

# ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

УДК 614.5: 644.36

DOI: 10.21668/health.risk/2016.3.01

## ТРАНСПОРТНАЯ СВЕТОТЕХНИКА: РИСКИ ЗДОРОВЬЮ ПЕРСОНАЛА И ПАССАЖИРОВ

**В.А. Капцов<sup>1</sup>, В.Н. Дейнего<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены»

Роспотребнадзора, Россия, 125438, г. Москва, Пакгаузное шоссе, 1, корп. 1

<sup>2</sup>ООО «Новые энергетические технологии», Россия, 143025, Московская область,

Одинцовский район, дер. Сколково, ул. Новая, 100

*Рассмотрены гигиенические аспекты транспортной светотехники и риски негативного влияния светодиодного освещения на здоровье операторов, водителей и пассажиров. Транспортная светотехника имеет длительную историю исследований о влиянии света фар и сигнальных огней на реакции и ослепление водителя. Изучение влияния освещения транспортных средств на здоровье пассажиров не проводилось, поскольку для освещения пассажирских салонов применялись лампы накаливания, характеристики которых хорошо известны. Увеличение длительности поездок, их интенсивности и замена ламп накаливания на светодиодные лампы делают актуальными исследования по влиянию света на здоровье пассажиров всех видов транспорта.*

*Обращено особое внимание на то, что транспортная система перевозит миллионы пассажиров, в том числе детей, которые подвергаются регулярному воздействию избыточной дозы синего света. Время воздействия этого света составляет более часа за одну поездку по городу и более 5 часов для поездок между городами. Специалисты ФГБУН «Институт биохимической физики им. Н.М. Эммануэля» РАН в своих исследованиях указывали, что современные белые светодиоды имеют выраженную полосу излучения в сине-голубой полосе 440–460 нм, полностью приходящуюся на спектр действия фотохимического повреждения сетчатки глаза и ее пигментного эпителия. Такое излучение представляет повышенную опасность для глаз детей и подростков, так как их хрусталики вдвое прозрачнее в сине-голубой области, чем глаза взрослых. Фотохимическое повреждение сетчатки развивается в отдаленные сроки и может вызывать постепенные необратимые нарушения зрения.*

*Риски негативного воздействия особенно возрастают при применении синих светодиодов в качестве освещения пассажирских салонов автотранспорта. Показано, что при поражении клеток сетчатки избыточной дозой синего света негативные последствия имеют отложенный характер. Приведены результаты ускоренной оценки поражения сетчатки японских перепелов *Coturnix japonica*. Глаза этих птиц являются полным аналогом глаз человека. Показано, что умеренное повседневное синее светодиодное освещение молодых животных вызывает 1,5-кратную перегрузку клеточного метаболизма сетчатки, приводящую к ее ускоренному старению и понижению функциональной активности структур гематоретинального барьера.*

**Ключевые слова:** избыточная доза синего, «синяя» опасность, транспортная светотехника, синие светодиоды, гематоретинальный барьер, повреждение сетчатки глаза.

Сегодняшняя экономика, обороноспособность, национальная и продовольственная безопасность страны в значительной мере обеспечиваются современным транспортным комплексом. Согласно Федеральному закону № 16-ФЗ от 9 февраля 2007 г. «О транспортной безопасности» инфраструктура включает используемые транспортные сети или пути сообщения (дороги,

железнодорожные пути, воздушные коридоры, каналы, трубопроводы, мосты, тоннели, водные пути), а также транспортные узлы или терминалы, где производится перегрузка груза или передача пассажиров с одного вида транспорта на другой (например, аэропорты, железнодорожные станции, автобусные остановки и порты). Пассажирские транспортные средства обычно

© Капцов В.А., Дейнего В.Н., 2016

**Капцов Валерий Александрович** – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом гигиены труда (e-mail: karsovva39@mail.ru; тел.: 8 (499) 15-33-628).

**Дейнего Виталий Николаевич** – руководитель проекта по светотехнике (e-mail: aet@aetechnologies.ru; тел.: 8 (495) 280-76-07).

представлены судами, лифтами, автомобилями, автобусами, трамваями, троллейбусами, поездами, метрополитеном и самолетами.

Эта сложная система нуждается в оптимальном управлении, под которым понимается контроль сигналов светофоров, стрелок на железнодорожных путях, управления полетами, а также диспетчеризации движения. Управление транспортной системой – совокупность мероприятий, направленных на эффективное функционирование посредством координации, организации, упорядочения элементов системы как между собой, так и с внешней средой.

Обобщенная схема транспортной системы приведена на рис. 1.

Настоящее исследование посвящено общей проблеме практически всех транспортных средств – как добиться того, чтобы современные инновационные источники света при их широком использовании не оказывали негативного влияния на пассажиров и персонал транспортных предприятий. Его актуальность обусловлена и тем, что в рамках традиционной транспортной светотехники основное внимание уделяется влиянию света сигнальных приборов и осветительных фар на зрительные анализаторы [14, 15, 18, 22], на риски аварийности работы на транспорте [16, 17, 20, 21], на здоровье (в частности стюардесс) [19].

