

УДК 574.24; 617.7

# ЭКОЛОГО-СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ УТОМЛЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВИЗУАЛЬНОЙ РАБОТЕ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЕ

Е.П. Простокишина<sup>1</sup>,  
И.А. Шульгин<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДРУЖБЫ НАРОДОВ

<sup>2</sup>МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

Рассмотрено влияние кратковременной (45 мин.) зрительной работы с близко расположенными от глаз биологическими объектами и «электронной бумагой» на состояние зрительной системы (ЗС) (ее утомление) здоровых 18–23-летних людей. Исследования проводили с применением компьютерных методов. Основное внимание уделено реакции ЗС на чтение текстов на «электронной бумаге». Выявлено, что ее использование у значительной части лиц может приводить к негативным функциональным изменениям пространственно-контрастной чувствительности и абсолютной аккомодации ЗС. Подчеркивается необходимость большего внимания общества к эколого-социологической проблеме зрительного утомления человека в современной техногенной среде.

**Ключевые слова:** сенсорная экология, зрительная система, зрительная нагрузка, электронная книга («электронная бумага»), зрительное утомление.

*Светлой памяти ученого-энциклопедиста,  
прекрасного человека, коллеги и друга,  
доктора исторических наук, профессора,  
действительного члена РАЕН  
Виталия Ивановича Шеремета  
посвящается*

В 20-м столетии возник глобальный экологический кризис. Он, как известно, явился результатом возрастающего прогресса науки, бурного развития техники, расширения промышленного производства, возросшим, зачастую, хищническим, без учета законов природопользования, потреблением природных ресурсов. Его глубина, масштабы, сила воздействия на биоту поставили перед человечеством проблему со-

## SOCIO-ECOLOGICAL ASPECTS OF HUMAN VISUAL SYSTEM TIREDNESS DURING VISUAL WORK IN MODERN TECHNOGENIC ENVIRONMENT

I.A. SHULGIN, E.P. PROSTOKISHINA

The influence of short-time (45 minutes) visual work with biological objects closely located to the eyes and «electronic paper» on the visual system (tiredness) of healthy men 18–23 years old is studied. The investigation was carried out using modern technologies. The main attention was drawn to the visual system reaction on the text reading on the «electronic paper». It is shown that the use of «electronic paper» often leads to the negative functional changes of space-contrast sensitivity and absolute accommodation of visual system. It is emphasized that it is essential to draw more attention to the socio-ecological problem of human visual tiredness in present to day technogenic environment.

**KEYWORDS:** sensory ecology, visual system; visual load, «electronic paper» («e-paper»), visual tiredness.

хранения в обозримом будущем его самого – как биосоциального вида.

Ухудшение природной экологической обстановки, вызванное человечеством, ответило ему, как бумерангом, ухудшением здоровья людей, их продовольственной безопасностью (по качеству воды, воздуха, продуктов питания). При этом все больше возрастала нагрузка на человека «искусственной среды», включающей в себя все более сложные орудия труда, средства управления ими, различные системы передачи технической и бытовой информации, также влияющих на здоровье.

Особая нагрузка стала выпадать на сенсорные системы человека, вынужденные воспринимать более широкий диапазон и большую плотность «сигналов» из окружающей его среды [2].

Наибольшая нагрузка пришла на зрительную систему (ЗС), которая издавна воспринимала более 80% от всей информации, поступающей к человеку, позволяющую «ощущать» пространство – его размеры, расстояния до объектов, различать форму предметов, их количество, оценивать их скорости и направления движения, судить о яркости и цветовой характеристике среды [2, 5].

Цивилизационно-техногенное развитие общества вело и ведет к увеличению численности городского населения и количества людей, вовлекаемых в процессы зрительно-напряженной работы. В этой деятельности уменьшается расстояние между человеком и объектами (орудиями) труда – будь ли это управление аппаратурой, выполнение счетных, чертежно-конструкторских работ, чтение научной и художественной литературы, просмотр информации на мониторах и т.д. и т.п.

