную эффективность, то есть детям становится легче учиться. И, конечно, необходимы законодательные документы, дающие этим источникам света право на жизнь, так же как и компактным люминесцентным лампам.

С. Н. У любого дела всегда были и противники, и сторонники, причем именно из той среды, откуда это дело, собственно, и пошло.

Л. Т. Позволю себе не согласиться с Вами. На себя кивать не очень хорошо, но, тем не менее, поделюсь собственным опытом. Я очень люблю книгу, я все знаю про воздействие шрифтового оформления бумажного листа на зрение. И вот появляются ридеры. Может, субъективно они и вызывают отторжение: ну нельзя заменить книгу электроникой! Но давайте проведем эксперимент — а может, это лучше? Или хотя бы не хуже, но зато по поиску информации гораздо удобнее. Почему нет? Мне кажется, что именно эксперимент движет науку. Да, нельзя заставлять детей читать с экрана компьютера. Но, с другой стороны, ведь электронные учебники не должны быть полностью тождественны учебникам бумажным. Они могут быть каким-то дополнением к ним, мультимедийные картинки визуальными образами помогут детям в обучении. К примеру, есть задача о том, как две машинки движутся навстречу друг другу. Часть детей это понимает и мысленно может воспроизвести, а часть — нет.

А тут на экране двигаются две машинки с разной скоростью, и у ребенка все становится на свои места. Он понимает. Я хочу сказать, что нужны честные хорошие исследования, статистически достоверные, чтобы можно было говорить о том, что хорошо, а что плохо, и имеет ли это «что-то» право на существование. Мы же с вами не требуем убрать из жизни все лампы и оставить только светодиоды, как в Корее, например, все учебники заменены ридерами. Мы говорим, что светодиоды имеют право на жизнь.

С. Н. Мы говорили сейчас о популяризации внедрения светодиодного освещения. Давайте вспомним нынешнюю реформу, закон об энергоэффективности, запрещающий лампы накаливания. Скажите, на ваш взгляд, вот это сильное административное надавливание как-то способствует внедрению или наоборот? Заинтересовано ли государство в том, чтобы мы с вами, являясь специалистами, проводили эксперименты, исследовали плюсы и минусы? Реформы и законы — о чем они свидетельствуют? Поддерживает ли государство наши стремления дальше экспериментировать?

Л. Т. Проводимая государством политика во многом опирается, прежде всего, на экономические интересы. Мы своим исследованием говорим, что с использованием светодиодов мы наблюдаем не только экономический, но и социальный эффект, что немаловажно. Мы не только не противоречим государству, но еще как-то усиливаем его позицию. Очевидный на сегодня минус — внедрение светодиодного освещения требует слишком больших первоначальных капиталовложений. Это уже потом, в процессе эксплуатации, можно получить большой выигрыш. Но, с другой стороны, ведь не секрет, что так бурно в светотехнике ничто не развивалось, как именно светодиодное направление. За последние два года наблюдается прямо-таки революционный скачок. Если власть издает директиву «внедрить», это хорошо, если не противоречит физиологии человека, попадающего под воздействие той среды, которую эта политика толкнула в жизнь.

С. Н. Но вот что получается: принят запрет на лампы накаливания, а достойная им замена — с точки зрения здоровья — не законена. То есть сейчас применять светодиодные светильники вот так напрямую мы не можем.

Л. Т. Ну, в жилых общественных помещениях уже можем применять. Да и с лампами накаливания погорячились. Потому что у людей есть определенный набор светильников под эти лампы. А потом, компактные люминесцентные лампы не оправдывают заявленные номенклатуры ватт/освещенность: например, объявлено, что 10-ваттная лампа соответствует 75 Вт. На самом же деле света там меньше получается. Это тоже неправильно.

С. Н. Таким образом, все эти сильные административные шаги, к которым правительство подталкивает нас законами по энергосбережению и по замене ламп накаливания, укладываются в наши эксперименты, и мы подтвердили это, сами того не зная.

Л. Т. В завершение нашей беседы я бы хотела поблагодарить Ваш журнал за внимание к нашим исследованиям. ●