Транспортная светотехника включает в себя систему освещения вагонов и салонов для пассажиров всех видов транспорта, а также фары, сигнальные приборы и светофоры. Сегодня транспортная светотехника формируется в условиях:

- ◆ применения высокоинтенсивных светодиодных источников света [10];
- ◆ снижения высоты потолков вагонов и салонов (светильники расположены рядом с головой пассажира и, как следствие, близко к сетчатке его глаза);
- ◆ увеличения продолжительности нахождения пассажира в условиях искусственного освещения (увеличивается время негативного воздействия);
- ◆ возрастания напряженности труда (операторов транспортных средств, операторов управления транспортной системой и обслуживающего персонала);
- ◆ обеспечения возрастающих требований по безопасности (распознавание сигналов в условиях светодиодной световой среды).

Важное место в транспортной системе занимает диспетчерская служба, сотрудники которой круглосуточно (посменно) управляют потоками подвижных объектов. Ранее уже были изложены вопросы влияния светодиодного

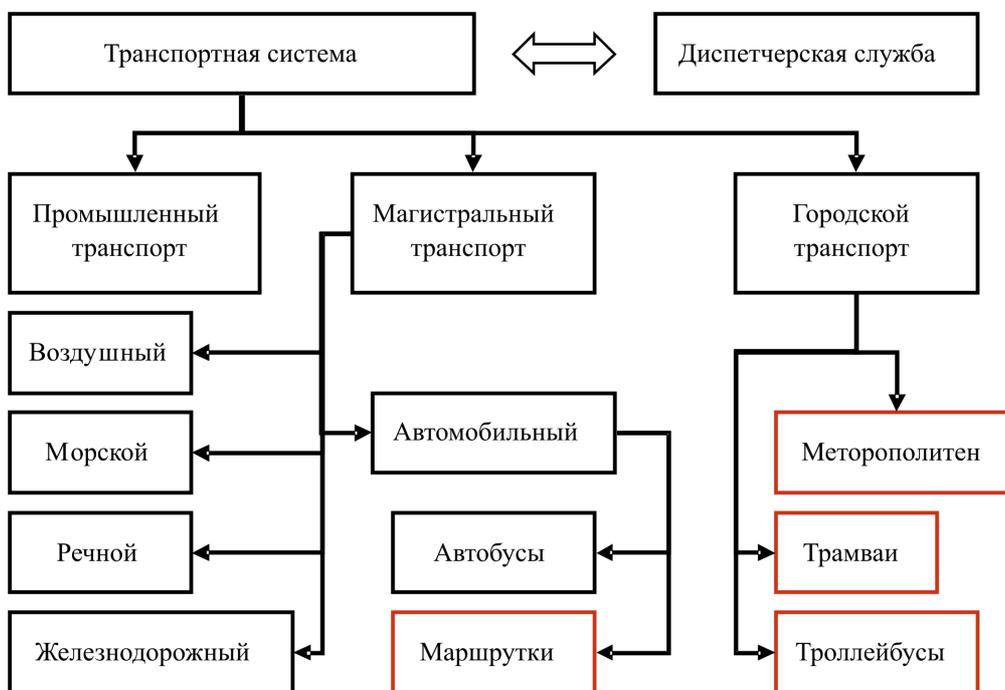


Рис. 1. Обобщенная схема транспортной системы

освещения и светодиодной подсветки мониторов устройств отображения информации на работоспособность операторов [8].

Среди городского транспорта одно из первых мест занимает метрополитен.

Идеология светотехники метрополитенов была заложена еще в далекие 30-е гг. прошлого века архитектором первой станции метро С.М. Кравецом. В своей статье [9] он писал: «На оформлении внутренней планировки вагона кроме повышенных к нему требований, вытекающих из *статического характера пребывания в нем пассажиров*, неизбежно должно оказать известное влияние и то, что пассажир метро в пути лишен законного пейзажа и все его внимание ... невольно сосредоточивается на оценке этого внутреннего оформления. Это накладывает особую ответственность как на композиционную часть всех деталей, так и на качественную сторону материалов, а в особенности работы. Здесь нет надобности в «шике» вагонов-ресторанов и «международных» вагонов, но в то же время *недопустим убогий подход к разрешению внутреннего оформления, подобный тому, какой имеет место в вагонах электрифицированных ж.д.* Намечаемые архитектурные детали и членения необходимо осуществить из полированного дерева, все металлические части должны быть никелированы, стекло должно быть обязательно зеркальным, диваны, если будут жесткими, лучше всего сделать из дуба, чтобы избежать соблазна окраски (что всегда дешево впечатлительно) и для меньшей амортизации. Освещение вагона намечается весьма обильным и решается дифференцированно для сидячих и стоячих мест. Первые получают ряды бракетов над окнами, на боковых стенках, вторые же – 2 ряда ламп на потолке

вагона. Все источники освещения защищены от непосредственного *слепящего действия*, и лишь на первое время намечайте из имеющихся в распоряжении ВЭО образцов, в дальнейшем же вся осветительная арматура вагонов будет изготавливаться по *специальным для метро моделям*» [9].

