



**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ:  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
СВЕТОТЕХНИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В  
КАЗАХСТАНЕ»**



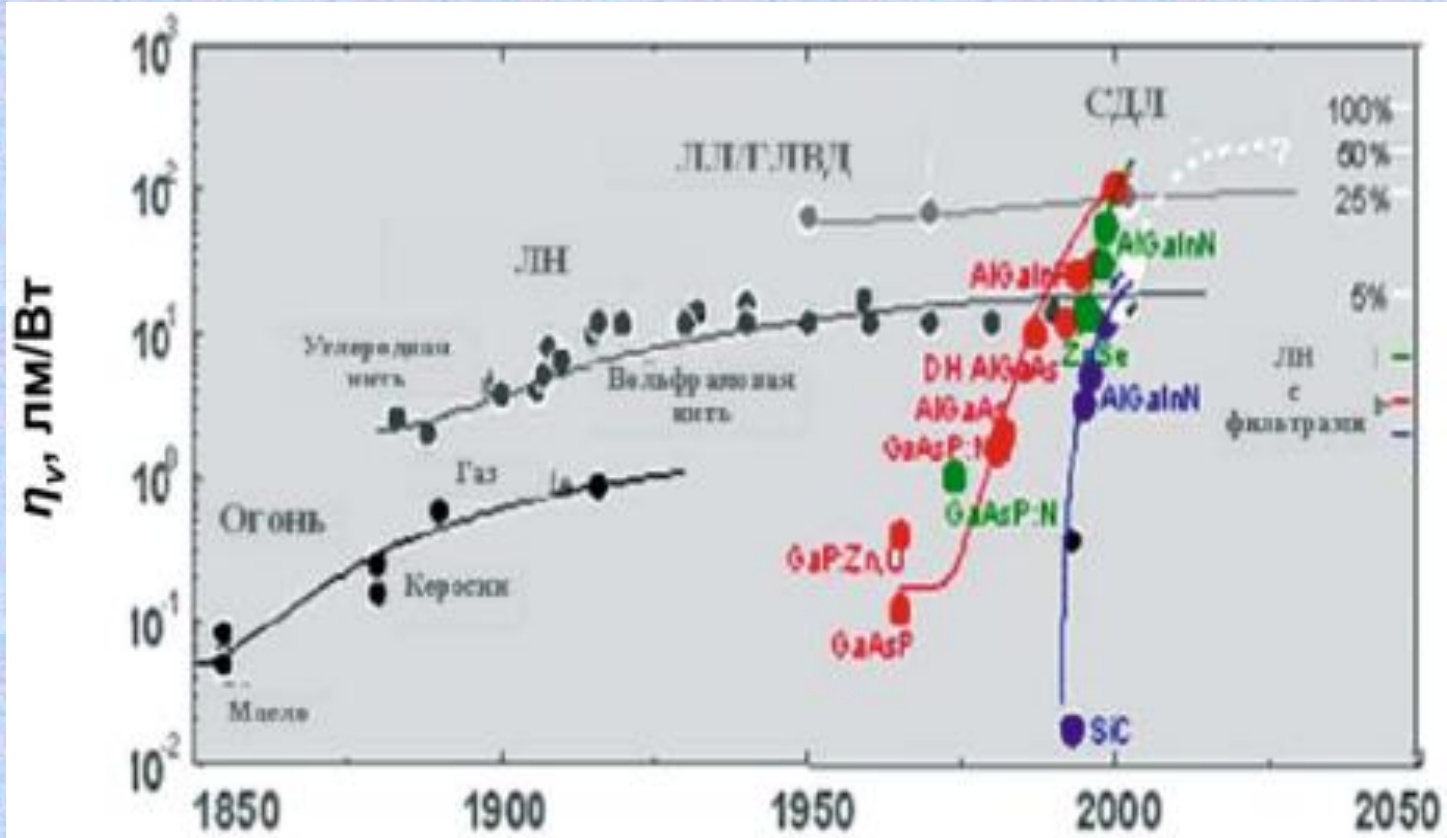
Полноправные люди.  
Устойчивые страны.

**Некоторые вопросы внедрения  
светодиодной техники на современном  
этапе (надежность, фотобиологическая  
опасность, окупаемость)**

