**Глава 12.**

**СОВРЕМЕННАЯ ПАРАДИГМА ВОСПРИЯТИЯ СВЕТА  И  ГИГИЕНА ЗРЕНИЯ ПРИ СВЕТОДИОДНОМ   ОСВЕЩЕНИИ**

**Капцов В.А. , Дейнего В.Н.**

      Новые открытия в физиологии зрения, а также  оптические и спектральные особенности  светодиодных источников света (светодиодных ламп, светодиодных экранов мониторов)  привели к необходимости смены  классической парадигмы  восприятия света.  И  это обстоятельство надо учитывать при  разработке правил по гигиене  зрения при светодиодном освещении и других энергосберегающих источниках света.

Классическая парадигма восприятия света была основана на знаниях о кривой видимости.    В    настоящее время сетчатку глаза рассматривают преимущественно в качестве рецепторной части зрительного анализатора. У всех позвоночных, включая человека, нервные сигналы, индуцированные оптическими стимулами, поступают из сетчатки в кору головного мозга. Эту модель по традиции используют в современной медицине и физиологии для объяснения фотобиологических эффектов,  которые обычно представляют как цепь последовательных событий: преобразование оптической энергии палочками и колбочками → проведение нервных импульсов оптическим нервом к зрительным центрам → изменение активности головного мозга → вторичное возбуждение/торможение в соответствующих вегетативных и других нервных центрах.

      С точки зрения системного подхода, существующая парадигма восприятия света  позволяет рассматривать  этот сложный процесс как                 совокупность простых   систем   (процессов)  с обратными связями, среди которых основным является  преобразование  оптических сигналов в совокупность электрических сигналов. Эти сигналы и поступают в мозг человека для формирования зрительного образа.

      Однако со второй половины ХIХ века в литературе стали накапливаться экспериментальные свидетельства тому, что сетчатка имеет нервные связи также и с другими структурами мозга, а глаз при воздействии на него энергии оптического диапазона участвует в регуляции и модуляции различных функций организма и психики. И такие процессы осуществляются независимо от зрения. Анализ этих поначалу разрозненных данных стимулировал дальнейшие детальные исследования морфологии и функционального назначения связей сетчатки и головного мозга в «незрительном» контуре.(1,2).

   В рассмотренных выше  парадигмах  восприятия света глаз и его составляющие рассматриваются как статические и преобразующие  элементы, но по факту они существуют в этом световом потоке и создают сложные внутренние связи для формирования  информационных электрических сигналов. От влияния ширины спектра светового потока зависит   восстановление из витамина «А» светочувствительных пигментов в сетчатке  и  для этого в спектре должны присутствовать длины волн 380нм, 480нм, 500нм и 540нм. А как известно, в спектре светодиодов отсутствует волны длинной 380нм и 480нм.

Это подтверждают открытия новых свойств известных клеток глаза (3). Древний светочувствительный опсин - меланопсин под действием света управляет формированием нервной системой глаза, гормонами вазопрессином, мелатонином, кортизолом, а также формируют сигнал для уменьшения диаметра зрачка.  Амакриновые клетки - управляют ростом склеры (меня оптическую ось глаза).  Мюллеровские клетки – осуществляют первичную обработку светового потока и управляют  межклеточным движением различных веществ и  воды.  Все это говорит о том, что параметры и характеристики света влияют на самоорганизацию клеток глаза и его структуру в целом. С эволюционной точки зрения человек и его глаз формировались в условиях солнечного света. Глаз приспособлен не к самому Солнцу, а к солнечному свету, рассеянному от окружающих тел. Он растет и формируется (геометрия оптической системы) в условиях спектра солнечного света. При искусственном  освещении  формирование глаза может видоизменяться.

        Помимо света в глаз через кровеносную систему поступают (или выводятся) химические элементы, и различные биохимические соединения. Система, имеющая свою "внешнюю среду", откуда она черпают все необходимые компоненты для своего существования, определяется как синергетическая  система.  В этой системе циркулирует поток информации в виде сложных пачек импульсов электрических сигналов. При этом первичная пачка импульсов дополняется по мере прохождения сигналов через слои различных клеток сетчатки глаза. В условиях светодиодного освещения этот поток информации может искажаться и ложно трактоваться ( перепутывание цветов сигналов,  неверное восприятие цвета или ложное формирование в мозгу ребенка цветовой матрицы).

Последние исследования, проводимые в разных странах мира, по влиянию различных искусственных источников света на человека, показали, что энергосберегающие лампы и лампы на светодиодах имеют резкий спад (большой провал) в спектре на 480 нм. В диапазоне максимальной чувствительности глаза (меланопсин — 460—480 нм) спектральные характеристики светодиодных ламп и ламп накаливания пересекаются, образуя крест, который назван меланопсиновым [2]. На рис. 1 представлено графическое представление эффекта меланопсинового креста при сравнении спектра светодиода и лампы накаливания.

Основное соотношение эффекта меланопсинового креста можно представить

как неравенство вида: I460 нм  I480 нм, где I460 нм — амплитуда яркости при 460 нм; I480 нм — амплитуда яркости при 480 нм.

При солнечном свете соотношение различных составляющих его спектров является адекватным и не приводит к излишней напряжённости глаза человека, даже при возможном появлении эффекта меланопсинового креста. При большой дозе синего в спектре освещения меланопсин М1Brn3b+ формирует сигнал на уменьшение диаметра зрачка. Тем самым уменьшает

энергетическую освещённость сетчатки глаза, защищая её от воздействия большой дозы синего света.



Рис.1. Меланопсиновый крест на пересечении кривых спектров ламп накаливания и светодиодов в диапазоне от 460 до 480 нм

Проблемы информационной безопасности человека в условия современной световой среды широко обсуждаются в ГУ НИИ медицины труда РАМН, и она классифицируется как информационная гигиена.

          Исходя из выше сказанного триада «источник света – глаз - человек»   является  сложной  самоорганизующейся синергетической  системой  со свертыванием информации в процессе ее упорядочения. Такой подход позволяет установить как малые линейные  изменения входных параметров (потока света и потока (оттока) веществ и воды) которые  влияют на нелинейные изменения внутри системы (сетчатки, стекловидного тела), так  и на   внутреннее состояние ее составных частей (клеток)         Эти клетки впервые были описаны немецким анатомом [Генрихом Мюллером](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%8E%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80,_%D0%93%D0%B5%D0%BD%D1%80%D0%B8%D1%85_(%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC)) (1820—1864). Особенностью мюллеровских клеток является то, что они простираются от [внутренней](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B0)  (граничит со [стекловидным телом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BE)) до [внешней пограничной мембраны](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D0%B5%D1%88%D0%BD%D1%8F%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B0).   При [отслоении сетчатки](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%82%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B8) нарушается архитектоника клеток Мюллера.  Результаты исследования, проведённого в [университете Лейпцига](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B9%D0%BF%D1%86%D0%B8%D0%B3%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82) в [2007 году](http://ru.wikipedia.org/wiki/2007_%D0%B3%D0%BE%D0%B4), показали, что клетки Мюллера имеют и светопроводные функции. Они собирают  свет с передней поверхности сетчатки и проводят его к [фоторецепторам](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%82%D0%BE%D1%80), размещенным на задней её поверхности, подобно [оптоволоконному](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BD%D0%BE) кабелю.    Без мюллеровских клеток или их повреждении  свет будет попадать на фоторецепторы в рассеянном виде, что приведет к снижению [остроты зрения](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8B_%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F).  Мюллеровские клетки эффективно работают в условиях рассеянного света, так как их фоконы собирают и транслируют свет по тонкому органическому оптоволокну, которое имеет по длине переменный коэффициент преломления, к палочкам и колбочкам. Яркий точечный источник света образует  узконаправленный  луч света, что  приводит к резкому возрастанию плотности электромагнитной энергии в оптическом волокне  Мюллеровской клетки, что негативно сказывается на ее работе по управлению межклеточным потоком веществ,  как по их питанию, так и по утилизации отходов их жизнедеятельности. Например,    клетки Мюллера реагируют на чрезмерный  поток  синего света, при этом нарушается работа белка     аквапорин-4 в канале отвода воды из клетки.    Аквапорин-4 - белок, представитель семейства аквапоринов, образующих водопроводящие каналы в клеточных мембранах. При нарушении его работы под действием избытка воды мюллеровская клетка отекает и нарушается ее работа по межклеточному транспорту веществ. Поток синего света угнетающее действует также и  на митохондрии клеток глаза, что отрицательно сказывается, на их стойкости к воздействию свободных радикалов и способности к делению.

            Для защиты от потока света глаз как система имеет свою защиту, которая изменяет диаметр зрачка. Согласно открытому «эффекту меланопсинового креста» при светодиодном освещении глаз больше открыт, чем при солнечном свете, при равной освещенности на сетчатке, поэтому большая доля синего попадает на клетки сетчатки глаза.

         В лаборатории Национального  института  метрологических  исследований (г. Турин)  были проведены измерения диаметра зрачка в зависимости от спектра источника света (ламп накаливания, галогенной лампы и белых светодиодов), а   результаты  представлены в отчете  (Proceeding sof CIE2012 «Lighting Quality and Energy Efficiency» 19-21 september 2012.)  Из приведенных результатов измерений (5) видно, что диаметр зрачка глаза при светодиодном свете значительно больше, чем   при свете лампы накаливания (при светящемся объекте D= 100мм) и увеличивается по мере уменьшения диаметра  светящегося пятна.