Но проходит время, и на смену профессиональным метростроителям пришли люди с опытом работы на железной дороге. При этом изменилась и концепция освещения метрополитена.

Достаточно полно изучен вопрос современных требований к освещению объектов метрополитенов [2–5].

Сегодня невозможно представить автомобильный транспорт без светодиодов. Если раньше они устанавливались лишь в сигналы торможения и задние фонари, то сейчас используются практически везде: в указателях поворота, в освещении приборной панели, в подсветке радио, во внутреннем освещении автомобиля и в передних фарах. С ежегодным средним темпом роста приблизительно в 16,2 % автомобильный рынок светодиодов вырос с \$542 млн в 2008 г. до \$1,2 млрд в 2013 (рис. 2).

В настоящее время для внутреннего освещения салонов все чаще применяют белые светодиоды [10]. Рынок светодиодов внутреннего освещения салонов автомобилей небольшой, но существенным образом влияет на здоровье водителей и пассажиров.

Об этом влиянии хорошо известно, но в салонах автотранспорта, особенно в современных маршрутках, оно усиливается из-за небольшого расстояния до светильников и их спектра. В частности, для внутренней подсветки применяются синие светодиоды (рис. 3). Это обусловлено

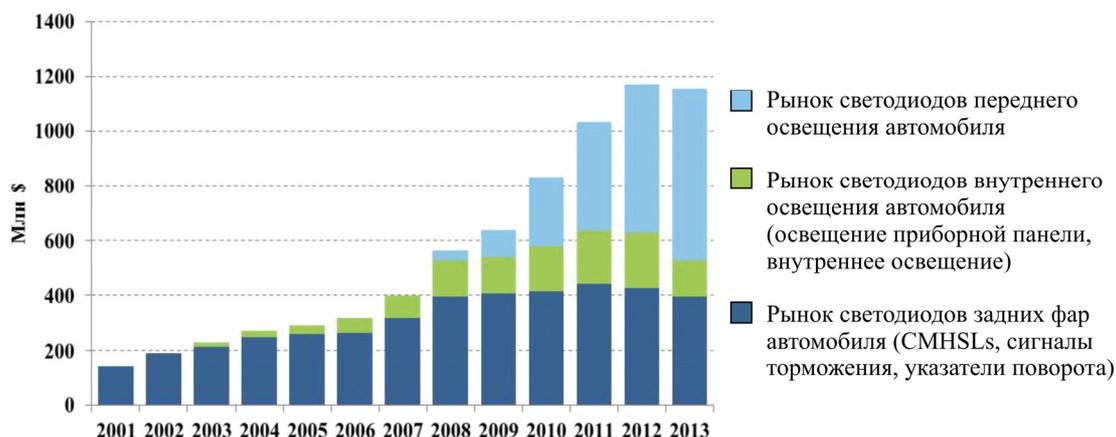


Рис. 2. Распределение применения светодиодов в автомобильной электронике [10]



*a*



*б*



*в*



*г*

Рис. 3. Варианты внутреннего освещения пассажирского транспорта: *a* – подсветка салонов маршрутки в г. Минске<sup>1</sup>; *б* – светодиодное освещение салона автобуса<sup>2</sup>; *в* – московский экскурсионный автобус с синей светодиодной подсветкой<sup>3</sup>; *г* – экскурсионный автобус Mercedes-Benz Sprinter с синей светодиодной подсветкой<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Олинер. – URL: <http://contener.bynt.onliner.by/news/2015/02/default/8b9caf8a259bee9b3a999296410bbfdf.jpg>.

<sup>2</sup> Room-Number.ru: Блог о путешествиях. – URL: <http://room-number.ru/vietnam/avtobus-iz-hoshimina-v-nyachang/>.

<sup>3</sup> Livejournal. – URL: <http://kobelev.livejournal.com/1076907.html>.

<sup>4</sup> Турфирма «Столица». – URL: [http://www.stolitsa-turfirma.ru/ex/excursion\\_bus\\_sprinter\\_white.php](http://www.stolitsa-turfirma.ru/ex/excursion_bus_sprinter_white.php).

тем, что водители маршруток и руководители транспортных предприятий не знают про «синюю» опасность для детских глаз, а санитарные врачи при сертификации транспортных средств не обращают внимание руководителей этих предприятий на синий свет внутри салона маршруток.

Автобусы с синей светодиодной подсветкой курсируют по всем дорогам России, в частности, по дорогам г. Москвы, в курортных зонах Крыма (г. Севастополь и Ялта) и Краснодарского края.