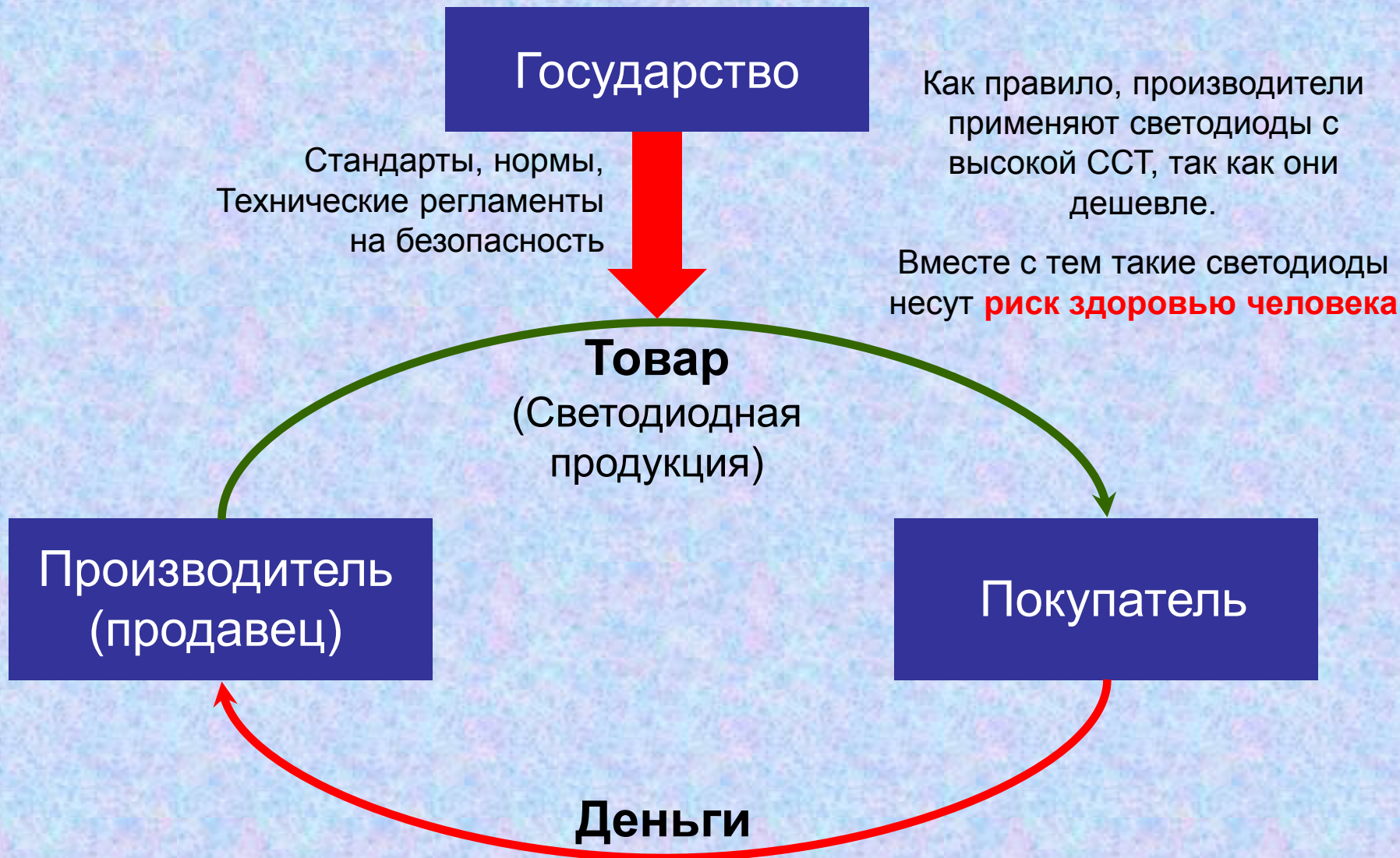
*Трофимов Ю.В., Центр светодиодных и оптоэлектронных  
технологий Национальной академии наук Беларуси  
Тел.: +375 17 281 13 35; E-mail: trofimo119@gmail.com*

*Астана, 18.11.2015*

# Эволюция некоторых источников света



# Взаимоотношения между продавцом, покупателем и государством







# Классификация фотобиологических опасностей в соответствии с IEC 62471

Риск	Диапазон длин волн (нм)	Биоэффект	
		на глаза	на кожу
Опасность актиничного УФ излучения	200-400	Светокератит Светокоњуиктивит УФ катаракта	УФ-эритема Эластоз
Опасность ближнего УФ излучения	315-400	УФ катаракта	-
Опасность «синего» излучения для сетчатки	300-700	Светоратинит	-
Термическая опасность для сетчатки	380-1400	Опаление сетчатки	-
Опасность ИК излучения для глаз	780-3000	ИК-катаракта	-
Опасность теплового воздействия на кожу	380-3000	-	Опаление кожи

# Биоэффекты, вызываемые оптическим излучением

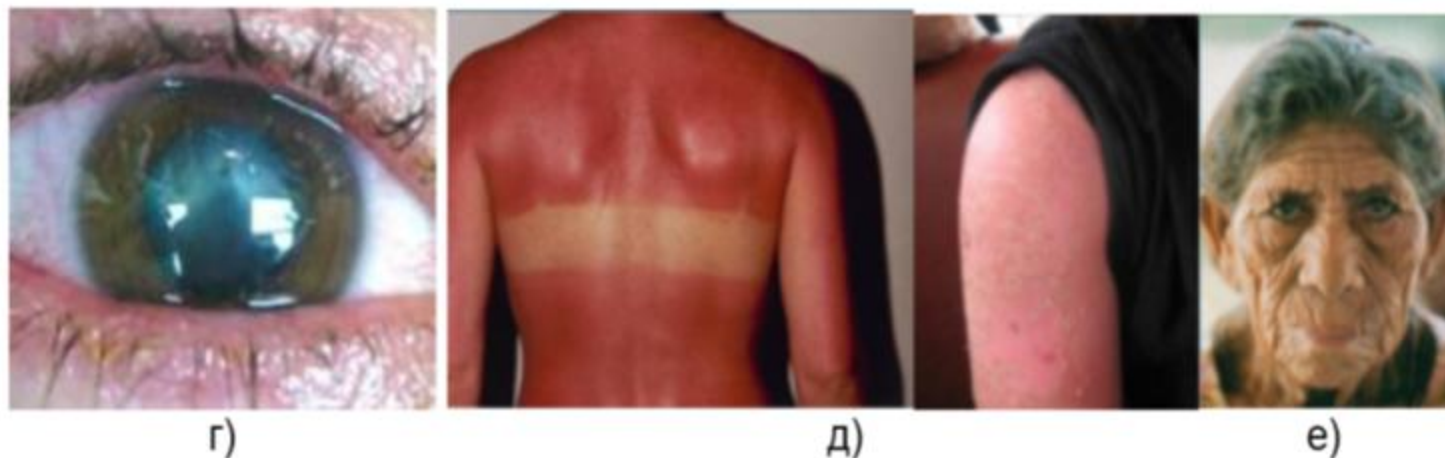
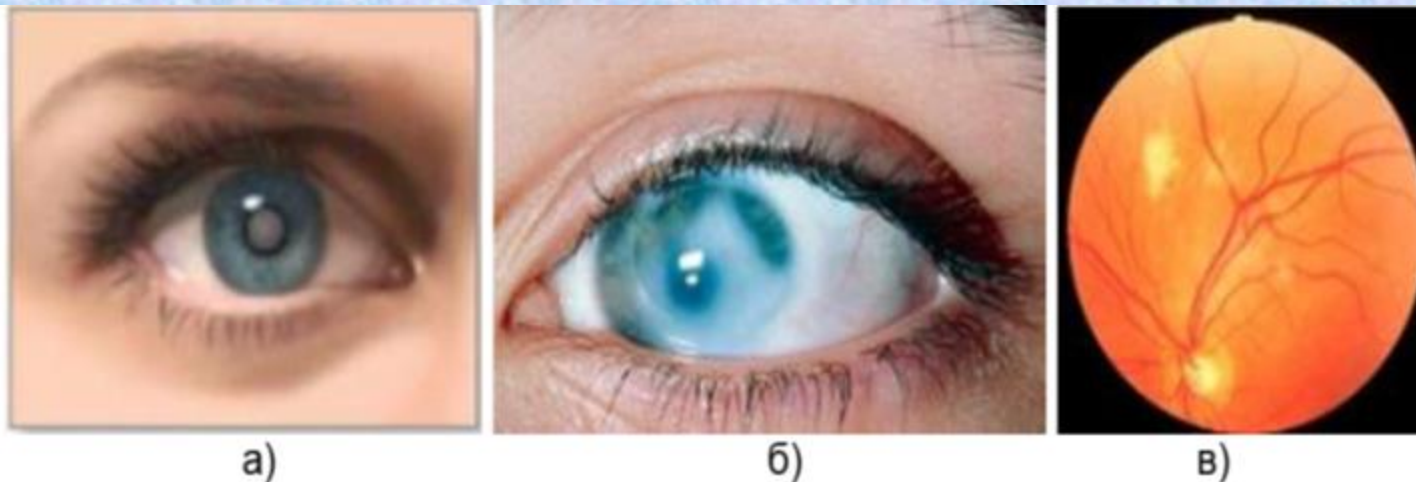


