

УДК 628.971

К. И. Иоффе

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Введение

С обнаружением в 2002 году нового типа фоторецепторов в глазу, появилось некоторое понимание того, какое невизуальное биологическое влияние оказывает свет на людей. При попадании света в клетки-рецепторы начинается сложная химическая реакция (с участием фотопигмента меланопсина) с продуцированием электрических импульсов. Эти клетки имеют нервные связи с двумя образованиями в мозгу: супрахиазматическими клетками (SCN), являющимися биологическими часами мозга, и с шишковидной железой (эпифизом). Шишковидная железа регулирует секрецию определенных гормонов в организме.

В сетчатке глаза световые волны определенной длины волны превращаются в энергию нервного импульса. Эта энергия передается по зрительному нерву в верхнюю часть спинного и в затылочную долю головного мозга, где она не только запечатлевает увиденный образ, но и влияет также на основные центры управления организмом, расположенные в головном мозге. Считается, что эта энергия заставляет шишковидное тело вырабатывать мелатонин. Максимальное количество мелатонина вырабатывается ночью, пик активности приходится примерно на 2 часа ночи, а уже к 9 часам утра его содержание в крови падает до минимальных значений. Одновременно происходит выработка и подавление кортизола - гормона бодрости. Максимальная выработка приходится на 9 часов утра, подавление происходит вечером и ночью.

Известно, что пришедшие на смену лампам накаливания (ЛН) компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) и светодиоды (СД) имеют в спектре излучения большую часть коротковолнового синего излучения, тогда как спектр излучения лампы накаливания содержит больше красный компонент. Максимальная чувствительность нового типа фоторецепторов в сетчатке глаза лежит на участке с короткими длинами волны (синий свет). Следовательно больший невизуальный биологический эффект оказывает холодно-белый свет, чем свет с большим красным компонентом (тепло-белый свет).

Таким образом, возникает вопрос о том, как применение светодиодов и других новых источников света для внутреннего и наружного освещения отразится на естественном балансе гормонов, естественном ритме тела и здоровье.

Спектральные свойства ламп накаливания, КЛЛ и светодиодов.

Излучение ЛН характеризуется непрерывным спектром со сравнительно большим количеством длин волн в красной части спектра, чем в синей. Следовательно, ЛН дают тепло-белый свет, коррелированная цветовая температура $T_{цв}=2700\text{K}$, индекс цветопередачи $R_a=100$.

Компактные люминесцентные лампы, также как и трубчатые люминесцентные лампы, представляют собой разрядные ИС низкого давления, в которых УФ излучение ртутного разряда преобразуется люминофором в длинноволновое излучение. Спектр излучения этих ламп характеризуется множеством пиков. Выбор люминофора опреде-