Корейская фирма Luvis использующая светодиоды в медицинских светильниках для операционных в своих материалах приводит результаты качественной оценки диаметра зрачка глаза при светодиодном освещении и при освещении галогенными лампами рис. ,

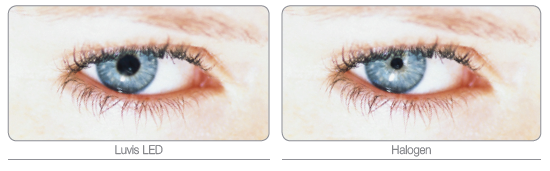


Рис. . Изменения диаметра зрачка глаза при светодиодном и галогенном освещении

     При этом необходимо отметить, что диаметр зрачка глаза при светодиодном освещении значительно превышает рекомендованное  его значения по IEC 62471.    Это очень важно не только с точки зрения фотобиологической безопасности, но и для оценки уровня подавления мелатонина от дозы синего света. Исследователи под руководством Марка Ри, директора Центра исследований света в Нью-Йорке подсчитали, что один час воздействия     света от дисплеев компьютеров   снижает уровень мелатонина на 7–20%.

    Наш подход по  оценке влияния светодиодного света на глаза и здоровье человека   учитывает, что красный свет и  синий свет   по разному влияют   на митохондрии  клеток.

 Механизмы воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения на организм человека достаточно изучены и применяются для лечения многих заболеваний. Применение лазерного лечения основывается на взаимодействии света с биологическими тканями, и при фотохимическом воздействии поглощенный биотканями свет возбуждает в них атомы и молекулы, вызывает фотохимические реакции синтеза или распада молекул. Полученный в клетке сигнал усиливается и трансформируется, происходит активизация ферментов и биосинтетических процессов в клетке и достигается макроэффект в виде ускорения пролиферации клеток. Биологическое действие света на живой организм сопряжено с поглощением квантов определенной длины волны специальной фоторегулирующей системой, которая включает пигмент из группы порфиринов. Взаимодействие данного фотоакцептора с квантом красного света вызывает активацию окислительных систем с последующей перестройкой системы РНК, ДНК и белков, что ведет к изменению синтетической активности клеток. Одновременно с синтетической функцией происходит активация биохимических реакций с инициацией ферментов активных аллостерических центров и ростом их количества. С одной стороны, низкоинтенсивное лазерное излучение взаимодействует с гемоглобином и переводит его в более выгодное конфирмационное состояние для транспорта кислорода. Увеличение оксигенации способствует усилению метаболизма клеток крови и других тканей организма в целом. С другой стороны, красный квант "лазерного излучения" повышает образование энергетической "валюты" клеток – аденозинтрифосфата АТФ, которая синтезируется в митохондриях клеток организма человека и клетках сетчатки глаза. Синтез АТФ осуществляется в протонных моторах, работа которых достаточно изучена.

Аденозинтрифосфатсинта́за (АТФсинта́за) -класс [ферментов](http://poddonmsk.ru/skati-0/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82), синтезирующих [аденозинтрифосфат](http://poddonmsk.ru/skati-0/%D0%90%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%84%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B0%D1%82) (АТФ) из [аденозиндифосфата](http://poddonmsk.ru/skati-0/%D0%90%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D1%84%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B0%D1%82) (АДФ) и неорганических [фосфатов](http://poddonmsk.ru/skati-0/%D0%A4%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B0%D1%82). Энергию для синтеза АТФ-синтаза часто получает от [протонов](http://poddonmsk.ru/skati-0/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD), проходящих по [электрохимическому градиенту](http://poddonmsk.ru/), например из просвета [хлоропласта](http://poddonmsk.ru/skati-0/%D0%A5%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82) в его [строму](http://poddonmsk.ru/skati-0/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0), или же из межмембранного пространства в [матрикс](http://poddonmsk.ru/skati-0/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D1%81) [митохондрии](http://poddonmsk.ru/skati-0/%D0%9C%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B8%D1%8F). Реакция синтеза такова:

АДФ + Фн → АТФ + H2O

АТФ - синтазы очень важны для жизнедеятельности почти всех организмов, так как АТФ относится к так называемым макроэргическим соединениям, при гидролизе которых происходит освобождение значительного количества энергии. Хорошо известны четыре основные системы активного транспорта ионов в живой клетке:

1. Na+ - K+,

2. Ca++,

3. H+,

4. Протонный (в дыхательной цепи митохондрий).

Во всех случаях перенос ионов через мембрану производится за счет энергии гидролиза АТФ (специальными ферментами переносчиками), называемыми транспортными АТФ - азами. Клеточная мембрана одинаково проницаема для обоих ионов. Поэтому, для поддержания асимметрии осуществляется противоградиентный перенос при помощи Na+ - K+ - АТФ-азы или Na+ - K+ насоса (помпы), за счет энергии освобождающейся при гидролизе АТФ.

где Фн - неорганический фосфат;

G- энергия, которая освобождается при гидролизе АТФ для осуществления активного транспорта Na+ и K+.

    Эффективность работы протонного мотора зависит от потока положительно заряженных ионов водорода (Н+ ) и оптимальной концентрацией  активных форм кислорода (АФК).   В норме в организме человека действует сложная система антиоксидантной защиты, которая, с одной стороны предотвращает повреждение биомолекул, а с другой – поддерживает содержание АФК на уровне, достаточном для выполнения физиологической функции [6]. . АФК вызывают окислительный стресс – это нарушение баланса между продукцией свободных радикалов и механизмами антиоксидантного контроля их содержания, которое сопровождается повышенной скоростью образования свободных радикалов и снижением антиоксидантной системы, которая приводит к гибели клетки  (7).Оптимальное значение АФК поддерживается дозой антиоксиданта - мелатонином, которая в значительной степени зависит от дозы синего в спектре света.

При  светодиодном освещении в спектре света преобладает доза синего света, которая   подавляет выработку мелатонина. Этот же механизм подавления мелатонина характерен и для светодиодных экранов мониторов.   Снижение   концентрации мелатонина  в крови приводит  к ее снижению  в митохондриях клеток организма человека. При этом повышается не скомпенсированная доза активной формы кислорода (АФК), которая  вызывает окислительные повреждения ДНК, белков и мембранных липидов, что приводит к «протонной протечке мембраны» и остановке протонного мотора по  синтезу АТФ.

Например, при воздействии дозы синего света на митохондрии  ганглиозных клеток происходит увеличение концентрации АФК и уменьшение концентрации их регулятора мелатонина (4). Это запускает механизм гибели клетки из - за снижения энергетического потенциала  ее митохондрии- нарушения  синтеза АТФ и накопления биологического «мусора» в митохондрии и клетке за счет нарушения  транспорта К+. и Na+ .

    Другие механизмы поражения  светочувствительных клеток (палочек и колбочек) сетчатки подробно рассмотрены в работах сотрудников ФГБУН ≪Институт биохимической физики им. Н.М. Эммануэля РАН≫ доктора биологических наук профессора Зака П.П и академика РАН доктора биологических наук профессора Островского М.А.(5 )

 Из приведенной современной парадигмы восприятия света следуют, что при   отработке мероприятий по    гигиене глаза следует обратить внимание на следующие факты:

* ·       в сетчатке глаза   первыми подвергаются воздействию света   клетки Мюллера и ганглиозные клетки, а потом остальные клетки;
* ·       повышенная доза синего света в спектре светодиодного освещения приводит к подавлению выработки мелатонина и как следствие к повышению концентрации АФК   в митохондриях ганглиозных клеток организма человека, что не способствует эффективному работы протонного мотора синтеза АТФ;
* светодиод создает высокоинтенсивное световое излучение с большой дозой синего в спектре света, а фоконы клеток Мюллера фокусируют рассеянный свет в малой области пространства;
* · опасно применять светодиодные светильники без рассеивателей, а при  их выборе    необходимо предусматривать диффузионное рассеивание (матовый, опаловый );
* светодиодный источник света должен продуцировать в спектре длину волны 480нм и при этом должны соблюдаться условия, по исключению «эффекта меланопсинового креста»;
* оценки рисков фотобиологической безопасности должны учитывать , что диаметр зрачка глаза не должен превышать 3мм, рекомендованных  IEC 62471 .
* спектр светодиодных источников света должен лежать в пределах чуть менее 380нм и чуть более 670нм, обеспечивая условия для восстановительных процессов в сетчатке глаза человека и обеспечения индекса цветопередачи более 95;
* нормы освещенности среды обитания человека и рабочих мест должны выбираться исходя не только из обеспечения требуемого уровня производительности труда, спектрального состава источника света, но и возможного биологического воздействия света на здоровье человека;
* доза синего света в спектре должна быть увязана с биоритмами человека и оказывать минимальное влияние на содержание мелатонина в его крови;
* влияние дозы красного света (630нм) в спектрах  белых светодиодов и светодиодных экранов (мониторов) на стекловидное тело глаза нуждается в проведении дополнительных исследований.

               Предложенный нами  подход к изучению влиянии светодиодного света на здоровье человека должен принудить производителей к внедрению безопасных источников света. Используя  эту   парадигму восприятия света   коллективом авторов Дейнего В.Н, Уласюком В.Н и Сощиным П.Н. был  разработан  светодиодный источник белого света с комбинированным удаленным фотолюминесцентным конвертером,  что позволило синтезировать спектр света, который адекватен биологии восприятия света глазом человека (10). Не смотря на жесткую патентную конкуренцию, этот способ был подтвержден авторским свидетельством в России и патентами   Европейских стран и США.

    Работы по корректировке спектра светодиодных источников света ведут такие мировые производители как фирма CREE ( технологию Filament Tower) и  компания  SORAA, главный идеологом  которой является отец современных белых светодиодов профессор Суджи Накамура. Его компания разработала светодиодные лампы со спектром адекватным  галогенным лампам, при отсутствии в спектре новых ламп  провала в области 480нм и выброса  дозы синего света  в области 460нм.   Китайская компания About Aoming Electronic Co в 2013году  приступила к выпуску светодиодных светильников с инновационным спектром света, который, как они считают  «заботится о глазах человека» (9).