При этом увеличивается объем зрительного труда, более длительное занятие им, что рано или поздно может вести к утомлению ЗС, в том числе к выраженной в той или иной степени близорукости и иных патологий; к «омоложению» этих состояний человека.

В данном случае под утомлением ЗС понимаются функциональные изменения в ее работоспособности при или после выполнения работ с визуальной нагрузкой на близком расстоянии. Эти изменения можно выявить при количественной оценке ряда параметров, отражающих важные функции ЗС.

К таким относится, в частности, способность изменения расстояния от глаза до близко, а так же далеко расположенных предметов, при котором они исходно были четко видны.

Такая реакция обусловлена изменением аккомодации глаз (т.е. способностью фокусировать четкое видение объекта на сетчатку), достигаемой изменением мышцами геометрической формы оптической билинзы – хрусталика.

Другой характеристикой утомления ЗС является изменение способности видеть мелькания света, происходящие с разной частотой, вплоть до восприятия такой, при которой глаз воспринимает световые импульсы как непрерывный свет, что является порогом критической частоты слияния мельканий – КЧСМ [2, 5].

Важна и способность ЗС различать яркость (т.е. контраст) разных предметов одного цвета, к тому же имеющих как одинаковые, так и разные размеры. Эта функция ЗС характеризует пространственно-контрастную чувствительность (ПКЧ) и является информативным показателем ее состояния [1, 13].

Изучение многогранных аспектов работы глаза, в том числе его утомления, ведется давно. В биоэкологии, в физиологии человека, офтальмологии возникли самостоятельные направления – экология сенсорных систем, офтальмоэргономика [3, 8].

Наиболее остро проблема зрительного утомления проявилась с середины 20 века [4, 5]. Она затрагивает

интересы, в силу своей значимости, не только отдельных людей, но и общества в целом, поскольку интенсивная визуальная нагрузка в настоящее время начинается уже в детском возрасте.

Так, в частности, на основе материалов о состоянии здоровья населения Московской области показано [6], что в 2005 г. по сравнению с 1905 г. болезни органа зрения, ранее занимавшие 7 место, вышли на 3, причем, заболеваемость глаз у подростков (14–17 лет) значительно выше, чем заболеваемость у взрослых. Известно также, что у многих молодых людей во время обучения в школе и ВУЗе приобретает ряд заболеваний ЗС, в том числе миопия (близорукость) [3].

С большой долей уверенности можно полагать, что приводимые статистические данные, вероятно, существенно ниже фактических:

- не учитывается число людей, начинающих испытывать зрительные затруднения, и не обращающихся к специалистам-офтальмологам;
- не учитывается ситуация, возникшая после 1990-х годов, когда появилось множество частных (коммерческих) клиник и салонов оптики, где ведут прием и офтальмологи, но в которых зачастую практически отсутствует необходимая аппаратура для достаточно полного обследования ЗС.
- среди школьников старших классов и студентов, проходящих диспансеризацию, много тех, у кого острота зрения соответствует норме или близка к ней (т.е. к 1) и зрение у них считается нормальным, однако не всегда исследуются другие параметры ЗС;
- среди молодых людей существует процент тех, кому стеснительность мешает «обнародовать» свои зрительные затруднения.

Во многих экспериментальных исследованиях показано, что у лиц, профессионально занятых работой с объектами, расположенными на близком расстоянии от глаз, имеют место функциональные изменения ЗС (ее утомление) [4, 12]. Таковы, например, чертежные, монтажные работы (в электронной, часовой промышленности), работа операторов-диспетчеров у мониторов и многие другие. Впоследствии при таких работах могут приобретаться и существенные структурно-функциональные изменения.

Негативную роль в ухудшении зрения во второй половине 20 века начало играть широкое распространение компьютеров и подобных устройств, оснащенных мониторами.

Огромные возможности Интернета существенно расширили круг людей, использующих видеопутешествия не только для работы, но и для «отдыха» – виртуальных путешествий по странам, музеям мира, участием в различных играх, для общения и т.д., что несомненно увеличило остроту проблемы утомления ЗС.