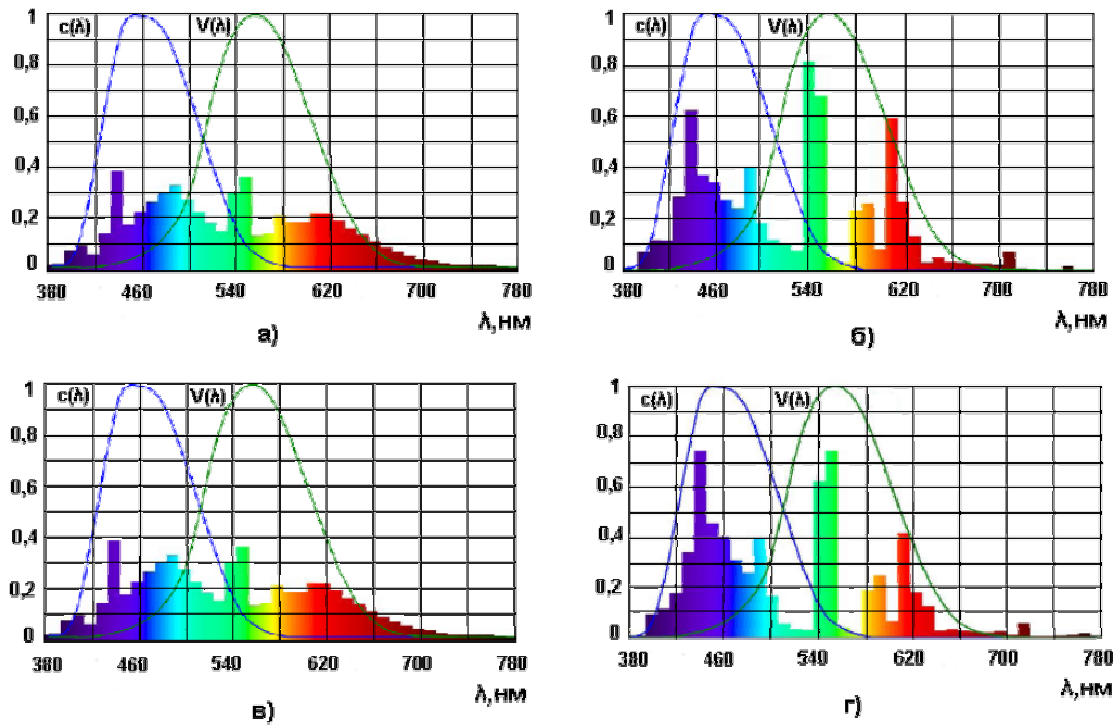
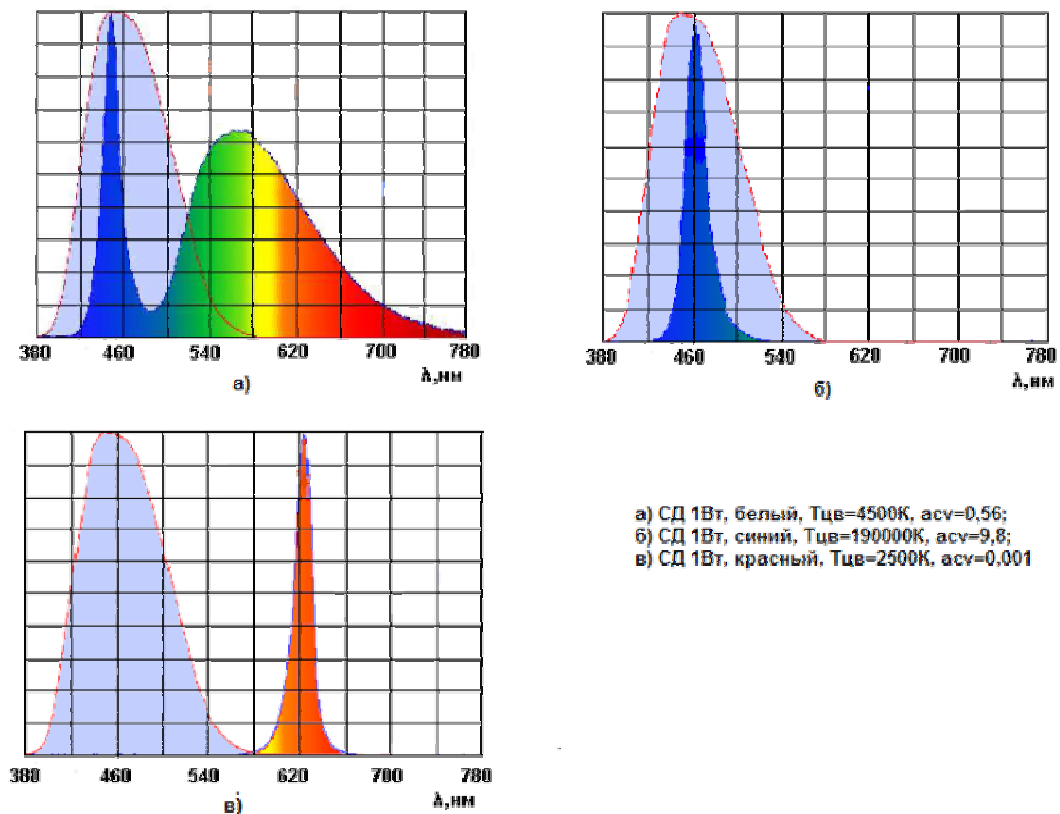