Здоровье населения — один из показателей, определяющих экономический, интеллектуальный и культурный потенциал страны. Статья 41 Конституции РФ гла­сит: "Каждый имеет право на охрану здоровья", которое в значительной степени зависит от качества воды, продуктов питания, воздуха и света. Влияние качества света на здоровье и глаза человека хорошо изучены в рамках классических моделей восприятия света от таких источников как солнце, лампы накаливания, галогенные лампы. Последние исследования влияния света новых энергосберегающих источников на здоровье человека показали, что освещение из проблемы чисто гигиенической стало проблемой социально-экономической (11,12). Одним из важных аспектов гигиенической науки является обеспечение гармонического равновесия между воздействием факторов внешней среды и функциональным состоянием организма человека.

В преддверии массового внедрения новых люминесцентных энергосберегающих и светодиодных источников света и исполнения Федерального закона Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ «О энергосбережении..» специалисты Международной ассоциации «Метро» провели сбор и анализ информации о воздействии света на функции глаза и здоровье сотрудников метрополитена и пассажиров (12). Результаты этой работы легли в основу обращений в аппарат РОСПОТРЕБНАДЗОРА и Правительства РФ.

В 2010 году специалисты РОСНАНОТЕХНОЛОГИИ совместно со специалистами НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков НЦЗД РАМН провели комплекс исследований по влиянию светодиодного освещения на детей и подростков. Критерием гигиенической оценки служила динамика психофункционального состояния добровольцев-волонтеров при значительной зрительной и умственной нагрузке при работе в условиях общего освещения, с использованием светодиодов и люминесцентных ламп. Оценивались два типа светодиодных светильников - с рассеивателем и без него по рекомендациям НИИ СФ РАН. Основные результаты эксперимента проведенного Научным центром здоровья детей РАМН показали, что при использовании светодиодного светильника Beta Lux 1-30 работоспособность повысилась на 12%, а утомляемость не превышала показателей контрольной группы. В тоже время эти же исследователи обнаружили, что при освещении светильником, изготовленным по рекомендации НИИ СФ, работоспособность и утомляемость волонтеров ухудшалась в два раза. Несмотря на то, что светильники этого типа занимают большую часть рынка светодиодных светильников (более 87%), результаты их испытаний не были использованы при подготовке нормативных документов. Сегодня в Европе широко обсуждается документ Научного комитета по новым и вновь выявленным рискам для здоровья SCENIHR «Медицинские аспекты последствия искусственного света» (3). Европейский Союз выпустил Зеленую книгу под названием «Освещение будущего: ускорение развертывания инновационных технологий освещения", в которой отмечается:

• раздел 2.2. — «государства несут ответственность за безопасность светодиодной продукции, продаваемой на светотехническом рынке Европы»;

• в подразделе «проблемы биологической безопасности («синий свет опасности»)» эта проблема поднята в связи с воздействием на сетчатку глаза человека обусловленного большой доли синего в общем спектре белого светодиода. Предварительные рекомендации Научного комитета по новым и вновь выявленным рискам для здоровья (SCENIHR) следующие — «рассмотреть меры по уменьшению злоупотребления искусственным освещением в целом».

Учитывая влияние спектра светодиодов на функции глаза и здоровье машинистов, специалисты ВНИИЖГ провели исследования по влиянию светодиодного света и света от штатных ламповых светильников на их психофизиологическое состояние. Обобщенные результаты этих исследований перекликаются с оценками дискомфортности, полученными в США при исследовании воздействия света на глаза водителей.

Проведенные исследования обозначают проблему, но не вскрывают глубинные причинно-следственные связи воздействия синего света на функции глаза и здоровье человека. Французское агентство ANSES по продовольственной, экологической безопасности и гигиене труда, опубликовало доклад: "Системы освещения с использованием светодиодов: здоровье? вопросы для рассмотрения". В нём отмечено, что фотобиологический стандарт безопасности (EN 62471) плохо приспособлен к системам освещения светодиодами. Этот стандарт построен по модели «световая среда – сетчатка глаза». При этом сетчатка рассматривалась как общая интегральная биосреда подвергающаяся световой радиации. Учитывая эти особенности стандарта EN 62471 и опыт ранее проведенных исследований была отработана методология исследования влияния света энергосберегающих источников света на функции глаза и здоровье человека , в основу которой были положены следующие принципы:

* глаза человека - это часть мозга, вынесенная на периферию;
* имеет место эффект накопления поражений от воздействия свободных радикалов, образующихся под воздействием синей части спектра света;
* фоточувствительные клетки глаз связаны с системой гипоталамуса - -- гипофиз и гипоталамус - эпифиз;
* все процессы, происходящие в организме человека, находят свой отклик в биофизическом состоянии систем глаза;
* через глаза спектр света воздействует в той или иной мере на все процессы, происходящие в организме человека;
* дефекты зрительной системы могут компенсироваться системой формирования зрительного образа.

С учетом этих принципов и последних открытий в области строения сетчатки глаза представлены модели восприятия света и его влияния на здоровье человека.

Таблица 1

Модели восприятия света

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модель восприятия света | Характеристика спектра света от светодиодов | Последствия воздействия света |
| RGB –модель(модель цветного зрения ) | Низкий коэффициент цветопередачи из-за большой дозы синего света в общем спектре света | Неадекватное формирование матрицы цветопередачи |
| Модель поражения сетчатки свободными радикалами | Большая доза синего света в общем спектре света | Поражение сетчатки от окислительного стресса при воздействии накопленной дозы синего света |
| Меланопсиновая модель | Большой выброс синего света на 460нм в общем спектре света | Подавление выработки мелатонина. Накопление дефицита мелатонина. |
| Выброс кортизола. |
| Провал в спектре на 480нм, которого нет в солнечном спектре | Неадекватное управление диаметром зрачка глаза по отношению к управлению при солнечном свете |
| Криптохромная модель | Большая доза синего света на 440нм,  наличие пульсирующего магнитного поля в среде обитания | Управление сезонными биологическими часами |
| Повышение чувствительности к выбросам магнитного поля |
| Модель деградации стекловидного тела | RGB – подсветка монитора | Появление в стекловидном теле эффекта «мушек» |

Все вышеперечисленные модели использовались нами для оценки воздействия спектра энергосберегающих и светодиодных ламп на функции глаза и здоровье человека.

В этих моделях одним из центральных показателей является диаметр зрачка глаза. Он определяет оптимальную освещенность сетчатки, и ее энергетическую освещенность, которая определяется по формуле:

Er=π∙Ls∙τ∙de2/(4∙f2),

где Er – энергетическая освещённость на сетчатке Вт/м2;

Ls – энергетическая яркость ИИ Вт/(ср∙м2);

τ – коэффициент пропускания глазных сред (стекловидного тела);

de – диаметр зрачка;

f – эффективное фокусное расстояние глаза.

Поэтому управление зрачком глаза должно быть адекватно по отношения к поражающей дозе синего света в спектре. Чем больше доза синего в спектре, тем меньше должен быть диаметр зрачка. Ниже приведены результаты измерений диаметра зрачка глаз операторов в ходе проведения комплекса гигиенических, физиологических, офтальмо-эргономических и светотехнических исследований в помещениях и на отдельных рабочих местах операторов БЩУ Трипольской ГРЭС. В исследованиях принимало участие 32 оператора в возрасте 25–55 лет со стажем работы 6–26 лет.

Таблица 2

Показатели изменения параметра зрачка у операторов блочных щитов управления электростанций в динамике трех рабочих смен при люминесцентном освещении лампами типа ЛБ-40(\*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рабочие смены | Первая смена | | | Вторая смена | | | Третья смена | | |
| 8часов | 12часов | 16часов | 16часов | 20часов | 24часов | 24часов | 4часа | 8часов |
| Диаметр зрачка глаза оператора,  мм | 3,6 | 5,1 | 6,4 | 4,9 | 6 | 6,7 | 4,5 | 5,5 | 6,1 |

(\*) - по данным В.Г. Мартиросова, Институт медицины труда АМН Украины.

Эти особенности изменения размера зрачка глаза необходимо учитывать при оценке фотобиологической безопасности источника света и его влияния на глаза и здоровье человека. Управление диаметром зрачка и «желтое пятно» является естественной защитой от синей части спектра рассеянного солнечного света.

Светодиоды белого света представляют опасность и для сетчатки глаза человека, так как высокоинтенсивный точечный источник света содержит большую долю синего света в своем спектре. Избыточное излучение в синей области спектра может приводить к фотохимическому повреждению сетчатки глаза (14,15). В реальных условиях эксплуатации белых светодиодов доля синего растет. На этот процесс обращается особое внимание в отчете ANSES - «Производители должны также принимать во внимание прогрессивный износ слоев люминофора у белых светодиодах, который со временем может привести к перемещению устройства из одного фотобиологической группы риска в более высокую группу риска».

Модели биохимического поражения сетчатки глаза от дозы синего света рассмотрены в трудах Островского М.А. и Зака П.П. и экспериментально подтверждены на белых мышах, при облучении их глаз белыми светодиодами фирмы Nichia (16,17и 18). Согласно полученным данным, существует корреляция между интенсивностью, спектральным составом света и развитием ряда глазных заболеваний.