Утомление наблюдалось, как правило, после 3–4 часовой нагрузки [12], но можно предполагать, что оно начиналось ранее, за более короткие интервалы

лы времени. К сожалению, во многих исследованиях оценка зрительного утомления проводилась у лиц с уже имеющимися в той или иной степени патологиями зрения.

В последние десятилетия появилось новое видеоустройство – электронная книга (ЭК) с типом монитора «электронная бумага» (ЭБ). Электронная книга, как и другие мультимедийные средства, может рассматриваться как техногенный визуальный фактор окружающей среды, воздействующий на состояние ЗС.

В связи с этим возникла необходимость в более детальном изучении кратковременного влияния зрительно напряженного труда на состояние ЗС задолго до ее структурных изменений.

Одним из основных интервалов времени при проведении разного рода учебных и практических занятий, в том числе, сопровождающихся зрительно-напряженным трудом, является, как известно, один академический час (45 минут).

Между тем, к началу наших исследований, в литературе практически не было материалов о том, может ли часовая зрительная нагрузка привести в той или иной степени к утомлению ЗС.

Все выше сказанное и послужило основанием для изучения поставленного вопроса, весьма актуального для общей экологии, экологической медицины, охраны и нормирования зрительно-напряженного труда, к тому же важного с учетом психологического состояния людей [11].

Было желательно исследовать реакцию ЗС на визуальную нагрузку у здоровых молодых людей (студентов) 18–23 лет.

Рассматривались, для примера, два биоэкологических варианта визуально-трудоемких работ, которые могут проводиться в научных, учебных и практических целях.

Один из них связан с морфофизиологическим анализом степени рассеченности и зазубренности краев листовой пластинки растений, ее асимметрии как показателя влияния условий роста, в т.ч. загрязненности почвы и воздуха вблизи крупных мегаполисов. Подобные работы весьма актуальны как для самой биоморфологии, так и биомониторинга среды [14].

Другой вариант работ связан с анализом семян на их гетерогенность по размерам, массе, оттенкам цвета в связи с выращиванием растений в разных по радиационному и водному режиму условиях. Такой анализ важен для экологии, физиологии, генетики, селекции и т.д.

Особый интерес так же представлял анализ влияния нового видеоустройства: электронной книги (ЭК) с типом монитора т.н. «электронной бумагой» (ЭБ).

Были отобраны 70 человек, пожелавших участвовать в экспериментах и полагавших, что у них нет проблем со зрением. С использованием компьютерной программы «Визус»\* [10] была определена острота зрения и она соответствовала I. Кроме этого исполь-

зовали и другие методы, чтобы убедиться в том, что функциональные параметры их ЗС в норме.

С помощью рефрактометра была исследована абсолютная аккомодация: положение ближайшей и дальнейшей точек ясного видения (БТ и ДТ) и вычислен объем абсолютной аккомодации (ОБ). Измеряли так же критическую частоту слияния мельканий (КЧСМ), что делали с применением прибора и компьютерной программы «Блик»\*. Пространственно-контрастная чувствительность глаз (ПКЧ) оценивалась с применением компьютерной программы «Зебра»\* [1, 9]. Для оценки зрительной работоспособности также использовали модифицированную корректурную пробу Weston [4].

Было выявлено, что при первом измерении кривая ПКЧ могла быть завышенной или заниженной по сравнению с кривой «нормы» (рис. 1), представленной в [1, 9], и на ней могли иметь место «выпадающие» значения. Было необходимо убедиться, что имел место лишь эффект «желания определить как можно точнее» момент исчезновения в «окне» на экране монитора контраста между предъявляемыми темными и светлыми полосами. Действительно, в последующих 2–3 измерениях ПКЧ результаты становились стабильными и одинаковыми. По-видимому, эффект связан с психологической реакцией испытуемых на исследование и/или с необходимостью «предварительного обучения» для работы с данным методом исследования.

Все эксперименты проводили в учебной аудитории, где количество и расположение 18 Вт люминесцентных ламп позволяло иметь стабильную и равномерную освещенность на горизонтальной поверхности (300–350 лк), соответствующую как нормам для работы в аудитории, так и методическим рекомендациям для проведения указанных исследований [9, 10].

