

ФОТОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ВЛИЯНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Ю. И. Железнякова

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь*

Научный руководитель А. И. Кравченко

В последние годы в связи с быстрым распространением светодиодных источников света усилился интерес не только к техническим характеристикам (световая отдача, качество цветопередачи, цветовая температура и др.), но и к медико-биологическим аспектам новых технологий освещения, базируемых на светодиодах. При этом существенны вопросы как непосредственной опасности поражения зрительных органов излучением светодиодами, так и возможные последствия для психофизио-

логического и физического здоровья людей длительного нахождения при освещении светодиодами [1].

По современным представлениям человеческий глаз имеет два канала восприятия излучения:

– зрительный канал, сенсорами для которого являются хорошо известные 3 типа колбочек и палочки, определяющие цветное дневное и «серое» сумеречное зрение;

– открытый сравнительно недавно незрительный (биологический) канал на основе меланопсинсодержащих ганглиозных клеток сетчатки глаза, сигналы от которого поступают непосредственно в эпифиз – нейроэндокринный орган, регулирующий секрецию гормона мелатонина в кровь. Мелатонин – это характерный для человека гормон. Он вырабатывается шишковидной железой, расположенной в центральной части мозга, но вне гематоэнцефалического барьера. Именно центральная нервная система (особенно супрахиазмальное ядро) регулирует суточные циклы паракринной и эндокринной систем. Биологическое действие света заключается в том, что сильное освещение подавляет секрецию мелатонина, вызывая состояние активности, а слабая освещенность или ее отсутствие способствует выработке мелатонина, приводящего к состоянию расслабления и сна. Мелатонин влияет на температуру тела и препятствует повреждению ДНК [2], [3]. Медико-биологические исследования показывают, что отклонения от естественных суточных колебаний содержания мелатонина в крови, не исчерпываются нарушениями психического состояния (бессонница, депрессия, тревога [4]), но накапливаясь в течение длительного времени, ведут к тяжелым последствиям для общего здоровья человека: преждевременное старение, потеря репродуктивной функции, развитие рака и др. [5], [6]. Недостаточный уровень освещенности, плюс низкая интенсивность синего света (480 нм) для поддержания глаза в закрытом состоянии может вызвать близорукость (миопия). Миопия бывает и при свете от свечи, от керосиновых ламп, что было отмечено во многих исследованиях, а также при использовании ламп накаливания малой мощности. Спектр света, не адекватный солнечному, порождает дисгармонию в работе функциональных элементов зрительного анализатора [9].

В этой связи особый интерес представляет изучение биологического действия, как светодиодных, так и других искусственных источников света (ИС) с точки зрения оценки их влияния на концентрацию мелатонина в крови при одном и том же зрительном эффекте, которое определяется цветовой температурой и освещенностью.

Степень влияния «белого» света на наше здоровье постоянно растет из-за распространения излучающих его ламп, которые используются в жилых помещениях, офисах и на улице; так, сверхмощные лампы на стадионах излучают именно «белый» свет. Современные «белые» светодиоды, используемые для освещения, работают по одному принципу – светодиод светит синим светом, а люминофор, которым он покрыт, преобразует свет в белый, добавляя в него желтую и красную составляющую. Недостаток такой конструкции в неравномерности спектра, синем пике и «провале» на голубом и зеленом цвете. Максимум излучения «синего» светодиода приходится на диапазон 440–460 нм, что соответствует области максимальной эффективности возбуждения люминесценции для большинства известных люминофоров, спектр излучения которых простирается от 460 до 800 нм. В спектрах излучения таких светодиодов наблюдается провал интенсивности, который приходится на область 470–490 нм и широкий максимум в диапазоне 520–620 нм. Различные спектры излучения Солнца и таких светодиодов можно видеть на рис. 1 [7], [8].