В настоящее время проводятся исследования моделей восприятия света меланопсином, который содержится в ганглиозных клетках сетчатки глаза. Эти клетки имеют большое разнообразие типов. В настоящее время изучены ганглиозные клетки с меланопсином типа М1. Установлено, что меланопсин М1 Brn 3b+ влияет на центр управления зрачком, а М1 Brn 3b- на центр управления мелатонином и биологическими часами человека. При этом меланопсины разного типа имеют свои области максимальной фоточувствительности - для М1 Brn 3b- на 460нм, а М1 Brn 3b+ на 480нм . Синий свет через ганглиозные клетки и центры гипоталамуса воздействуют на эпифиз, в котором синтезируется мелатонин, далее на гипофиз и на надпочечники, которые вырабатывает кортизол и более 50 различных стероидных гормонов.

В Европе были проведены исследования (19) по утреннему пробуждению детей синим светом (время облучения 1час), которые показали, что это приводит к значительному выбросу кортизола, который в два и более раз превышает естественную норму и к эффекту «зависимости» от синего света. Крупнейшие американские эпидемиологические исследования показывают, что ежедневное дополнительное воздействие синего света на глаза молодого человека, в подростковом возрасте, к тридцати годам может вызвать дегенерацию сетчатки (AMD) на 10 лет раньше, чем от естественного света, что в два раза увеличивает вероятность стать слепым. Дополнительное и бесконтрольное воздействие синим светом на гормональную систему человека, которая создает его индивидуальный гормональный фон, может иметь не предсказуемые последствия, как для человека, так и для популяции в целом. Особенно опасна такая гормональная разбалансировка для детей и подростков.

Модель восприятия света с учетом белка криптозола позволила объяснить ряд эффектов воздействия на человека света от энергосберегающих ламп, таких как возникновение синей вуали и головная боль (20). При этом происходит взаимодействие в цепи «белок криптохром (плюс синглетный кислород) – гипоталамус - гипофиз-надпочечник». Важно отметить, что синглетный кислород О2- обладает парамагнитными свойствами. При высокой чувствительности этой связки (белок + О2-) может возникнуть метеозависимость человека и проявиться эффекты «ложного стресса» при аномальных возмущениях магнитного поля окружающей среды. При освещении светом видимого диапазона спектра с плотностью мощности облучения 0,001 Вт/см2 за одну секунду в каждой клетке образуется примерно 1000 молекул синглетного кислорода. Синглетный кислород, обладая высокой химической, биологической активностью и парамагнитными свойствами может привести к повреждению клеток.

Известно, что стекловидное тело глаза состоит из 98-99% воды, которая находится в связи с отрицательно заряженной гиалуроновой кислотой. При возникновении деградационных процессов в стекловидном теле могут образовываться «глазные мушки». Чаще всего эти жалобы предъявляли люди после работы на LCD мониторах с светодиодной RGB-подсветкой разрушающей стекловидное тело.

Из рассмотрения приведенных выше моделей следует, что свет длинной волны:

440нм - воздействует на белок криптохром;

450нм-460нм - вызывает окислительный стресс сетчатки;

460нм и 480 нм – управляют через меланопсин ганглиозных клеток сетчатки глаз гормональной системой и диаметром зрачка соответственно.

Эти процессы и есть новые риски, которые требуют тщательного изучения и последующего нормирования для гигиенической оценки спектров новых энергосберегающих источников света.

Результаты анализа спектров распространенных источников света в диапазоне 460нм и 480нм приведены в таблице 3.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ИСТОЧНИК СВЕТА | Амплитуда воздействия  на 480нм | Качественная оценка диаметра зрачка от уровня воздействия | Требуемый уровень освещенности по нормам СН245-63\*)  (люкс) | Качественная оценка характера изменения амплитуды в диапазоне 460-480нм |
| Солнечный день | 7,5х10-2 | Меньше чем от света ЛЛ | Значительно больше 1000 | Уровни амплитуд соизмеримы |
| Люминесцентная лампа | 5х10-2 | Меньше чем от света ЛН | 150-500 | Восходящая (или уровни амплитуд соизмеримы) |
| Лампа накаливания | 7.5х10-2 | Больше чем от света ЛЛ | 75-300 | Восходящая |
| Светодиодная лампа \*\*)  Энергосберегающая лампа | 5х10-4  Намного меньше чем 5х10-4 | От М1 Brn3b+  нет адекватного  сигнала на закрытие зрачка | Безосновательно распространены нормы для ЛЛ | Резко спадающая |

\*) Требуемые уровни освещенности для ламп накаливания и люминесцентных ламп взяты из СН 245-63. Эти источники света имеют разные спектры и как следствие разные требуемые уровни освещенности.

\*\*) «…при светодиодном свете зрачок расширен больше, чем при аналогичном освещении солнечным светом - сетчатка получит более высокую дозу энергию синего цвета. » Ensuring safety in LED lighting - 11/8/2012 (11).

Учитывая эффект «меланопсинового креста» такие фирмы, изготовители светодиодов, как SORAA, Electro spell LED и ООО ≪НПЦ ОЭП ≪ОПТЭЛ≫, разработали новое поколение светодиодов, спектр света которых адаптирован для глаз человека, аналогичен спектрам лампы накаливания или галогенной лампы и приближен к спектру солнечного света.

В современных условиях резко возрастает актуальность проблемы безопасности и оценки риска нанесения вреда здоровью населения при воздействии факторов среды обитания. Это обусловлено массовым внедрением энергосберегающих светильников (их спектр света имеет большую дозу синего света), продуктов питания и личной гигиены (которые содержат фтор, бром), директивным сдвигом часов и календарей, а также массовое внедрение современных устройств отображения информации (со светодиодной подсветкой) и рост мощности искусственных электромагнитных полей (мобильные телефоны и Wi-Fi). При этом отсутствует методология прогнозирования рисков негативного воздействия, указанных факторов на здоровье человека и социальных групп людей.

В большом многообразии частных методик прогнозируются параметры, которые характеризуют либо физические или психические показатели здоровья человека. Рассматривая физическое и психическое здоровье в совокупности, мы попытались определить необходимые и достаточные условия для сохранения здоровья человека и социальных групп. В основу методологии был положен факт, что биологические процессы, протекающие в органах человека и его психике, в значительной степени зависят от его гормонального спектра. который формирует шишковидная железа (эпифиз). Гормоны эпифиза влияют на биоэлектрическую активность мозга и нервно-психическую деятельность, оказывая снотворный, анальгезирующий, седативный, а так же галлюциногенный эффекты. Уровень гормонов определяет предрасположенность человека к тем или иным заболеваниям и особенно влияет на болезни сердечнососудистой и пищеварительной систем.

Оценку рисков заболеваемости человека и социальных групп можно осуществлять по состоянию гормональной системы (серотонин-мелатонин), которая подвергается циклическому воздействию управляемых и не управляемых внешних факторов (рис.2. ). Дисгармонизация этих процессов является основой для развития болезней и повышения рисков заболеваемости человека или социальной группы людей.

В настоящее время активно исследуются биоритмы, связанные с воздействием света и светового загрязнения в ночное время на работу шишковидной железы и в частности подавление и выбросы мелатонина в кровеносную систему человека при смене дня и ночи(21,22). В ряде исследования показано, что на процесс синтеза мелатонина в шишковидной железе существенное влияет спектр искусственных источников света (23 ). При этом отмечается, что для процесса синтеза мелатонина из серотонина необходим триптофан, который не синтезируется в организме человека и поступает только с продуктами питания. Учитывая этот факт авторами в работе (24 ) сформулирован закон внешнего дополнения для системы синтеза мелатонина, согласно которому количество синтезированного мелатонина всегда меньше количества потребленного триптофана. Основная доля мелатонина синтезируется в шишковидной железе, но небольшое количество продуцируется и в других центрах, таких как желудок, яичники, сетчатка глаза. То есть в организме человека существуют градиент концентрации мелатонина в разных центрах его синтеза, работа которых скоординирована между собой.

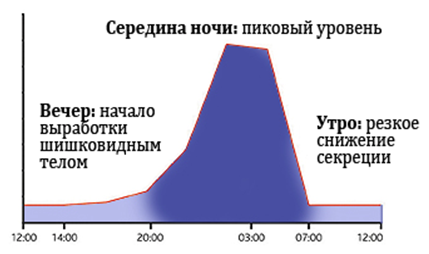


Рис. 2 Зависимость количества мелатонина от времени суток.

Кривая выработки мелатонина отражает персональный характер и вычисляется по формуле

Км = Dд/Dн

при этом очень важно соотношение между дневной (Dд) и ночной (Dн) дозами, чем больше значения Км тем меньше градиент концетрации мелатонина. Амплитуда ночной дозы синтезированного мелатонина зависит от возраста человека и времени года.

С возрастом разница между дневной и ночной дозой становится мало различимой, то есть коэффициент Км возрастает, увеличивая риски заболеваемости человека. Это обусловлено тем, что градиент концентрации является основным механизмом в транспорте веществ, белков, гормонов в биологических системах и их энергоинформационном взаимодействии.

Для прогнозирования риска заболеть на длительный период времени предлагается применять мелатониновый паттерн, параметры которого должны уточняться с учетом длительности интервала прогноза и указанных выше закономерностей. Мелатониновый паттерн у каждого человека на удивление стабилен от ночи к ночи, в то время как паттерны разных людей одного пола и возраста в деталях настолько различны, что есть основание говорить об индивидуальном паттерне, характеризующем данную личность.

В основе методики прогнозирования лежит методология фазового портрета колебательного процесса, которая применялась специалистами института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова в ходе выполнения проекта «Биотропное воздействие космической погоды: новые направления исследований» Целью проекта являлось изучение общепланетарных агентов влияния факторов внешней среды на организм функционально-здоровых людей и создание динамической модели режимов адаптации и синхронизации работы сердца.