Рис. 3 – Примеры негативных последствий влияния оптического излучения на человеческий организм: ИК-катаракта (а), светокератит (б), характерные повреждения сетчатки при светоратините или тепловом воздействии (в), УФ-катаракта (г), УФ-эритема (д), эластоз (е) (с использованием материалов [1]).



# Спектры излучения различных источников света

Особенностью белых светодиодов является пик в синей области спектра

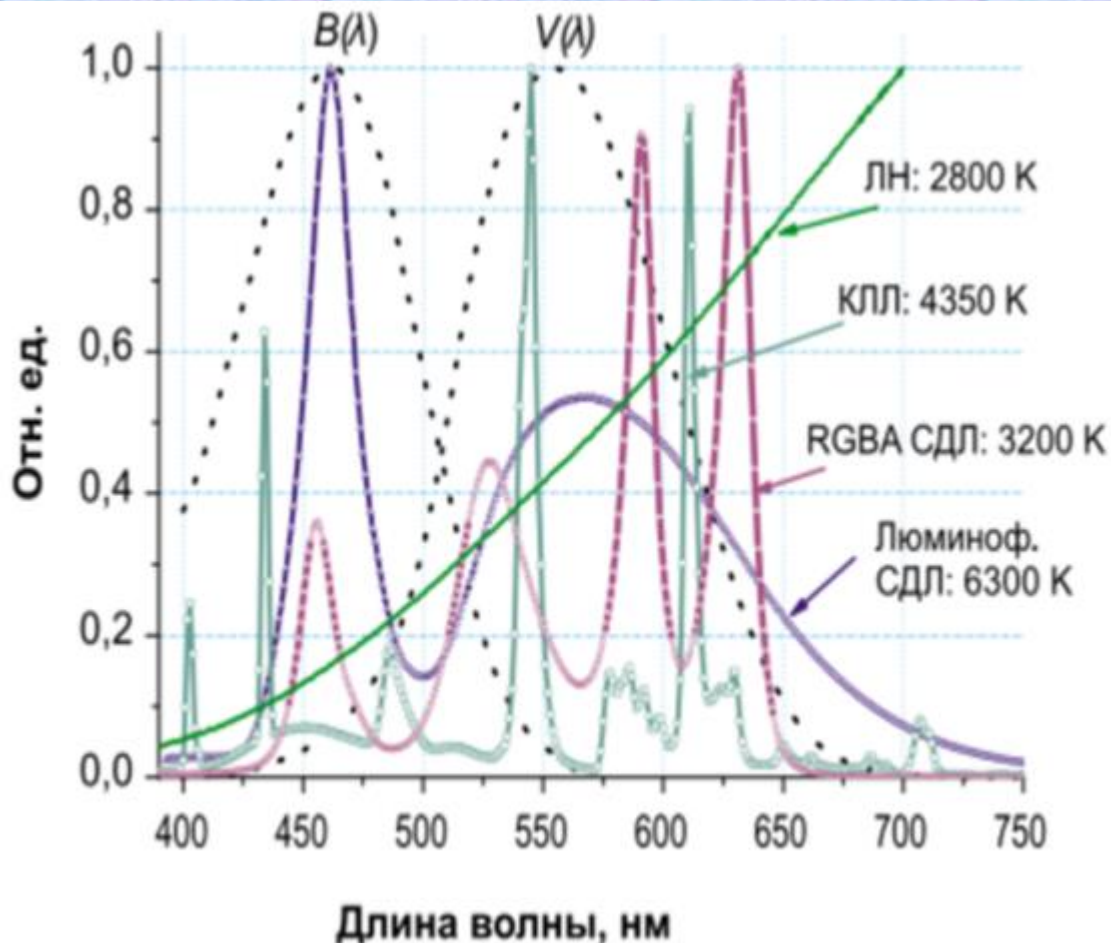
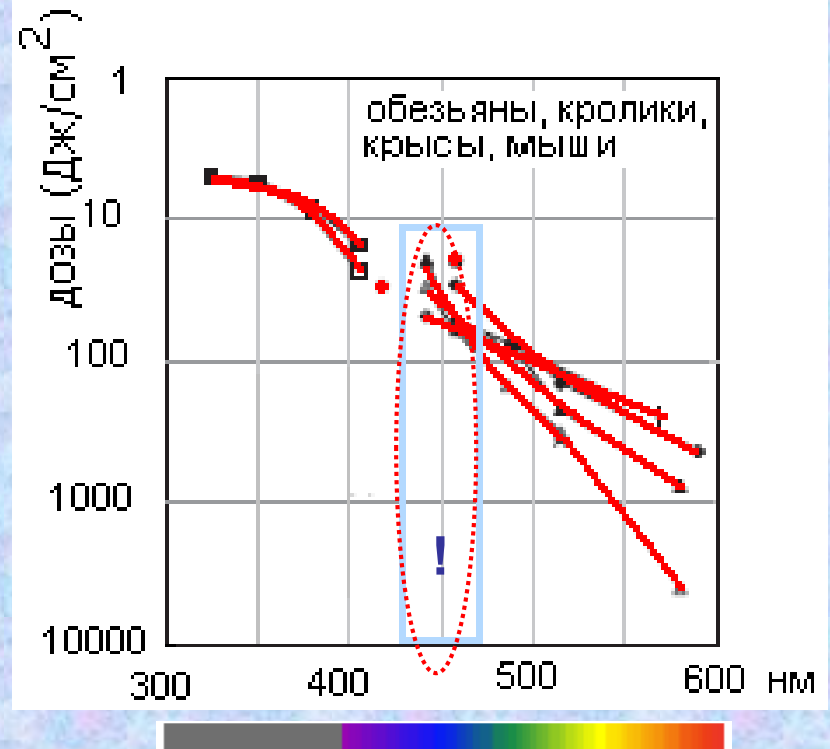
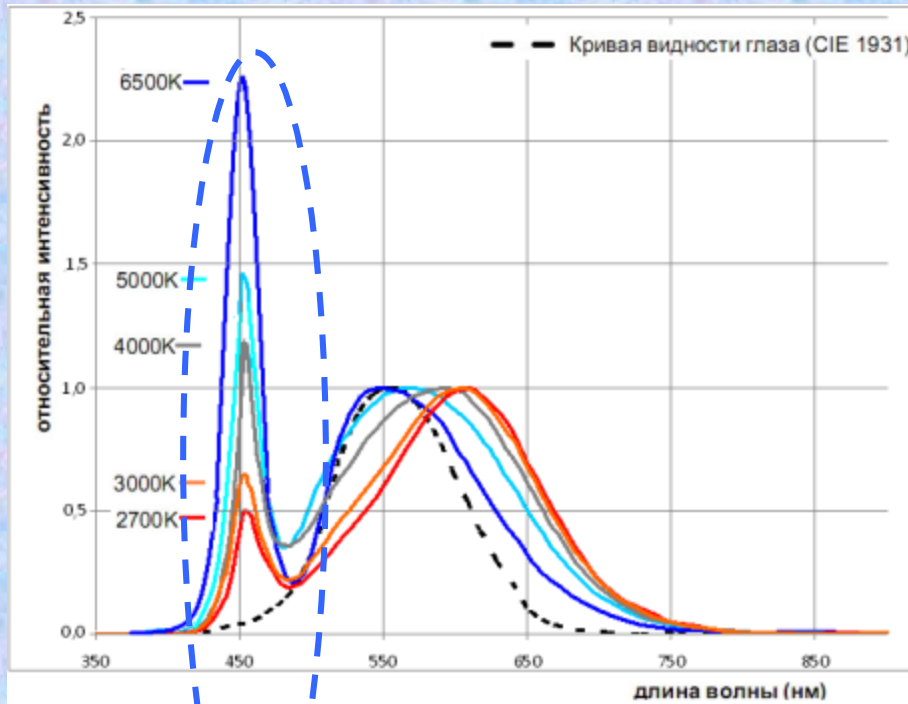