Белые и синие светодиоды (СД) имеют выраженную полосу излучения в сине-голубой полосе 440–470 нм, полностью приходящуюся на спектр действия фотохимического повреждения сетчатки глаза и ее пигментного эпителия. Такое излучение представляет повышенную опасность для глаз детей и подростков, так как их хрусталики вдвое прозрачнее в сине-голубой области, чем глаза взрослых. А желтое пятно, которое должно защищать клетки сетчатки от негативного воздействия синего света (460 нм), еще не всегда сформировано. Фотохимическое повреждение сетчатки развивается в отдаленные сроки и может вызвать постепенные необратимые нарушения зрения. Использование светильников с СД может иметь непредсказуемые негативные и необратимые последствия для детского зрения и требует серьезного профессионального офтальмо-физиологического обоснования [6]. У новорожденных область желтого пятна светло-желтого цвета, имеет нечеткие контуры. С 3-месячного возраста появляется макулярный рефлекс и уменьшается интенсивность желтого цвета. К 1 году определяется фовеолярный рефлекс, центр становится более темным. К 3–5-летнему возрасту желтоватый тон макулярной области почти сливается с розовым или красным тоном центральной зоны сетчатки.

Область желтого пятна у детей в возрасте 7–10 лет и старше, как и у взрослых, определяется по бессосудистой центральной зоне сетчатки и световым рефлексам.

Для ускоренной оценки влияния синего света на глаза человека в отделе фотохимии и фотобиологии ФГБУН «Институт биохимической физики им. Н.М. Эммануэля» РАН были проведены исследования влияния синего света на глаза японских перепелов *Coturnix japonica*. Глаза этих птиц являются биологическим аналогом человеческих глаз и имеют желтое пятно для защиты сетчатки [7, 12]. В ходе исследований перепелов *Coturnix japonica* поместили

в клетки, освещаемые лампами накаливания, синими светодиодами и желтым светом (рис. 4).

В ходе проведенных исследований было установлено, что под воздействием света от синих светодиодов происходят:

- ◆ изменения в сосудистой оболочке глаза [12];
- ◆ фотоиндуцированные изменения субклеточных структур ретиального пигментного эпителия [7].

Было показано, что умеренное повседневное синее светодиодное освещение молодых животных оказывает 1,5-кратную перегрузку клеточного метаболизма сетчатки, приводящую к ее ускоренному старению и к понижению функциональной активности структур гематоретинального барьера. Гематоретинальный барьер – это часть гематофтальмологического барьера, которая предотвращает проникновение в ткань сетчатки крупных молекул из кровеносных сосудов. Существует внешний и внутренний гематоретинальный барьер:

– внутренний гематоретинальный барьер образуется плотными контактами эндотелиальных клеток сосудов сетчатки, подобно ГЭБ (для внутренних слоев сетчатки);

– внешний гематоретинальный барьер поддерживается главным образом пигментным эпителием сетчатки (для наружных слоев сетчатки). Пигментный эпителий сетчатки является посредником между хориокапиллярами сосудистой оболочки и фоторецепторами.

На рис. 5 приведены обобщенные результаты воздействия света (ламп накаливания и синих светодиодов) на функциональную активность структур гематоретинального барьера.

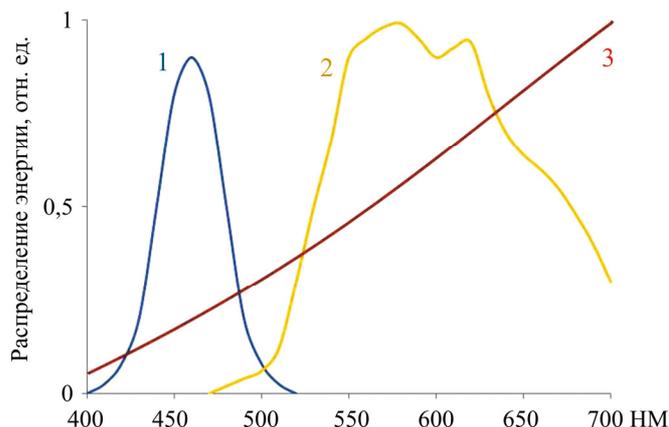
Из рис. 5 видно, что пребывание испытуемых перепелов в низкоинтенсивной среде синего света, в отличие от световой среды лампы накаливания, приводит в отдаленном будущем к изменениям в функциональной активности структур гематоретинального барьера. Эти изменения могут инициировать быстрое развитие спектра глазных болезней.

Американские эпидемиологические исследования показали, что ежедневное дополнительное воздействие синего света на глаза молодого человека в подростковом возрасте к тридцати годам вызывает дегенерацию сетчатки (AMD) на 10 лет раньше, чем она возникает от естественного света.

Длительное пребывание человека в световой среде светодиодного освещения также повышает риски, связанные с распознаванием цвета предметов и цвета сигналов в частности. Специалисты лаборатории профессионального



а



б

- 1 – «Синее» освещение,  $2 \cdot 10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>.
- 2 – «Желтое» освещение,  $2 \cdot 10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>.
- 3 – Лампа накаливания,  $2 \cdot 10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup> 200 лк.