В отличие от этой методологии мы использовали фазовое пространство с линией переключения фазовой траектории процесса синтеза мелатонина, положение которой определяется часом и датой рождения человека, а также учитывая тот факт, что работа сердца и других органов в значительной степени зависит от процесса синтеза мелатонина. В такой модели линии переключений фазовой траектории могут дополняться в соответствии с моментом времени появления нового фактора, воздействие которого влияет (отрицательно или положительно) на процесс синтеза мелатонина. На рис. 2 представлен фазовый портрет (в полярных координатах) для суточного мелатонинового паттерна, который может объединяться в годовые и десятилетние меланопсиновые паттерны .

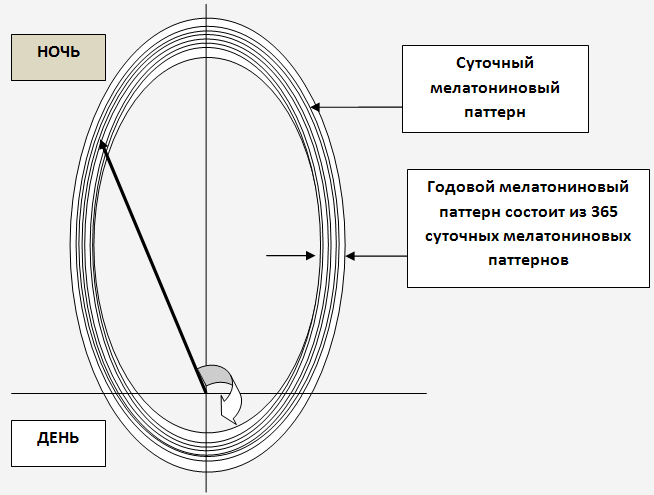


Рис. 3 Фазовый портрет суточного и годового мелатонинового паттерна, который состоит из 365 суточных паттернов.

На фазовом портрете суточного мелатонинового паттерна нанесены области значений дозы мелатонина для времен суток. Фазовый портрет для процесса синтеза мелатонина от момента рождения до часа смерти человека будет представлять собой совокупность множеств фазовых портеров годовых меланопсиновых паттернов с точками перехода в день рождения человека. Этот день является точкой переключения (точка бифуркации — смена установившегося режима работы системы) процесса синтеза мелатонина в шишковидной железе. Фазовая траектория процесса синтеза мелатонина показывает, как меняется градиент концентрации мелатонина в каждый момент времени.

Учитывая, что жизнь человека имеет этапы (до рождения, момент рождения, от года и до 10 лет, и далее), на рис 3 . для наглядности приведены две фазовых траектории для процесса синтеза мелатонина от дня рождения и до десяти лет и от десяти лет и далее.

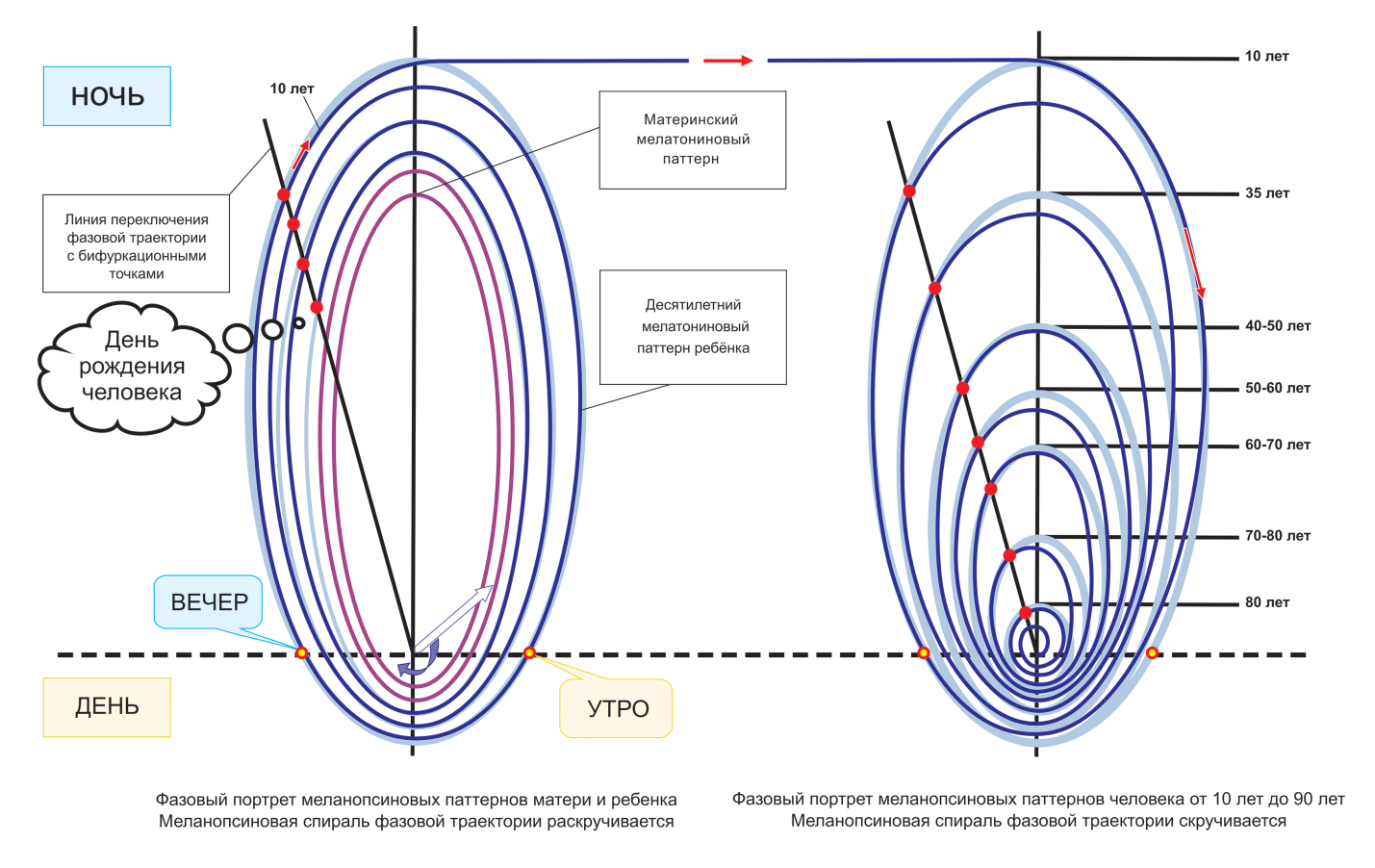


Рис. 4 Фазовые портреты меланопсиновых паттернов.

В такой модели возраст человека измеряется количеством оборотов на фазовом портрете, а точность повышается за счет того, что один оборот равен суткам (24 часа). Возраст человека в часах равен произведению количества оборотов на 24 часа и к полученному произведения прибавляются часы, соответствующей точки прогноза на суточном фазовом портрете меланопсинового паттерна. В утробе матери ребенок имеет с матерью общий суточный меланопсиновый паттерн. В момент рождения и при дальнейшем кормлении (один-два года) параметры суточного материнского паттерна, в общем, сохраняются, потом у ребенка формируется свой начальный суточный мелатониновый паттерн, и процесс синтеза его мелатонина представляет собой раскручивающуюся спираль до момента достижения к возрасту 10 лет максимальной ночной дозы мелатонина. После этого возраста мелатониновая спираль начинает скручиваться по ранее выявленным законам (текущая ночная доза мелатонина всегда больше или равна последующей ночной дозе). Формы спиралей могут иметь математическую интерпретацию (модель), которая может учитывать особенности синтеза мелатонина шишковидной железой в условиях воздействия управляемых и неуправляемых дестабилизирующих факторов. При этом необходимо учитывать пол человека и интенсивность физической нагрузки влияющих на дозу синтезируемого мелатонина.

Циклический процесс синтеза мелатонина под воздействием искусственного освещения может вступить в диссонанс с астрономическим циклом работы шишковидной железы, что нарушает гармонию в работе антиоксидантной системы человека и циклического изменения концентрации кальция в пинеалоцитах и отрицательно сказывается на его здоровье, увеличивая риск заболевания в отдаленной перспективе.

Для оценки степени воздействия на шишковидную железу полей космического пространства, в частности градиента гравитационного поля, было проведен анализ литературных данных по луна сенсорной функции и морфологическому строению шишковидной железы.

Обобщение результатов управления через матрицу ганглиозных клеток сетчатки глаза и морфологического анализа строения шишковидной железы привело к формированию новой парадигмы ее функционирования в условиях воздействия градиента гравитационного поля, что следует учитывать при построении фазовой траектории процесса синтеза мелатонина.

Шишковидная железа состоит из пинеалоцитов, глиальных клеток и сети нейронов связывающих матрицу пинеалоцитов с матрицей ганглиозных клеток сетчатки глаза, кристаллов и общей органической каркасной сетки, состоящей из соединительнотканной септы с канальцами, по которым циркулирует жидкость.

Синтез мелатонина в шишковидной железе происходит в пинеалоцитах , функционально взаимодействующих со зрительным нервом, транслирующим сигнал от ганглиозных клеток сетчатки глаза рис.5. В них из триптофана происходит синтез серотонина-мелатонина, который через канальца соединительнотканной сетки поступает в кровеносную систему.

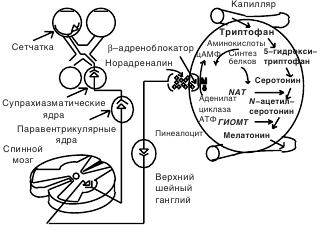
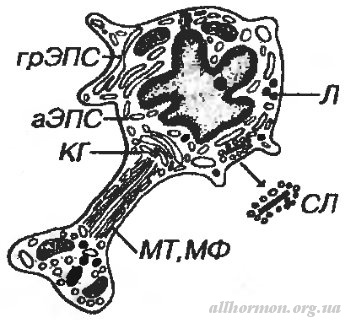
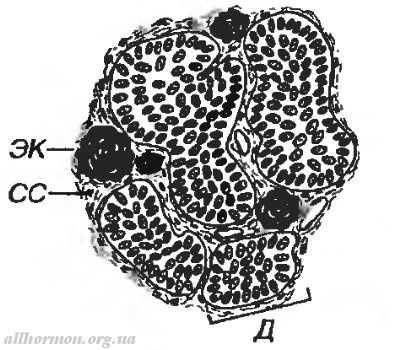


Рис. 5. Основные этапы биосинтеза мелатонина в эпифизе и нервные пути регуляции этого процесса (цит. по Арушанян Э. Б., 1991).