Рис.1. Спектры излучения некоторых люминесцентных ламп относительно кривой биологического действия $c(\lambda)$ и кривой световой эффективности $V(\lambda)$ [1]:
 а) $P_{\text{л}} = 54\text{Вт}$, $F_{\text{л}} = 4450\text{Лм}$, $R_{\text{a}}=84$, $a_{\text{cv}}=0,5$; б) $P_{\text{л}} = 54\text{Вт}$, $F_{\text{л}} = 4100\text{Лм}$, $R_{\text{a}}=88$ SKYWHITE, $a_{\text{cv}}=1$;
 в) $P_{\text{л}} = 58\text{Вт}$, $F_{\text{л}} = 3450\text{Лм}$, $R_{\text{a}}=97$, $a_{\text{cv}}=0,9$; г) $P_{\text{л}} = 54\text{Вт}$, $F_{\text{л}} = 3800\text{Лм}$, ActiViva Active 17000K, $a_{\text{cv}}=1,26$



а) СД 1Вт, белый, $T_{\text{цв}}=4500\text{К}$, $a_{\text{cv}}=0,56$;
 б) СД 1Вт, синий, $T_{\text{цв}}=19000\text{К}$, $a_{\text{cv}}=9,8$;
 в) СД 1Вт, красный, $T_{\text{цв}}=2500\text{К}$, $a_{\text{cv}}=0,001$

Рис.2. Спектры излучения некоторых светодиодов относительно кривой биологического действия $c(\lambda)$ [1].

ляет цветность излучения свойства. Диапазон цветовых температур от 2700К до 6000К, индекс цветопередачи R_a от 65 до 90 (рис.1).

Генерация света в СД происходит за счет энергии, выделяемой на границе полупроводниковых материалов с разным характером проводимости. В полупроводнике с узкой спектральной полосой около 450 нм сгенерирован пучок синего света. Часть этого света преобразуется в более или менее непрерывный спектр в коротковолновой области. Холодно-белые СД $T_{цв}$ 4000К имеют синий пик в спектре в 450 нм. У тепло-белых СД $T_{цв}$ 2700 - 3000К этот пик уменьшен, а в красной области имеет максимальное значение (рис.2).

Расчет доли излучения различных источников света, оказывающей не визуальное воздействие.

Полный не визуальный биологический эффект света (доля излучения) может быть вычислен из спектра источника света и не визуального биологического спектра действия, определенного Brainard на основании ночного подавления мелатонина [2]. Для того, чтобы получить правильное значение для разных источников света, эта доля должна быть вычислена на основе источников света, дающих равноценное значение видимого потока излучение. С этой целью общий видимый поток излучения вычислен по относительным спектральным распределениям излучений согласно [3]:

$$F_{\lambda_l} = \sum (E_{\lambda_l} \cdot V_{\lambda}) \quad (1)$$

Затем все спектральные энергетические величины источника смасштабированы, чтобы давать тот же поток в соответствии с:

$$E_{\lambda} = \frac{E_{\lambda_l} \cdot F_{\lambda_{ЛН}}}{F_{\lambda_l}} \quad (2)$$

На рис. 3 показаны энергетические спектры лампы накаливания и двух светодиодов на основе того же выхода видимого потока излучения.