Рисунок 5 – Спектры излучения 4-цветного (RGBА) светодиода (ССТ = 3200 К), люминофорного светодиода (6300 К), КЛЛ (4350 К) и ЛН (2800 К) [60]

Высокий уровень синей компоненты светодиодного освещения вызвал естественный испуг, так как по лазерным исследованиям хорошо известно, что синий свет 450 нм примерно в 70 раз опаснее для сетчатки, чем свет основного длинноволнового видимого диапазона.



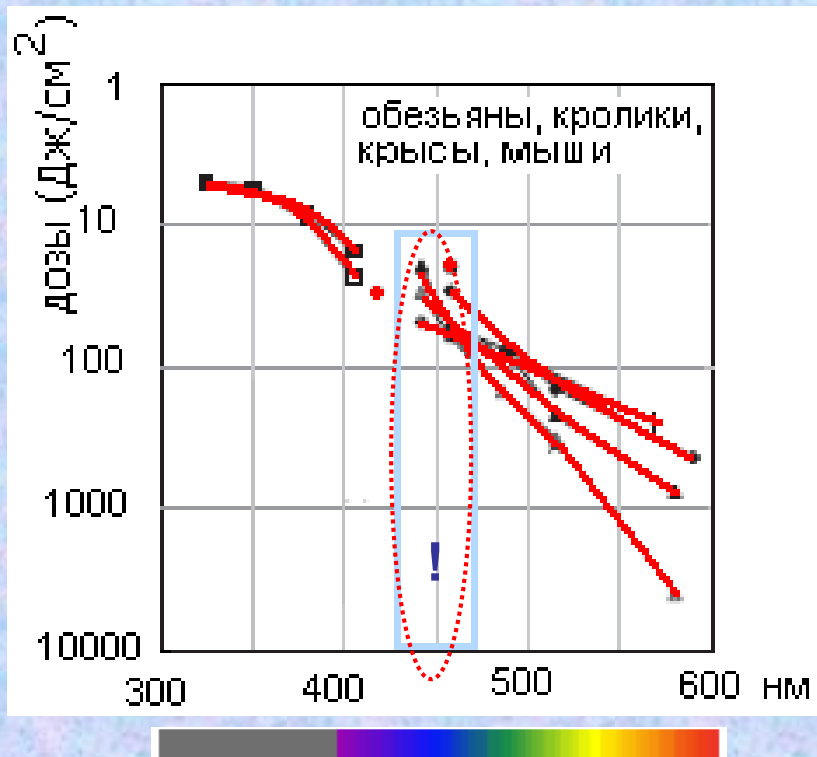
Спектры действия фотоповреждения сетчатки .