Испытуемые были заранее ознакомлены с условиями проведения исследований, а перед началом производили опрос о их самочувствии накануне и в этот день, а затем начиналась оценка состояния ЗС до чтения. Далее в течение 45 минут выполнялась визуальная работа (чтение).

Как до зрительной нагрузки, так и после нее производили оценку абсолютной аккомодации, затем ПКЧ, что в среднем занимало 5–6 минут.

Нами уже отмечалось [7], что при изучении строения листовой пластинки (зазубренности краев, количества зубчиков, асимметрии и т.д.), а так же при исследовании семенного материала растений на ге-

\* Все компьютерные программы («Визус», «Блик» и «Зебра») были установлены на компьютере MacBookPro, находившемся на столике с изменяемой высотой, чтобы взгляд был направлен перпендикулярно экрану. Данный выбор компьютера был обусловлен высокой контрастностью монитора и равномерной яркостью по всей его поверхности, что особенно необходимо для работы с программой «Зебра» [17, 18].

терогенность у части студентов после часа работы имели место негативные функциональные изменения абсолютной аккомодации и ПКЧ. В данной же работе основное внимание уделяется влиянию чтения текста на электронной бумаге\*\* за такой же час.

Для чтения предлагался текст на выбор из произведений Н.В. Гоголя, Ф.М. Достоевского, И.С. Тургенева, Л.Н. Толстого и др.

Представим некоторые результаты наших многолетних исследований.

На рис. 1 приведена кривая ПКЧ «нормы» для здоровых людей [1, 9], позволяющая сопоставить с ней полученные средние величины измерений на 120 глазах на всех шести предъявляемых частотах (0,5; 1; 2; 4; 8; 16 цикл/град.).

Прежде всего отметим, что плавность кривой, однозначность ее хода, выявленная у всех испытуемых (рис. 1), позволила приводить в последующих рисунках значения ПКЧ, выявленные на наиболее низкой (0,5 дБ), средней (4,0 дБ) и наиболее высокой (16,0 дБ) частотах. В области низких частот ПКЧ обусловлена рецепцией визуального стимула в основном палочками сетчатки, а в области высоких частот – колбочками, способными четче различать контраст между мелкими объектами.

На рис. 2 приведены средние значения ПКЧ, выявленные при исследовании состояния 120 глаз, еще не получавших визуальной нагрузки, до чтения текста на ЭБ (вариант «до») и сразу же после 45 минутного чтения (вариант «после»). После чтения ПКЧ снизилась на 5% в области средних частот и на 12% в области высоких.

Уместен вопрос – произошло ли снижение ПКЧ после нагрузки у всех испытуемых и в равной ли мере. Анализ показал (рис. 3), что значимые изменения имели место лишь у 20 человек (40 глаз).

В данном случае снижение ПКЧ после зрительной нагрузки произошло на всех частотах: на 10% при 0,5 и 4,0 цикл/град и весьма существенно – на 22% при 16 цикл/град. На этой частоте глазу предъявляется тестовая решетка, содержащая на той же площади «окна» на мониторе наибольшее количество контрастных элементов (светлых и темных полос), и визуально «поработавшие» глаза раньше отмечали тот момент, когда для них исчезал контраст.

Большее утомление ЗС на высоких частотах – это, вероятно, эффект по меньшей мере двух, влияющих на орган зрения, факторов. Один из них – фактор небольших размеров букв (12 шрифт). Второй фактор – это, по-видимому, то, что глаз воспринимает не только сами символы (буквы, цифры, знаки препинания), но

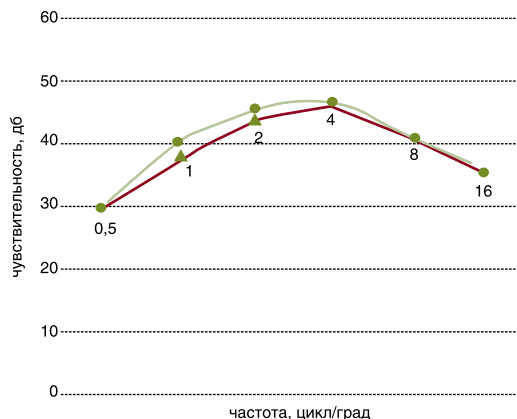


РИС. 1. Пространственно-контрастная чувствительность. Зеленая линия – «норма», красная линия – среднее значение по измерениям на 120 глазах до визуальной нагрузки