Из схемы синтеза мелатонина видно, что существует однозначная нейронная связь между ганглиозной клеткой (имеет один сигнальный выход) и пинеалоцитом ( имеет один сигнальный вход), строение которой представлено на рис. 5

Пинеалоциты объединены в паттерн в виде цветка ромашки, центром которой является капилляры кровеносной системы. Пинеалоцитный паттерн с множеством клеток классифицируется как долька, которые заполняют все пространство шишковидной железы, а между дольками на соединительной септе находятся эпифи­зарные конкреции (кристаллы).

 [](http://allhormon.org.ua/wp-content/uploads/2011/01/12.jpg)

а- пинеалоцит. б- эпифиз.

Рис.6 .Схема пинеалоцита и эпифиза.

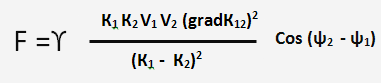
а) КГ — комплекс Гольджи; Л — лизосомы; МТ, МФ — микро-трубочки и микрофиламенты; СЛ — синаптические ленты( зрительный нерв, который связывает клетку с ганглиозными клетками сетчатки глаза ).

б)СС — соединительнотканные септы; Д — дольки; ЭК — эпифи­зарные конкреции (кристаллы);

В сетчатке содержится 2,4х106 ганглиозных клеток, а это значит, что количество управляемых пинеалоцитов не может быть меньше. С возрастом количество ганглиозных клеток под действием световой нагрузки (дозы синего света) уменьшается . Это приводит к нарушению управления пинеалоцитами синтеза мелатонина, которое может приводить к уменьшению синтезируемой дозы и к ускорению процесса образования кристаллов в пинеалоцитах из-за избытка кальция.

Кристаллы - «мозговой песок» занимают особое место в строении шишковидной железы. «Мозговой песок» содержит большое количество кальция, который играет исключительную роль в клетках растений и человека. Так, из – за разницы содержания кальция мужские и женские клетки (сперматозоид-яйцеклетка) передают сигналы друг другу (по градиенту концентрации). Кальций содержится в акросоме в виде кристалла неорганического фосфата - микроэлемент, содержащийся в организме в виде солей (фосфаты кальция, магния ).

Следует отметить, что в биологии кроме градиента концентрации (веществ и молекул, которые являются источниками колебаний) существует фазочастотный градиент, согласно которому молекулы посылают электромагнитные волны специфической частоты, позволяющие им не только «видеть» и «слышать» друг друга, но и влиять друг на друга на расстоянии. Фазочастотный градиент очень важен для понимания процессов биосборки белков в сложные объекты, такие как водородные моторы, для синтеза АТФ, которые работают за счет градиентной концентрации ионов водорода. Кристаллы (централизованное скопление мелатонина) создают значительные градиенты концентрации, а наличие между ними фазочастотного градиента устанавливает между ними безамплитудную энегоинформационную связь, и вызывают движущую силу сближения или отталкивания. Если применить теоретические исследования А.Ф.Черняева, то силу взаимовлияния двух осцилляторов (V1 и V2) с концентрацией К1 и К2 , и имеющих фазочастотный (( ψ1 - ψ2); f-частота генерации осцилляторов) сдвиг можно оценить через градиент концентрации (grad К12) по формуле :



где

F – сила взаимодействия осцилляторов;

ϒ- гравитационный коэффициент;

Cos (ψ1 - ψ2) – знак действия силы,

в зависимости от длин волн и их фаз (ψ1 и ψ2 ) обусловливают либо притяжение, либо отталкивание тел при:

- cos(ψ1 - ψ2) = 1 – имеет место притяжение между телами;

- cos(ψ1 - ψ2) = 0 – отсутствует и притяжение, и отталкивание, расстояние между телами не изменяется;

- cos(ψ1 - ψ2) = -1 – имеет место отталкивания тел.

Вся современная биология построена на принципе градиентной концентрации. Представленная оценочная формула силы взаимодействия двух объемов с разной концентрацией осцилляторов хорошо согласуется с выводом, изложенным в работе и теоретическими принципами ритмодинамики, на основе безамплитудной энергоинформационной связи между объемами с разной концентрацией веществ (Са2+, Н+), белков, аминокислот и гормонов.

Для нас очень важен вопрос как кальцинирование шишковидной железы влияет на выработку серотонина и мелатонина.

В ( 25,26 ) представлены результаты исследования по установлению отношений между секрецией мелатонина и размером некальцинированного объема шишковидной железы . Как считают авторы увеличение кальцификации шишковидной железы вызывает уменьшение числа функционирующих пинеалоцитов, что приводит к снижению секреции серотонина и мелатонина. (26 ).

Трёхмерный томографический анализ позволил установить, что конкременты впервые появляются в одной локальной точке эпифиза, а затем распространяются на соседние его участки. Такой процесс характерен для людей без отклонений в психике. При шизофрении и болезни Альцгеймера рентгеновская микротомография и трёхмерный анализ выявили несколько зон конкрементообразования, что свидетельствует о возможности растворения как композитного гидроксиапатита, так и флюоритов и динамического изменения структурной организации конкрементов («мозгового песка»).

В результате исследования (26,27,28 ), при шизофрении в эпифизах находилось уменьшенное по сравнению с нормой количество «мозгового песка». Параллельно имело место утолщение трабекул, сопряженное с дополнительной васкуляризацией. В цитоплазме пинеалоцитов появились конкременты нового типа — неправильные полые сферы размером 0,1—1,5 мкм. Возможно, они содержали флюорит и свидетельствовали о специфическом метаболизме пинеалоцитов. Обнаружено, что кальциевый состав конкрементов эпифиза как в норме, так и при шизофрении был непостоянен. При сохранении органической стромы композитный гидроксиапатит может растворяться начиная от центра конкремента. Наблюдавшееся снижение количества «мозгового песка» при шизофрении могло быть связано с быстрой резорбцией гидроксиапатита в зонах первичной минерализации эпифиза либо с появлением специфических цитоплазматических круглых флюоритных образований, которые в норме не встречались ( 29,20,25 ). Описаны также симптомы аутизма при сбоях в работе шишковидной железы (21), корреляция между особенностями её функционирования и заболеваниями нервной системы человека, а также приведены данные о влиянии этой железы на работу сердца.

В работе (29,22) предложено использовать расположение кристаллов в матрице и динамику их перераспределения как диагностический признак для оценки рисков отклонения в психике. Там же говорится, что в шишковидной железе могут присутствовать флюориты СаF2. До 1990 года не проводились исследования по влиянию фтора на шишковидную железу. Одним из инициаторов этого исследования была врач Дженифер Люк из Университета Surrey в Англии. Она доказала, что шишковидная железа первая попадает под удар фтора. Эти кристаллы образуются при повышенном поступлении фтора и их количество прямо пропорционально его концентрации. ( 23 ).

Фтор может поступать в организм с продуктами питания, водой и предметами личной гигиены (зубной пастой). Исследования показали, что содержание фтора в шишковидной железе превышает его концентрацию в костях и зубах человека.

Разновидности форм кристаллов, которые лежат на сетке в шишковидной железе человека, представлены на рис.5 .

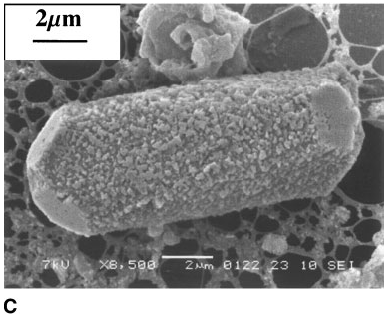
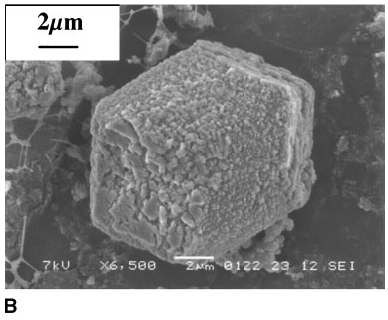
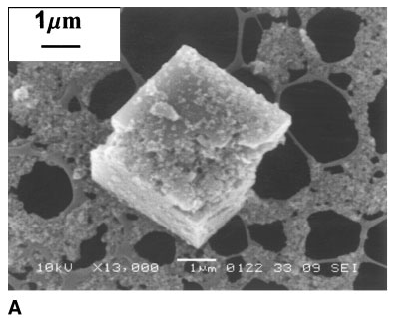


Рис.5. Формы одиночных кристаллов в шишковидной железе человека.

Обобщение литературных источников о значимости для здоровья человека гармоничного функционирования шишковидной железы в условиях внешних дестабилизирующих факторов позволило нам разработать модель, позволяющую оценить степень взаимосвязи между управляемыми (длительность искусственного освещения и его спектром света) и не управляемыми (циклическое изменение внешних полей различной природы) дестабилизирующими факторами с гармонизацией процесса синтеза мелатонина и с влиянием кристаллов на работу нейронов через массив глиальных клеток. При этом была высказана гипотеза, что трендовая кристаллическая матрица формируется на дефектах вызванных воздействием гравитационных полей.