(Van Norren, Gorgels, 2011)

С разрешения ИБХФ РАН

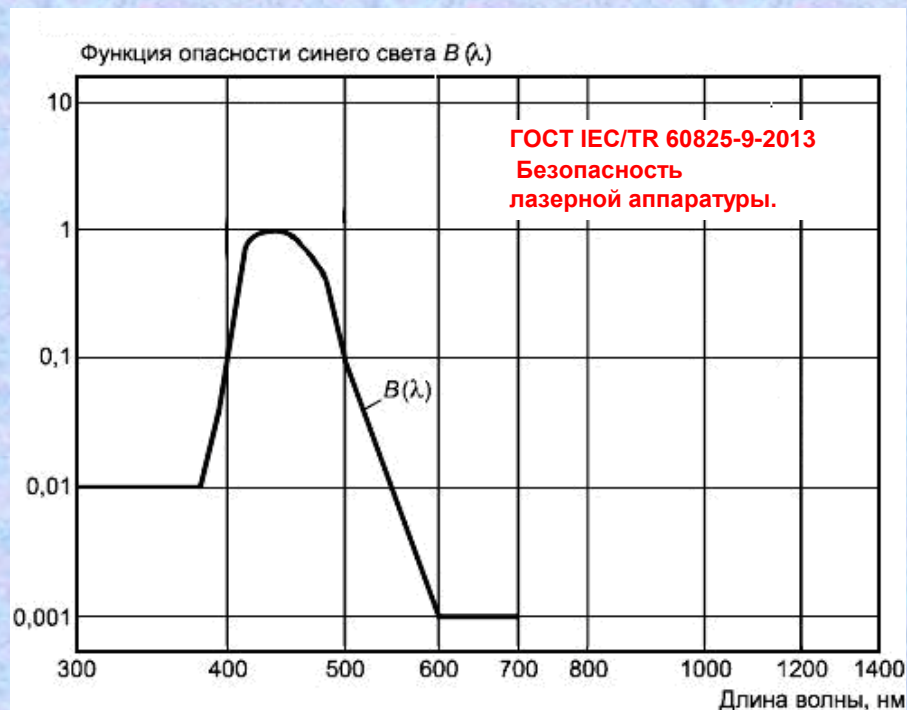


В основе действующих стандартов по зрительной безопасности сетчатки положены данные, полученные на экспериментальных животных при мощных коротких экспозициях.



Спектры действия фотоповреждения сетчатки .

(Van Norren, Gorgels, 2011)



Свойство и весовые функции	Длина волны, нм	Длительность экспозиции, с	
		$10^{-9} - 3 \cdot 10^4$ (1 нс - 8 часов)	
$H_{\text{eff}} = \sum_{180 \text{ нм}}^{400 \text{ нм}} H_{\lambda}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	180 до 400	30 Дж/м <sup>2</sup>	
$H_{\text{уф}} = \sum_{315 \text{ нм}}^{400 \text{ нм}} H_{\lambda}(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	315 до 400	104 Дж/м <sup>2</sup> или 1,04 Дж/см <sup>2</sup>	
$L_B = \sum_{300 \text{ нм}}^{700 \text{ нм}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300 до 700	1·10, Вт/м <sup>2</sup> ·ср	$100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{ср}}$

Таблица 5 - Максимально допустимая экспозиция для глаз  
С разрешения ИБХФ РАН



## Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR

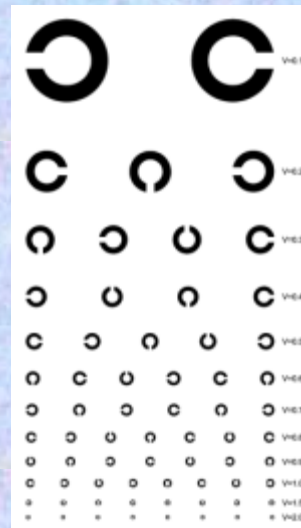
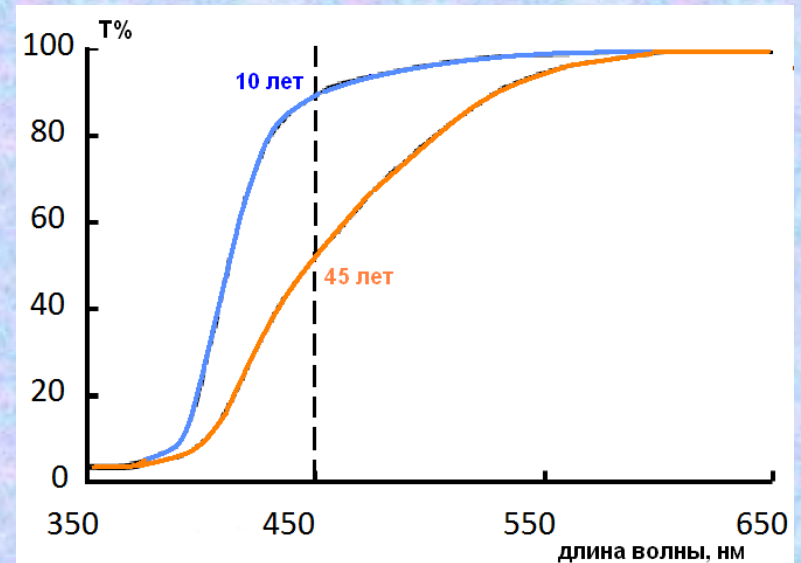
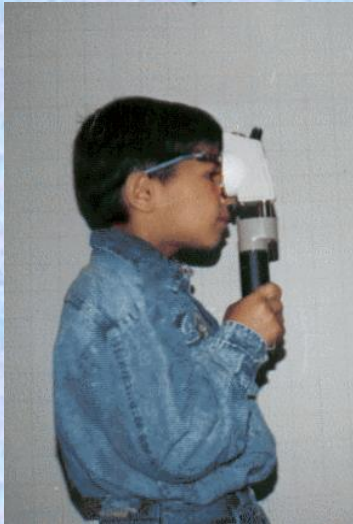
The SCENIHR adopted this opinion at its 17<sup>th</sup> plenary meeting on 19 March 2012

### Health Effects of Artificial Light

**17-й пленарный митинг 2012 г. Еврокомиссии по оценке действия искусственного освещения на здоровье человека, в составе 15 экспертов пришел к выводу, в том что:**

- **в настоящее время отсутствуют научные данные об отдаленных последствиях хронического повседневного использования светодиодного освещения с избыточной синей компонентой;**
- **дети, подростки, пожилые люди и офтальмологические больные являются группой повышенного зрительного риска по отношению к искусственным источникам света с избыточной синей компонентой;**
- **необходимо проведение дополнительных исследований на экспериментальных животных о действии светодиодного освещения на орган зрения, с возможностью переноса данных на человека.**

Зак и соавт.: Цикл работ по исследованию спектрального состава освещения на зрительные функции здоровых и больных людей.  
ИБХФ им. Эмануэля РАН, МНИИ ГБ им. Гельмгольца, 1990 – 2006 г.г.

