

УДК 616-092.4:535.625

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ЭФФЕКТА В СИНЕМ СПЕКТРЕ НА ЖИВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Муравьев Г.С., Краснобаева А. В., Колбик А. С.

ФГБОУ ВолгГМУ Минздрава Российской Федерации – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, направление подготовки «Биология», Россия, Волгоград, e-mail:

[mur201@bk.ru](mailto:mur201@bk.ru)

**Аннотация:** Light-emitting diode (LED) были открыты японскими учеными а 1990-х годах. Данное совершило прорыв в сфере дешевых искусственных источников света. Синий светодиод является массово используемым светодиодом. Спектр его излучения равен 450 нм, что сильно отличается от естественного источника света - Солнца и самой распространенной, до недавнего времени, лампы накаливания, спектр излучения которых был во всем видимом диапазоне. Влияния такого точечного излучения синих светодиодов на человека не до конца изучен, но уже существуют исследования, ставящие под сомнение решение массового использования данного вида искусственного освещения.

**Ключевые слова:** синий спектр, Light-emitting diode (LED), drosophila melanogaster, лабораторные мыши, нейропатологии.

## SIMULATION OF THE WAVE EFFECT IN THE BLUE SPECTRUM ON LIVING BIOLOGICAL SYSTEMS

Muravyev G.S., Krasnobaeva A.V., Kolbik A. S.

FGBOU VolgSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, the direction of training "Biology", Russia, Volgograd, e-mail:

[mur201@bk.ru](mailto:mur201@bk.ru)

**Abstract:** Light-emitting diode (LED) was discovered by Japanese scientists in the 1990s. This has made a breakthrough in the field of cheap artificial light sources. The blue LED is a massively used LED. Its radiation spectrum is 450 nm, which is very different from the natural light source - the Sun and the most common, until recently, incandescent lamps, whose radiation spectrum was in the entire visible range. The effect of such point radiation of blue LEDs on a person has not been fully studied, but there are already studies questioning the decision of mass use of this type of artificial lighting.

**Keywords:** blue spectrum, Light-emitting diode (LED), drosophila melanogaster, laboratory mice, neuropathology.

**Введение.** Все фоторецептивные системы, выполняющие как невизуальные, так и зрительные функции, эволюционировали в присутствии естественного солнечного света и в ответ на него. Так было до тех пор, пока наши человеческие предки не научились добывать и использовать огонь, чтобы освещать темноту после захода солнца. На протяжении веков люди создавали портативные источники света, сжигая природное топливо. В древнем Китае природный газ, добываемый из вулканов, транспортировался по бамбуковым трубам и использовался для освещения городов. Другие источники света, использовавшиеся в древнем мире и сохранившиеся в наше время, - это масляные лампы и свечи. Более 200 лет назад была создана первая угольная дуговая лампа, продемонстрировавшая, что электричество можно использовать в качестве источника света. Это событие породило поток технологических достижений, которые привели к созданию ламп накаливания и люминесцентных ламп, галогенных ламп и, наконец, светодиодных ламп.

**Основная часть.** Млекопитающие получают информацию о свете через глаза, которые выполняют две основные функции: формирование изображения, чтобы видеть объекты, и адаптация физиологии и поведения к свету, не формирующая изображения. Колбочки и стержневые фоторецепторы формируют изображение и отправляют информацию через ганглиозные клетки сетчатки в мозг для восстановления изображения.

Свет необходим для жизни, но увеличение воздействия искусственного света может нанести вред здоровью человека. С широким использованием светодиодов в наружном освещении и электронных устройствах люди все чаще подвергаются воздействию синего спектра света, который кажется белым.

С момента появления первой светодиодной ввинчивающейся лампы общего назначения в 2011 году светодиоды становятся повсеместными как в домах, так и в общественных местах. После миниатюризации электроники светодиоды стали важнейшим компонентом электроники с экранами дисплеев: телефонов, ноутбуков, настольных компьютеров, телевизоров и т.д. По сравнению с традиционными источниками искусственного света светодиоды имеют более высокий световой поток, меньшее энергопотребление, более длительный срок службы и возможность выбора цветов.

Большинство светодиодных источников преимущественно излучают свет в синем спектре с пиком примерно 450 нм; он кажется белым из-за добавления желтого флуоресцентного порошка. В то время как спектр естественного солнечного света распространяется на все видимые длины волн. Энергия, переносимая фотонами в синем спектре, солнечного света и светодиода различна, светодиод несет больше энергии в данном спектре. Таким образом, мы должны иметь в виду, что типичный холодный белый светодиод содержит гораздо большую долю синего света, чем солнечный [1].

Для изучения воздействия волнового эффекта используют модельные объекты, зрительный анализатор которых, либо простейшая единица зрительного анализатора похожа по биохимическому процессу работы на человеческий глаз. Это связано с тем, что все подобные исследования нацелены на улучшение гигиены искусственного освещения. Для таких целей чаще всего используют такой модельный объект как муха дрозофила (*Drosophila melanogaster*) или лабораторные мыши.