Рис. 4. Общие данные об условиях проводимых исследований на базе ФГБУН «Институт биохимической физики им. Н.М. Эммануэля» РАН: а – подсветка клеток перепелов от лампы накаливания, желтым источником света и синими светодиодами; б – спектры света подсветки клеток и энергетические параметры освещения

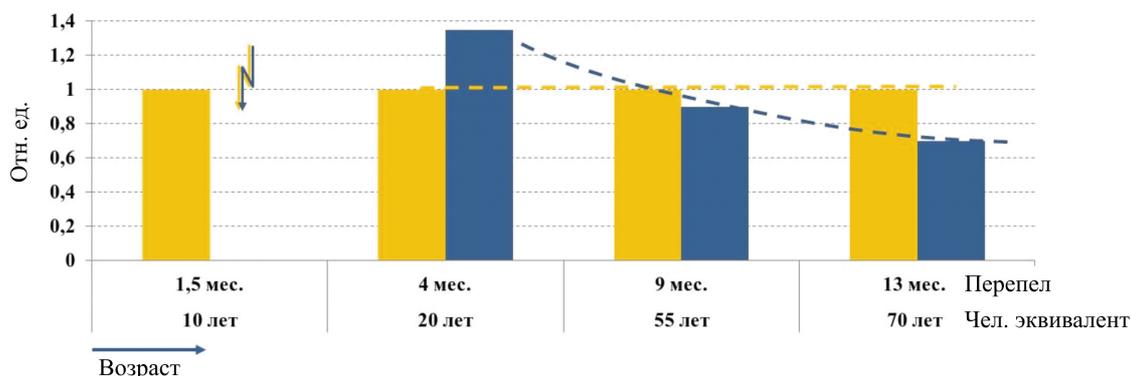


Рис. 5. Функциональная активность структур гематоретинального барьера<sup>5</sup>

отбора, психофизиологии и реабилитации ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора провели исследования по влиянию светодиодного света и света от штатных ламповых светильников на психофизиологическое состояние человека (машиниста подвижного состава РЖД). Метрологическую оценку светильников и рабочего места проводили ведущие специалисты по охране труда ВНИИЖТ РЖД, которые реализуют программу по внедрению светодиодного освещения на объектах компании.

Обобщенные результаты представлены ВНИИЖГ (оценка проводилась по параметрам утвержденной методики):

- лампа накаливания с белым плафоном – +5;
- люминесцентный светильник – –2;
- светодиодный фонарь с микролинзовым рассеивателем – –5;
- светодиодная панель с микролинзовым рассеивателем – –9

(«+» – позитивные изменения; «–» – негативные изменения (тенденции));

<sup>5</sup> Доклад П.П. Зака, ФГБУН «Институт биохимической физики им. Н.М. Эммануэля» РАН.

В ходе проведенных исследований были выявлены случаи, когда испытуемые в условиях светодиодного освещения путали цвета сигналов [1, 5].

Итак, избыточная доза синего света в светодиодных осветительных системах транспортных систем увеличивает риски негативного его воздействия на глаза пассажиров, особенно детей [11].

В своем отчете 2016 г. Американская медицинская ассоциация (АМА) сообщает об опасности светодиодного освещения [13], а в европейских странах уже появился знак «Опасно – светодиодные лампы» (Danger ampoules a LEDs).

#### **Выводы:**

1. Систематическое воздействие синим светом на глаза человека (и особенно ребенка) может иметь негативные последствия в ближайшем и отдаленном будущем.

2. В транспортных системах в целях исключения рисков поражения глаз целесообразно исключить применение синего света для освещения пассажирских салонов.

3. Для обеспечения безопасности в транспортных системах, профилактики визуальных и невизуальных негативных эффектов необходимо применять сертифицированные источники с биологически адекватным спектром света.

