

УДК: 612.84+613.6+614.893:001.5

## РАЗРАБОТКА ОФТАЛЬМОГИГИЕНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ВИДЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ОРГАНА ЗРЕНИЯ УЧАСТНИКОВ УКРАИНСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ

В.Г. Мартиросова<sup>1</sup>, Е.В. Моисеенко<sup>2</sup>

(1) *Институт медицины труда АМН Украины* [yik@nanu.kiev.ua](mailto:yik@nanu.kiev.ua)

(2) *Украинский антарктический центр* [antar@carrier.kiev.ua](mailto:antar@carrier.kiev.ua)

**Реферат** Проведены исследования состояния органов зрения у членов украинской антарктической экспедиции. Разработаны и использованы новые технологии оптической защиты от неблагоприятного влияния солнечной радиации в условиях Антарктики. Использование специальных светофильтров обеспечит защиту органа зрения от агрессивных излучений, оптимальную видимость, будет способствовать сохранению работоспособности и здоровья.

**Development of the Ophthalmohygienic Methods for the Vision Conditions Optimization and Protection of Organs of Vision of the Personnel during Ukrainian Antarctic Expeditions.** by V.G. Martirosova, Ye.V. Moiseyenko.

Organs of vision status examination of the Ukrainian Antarctic expedition members was carried out. It was worked out and used the new optical techniques of unfavorable solar radiation protection under Antarctic conditions. Using of special colour filters will provide aggressive radiation protection of organ of vision and optimal vision conditions, promoting personnel efficiency and health preservation.

**Key words:** adaptation, ophthalmohygienic method, biomedical researches, Antarctic station

### 1. Введение

Известно, что агрессивное действие солнечной радиации в антарктических условиях может приводить к патологическим изменениям со стороны органа зрения. Поэтому проблема защиты органа зрения человека в экстремальных климатических условиях Антарктиды является одной из ведущих в цепи медицинского обеспечения антарктических экспедиций.

На базе межведомственной лаборатории медико-биологических исследований в Антарктике (украинский антарктический центр МПН Украины и институт медицины труда АМН Украины) проводятся исследования состояния органов зрения у членов антарктических экспедиций и разрабатываются новые методы их защиты от неблагоприятного влияния солнечной радиации на основе создания универсального светофильтра, обеспечивающего защиту органа зрения при изменяющихся характеристиках излучений солнечного спектра в разные периоды года.

### 2. Материалы и методы исследований

В исследованиях принимали участие кандидаты на зимовку и члены 6-й (14 чел.) и 7-й (16 чел) украинской антарктической экспедиции, мужского пола, в возрасте 28-50 лет. Обследование проводилось до начала экспедиции, в период пребывания в Антарктике, после возвращения в г. Киев и в отдаленном периоде после возвращения из Антарктики (через 3-5 мес.). На базе института медицины труда АМН Украины проводилось углубленное исследование окулистом, оценивались субъективные и объективные данные состояния органа зрения. На станции Академик Вернадский обследование проводится врачом станции по согласованной методике и графику, а данные оперативно передаются в украинский антарктический центр.

Для оптимизации защиты органа зрения человека в антарктических условиях был применен метод компьютерного моделирования конструкций и свойств интерференционных покрытий с помощью программного комплекса "Optilayer" (на базе центрального конструкторского бюро «Арсенал»). С использованием специальных технологий и высококлассного оптического пластика фирмы «Цейс» проводились работы по изготовлению оптимального оптического покрытия в соответствии с общегосударственными стандартами и технической документацией.