Лабораторные мыши являются подходящим модельным объектом, т.к. их стержневые фоторецепторные клетки представляют собой высокополяризованные и специализированные сенсорные нейроны, которые преобразуют поглощение фотонов в нервные сигналы. Каждая палочковидная клетка состоит из внешнего сегмента, внутреннего сегмента, клеточного ядра, расположенного во внешнем ядерном слое, и синаптического терминала, расположенного во внешнем плексиформном слое. Каждый из этих компартментов выровнен в слоистой структуре сетчатки, и каждый содержит уникальные молекулярные сигнатуры и белковые комплексы. Внешний сегмент стержня состоит из плотно уложенных мембранных дисков, в которых находится светочувствительный рецептор, связанный с G-белком, родопсин, встроенный в высокой плотности. Также во внешнем сегменте присутствуют другие мембранные белки: мембраносвязанные и растворимые белки, которые важны для фототрансдукции и структурной целостности ОС [3].

Данная анатомическая структура очень похожа на анатомическую структуру глаза человека, что позволяет использовать лабораторных мышей как модельных объектов для моделирования патологий глаза. Помимо сходства в строении клеток, имеется сходство в строении опсинов (группа светочувствительных связанных с мембраной рецепторов, расположенных в фоточувствительных клетках сетчатки.) У грызунов имеется в наличии M и S опсины, тогда как у человека присутствуют еще и L опсины [2].

Помимо лабораторных мышей, в качестве моделей используют *Drosophila melanogaster*. В соответствии с другими насекомыми, дрозофилы имеют сложные глаза, состоящие из сотен единиц фокусировки и обработки света, называемых омматидиями. Хотя глаза мух внешне сильно отличаются от человеческих, мембраны фоторецепторных клеток плотно упакованы молекулами опсина, как в человеческих палочках и колбочках, что делает их хорошим модельным организмом для изучения воздействия синего света на биохимическом уровне.

Лабораторные исследования в этой области начались относительно недавно, поэтому тема еще не до конца изучена, но является перспективным направлением, т.к. оценки воздействия синего спектра на живые биологические системы уже существующих исследований неутешительные.

Чтобы исследовать реакцию синего спектра на мушках, их на протяжении жизни подвергали данному воздействию, что показало значительные различия в отрицательную сторону в выживаемости между исследуемыми мушками и контрольными, содержащимися в безсветовом режиме.

Помимо этого были проведены эксперименты у мутантных мушек с генетически удаленными глазами, чтобы исключить эффекты дегенерации сетчатки. Подобно предыдущему исследованию, жизнеспособность исследуемых мушек была снижена по сравнению с мушками, находящимися в безсветовом режиме. Это доказывает, что сокращение продолжительности жизни не зависит от повреждения сетчатки и синий свет может воздействовать на организм по иным механизмам. Была обнаружена зависимость между возрастом, в котором мушка подвергалась воздействию LED синего спектра и смертностью.

Помимо уменьшения жизнеспособности проводились исследования развития нейродегенераций, которые показали, что после воздействия синего спектра на мушек наблюдалась повышенная вакуолизация клеток головного мозга, по сравнению с контролем [4].

Похожие наблюдения были сделаны и на крысах. Животные разных групп подвергались воздействию спектров разной длины: синего, белого, зеленого. Наблюдения показали, что синий спектр больше всего изменял морфологию фоторецепторных клеток, тогда как зеленый спектр практически не имел воздействия. В качестве механизма, приводящего к повреждению клеток, было предположено образование в клетках активных форм кислорода (АФК), что в дальнейшем подтвердилось аналитическими методами. Клетки накапливали АФК, которые повреждали митохондрии и других клеточных структур, что приводило к гибели клеток [5].

**Заключение.** Понимание влияния синего света на клеточные функции становится серьезной проблемой для здоровья, поскольку люди подвергаются большому количеству светодиодного освещения в течении дня, при сменной работе и ночью из-за светового загрязнения в больших городах. На данный момент неизвестно, может ли ежедневное воздействие синего света на протяжении всей жизни человека оказывать долгосрочное воздействие на клеточные функции. Исследования на модельных организмах могут дать представление об этом.

## **Литература.**

1. Jun Yang, David A Hendrix, Jadwiga M Giebultowicz. The dark side of artificial light / *Biochem (Lond)* (2020) 42 (5): 32-35. // <https://doi.org/10.1042/BIO20200060> (Дата обращения: 28.12.22)
2. Luca Abballe, Hiroki Asari. Natural image statistics for mouse vision / *PLoS One* 2022 Jan 20;17(1):e0262763. // doi: 10.1371/journal.pone.0262763 (Дата обращения: 28.12.22)
3. Michael Tri H Do. Melanopsin and the Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells: Biophysics to Behavior / *Neuron* 2019 Oct 23;104(2):205-226. // doi: 10.1016/j.neuron.2019.07.016. (Дата обращения: 28.12.22)
4. Yujuan Song, Jun Yang, Alexander D. Law, David A. Hendrix. Age-dependent effects of blue light exposure on lifespan, neurodegeneration, and mitochondria physiology in *Drosophila melanogaster* / Published: 27 July 2022 (Дата обращения 26.12.22)
5. Yoshiki Kuse, Kenjiro Ogawa, Kazuhiro Tsuruma, Masamitsu Shimazawa, Hideaki Hara. Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light / *Scientific Reports* volume 4, Article number: 5223 (2014) (Дата обращения 26.12.22)