РИС. 2. Пространственно-контрастная чувствительность ЗС до и после визуальной нагрузки (средние значения по измерениям 120 глаз). 1 – до чтения, 2 – после чтения. Примечание: различия между вариантами «1» и «2», отмеченными звездочкой (\*), недостоверны

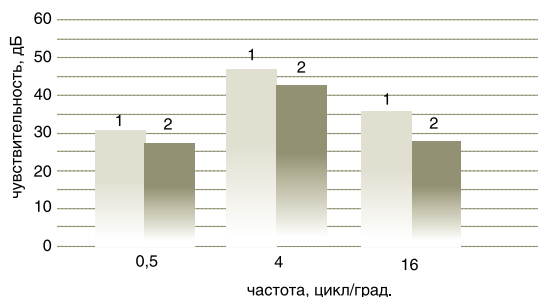


РИС. 3. Пространственно-контрастная чувствительность с негативными изменениями ЗС после визуальной нагрузки (средние значения при оценке реакции 40 глаз). 1 – до чтения, 2 – после чтения

и, подспудно для сознания, «точки» (пиксели), образующие символы на ЭБ, которых нет на обычной бумаге (в т.ч., в классической книге).

\*\* Использовалась ЭБ с разрешением экрана 600 x 800 (166 dpi), с отображением в черно-белом цвете, со стандартным размером шрифта, как и для обычной учебной литературы.

Результаты по ПКЧ подтверждаются и результатами измерений аккомодации до и после чтения книжного текста на ЭБ этими же лицами (68 чел., 136 глаз).

Так, на рис. 4 показано, что после чтения положение ближайшей точки ясного видения (БТ) несколько отдалялось от сетчатки, (с  $-9,2$  до  $-9,0$  дптр.). Можно полагать, что произошло увеличение фокусного расстояния от хрусталика до сетчатки за счет изменения им в ходе чтения формы в сторону его «уплощения», что, по-видимому, связано с ослаблением исходного тонуса мышечного аппарата глаза. Отсюда следует, что для четкого видения вблизи необходимо отдалить объект (ЭБ) или отдалиться от объекта на большее расстояние. За счет утомления ЗС произошло и приближение дальнейшей точки ясного видения (ДТ) с  $-0,1$  до  $-1,2$  дптр.

В результате изменения положения БТ и ДТ снизился объем абсолютной аккомодации, что указывает на снижение работоспособности ЗС.

В пределах общей группы (68 чел., 136 глаз) изменения абсолютной аккомодации, свидетельствующие о функциональном утомлении ЗС, проявились у большинства лиц (табл. 1): если положение БТ изменилось у 10 человек (с  $-9,2$  до  $-8,0$  дптр), то положение ДТ изменилось у 52 человек – она отодвинулась от сетчатки с уменьшением фокусного расстояния с  $-0,1$  до  $-1,4$  дптр. У большинства из испытуемых лиц (у 43 человек) объем аккомодации снизился с  $9,1$  до  $7,4$  дптр.

При анализе результатов у лиц с утомлением глаз после зрительной нагрузки выявилась анизотропия ПКЧ и АА, т.е. имелась разница в показателях ПКЧ (на высоких частотах) и АА правого и левого глаза одних и тех же лиц. У большинства этих лиц, являвшихся правшами, утомление правого глаза было выражено в большей мере.

Итак, изменения состояния ЗС после чтения текста на ЭБ показывают, что, во-первых, оба используемых метода однозначно указывают на то, что такой

интервал (1 акад. час) может приводить у ряда людей к функциональным изменениям, отражающим утомление – первый сигнал к возможной в будущем миопии (близорукости); во-вторых, это означает, что утомление по своему проявлению селективно и специфично – как по степени отзывчивости ПКЧ на более высоких частотах, так и по степени отзывчивости абсолютной аккомодации в отношении точек ясного видения и объема.