#### **Список литературы**

1. Дейнего В.Н. Выбор концепции построения безопасной и энергосберегающей системы освещения. Не имеющий стратегии — жертва чужой тактики! [Электронный ресурс] // КАБЕЛЬ-news. – 2012. – № 2. – С. 50–64. – URL: <http://www.kabel-news.ru> (дата обращения: 10.06.2016).
2. Дейнего В.Н. Перспективы замены люминесцентных ламп на световые модули на объектах метрополитена // МЕТРО INFO International. – 2015. – № 2. – С. 42–46.
3. Дейнего В.Н. Светодиодные лампочки для светильников тоннелей метрополитена // Метро и тоннели. – 2010. – № 2. – С. 26–29.
4. Дейнего В.Н. Современные светотехнические решения для метрополитена // Метро и тоннели. – 2009. – № 5. – С. 24–27.
5. Дейнего В.Н., Курьшев В.А. Безопасность перевозок пассажиров в условиях световой среды энергосберегающего освещения // МЕТРО INFO International. – 2014. – № 1. – С. 34–36.
6. Зак П.П., Островский М.А. Потенциальная опасность освещения светодиодами для глаз детей и подростков [Электронный ресурс] // Энергосовет. – 2012. – Т. 24, № 5. – URL: [http://www.energosoвет.ru/bul\\_stat.php?id=333](http://www.energosoвет.ru/bul_stat.php?id=333) (дата обращения: 10.07.2016).
7. Изменения сосудистой оболочки глаза разновозрастных групп японского перепела *Coturnix Japonica* в зависимости от спектрального состава освещения / А.О. Сигаева, Н.Б. Сержникова, Л.С. Погодина, Н.Н. Трофимова, О.А. Дадашева, Т.С. Гурьева, П.П. Зак // Сенсорные системы. – 2015. – Т. 29, № 4. – С. 354–361.
8. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Риски влияния света светодиодных панелей на состояние здоровья оператора // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 4. – С. 37–46.
9. Кравец С.М. Архитектура вагона метро // Метрострой. – 1933. – № 7. – С. 20.
10. Мариса Робле Консе (Marisa Robles Consee). Исследование рынка: светодиоды на пике популярности [Электронный ресурс] // Полупроводниковая Светотехника. – 2011. – № 1. – URL: [http://www.led-e.ru/articles/led-market/2011\\_1\\_10.php](http://www.led-e.ru/articles/led-market/2011_1_10.php) (дата обращения: 14.07.2016).
11. Профилактика глазных заболеваний у детей и подростков в учебных помещениях со светодиодными источниками света первого поколения / В.Н. Дейнего, В.А. Капцов, Л.И. Балашевич, О.В. Светлова, Ф.Н. Макаров, М.Г. Гусева, И.Н. Кошиц // Российская детская офтальмология. – 2016. – № 2. – С. 57–73.
12. Фотоиндуцированные изменения субклеточных структур ретинального пигментного эпителия перепела / П.П. Зак, Н.Б. Сержникова, Л.С. Погодина, Н.Н. Трофимова, Т.С. Гурьева, О.А. Дадашева // Biochemistry. – 2015. – Т. 80, № 6. – С. 931–936.
13. AMA Adopts Community Guidance to Reduce the Harmful Human and Environmental Effects of High Intensity Street Lighting [Электронный ресурс] // American Medical Association. – 2016. – June 14. – URL: <http://www.ama-assn.org/ama/pub/news/news/2016/2016-06-14-community-guidance-street-lighting.page> (дата обращения: 10.07.2016).
14. De Boer J.B., Schreuder D. Glare as a criterion for quality in street lighting // Light Res Technol. – 1967. – № 32. – P. 117–135.
15. Discomfort glare from headlamps: interactions among spectrum, control of gaze and background light level / J.D. Bullough, J. Van Derlofske, C.R. Fay, P. Dee // SAE Technical Paper 2003-01-0296. – 2003. DOI: 10.4271/2003-01-0296.
16. Dorleans G. World Harmonization and Procedures for Lighting and Signaling Products [Электронный ресурс] // SAE Technical Paper 970913. – 1997. DOI: 10.4271/970913. – URL: <http://papers.sae.org/970913/> (дата обращения: 18.07.2016).

17. Effects of turn-signal colour on reaction times to brake signals [Электронный ресурс] / Juha Luoma, Michael J. Flannagan, Michael Sivak, Masami Aoki, Eric C. Traube // *Ergonomics*. – 1997. – Vol. 40, № 1. – P. 62–68. DOI: 10.1080/001401397188378. – URL: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/001401397188378>. (дата обращения: 18.07.2016).
18. Fry G. Evaluating Disability Effects of Approaching Automobile Headlights // *Highway Research Bulletin*. – 1954. – № 89. – P. 38–42.
19. Risk of breast cancer in female flight attendants: a populationbased study (Iceland) / V. Rafnsson, H. Tulinius, J.G. Jonasson [et al.] // *Cancer Causes Control*. – 2001. – Vol. 12, № 2. – P. 95–101.
20. Sullivan J.M., Flannagan M.J. The Influence of Rear Turn Signal Characteristics on Crash Risk // *Journal of Safety Research*. – 2012. – Vol. 43, № 1. – P. 59–65.
21. Taylor G.W., Ng W.K. Measurement of Effectiveness of Rear-Turn-Signal Systems in Reducing Vehicle Accidents From An Analysis of Actual Accident Data // *Society of Automotive Engineers, Inc.* – 1981, Warrendale, PA.
22. Woerdenweber B., Wallaschek J., Boyce P. *Automotive Lighting and Human Vision*. – Springer. – 2010. – P. 95–96. ISBN 3540366970.