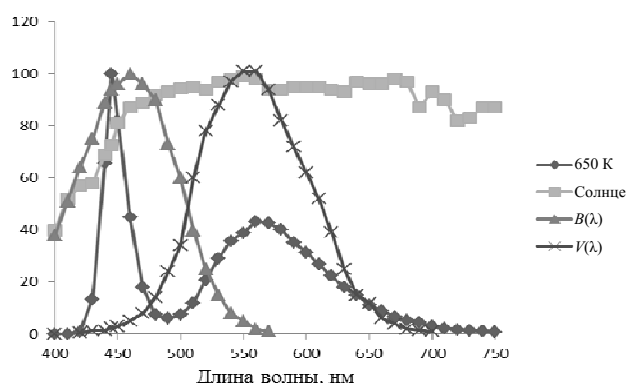


Рис. 1. Относительная кривая средней спектральной чувствительности глаза $V(\lambda)$ и спектр биологического действия $B(\lambda)$ на фоне относительных спектров излучения белого люминофорного светодиода с цветовой температурой $T_{\text{ц}} = 6500$ К и Солнца

Степень влияния цвета света на уменьшение секреции мелатонина в ряде работ [1]–[3] связывают со спектром биологического действия $B(\lambda)$ который определяется спектральной чувствительностью фоторецепторов третьего рода и имеет максимум на длине волны 464 нм (рис. 1). Спектральная чувствительность фоторецепторов третьего рода отличается от спектральной чувствительности зрительного восприятия человеческого глаза (максимум чувствительности колбочек приходится на 555 нм, а палочек – на 509 нм). Зная спектр действия, можно выбрать источник света с подходящим спектральным составом излучения, чтобы обеспечить оптимальную его безопасность при использовании для тех или других целей, а также при создании новых. Кроме того, в спектре любого искусственного источника должна присутствовать необходимая доза синего света 480 нм как необходимое условие меланопсинового эффекта удержания зрачка при его сужении в световой среде для поддержания качественного зрения. Спектры излучения искусственных источников обычно сравнивают со спектром излучения ламп накаливания (ЛН), на которые за последние 100 лет не было никаких нареканий со стороны офтальмологов. В основе расчета относительного влияния различных источников света на подавление секреции мелатонина лежит расчет актиничной дозы (*activation dose ActD*), представляющей собой результат интегрирования модифицированного спектра по всей видимой области спектра. Причем величина актиничной дозы привязывается к актиничной дозе ЛН, которая условно принимается за 100 % [10].

В работе [1] биологическое воздействие искусственных источников оценивается по величине биологического эквивалента (*BioEq*), который также сравнивается с *BioEq* ЛН, принятый за 100 %.

Как показывают медико-биологические исследования и расчеты *BioEq* и *ActD* для ряда ИС, особо опасно использование светодиодных источников с холодным белым светом и цветовой температурой более 6000 К. Для ИС с $T_{\text{ц}} = 3200\text{--}4500$ К *BioEq* в 1,2–1,5 раза больше, чем у ЛН. В то же время для ИС [7] с излучением янтарного цвета значение *BioEq* меньше чем у ЛН. Небезопасно использование и компактных люминесцентных энергосберегающих ламп (КЛЛ) с $T_{\text{ц}} = 3000$ К и выше.

Для выяснения особенностей излучения источников света, которые продаются в наших магазинах, нами были проведены измерения относительных спектров излучения лампы накаливания ЛН-100 Вт, энергосберегающей люминесцентной КЛЛ –

9 Вт – 4200 К, светодиодных: LED – 5 Вт – 2700 К и LED – 5 Вт – 4000 К в видимой области спектра в диапазоне от 400 до 750 нм (рис. 2). Как мы видим, спектры излучения исследованных ИС существенно отличаются от спектра Солнца (рис. 1) и лампы накаливания ЛН. Светодиодные лампы имеют интенсивное излучение в области секретиции мелатонина и незначительное излучение в области управления эффектом удержания зрачка глаза для поддержания качественного зрения. У LED – 5 Вт – 2700 К лампы с цветовой температурой около 3000 К более интенсивны желтая и красная компоненты излучения по сравнению с LED – 5 Вт – 4000 К. Энергосберегающая лампа имеет линейчатый спектр излучения с интенсивным излучением в синей и ультрафиолетовой области.