Из этого следует, что для более детальной оценки состояния ЗС желательно дополнительно использовать ряд специальных методов.

Интересно отметить, что в данном исследовании в качестве нагрузочного теста использовалось чтение художественной литературы и оказалось, что у тех лиц, которые читали интересный для них текст, утомление было выражено в несколько большей степени, на что ранее обращалось внимание [7].

Можно лишь предполагать, что если бы человек читал текст, который ему необходимо было глубоко осмыслить, то, вероятно, эффект утомления мог быть выражен сильнее. К тому же, в отношении каждого вида визуальной нагрузки необходима оценка инди-

ТАБЛИЦА 1.

Абсолютная аккомодация до и после чтения текстов на электронной бумаге с негативными изменениями ЗС. БТ – ближайшая, ДТ – дальнейшая точки ясного видения, ОБ – объем абсолютной аккомодации

Количество глаз	Показатель АА, дптр.	Показатель АА, дптр.	
		до	после
20	БТ	$-9,2$	$-8$
		$\sigma 0,1$	$\sigma 0,26$
104	ДТ	$-0,1$	$-1,4$
		$\sigma 0,12$	$\sigma 0,2$
86	ОБ	$9,1$	$7,4$
		$\sigma 0,3$	$\sigma 0,27$

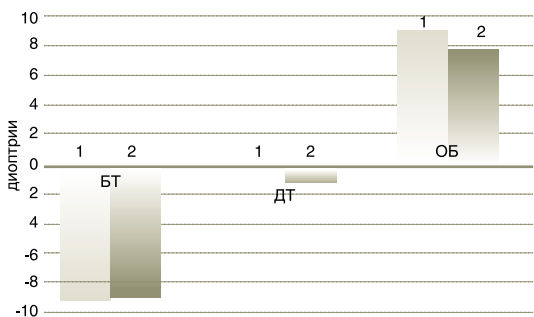


РИС. 4.

Абсолютная аккомодация до и после чтения текстов на электронной бумаге. БТ – ближайшая, ДТ – дальнейшая точки ясного видения, ОБ – объем абсолютной аккомодации. Средние значения по измерениям на 136 глазах. 1 – до чтения, 2 после чтения

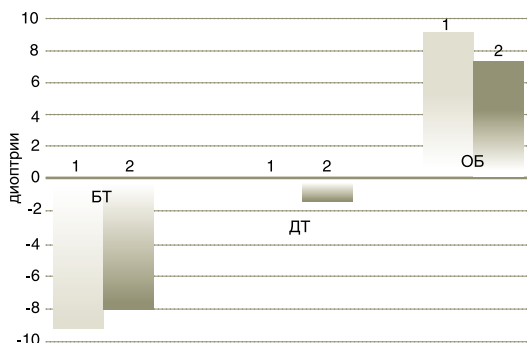


РИС. 5.

Абсолютная аккомодация до и после чтение текстов на электронной бумаге. Обозначения те же, что и в табл. 1. и рис. 4

видуальной реакции, в соответствии с которой желательна разработка индивидуального режима труда.

Подведем краткое заключение. В силу того, что электронная книга с монитором «электронная бумага» прочно входит и в повседневную жизнь людей, и в учебный процесс, в которых она постепенно заменяет классическую (печатную) книгу, ее длительное использование может приводить к утомлению ЗС.

Электронная бумага, как и другие видеоприборы, – естественный результат научно-технического прогресса, во многом улучшающего повседневную жизнедеятельность, остановить который невозможно и нецелесообразно. Однако при этом необходимо знать не только о их новых положительных возможностях, но и том, в какой мере использование этих устройств при зрительно-напряженной работе и при каких условиях может наносить вред глазам. Из этого следует, что, по-видимому, необходимо через СМИ, Минобразования, Минздрав, Минтруда и социальной защиты доводить до сведения пользователей информацию о том, что степень реакции ЗС на визуальную нагрузку различна для разных людей, даже одного и того же возраста и рода их занятий, особенно у молодых – школьников и студентов.