При смене среды обитания (в момент рождения) межклеточная сетка шишковидной железы, которая имеет пинеальные канальцы, подвергается воздействию градиента гравитационного поля, которое определенным образом формирует матрицу дефектов в мембранах этой сетки. Эта матрица дефектов закрепляется межклеточными протеинами, которые впоследствии становятся центрами кристаллизации кальция, образуя кристаллическую матрицу. На протяжении всей жизни человека эта матрица разрастается и видоизменяется, а также дополняется флюоритами СаF2. Количество кристаллов в шишковидной железе может достигать около 18 000 исходя из плотности (в 1мм3 – 100-300шт.) и средним ее объемом – 60 мм3.

Общая модель для одного кристалла приведена на рис. 6 .



Рис. 6. Общая схема взаимодействия кристаллов CaCО3

Внутри шишковидной железы множество кристаллов СаСО3 образует объемную матрицу, лежащую на мембранной сетке с канальцами, по которой циркулирует жидкость – мелатонин (антиоксидант). Под действием внешних факторов канальцы могут менять свой диаметр, эти изменения передаются кристаллу, который обладает прямым и обратным пьезоэлектрическим эффектом . Генерируемый кристаллом электрический потенциал передается глиальным клеткам, которые активно потребляют кальций Са2+ . При этом создается градиент концентрации. Клетки с повышенной концентрации Са2+ оказывают воздействие на работу нейронов и далее на работу мозга. Генерация электронов может послужить причиной чувствительности шишковидной железы к изменению магнитной составляющей.

Предложенная нами модель шишковидной железы имеет аналоги в технических системах, которые работают по принципам измерений градиента гравитации Земли , линейных и угловых ускорений.( В настоящее время на принципе гравиградиентной технологии, разрабатываются медицинские сканеры, которые безвредны для человека и с высокой степенью разрешения могут сканировать органы его тела.

Было показано, что в микрокристаллах СаСО3 шишковидной ткани наблюдается генерации второй гармоники (ГВГ) и они могут также генерировать пьезоэлектричество, предлагая уникальный электромеханический механизм биологического датчика. Пьезоэлектричество - заряд, который накапливается в определенных твердых материалах в ответ на приложенное механическое напряжение. Слово пьезоэлектричество означает электроэнергия в результате давления.

Исходя из новой парадигмы знаний о работе шишковидной железы, можно сказать, что в центральной части мозга человека находится область, которая аккумулирует в себе результаты воздействия:

a) управляемых дестабилизирующих факторов таких как: освещенность среды обитания; искусственные поля различной природы; элементный состав продуктов питания; сдвиги часовых поясов и календарные сдвиги;

б) неуправляемых дестабилизирующих факторов: циклы естественных полей различной природы;

При этом результаты ее реакции (синтезируемый спектр гормонов, излучаемые вибрации) определяющим образом влияют на работоспособность, здоровье, а также продолжительность активной жизни человека.

Исходя из этого, важной гигиенической задачей является обеспечение эффективной работы шишковидной железы через оптимизацию управляемых дестабилизирующих факторов. При этом обеспечение оптимального уровня серотонина и мелатонина – это необходимые, но не достаточные условия физического здоровья человека к которым относится формирование в шишковидной железе матрицы кристаллов, обеспечивающих его психическое здоровье.

Это значительно уменьшит риски заболеваемости человека, а применение методологии прогнозирования концентрации мелатонина на основании фазовых портретов мелатонинового паттерна позволит с высокой точностью оценивать отдаленные риски возможного негативного влияния на здоровье человека управляемых дестабилизирующих факторов.

 ВЫВОДЫ

1.     Новые знания  о восприятии света  и   его  влиянии на клетки     человека как       сложных  самоорганизующихся синергетических   системах   создают научную  основу для  формирования современной парадигмы восприятия света.

2.     Новая парадигма позволяет с системной точки зрения объяснить малые изменения светового потока и его спектра, а также  потока ионов веществ могущие существенно повлиять на функционирования клеток глаза и организма в целом

3.     Недавно открытые свойства незрительных  опсинов,    клеток Мюллера,   воздействие  красного  и   синего света приводят к необходимости пересмотра требований стандартов и уточнения правил гигиены зрения на всех этапах  жизни человека.

4. В нормативных документах по гигиене труда нормы освещенности для люминесцентных ламп распространены на светодиодное освещение, при этом не учтены особенности спектров светодиодов, эффект «меланопсинового креста» и вновь открытых свойств меланопсина по управлению зрачком.

5.При светодиодном освещении белыми светодиодами (синий кристалл и желтый люминофор), которые имеют провал в спектре на 480нм, происходит неадекватное управление диаметром зрачка глаза.

6.При проектировании светодиодов должны быть приняты меры по исключению эффекта «меланопсинового креста», присутствующего у всех ныне существующих энергосберегающих источников света и у подсветки устройств отображения информации.

7.Существующие стандартные требования к проектированию и применению светильников на разрядных лампах не применимы к светодиодной технике. Учитывая особенности биологического действия светодиодных источников света необходимо разработать условия и порядок их использования, как в быту, так и на производстве. При этом уровень освещенности, цветовая температура и спектральная характеристика светодиодного источника света должны обеспечивать комфортность освещения, адекватность управления зрачком и не влиять на биологические циклы человека.

8.Полученные экспериментальные данные о негативном влиянии светодиодных источников света на состояние зрительного анализатора, работоспособность и утомляемость свидетельствует о необходимости пересмотра нормативной базы и проведения обязательной их сертификации.

9.В течение светового дня увеличенного искусственным освещением, идет перераспределение количеств серотонина и мелатонина в гормональном спектре шишковидной железы. Изменяя спектр света искусственного освещения и режим освещения можно в значительной степени управлять синтезом мелатонина в гормональном спектре человека.

10.Световой режим работы человека (уровни светового загрязнения), и качество питания (количество триптофана в продуктах) может вступить в диссонанс с астрономическим циклом работы шишковидной железы, что может увеличить риски нарушения здоровья человека.

11.Установлено, что в структуре шишковидной железы синтезируются кальциты, располагающиеся на сетке с канальцами, в которых циркулирует жидкость. Диаметр канальцев может меняться под воздействием общего гравитационного поля Земли, Луны и Солнца. Совокупность кальцитов соприкасающихся с глиальными клетками и канальцами с мелатонином образует область мозга чувствительную к гравитационному воздействию.

12.Продолжительность освещения мест обитания человека должна согласовываться с астрономическими циклами работы его шишковидной железы. Увеличение светового дня за счет применения искусственных источников света не должно диссонировать с нормальными астрономическими циклами работы шишковидной железы и изменять параметры мелатонинового паттерна;

13.Нормы по содержанию фтора в продуктах питания, питьевой воде и средствах личной гигиены должны быть пересмотрены с целью снижения флюоритов в шишковидной железе, напрямую влияющих на ментальное здоровье, гормональную и антиоксидантную системы человека .

14. Необходимо расширить исследования этой проблемы в рамках Государственной программы применительно к задачам медицины труда, коммунальной гигиены, гигиены питания, гигиены детей и подростков , общей и профессиональной патологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Ю. Бусурин, Т.Г. Копылова Приоритетные направления в разработке методов терапии и диагностики нейропатологических синдромов ретино-гипоталамической функциональной системы. УДК 612.821:616.89

2. Lighting for the Human Circadian Clock. Recent Research Indicates That Lighting Has Become a Public Health Issue. Stephen M. Pauley MD FACS PO Box 3759 Ketchum, Idaho 83340. spauley@cox-internet.com

3. Г.К. БРЕЙНАРД, И. ПРОВЕНCИО Восприятие света как стимула незрительных реакций человека. ≪СВЕТОТЕХНИКА≫, 2008, № 1.

4.In Vitro Evidence To Show That Blue Light Influences Mitochondrial Functions Negatively. Susana del Olmo-Aguado and Neville N. Osborne Fundación de Investigación Oftalmológica, Instituto Oftalmológico Fernández-Vega, Oviedo, Spain Invest Ophthalmol. Vis. Sci. 2012;53: E-Abstract 782.

5. ЗАК. П.П. «Потенциальная опасность освещения светодиодами для глаз детей и подростков» П.П. ЗАК, М.А. ОСТРОВСКИЙ/ СВЕТОТЕХНИКА - 2012. - № 3 – С. 4-6.

6. Rossi, L.1, Zegna, L. 2,Iacomussi, P.1, Rossi, G. PUPIL SIZE UNDER DIFFERENT LIGHTING SOURCES. Torino, Italy, 2 Politecnico di Torino, Torino, Italy laura.rossi@inrim.it

7. Скулачев В.П. Функции митохондрий: от внутриклеточных электростанций к посредникам в программе старения. / / Cell Mol. Life Sci. 2009 г. 66. П. 1785-1793

8. Richter C., Schwejzer M. Oxidative stress in mitochondria. N.Y., 1997.

9. GEB™ Lighting Brand Launches Innovative Range of LED Lights that Cares for Eyes. http://www.gebright.com/contact-us

10. Дейнего В.Н., Сощин Н.П., Уласюк В.Н. Светодиодный источник белого света с комбинированным удаленным фотолюминесцентным конвертером. Заявка на изобретение № 2011154397 РФ, МПК F21S 13/00, заявл. 30.12.2011; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 19. — 3 с.

11. Stephen M. Lighting for the Human Circadian Clock.Recent Research Indicates That Lighting Has Become a Public Health Issue. Stephen M. Pauley MD FACS PO Box 3759 Ketchum, Idaho 83340.

12. Дейнего В.Н. Выбор концепции построения безопасной и энергосберегающей системы освещения «Не имеющий стратегии – жертва чужой тактики!»// КАБЕЛЬ-news - 2012 -№ 2- С 50-64 [www.kabel-news.ru](http://www.kabel-news.ru).