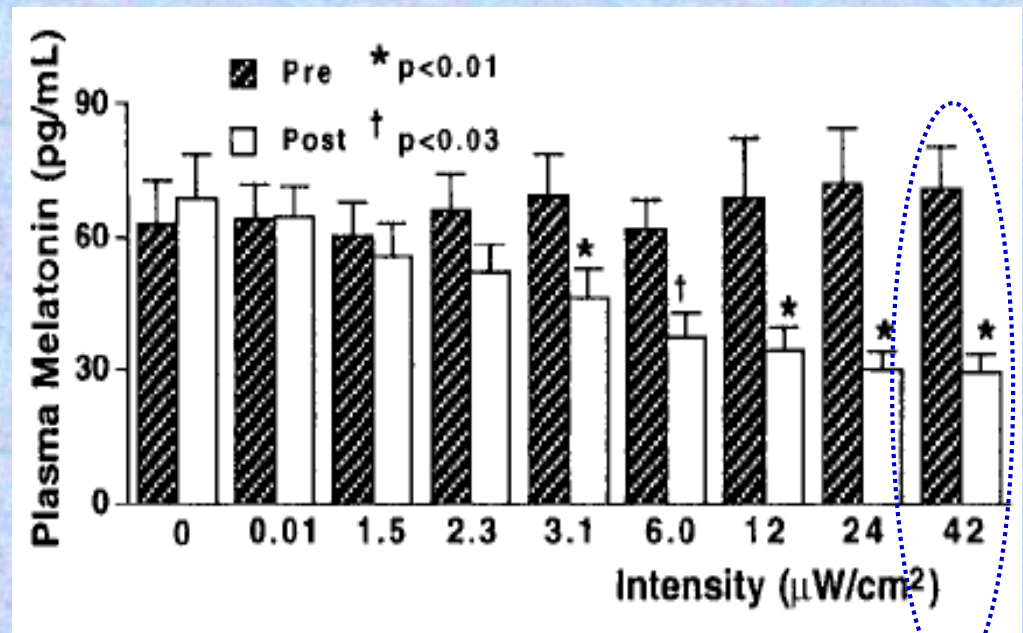
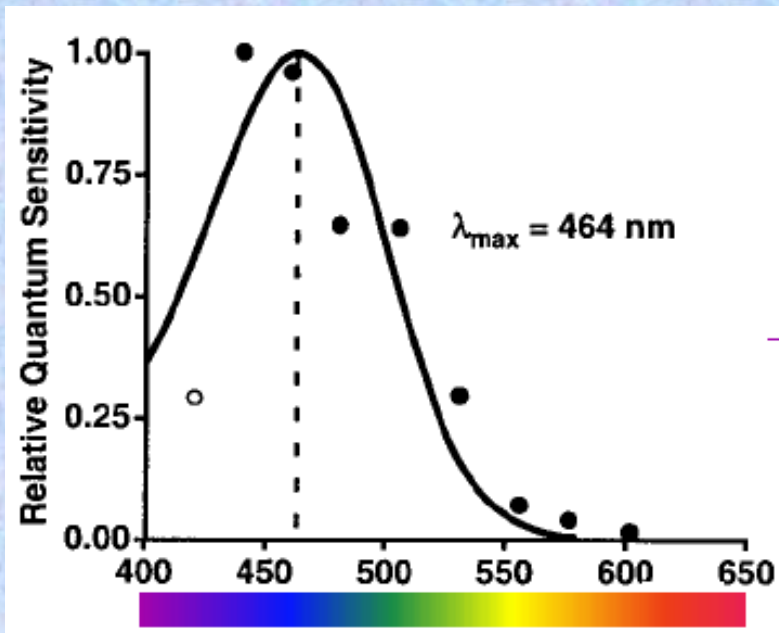


(Федорович, Зак, Островский, 1994)



Сейчас широко известно, что содержание мелатонина в организме управляется синей световой компонентой.

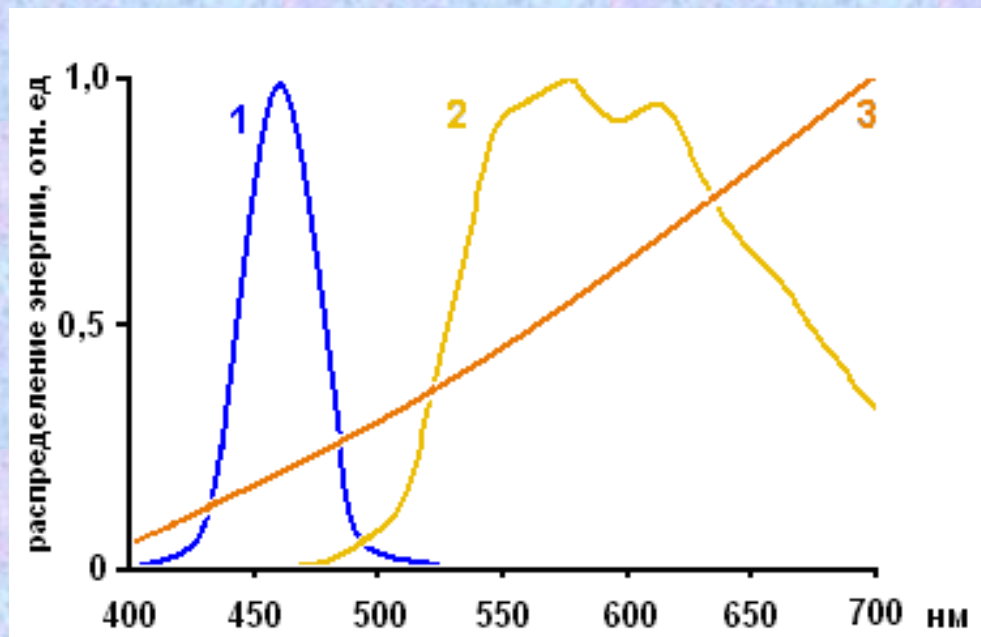
Мелатонин отвечает за суточные ритмы день-ночь, а главное осуществляет управление самыми разнообразными биохимическими и нейрорегуляторными процессами организма на повседневном геронтологическом уровне ( подробнее см. работы В.Н. Анисимова ).