Не менее важно, чтобы государство, признающее ныне необходимым тестировать школьников на употребление наркотиков, ставших, как и алкоголь, разрушителем здоровья, также считало важным детально оценивать возможности работы зрительной системы, тенденции ее изменения в новой эколого-социальной техногенной среде, создать и осуществлять программу мероприятий по сохранению исходно здоровой зрительной системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. БЕЛОЗЕРОВ А.Е. Компьютерные методы функциональной диагностики в офтальмологии // Клиническая физиология зрения / Под ред. А.М. Шамшиновой. 2006. С. 617–638.
2. ДМИТРИЕВА Т.М., КОЗЛОВ Ю.П. Сенсорная экология. Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: РУДН, 2010. 404 с.
3. ИВАХНЕНКО Г.А. Здоровьесберегающие технологии в системе вузовского образования: социологический анализ // Социология медицины. 2010. №1. С. 30–33.
4. КОРНЮШИНА Т.А. Физиологические механизмы развития зрительного утомления и перенапряжения и меры их профилактики. Автореф. докт. биол. наук. М.: 1999. 46 с.
5. КРАВКОВ С.В. Глаз и его работа. М.: Изд-во АН СССР. 1950. 532 с.
6. МАЛХАЗОВА С.М., СЕМЕНОВ В.Ю., ШАРТОВА Н.В., ГУРОВ А.Н. Здоровье населения Московской области: Медико-географические аспекты. М.: ГЕОС, 2010. 112 с.

Е.П. ПРОСТОКИШИНА, И.А. ШУЛЬГИН  
ЭКОЛОГО-СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ПРОБЛЕМЫ УТОМАЛЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВИЗУАЛЬНОЙ РАБОТЕ  
В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЕ

7. ПРОСТОКИШИНА Е.П., КОЗЛОВ Ю.П., ФЕЙГИН А.А., ШУЛЬГИН И.А. Эколого-физиологические визуальные научно-учебные работы как фактор состояния зрительной системы человека // VII Съезд общества физиологов растений России «Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий» Материалы докладов. Часть II. Нижний Новгород, 2011. С. 576–577.
8. РОЗЕНБЛЮМ Ю.З. Офтальмоэргономика в институте имени Гельмгольца – Четверть века развития // Материалы Юбилейной Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию Городской глазной больницы В.А. и А.А. Алексеевых – Московского научно-исследовательского института глазных болезней имени Гельмгольца. М., 5–7 декабря 2000 г, с. 45–47.
9. Руководство пользователя «ЗЕБРА». Программа для измерения пороговой пространственной контрастной чувствительности. Версия 3. М.: Астроинформ СПЕ, 2009. 45 с.
10. Руководство пользователя «ВИЗУС». Программа для измерения остроты зрения. Версия 2. М.: Астроинформ СПЕ. 2006. 36 с.
11. СОСНОВСКИЙ С.В., ШАМШИНОВА А.М. Психологические исследования в оценке начальных функциональных нарушений органа зрения // Человек в большом городе XXI века: тезисы докладов международного конгресса по проблемам окружающей среды и урбанизации. М., 1998. С. 74–76.
12. ФЕЙГИН А.А. Синдром профессиональной офтальмопатии при зрительно-напряженных работах. М. 2009. 128 с.
13. ШЕЛУДЧЕНКО В.М. Современные тенденции развития функциональных методов исследования в офтальмологии // Вестн. офтальмологии. 2006. №1. С. 51–53.
14. PEACHEY C.J., SINNETT D., WILKINSON M., MORGAN G.W., FREER-SMITH P.H., HUTCHINGS T.R. Deposition and solubility of airborne metals to four plant species grown at varying distances from two heavily trafficked roads in London // Environmental Pollution, 2009. V. 157, N 8–9. P. 2291–2299.

#### Евгения Петровна Простокишина

аспирант экологического факультета Российского университета дружбы народов

#### Игорь Александрович Шульгин

д.б.н., профессор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

☎ 119571, г. Москва, ул. 26 Бакинских комиссаров, д. 11,  
тел.: +7 (495) 433-31-63, +7 (905) 769-62-63,  
e-mail: ufarin@yandex.ru