13. Health Effects of Artificial Light. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR.

14. Sparrow J.R. The Lipofuscin Fluorophore A2E Mediates Blue Light-Induced Damage to Retinal Pigment Epithelial Cells. Sparrow JR, Nakanishi К, Parish CA //Invest Ophthalmolo Vis Sci -2000 -41:1981-1989.

15. [Godley B.F](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Godley%20BF%5bAuthor%5d&cauthor=true&cauthor_uid=15797866). Blue light induces mitochondrial DNA damage and free radical production in epithelial cells./ [Godley BF](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Godley%20BF%5bAuthor%5d&cauthor=true&cauthor_uid=15797866), [Shamsi FA](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Shamsi%20FA%5bAuthor%5d&cauthor=true&cauthor_uid=15797866), [Liang FQ](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Liang%20FQ%5bAuthor%5d&cauthor=true&cauthor_uid=15797866), [Jarrett SG](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Jarrett%20SG%5bAuthor%5d&cauthor=true&cauthor_uid=15797866), [Davies S](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Davies%20S%5bAuthor%5d&cauthor=true&cauthor_uid=15797866), [Boulton M](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Boulton%20M%5bAuthor%5d&cauthor=true&cauthor_uid=15797866).// Source Retina Foundation of the Southwest, Dallas, Texas 75231, USA. bgodley@retinafoundation.org.

16. Petteri T. Biological effects of light// Thesis submitted in partial of fulfillment of the requirement for the degree of Master of Science in Technology, Espoo, 26 October 2006.

17. Darren S. Light-Emitting Diodes and Cool White Fluorescent Light Similarly Suppress Pineal Gland Melatonin and Maintain Retinal Function and Morphology in the Rat/ Darren S. Heeke, Mary P. White I. Gary D., Mele ,John P., Hanifin Н. George C. Brainard, Mark D. Rollag, Charles M. Winget L and Daniel C.// Holley Laboratory Animal Science Copyright 1999 by the American Association for Laboratory Animal Science Vol.49, No 3 June 1999.

18. Mariana G. Clinical Study Short-Wavelength Light Enhances Cortisol Awakening Response in Sleep-Restricted Adolescents// Mariana G. Figueiro and Mark S. Rea Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, 21 Union Street, Troy, NY 12180, USA - 6 March 2012.

19. Lauren E. Human cryptochrome exhibits light-dependent magnetosensitivity/ Lauren E. Foley I, Robert J. Gegear I.,Steven M., Reppert I. // Department of Neurobiology, University of Massachusetts Medical School, Worcester, Massachusetts 01605, USA. †Present address: Department of Biology and >Biotechnology, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Massachusetts 01609, USA.

20. Ensuring safety in LED lighting - 11/8/2012 [http://www.smartgroup.org/industry- news/ensuring-safety-in-led-lighting/](http://www.smartgroup.org/industry-%20%20news/ensuring-safety-in-led-lighting/)

21.Aging, circadian rhythms and depressive disorders: a review.  Ines Campos Costa, Hugo Nogueira Carvalho, Lia Fernandes.  Published December 15, 2013

 22. Отчеты за 2005-2012г.г.   о   научно-исследовательской  работе  проблемной комиссии РАМН по хронобиологии и хрономедицине  под редакцией проф. С.И. Рапопорт

23. В.Н. Дейнего, В.А. Капцов Свет энергосберегающих светодиодных ламп и здоровье человека. Гигиена и санитария №6 2013г.

24. Дейнего В.Н., Капцов В.А. Гигиена зрения при светодиодном освещении. Современное научное представление. Гигиена и Санитария №5 2014г.

25.Иванов С.В. Место и роль эпифиза в нейроэндокринной системе: полувековая эволюция гипотез, фактов и их трактовок Коми филиал ГОУ ВПО «Кировская ГМА Росздрава», г. Сыктывкар, Россия

26 Dieter Kunz MD, Stephan Schmitz MD, Richard Mahlberg MD, Anabelle Mohr, Christiane Stöter, Karl-Jürgen Wolf MD and Werner Martin Herrmann MD A New Concept for Melatonin Deficit: On Pineal Calcification and Melatonin Excretion Neuropsychopharmacology (1999) 21, 765–772.

27.Richard Mahlberg, Thorsten Kienast, Sven Ha.del a, Jens Olaf Heidenreich Stephan Schmitz, Dieter Kunz Degree of pineal calcification (DOC) is associated with polysomnographic sleep measures in primary insomnia patients [www.melatonina.it/farma/download/degree of pineal calcification.pdf](http://www.melatonina.it/farma/download/degree%20of%20pineal%20calcification.pdf)   
09.04.2014

28.Simon Baconnier, Sidney B. Lang, Maria Polomska, Bozena Hilczer, Garry Berkovic and Guilia Meshulam Calcite Microcrystals in the Pineal Gland of the Human Brain: First Physical and Chemical Studies Bioelectromagnetics 23:488^495 (2002)

29.ФОКИН  Е. И.  Морфология  шишковидной  железы  человека  в позднем  постнатальном онтогенезе,  при  болезни Альцгеймера  и  шизофрении. Диссертация на соискание ученой степени  кандидата медицинских наук. г. Москва – 2008

30.Фокин Е. И., Савельев С. В., Гулимова В. И., Асадчиков Е. В., Сенин Р. А., Бузмаков А. В. Морфогенез и пространственная организация конкрементов эпифиза человека при болезни Альцгеймера, шизофрении и алкоголизме. Архив патологии   2006.-N 5.-С.20-22

31. The Cause of Autism: A Hypothesis Autism Viewed as a Consequence of Pineal Gland Malfunctionby Andrea Axt, Polish scientific journal "Farmakoterapia w Psychiatrii i Neurologii," Number 98, 1, pages 112-134.

32. Fluoride in medicine, biology and toxicology. Edited by Dariusz Chlubeka 37(4):321–323

33. Jennifer Anne Luke The effect of fluoride on the physiology of the pineal gland

A dissertation submitted to the School of Biological Sciences, University of Surrey, in fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. Guildford 199728.

34. [Luke J](http://e.mail.ru/cgi-bin/link?check=1&refresh=1&cnf=abfc95&url=http%3A%2F%2Fwww.ncbi.nlm.nih.gov%2Fpubmed%3Fterm%3DLuke%2520J%255BAuthor%255D%26cauthor%3Dtrue%26cauthor_uid%3D11275672&msgid=13975463480000000629;0,1&x-email=vn-led%40bk.ru). Fluoride deposition in the aged human pineal gland.

School of Biological Sciences, University of Surrey, Guildford, UK. [jenniluke@compuserve.com](mailto:jenniluke@compuserve.com)

35.[Савельев С.В.](http://e.mail.ru/cgi-bin/link?check=1&refresh=1&cnf=716052&url=http%3A%2F%2Fwww.fesmu.ru%2Felib%2Fsearch.aspx%3Fauthor%3D%2522%D0%A1%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B5%D0%B2%2520%D0%A1.%D0%92.%2522&msgid=13975463480000000629;0,1&x-email=vn-led%40bk.ru), [Ерофеева Е.А.](http://e.mail.ru/cgi-bin/link?check=1&refresh=1&cnf=e10dc8&url=http%3A%2F%2Fwww.fesmu.ru%2Felib%2Fsearch.aspx%3Fauthor%3D%2522%D0%95%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B5%D0%B5%D0%B2%D0%B0%2520%D0%95.%D0%90.%2522&msgid=13975463480000000629;0,1&x-email=vn-led%40bk.ru), [Фокин Е.И.](http://e.mail.ru/cgi-bin/link?check=1&refresh=1&cnf=0f99d2&url=http%3A%2F%2Fwww.fesmu.ru%2Felib%2Fsearch.aspx%3Fauthor%3D%2522%D0%A4%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%BD%2520%D0%95.%D0%98.%2522&msgid=13975463480000000629;0,1&x-email=vn-led%40bk.ru), [Гулимова В.И.](http://e.mail.ru/cgi-bin/link?check=1&refresh=1&cnf=d59e5e&url=http%3A%2F%2Fwww.fesmu.ru%2Felib%2Fsearch.aspx%3Fauthor%3D%2522%D0%93%D1%83%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%2520%D0%92.%D0%98.%2522&msgid=13975463480000000629;0,1&x-email=vn-led%40bk.ru).[Нору Де Клерк](http://e.mail.ru/cgi-bin/link?check=1&refresh=1&cnf=f8b9b8&url=http%3A%2F%2Fwww.fesmu.ru%2Felib%2Fsearch.aspx%3Fauthor%3D%2522%D0%9D%D0%BE%D1%80%D1%83%2520%D0%94%D0%B5%2520%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BA%2522&msgid=13975463480000000629;0,1&x-email=vn-led%40bk.ru), [Постнов А.А.](http://e.mail.ru/cgi-bin/link?check=1&refresh=1&cnf=09646a&url=http%3A%2F%2Fwww.fesmu.ru%2Felib%2Fsearch.aspx%3Fauthor%3D%2522%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B2%2520%D0%90.%D0%90.%2522&msgid=13975463480000000629;0,1&x-email=vn-led%40bk.ru)Конкременты эпифиза человека при шизофрении  Архив патологии   2004.-N 4.-С.13-16

36. А. И. Сорока   Г. И. Джанджгава, Л. И. Августов Состояние разработок бортового гравиградиентного модуля  для систем автономной навигации и контроля окружающей среды.Сборник трудов V Научно-практической конференции «МИКРОТЕХНОЛОГИИ В АВИАЦИИ  И КОСМОНАВТИКЕ» г.Москва, Центральный дом ученых Российской академии наук 18-19 сентябрь 2007г.