(G.C. Brainard et al, 2001)

**Зак и соавт.: Цикл работ по исследованию процессов старения сетчатки под влиянием факторов внешней среды. ( ИБХФ им. Эмануэля РАН, МГУ им, Ломоносова, ИМБП РАН ) 2008 – н/в.**

**2014-2015: исследование действия пожизненного повседневного освещения лабораторных животных (японский перепел, *Coturnix japonica*) при синем и желтом светодиодном освещении на состояние систем жизнеобеспечения сетчатки.**



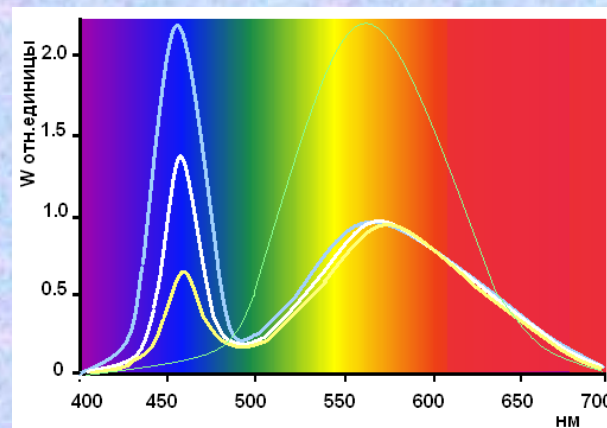
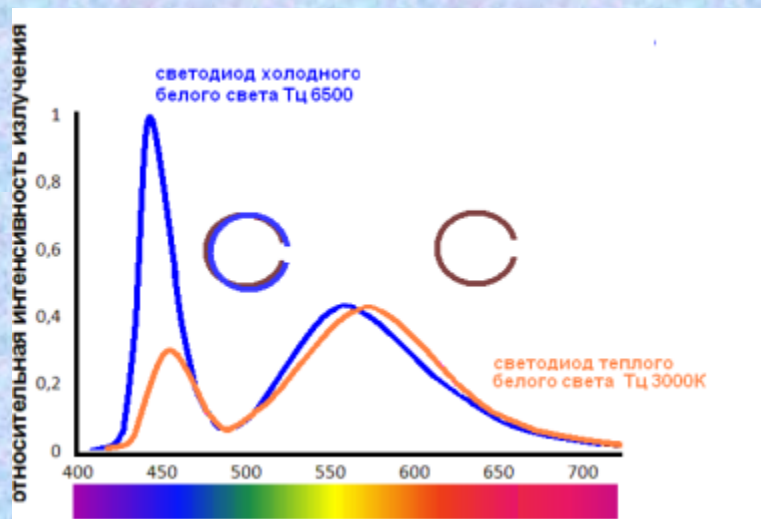
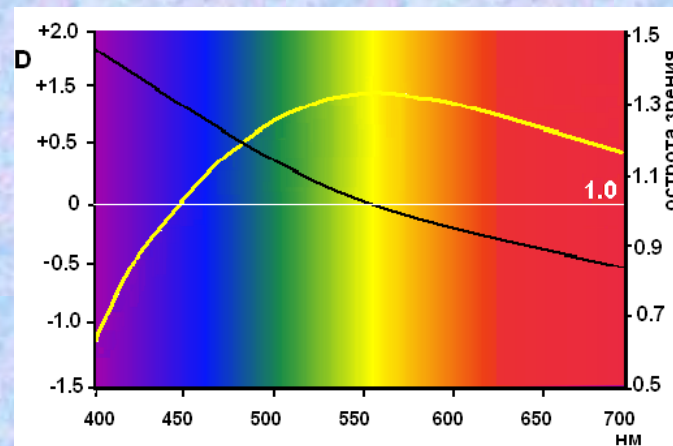
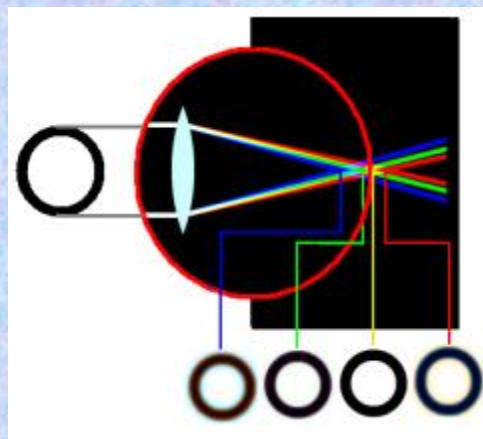
- 1 – «синее» освещение,  $2 \times 10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>**
- 2 – желтое освещение,  $2 \times 10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>**
- 3 – лампа накаливания,  $2 \times 10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup> 200 лк.**



С разрешения ИБХФ РАН

## Зависимость остроты зрения от “спектральной” фокусировки изображения на сетчатке.

(На основе классических данных, в частности см. Кравков «Глаз и его работа» .



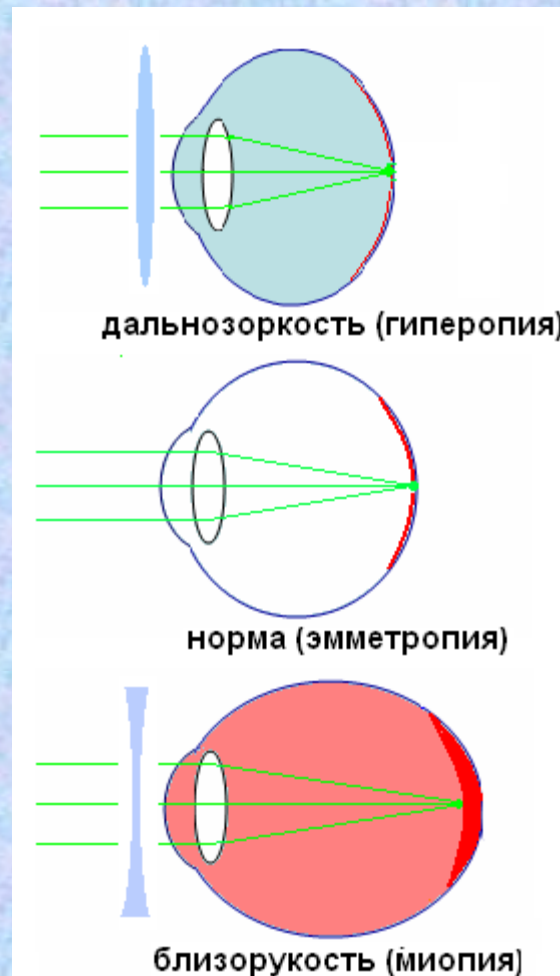


## Изменения глазной оптики в результате использования разных видов светодиодного освещения в детском возрасте

(Qian et al., 2013; Foulds et al., 2013; Liu et al., 2014).