*Капцов В.А., Дейнего В.Н. Транспортная светотехника: риски здоровью персонала и пассажиров // Анализ риска здоровью. – 2016. – №3. – С. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2016.3.01*

UDC 614.5:644.36

DOI: 10.21668/health.risk/2016.3.01.eng

## TRANSPORT ILLUMINATION: HEALTH RISKS FOR PERSONNEL AND PASSENGERS

V.A. Kaptsov<sup>1</sup>, V.N. Deinego<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSUE "All-Russian Research Institute of Railway Hygiene" of Rospotrebnadzor, 1 Pakgauznoe Shosse st., Bldg. 1, Moscow, 125438, Russian Federation

<sup>2</sup>LLC "New Energy Technologies", 100 Novaya, Odintsovsky district, Moscow region, village Skolkovo, 143025, Russian Federation

---

*The hygienic aspects of the transport illumination and the risks of the negative impact of LED lighting on the health of operators, drivers and passengers have been investigated. The transport illumination is a subject of the longitudinal research of the light effect of the beam and signal lights on driver's reaction and dazzle. The study of the vehicles' light effect on passengers' health was not carried out because for the illuminating of the passenger compartments the incandescent bulbs were used, the characteristics of which are well known. Increasing of the duration of trips, their intensity and the replacement of incandescent lamps to LED lamps makes these studies more urgent. Particular attention is drawn on the fact that the transport system transports millions of passengers and children who are regularly exposed to excessive doses of blue light. The blue light time exposure is more than an hour per trip within the city and more than 5 hours during travel between the cities. The specialists of N.M. Emanuel Institute of Biochemical Physics RAS have indicated that modern white LEDs have expressed emission band in blue spectrum 440-460 nm that is entirely attributable to the spectrum of action of retinal photochemical damage and its pigment epithelium. Such extensive emission poses a hazard to the eyes of children and adolescents, because their crystalline lenses are almost twice as transparent in the dark-blue and blue spectrum area than those in adults. Retinal photochemical damage develops in distant time and can cause gradual, irreversible visual impairment. The risks of negative impact especially increase in the application of blue LED for interior lighting passenger vehicles. It was demonstrated that at the retinal cells' affection by the excessive dose of the blue light the consequences have delayed character. The results of the accelerated assessment of the retina damage in Japanese quails (*Coturnix japonica*). The eyes of these birds are a complete analog of human eyes. It has been shown that moderate daily blue LED lighting of the young animals induces 1.5 times overload of the cellular metabolism of the retina, resulting to its accelerated aging and functional activity suppression of the blood-retinal barrier structures.*

**Key words:** *excessive dose of dark blue, dark blue danger, transport illumination, blue light-emitting diodes, blood-retinal barrier, eye retinal damage.*

---

© Kaptsov V.A., Deinego V.N., 2016

**Kaptsov Valeriy Alexandrovich** – Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, prof., Head of the Occupational Health Department (e-mail: [kapcovva39@mail.ru](mailto:kapcovva39@mail.ru); tel.: + 7 (499) 15-33-628).

**Deinego Vitaly Nikolayevich** – Project Manager for Lighting LLC (e-mail: [aet@aetechnologies.ru](mailto:aet@aetechnologies.ru); tel.: + 7 (495) 280-76-07).