### 3. Анализ результатов исследований и их обсуждение

В настоящее время известно, что солнечный спектр представляет собой интегральный поток излучений, в основном, в оптическом диапазоне электромагнитных излучений: ультрафиолетовое (УФ), видимое (ВИ) и инфракрасное (ИК), с длиной волны 100-400 нм, 400-780 нм и 780 нм – 1 мм, соответственно (Преображенский П.В. и др., 1986). Солнечное излучение, достигающее поверхности Земли в средней полосе земного шара, имеет спектр, простирающийся от 250 до 1800 нм со значительными провалами в ИК-области на длинах волн 900, 1100 и 1400 нм. В его составе 2% УФ, 40% видимого и 58% ИК излучения. Исследованиями ученых украинской антарктической экспедиции показано, что в течение года характеристики спектра солнечного излучения неоднородны и имеют значительные колебания, особенно в период открытия «озоновой дыры» (август-октябрь). В этот период в десятки и сотни раз увеличен поток УФ излучений. Патология органов зрения во время зимовки занимает незначительное место в структуре заболеваемости (Моисеенко и др., 1977), однако, после экспедиции более 60% участников отмечают снижения качества зрения, которое постепенно исчезает, но в отдаленном периоде возможны и другие проявления (предкатарактные изменения).

Поражения глаз в результате действия солнечной лучистой энергии весьма разнообразны. Изменения могут локализоваться как в проксимальных, так и в дистальных структурах органа зрения. Одна группа ученых считает, что наибольшим повреждающим воздействием на роговицу обладает УФ излучение с длиной волны 288-290 нм (Шерашов, 1968), а другая (Pitts, 1978; Parrish J. et al., 1978) – с длиной волны 270 нм. Исследованиями установлено, что УФ излучение с длиной волны более 290 нм частично проникает через роговую оболочку и поглощается в хрусталике, вызывая при хронических или повторных воздействиях его помутнение. В условиях Антарктиды наиболее часто могут возникнуть патологические изменения в виде офтальмии или снежной слепоты, что является результатом своеобразного ожога конъюнктивы и роговой оболочки глаза ультрафиолетовыми лучами солнца, диффузно отраженными от снега и льда. Чаще она возникает антарктической весной в период сияния снегов, когда отражательная способность УФ излучения снежного покрова возрастает во много раз. Зрительные симптомы поначалу проявляются нарушением цветоразличительной функции, затем пространственного восприятия объектов различения, а через некоторое время появляются гиперемия и отек слизистой век и глазного яблока, возникают ощущения боли и наступает полная слепота. После пребывания в течении двух суток в темном помещении или в светонепроницаемой повязке патологические симптомы исчезают и зрение восстанавливается. При последующем воздействии УФ излучения наступает рецидив снежной офтальмии. Единственным средством защиты органа зрения от этого нарушения является светофильтр. Количественные и качественные параметры видимой части спектра оптического диапазона электромагнитных излучений также могут обладать повреждающим действием на сетчатку глаза. Так воздействие ВИ в коротковолновой области может вызвать деструктивные и дегенеративные изменения. Кроме того, воздействие интенсивного ВИ приводит к абсолютному центральному ослеплению, вызывая так называемый световой стресс в организме. Механизм действия светового излучения на орган зрения может быть различным в зависимости от длины волны, мощности и длительности воздействия. Различают 3 основные группы повреждающего действия света на орган зрения – фотохимический, термический и фотомеханический. Фотохимические механизмы в

значительной мере определяют действие излучений УФ и видимой части спектра электромагнитных излучений, фотоны которых обладают высокой энергией. УФ излучение в небольших дозах – порядка 2-5 мВт/см<sup>2</sup> дает полезный фотохимический эффект, выражающийся в образовании и кумуляции в хрусталике хроматофоров, которые защищают сетчатку от УФ облучения и способствуют уменьшению хроматической аберрации за счет поглощения лучей голубой части спектра. При облучении оболочек глаза более высокими дозами УФ излучения проявляется его повреждающее действие на клетки за счет физических и химических изменений на молекулярном уровне. В нуклеиновых кислотах образуются атипичные молекулярные связи, нарушающие кодирующие свойства ДНК и вызывающие мутацию. Существование фотохимических механизмов повреждающего действия видимого света на сетчатую оболочку известны благодаря работам, которые выдвинули окислительную теорию фотоповреждения сетчатки (Noell, 1980). Разработка светофильтра состоит из нескольких этапов. Первоочередной задачей является разработка гигиенических требований с учетом особенностей и сложности зрительных нагрузок и условий видения объектов различения (Мартирсова, 1996). В данной работе необходимо было учесть особенности климатических условий и характер спектра воздействующих солнечных излучений. При разработке гигиенических требований к светофильтрам нами, как правило, решаются 3 основные задачи:

- биологическая защита наружных и внутренних оболочек глаза от фотоповреждения;
- оптимизация условий видения путем обеспечения максимальной видимости и при необходимости индивидуальная коррекция аномалий рефракции;
- обеспечение психофизиологического комфорта условий зрительного восприятия.

Таким образом, основной задачей разработки светофильтра является обеспечение оптимальной видимости объектов различения при максимальной защите органа зрения от вредного воздействия солнечной радиации.

Сложность разработки и изготовления светофильтра усугублялась наличием среди участников экспедиции большого числа лиц с миопической рефракцией средней и высокой степени, у которых, как известно, высокие процессы аберрации глаза (светорассеивание), что вызывает наиболее высокую чувствительность к высоким яркостям.

В таблице представлены данные распределения участников экспедиций по видам рефракции.

Таблица. Распределение участников экспедиции по видам рефракции

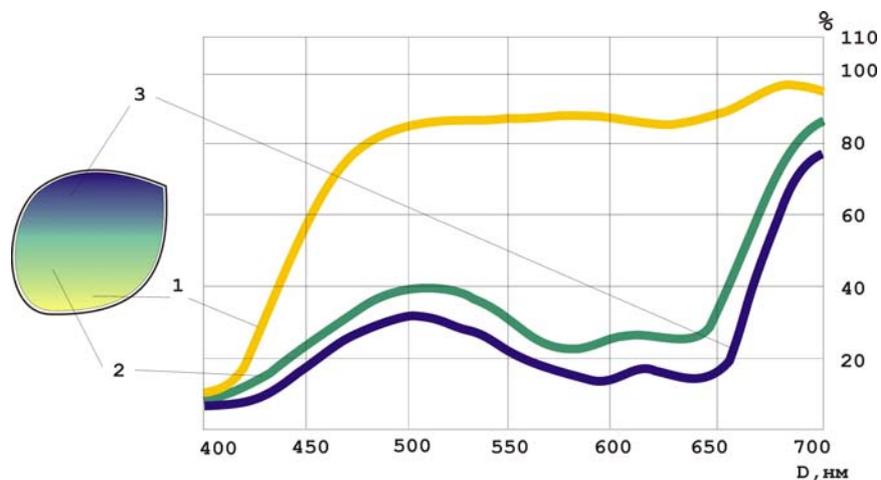
Количество осмотренных	Виды рефракции				
	Эмметропия	Миопия, D			Гиперметропия, D
		До 2.0	3.0-6.0	> 6.0	
2001 г. - 14	10	1	2	1	-
2002 г. - 16	8	1	4	2	1

Из данных таблицы видно, что среди участников 7-й украинской антарктической экспедиции (2002 г) значительная часть лиц имеют выраженную миопию, степень которой в 6 случаях составляет от 3 до 6,5 D. У двух участников экспедиции, которые повторно направлялись в Антарктику и ранее использовали нестандартизованные светофильтры, отмечались изменения со стороны зрительного нерва и выявлялось частичное помутнение хрусталика.