Показано, что выращивание животных (обезьяны, морские свинки, цыплята) от рождения до зрелого возраста приводит в случае синего освещения к развитию дальнозоркости (+ 4 D), в случае красного освещения к развитию миопии (- 6 D).

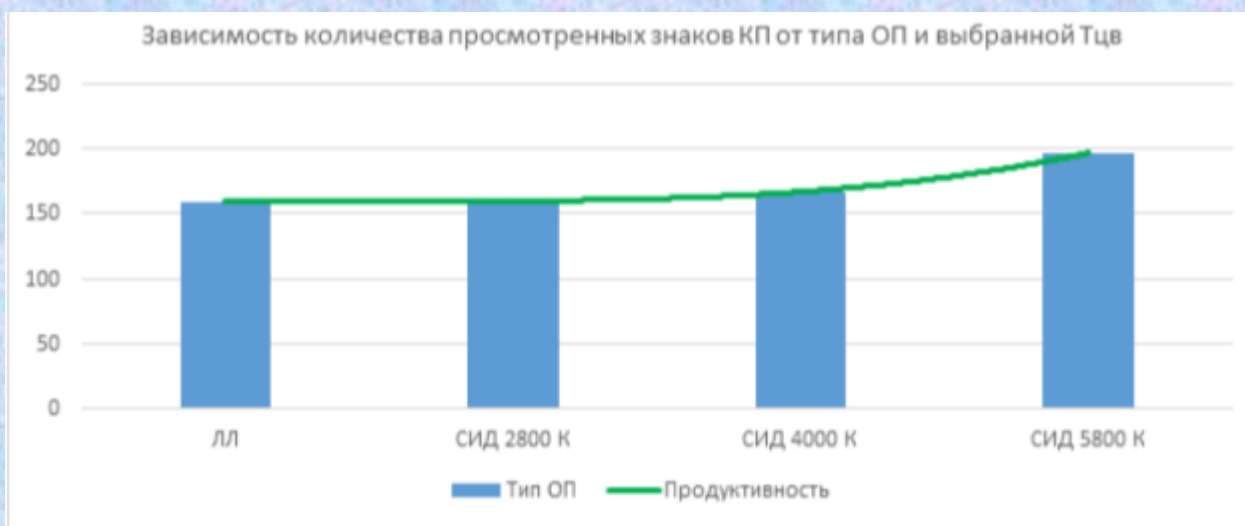
Предполагается, что миопизация сопровождается набуханием кровеносной сосудистой оболочки глаза.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСВЕЩЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

ТАБЛ. 01. Состав методик исследований

НАЗВАНИЕ МЕТОДИКИ	СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ	ЗАТРАЧЕННОЕ ВРЕМЯ, МИН
Корректирующие Пробы	Таблицы Бурдона-Анфимова	2
Теппинг-тест	Методика Ильина	0,5
Опросник САН	Бланк опросника САН	3



Исследование  
проведено МГК  
«Световые  
Технологии»  
совместно с  
Казанским  
Государственным  
Энергетическим  
Университетом  
(КГЭУ)

Источник: Журнал  
«Lumen 2015, №04-05»

# Проблема долговременной нестабильности цветовой температуры светодиодов

## Предыстория:

В конце 2004 г. ГП «ЦСОТ НАН Беларуси» были разработаны и установлены на трассе Москва – Брест осветительные приборы для наружного освещения, совмещенные со знаком «Пешеходный переход» мощностью 60Вт.

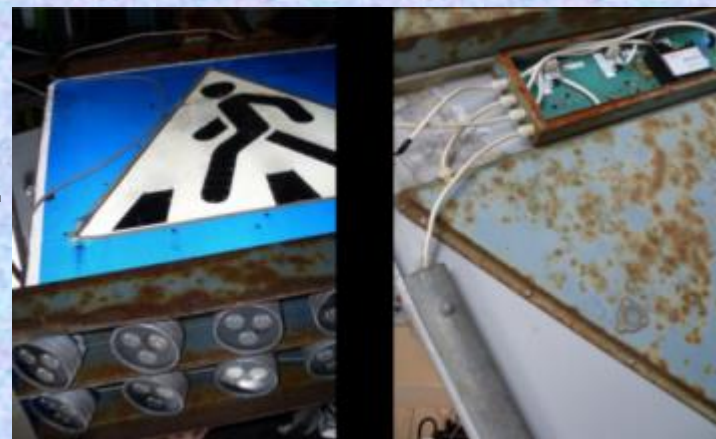
Использованы светодиоды одного из ведущих мировых производителей.

Исходная цветочная температура – **4100 К**;  
Цветочная температура после 9 лет эксплуатации – **14 000 К**.

2004 г.



2013 г.



## Предполагаемая причина:

«Выгорание» люминофора светодиодов от солнечного света и собственного излучения.

## Вывод:

Стремясь как можно быстрее завоевать рынок, производители светодиодов зачастую продвигают «сырую» продукцию.



# ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

**Казахстан** – нет ограничений для использования светодиодного освещения в школах и дошкольных учреждениях;

**Россия, Беларусь** – существуют ограничения;

**Армения, Киргизия** – нет официальных регламентирующих документов.



**В рамках ЕврАзЭС необходима коллективная работа по:**

- проведению научных исследований в области фотобиологической опасности светодиодного света;
- определению единых норм и требований к светодиодной технике для обеспечения безопасного для здоровья и психики применения.

**Я убежден, что качественная светодиодная техника, созданная с учетом физиологических особенностей человеческого организма, не несет никакого вреда человеку!**

**Спасибо за внимание!**