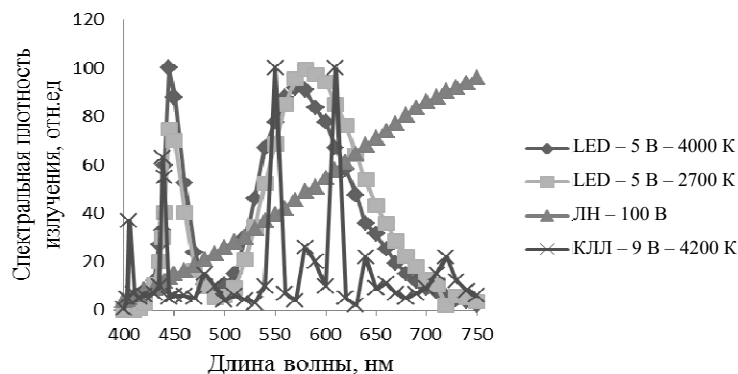


Рис. 2. Измеренные относительные спектры излучения энергосберегающей люминесцентной КЛЛ – 9 Вт – 4200 К, лампы накаливания ЛН-100 Вт, светодиодных – LED – 5 Вт – 2700 К и LED – 5 Вт – 4000 К.

На основе этого можно заключить, что данные дешевые искусственные источники света (СД и КЛЛ) могут негативно влиять на здоровье человека. Следует проявлять предусмотрительность и осторожность в выборе характера освещения и, по крайней мере, ограничивать применение светодиодных источников света с цветовой температурой $T_c = 3000$ К и выше, исключить применение энергосберегающих компактных люминесцентных ламп в жилых помещениях.

В настоящее время ряд ведущих фирм заняты созданием здоровой световой среды, базирующейся на светодиодных ИС, изменяющих свой спектр (цветность, T_c) в течение суток: более теплые тона – утром и вечером, а более холодные – в середине дня, повторяя солнечный свет для данной широты и времени года [8].

Литература

1. О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1800–10000 К / А. В. Аладов [и др.] // Светотехника. – 2012. – № 2. – С. 7–10.
2. Анисимов, В. Н. Хронометр жизни / В. Н. Анисимов // Природа. – 2007. – № 7. – С. 3–10.
3. Бижак, Г. Спектры излучения светодиодов и спектр действия для подавления секреции мелатонина / Г. Бижак, М. Б. Кобов // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 11–16.
4. Preliminary evidence that both blue and red light can induce alertness at night / M. Figuero [et al.] // BMC Neuroscience. – 2009. – Vol. 10. – P. 10.
5. Анисимов, В. Н. Мелатонин роль в организме, применение в клинике / В. Н. Анисимов // РМЖ. – 2006. – Т. 14, № 4. – С. 269.
6. Анисимов, В. Н. Эпифиз, биоритмы и старение организма / В. Н. Анисимов // Успехи физиологических наук. – 2008. – Т. 39, № 4. – С. 52–60.

-
7. О современных мощных светодиодах и их светотехническом применении / А. В. Аладов [и др.] // Светотехника. – 2010. – № 3. – С. 8–16.
 8. Цветодинамически управляемый операционный светильник с полноцветным светодиодом / А. В. Аладов [и др.] // Светотехника. – 2012. – № 2. – С. 13–18.
 9. Исследование эффективности и безопасности для здоровья светодиодных источников света / М. В. Осико [и др.] // Современ. проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 566.
 10. Капцов, В. А. Нарушение меланопсинового эффекта сужения зрачка – фактор риска заболевания глаз / В. А. Капцов, В. Н. Дейнего // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 1. – С. 132–148.