## References

1. Deinego V.N. Vybór koncepcii postroenija bezopasnoj i jenergoberegajushhej sistemy osveshhenija. Ne imejushhij strategii – zhertva chuzhoj taktiki! [Choice of the concept of building a secure and energy-saving lighting system. Not having a strategy - a victim of someone else's!]. *KABEL'-news*, 2012, no. 2, pp. 50–64. Available at: <http://www.kabel-news.ru> (10.06.2016) (in Russian).
2. Deinego V.N. Perspektivy zameny ljuminescentnyh lamp na svetovye moduli na obektah metropolitena [Prospects for replacement of the fluorescent lamps on the lighting units on the underground facilities]. *METRO INFO International*, 2015, no. 2, pp. 42–46 (in Russian).
3. Deinego V.N. Svetodiodnye lampochki dlja svetil'nikov tonnelej metropolitena [LED bulbs for lamps of the underground tunnels]. *Metro i tonneli*, 2010, no. 2, pp. 26–29 (in Russian).
4. Deinego V.N. Sovremennye svetotekhnicheskie reshenija dlja metropolitena [Modern lighting solutions for metro]. *Metro i tonneli*, 2009, no. 5, pp. 24–27 (in Russian).
5. Deinego V.N., Kuryshev V.A. Bezopasnost' perevozok passazhirov v uslovijah svetovoj sredy jenergoberegajushhego osveshhenija [Safety of passenger traffic in conditions of energy-saving lighting environment]. *METRO INFO International*, 2014, no.1, pp. 34–36 (in Russian).
6. Zak P.P., Ostrovskij M.A. Potencial'naja opasnost' osveshhenija svetodiodami dlja glaz detej i podrostkov [The potential danger of LED lighting for the eyes of children and adolescents]. *Jenergsovet*, 2012, vol. 24, no. 5. Available at: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?id=333](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?id=333) (10.07.2016) (in Russian).
7. Sigaeva A.O., Serezhnikova N.B., Pogodina L.S., Trofimova N.N., Dadasheva O.A., T.S. Gur'eva, Zak P.P. Izmenenija sosudistoj obolochki glaza raznovozrastnyh grupp japonskogo perepela Coturnix Japonica v zavisimosti ot spektral'nogo sostava osveshhenija [Changes of the choroid of different age groups of Japanese quails Coturnix japonica depending on the spectrum composition of illumination]. *Sensornye sistemy*, 2015, vol. 29, no. 4, pp. 354–361 (in Russian).
8. Kaptsov V.A., Deinego V.N. Riski vlijanija sveta svetodiodnyh panelej na sostojanie zdorov'ja operatora [Influence risks of the led panel light on an operator's health]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2014, no. 4, pp. 37–46 (in Russian).
9. Kravets S.M. Arhitektura vagona metro [Architecture of a subway car]. *Metrostroj*, 1933, no. 7, 20 p. (in Russian)
10. Marisa Roble Konse (Marisa Robles Consee). Issledovanie rynka: svetodiody na pike populjarnosti [Market research: LEDs are at the peak of popularity]. *Poluprovodnikovaja Svetotekhnika*, 2011, no.1, available at: [http://www.led-e.ru/articles/led-market/2011\\_1\\_10.php](http://www.led-e.ru/articles/led-market/2011_1_10.php) (14.07.2016) (in Russian).
11. Deinego V.N., Kaptsov V.A., Balashevich L.I., Svetlova O.V., Makarov F.N., Guseva M.G., Koshits I.N. Profilaktika glaznyh zabolevanij u detej i podrostkov v uchebnyh pomeshhenijah so svetodiodnymi istochnikami sveta pervogo pokolenija [Prevention of eye diseases in children and adolescents in classrooms with LED light sources of the first generation]. *Rossijskaja detskaja oftal'mologija*, 2016, no. 2, pp. 57–73 (in Russian).
12. Zak P.P., Serezhnikova N.B., Pogodina L.S., Trofimova N.N., Gur'eva T.S., Dadasheva O.A. Fotoinducirovannye izmenenija subkletocnyh struktur retinal'nogo pigmentnogo jepitelija perepela [Photoinduced changes in subcellular structures of the retinal pigment epithelium from the Japanese quail Coturnix japonica]. *Biochemistry*, 2015, vol. 80, no. 6, pp. 931–936 (in Russian).
13. AMA Adopts Community Guidance to Reduce the Harmful Human and Environmental Effects of High Intensity Street Lighting. *American Medical Association*, June 14, 2016. Available at: <http://www.ama-assn.org/ama/pub/news/news/2016/2016-06-14-community-guidance-street-lighting.page> (10.07.2016)
14. de Boer J.B., Schreuder D. Glare as a criterion for quality in street lighting. *Light Res Technol*, 1967, no. 32, pp. 117–135.
15. Bullough J.D., Van Derlofske J., Fay C.R., Dee P. Discomfort glare from headlamps: interactions among spectrum, control of gaze and background light level. *SAE Technical Paper 2003-01-0296*, 2003. DOI: 10.4271/2003-01-0296.
16. Dorleans G. World Harmonization and Procedures for Lighting and Signaling Products. *SAE Technical Paper 970913*, 1997. DOI: 10.4271/970913. Available at: <http://papers.sae.org/970913/> (18.07.2016)
17. Juha Luoma, Michael J. Flannagan, Michael Sivak, Masami Aoki, Eric C. Traube. Effects of turn-signal colour on reaction times to brake signals. *Ergonomics*, 1997, vol. 40, no. 1, pp. 62–68. DOI: 10.1080/001401397188378, available at: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/001401397188378> (18.07.2016)
18. Fry G. Evaluating Disability Effects of Approaching Automobile Headlights. *Highway Research Bulletin*, 1954, no. 89, pp. 38–42.
19. Rafnsson V., Tulinius H., Jonasson J.G., [et al.]. Risk of breast cancer in female flight attendants: a populationbased study (Iceland). *Cancer Causes Control*, 2001, vol. 12, no. 2, pp. 95–101.
20. Sullivan J.M., Flannagan M.J. The Influence of Rear Turn Signal Characteristics on Crash Risk. *Journal of Safety Research*, 2012, vol. 43, no. 1, pp. 59–65.
21. Taylor G.W., Ng W.K. Measurement of Effectiveness of Rear-Turn-Signal Systems in Reducing Vehicle Accidents From An Analysis of Actual Accident Data. *Society of Automotive Engineers, Inc*, 1981, War-rendale, PA.
22. Woerdenweber B., Wallaschek J., Boyce P. Automotive Lighting and Human Vision. Springer, 2010, pp. 95–96. ISBN 3540366970.

Kaptsov V.A., Deinego V.N. Transport illumination: health risks for personnel and passengers. *Health Risk Analysis*. 2016, no. 3, pp. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2016.3.01.eng