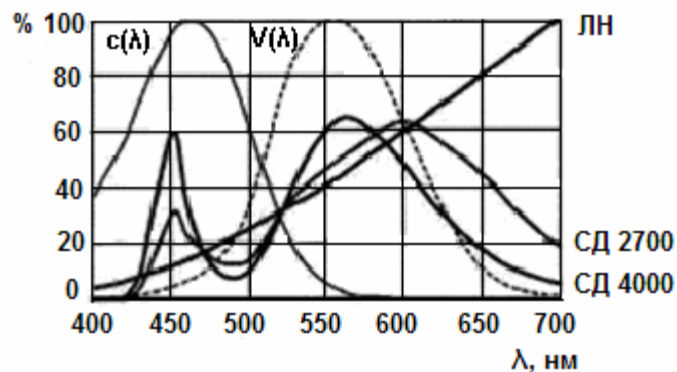


Рис.3. Энергетические спектры лампы накаливания и двух светодиодов на основе того же видимого потока излучения

Доля излучения, оказывающего не визуальное воздействие, определяется согласно:

$$D = \frac{\sum (E_{\lambda} \cdot c_{\lambda})}{\sum (E_{\lambda_{ЛН}} \cdot c_{\lambda})} \cdot 100\% \quad (3)$$

Некоторые исследования показали, что закон аддитивности, который справедлив для визуальных эффектов, не полностью выполняется для не визуальных биологических эффектов [4]. Это означает, что описанная выше методика не всегда верна. Rea et al [5] опубликовали гипотезу, в которой они объясняют неаддитивность взаимодействия колбочек, палочек и новых рецепторов в сетчатке. На основании этого определили альтернативный вариант не визуального биологического спектра действия. В таблице представлены результаты расчета не визуальной биологической дозы

различных типов источников света относительно невизуальной биологической дозы лампы накаливания, основанные на спектре действия Rea et al, а также Brainard G.

Тип источника света	D_v , %	D_B , %	D_B по Rea, %	a_{cv}
Лампа накаливания	100	100	100	0,4
ДНаТ	100	42,0	40,7	0,2
Галогенная лампа	100	130,5	122,7	-
МГЛ типа PAR	100	70,0	68,0	0,48
Светодиод белый	100	99,0	101,8	0,56
Светодиод белый	100	133,8	137,0	-
Светодиод синий 468	100	136	129,2	9,8
КЛЛ 2700К	100	99,1	104,7	-
КЛЛ 4000К	100	134,1	130,1	-
КЛЛ 8000К SkyWhite	100	143,0	138,7	0,94
КЛЛ 17000К ActiViva	100	153,0	145,4	1,6

В результате, можно сделать вывод о том, что доля излучения, оказывающего биологическое действие от тепло-белых КЛЛ и светодиодов с $T_{цв}$ 2700К - 3000К и хорошей цветопередачей - та же или меньше чем у ламп накаливания. Лампы с $T_{цв}$ =4000К оказывают более высокое биологическое действие.

Данная методика позволяет оценить эффективность биологического воздействия любого типа источника света при условии, что за единицу такого воздействия выбирается излучение одного из сравниваемых источников света.

Литература

1. DIN V 5031-100. Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 100: Non-visual effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra. 2009.
2. Brainard G.C. Photoreception for regulation of melatonin and the circadian system in humans. Fifth International LRO Lighting research symposium, Orlando. 2002.
3. www.woutvanbommel.eu.
4. Rea et al. Spectral opponency in human circadian phototransduction: implications for lighting practice. Proceedings of CIE Symposium Lighting & Health, Vienna, 111-115, 2004.
5. Rea et al. A model of phototransduction by the human circadian system. Brain Research Reviews. Vol.50, 213-218, 2005.

ВПЛИВ СПЕКТРУ ВИПРОМІНЮВАННЯ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

К.І. Іоффе

Проведено порівняльний аналіз спектрального складу випромінювання джерел світла методом розрахунку частини випромінювання, що сприяє незоровому впливу.

INFLUENCE OF RADIATION SPECTRUM DIFFERENT SOURCES OF LIGHT ON MANS ORGANISM

K.I. Ioffe

The benchmark analysis spectral composition sources of the light radiation by method of the payment nonvisual influence share of the radiation are organized.