Гигиенические требования к светофильтрам характеризовались необходимостью обеспечения нормальной видимости с учетом зрительного и психологического комфорта, защиты органа зрения от агрессивного спектра излучений в условиях естественного освещения, защиты от прямого и отраженного светового излучения. В соответствии с этим, гигиенические требования к светофильтрам для конкретных антарктических условий были сформулированы следующим образом:

- светофильтры предназначены для защиты органа зрения от агрессивных излучений в ультрафиолетовой (289-400 нм) и коротковолновой части видимого излучения (400-460 нм), поэтому необходимо нейтрализовать эти участки в оптическом диапазоне электромагнитных излучений;
- для повышения цветового контраста и зрительного восприятия объектов различения необходимо сдвинуть зеленую часть спектра в область максимального пропускания светофильтров (490-560 нм);
- для улучшения видимости в условиях облачности в пасмурную погоду, а также повышения комфортности восприятия необходимо обеспечить коррекцию видимого участка оптического излучения за счет пропускания в области желтого спектра (560-580 нм), являющейся зоной максимальной видимости;
- светофильтры должны обеспечить защиту от прямой и диффузно-отраженной световой радиации от снежного покрова и льда, а также от внутренней поверхности самой линзы;
- для защиты от периферического светового ослепления, а также с целью обеспечения концентрации внимания для безопасности передвижения в сложных Антарктических условиях оправы должны быть снабжены защитными боковыми щитками;
- с целью обеспечения психофизиологической комфортности, уменьшения напряжения адаптационных механизмов и обеспечения оптимального взаимодействия всех отделов зрительного анализатора, то есть учета всех гигиенических требований к фильтрам, необходимо изготовить трехдиапазонный градиентный светофильтр с коэффициентом пропускания в верхней части 4-7%, в средней – до 15% и в нижней – до 90% видимости;
- светофильтры должны быть легкими и небьющимися;
- очки должны быть изготовлены с учетом индивидуальных офтальмологических и оптометрических особенностей, аномалий рефракции и анизометропий для поддержания бинокулярного зрения, высокой работоспособности и снижения зрительного утомления.

На основании разработанных гигиенических требований был применен метод компьютерного моделирования конструкций и свойств интерференционных покрытий и изготовлено оптическое покрытие в соответствии с общегосударственными стандартами и технической документацией.



Спектр пропускания оптических излучений трехдиапазонным градиентным светофильтром

На рисунке представлена спектрограмма изготовленного светофильтра. Сопоставляя с данными гигиенических требований можно заключить, что светофильтр соответствует гигиеническим требованиям, как по спектральным характеристикам, так и по трехдиапазонному коэффициенту пропускания градиентного светофильтра. Светофильтры

изготовлены для каждого члена экспедиции в соответствии с требованиями оптометрии и с учетом необходимой коррекции зрения и вставлены в специальные оправы с защитными боковыми щитками. Использование изготовленных очков со специальными светофильтрами обеспечат защиту органа зрения от агрессивных излучений, оптимальную видимость в сложных климатических условиях Антарктики, будут способствовать сохранению профессиональной и зрительной работоспособности, сохранению здоровья.

Предварительный анализ использования защитных очков в 7-й украинской антарктической экспедиции показал, что при субъективной и объективной оценке состояния зрения у всех членов экспедиции наблюдаются положительные результаты, которые проявляются в отсутствии понижения качества зрения, снижении числа случаев патологии органа зрения от неблагоприятного воздействия солнечной радиации. Медико-физиологические данные состояния органа зрения в период зимовки и в отдаленные периоды после возвращения из экспедиции постоянно накапливаются, что позволит в дальнейшем провести углубленный анализ и существенно продвинуться в решении проблемы сохранения зрения и работоспособности человека в антарктических условиях.

### Литература

- Преображенский П.В.**, Шостак В.И., Балашевич Л.И. Световые повреждения глаз. Л. 1986. - с. 50-60.
- Шерашов С.Г.** Поражение органа зрения световым излучением ядерных взрывов (обзор литературы). // Воен.-мед. журн. - 1968. - №10. - С. 45-48.
- Pitts D.G.** The ocular effects of ultraviolet radioation. // Am.J. Optom.a. Physiol. Optics. - 1978. - V.55, №1. - P. 19-35.
- Parrish I.A.**, Anderson R.R., Urbach F. et al. UV-A biological effects of ultraviolet radiation with emphasis on human responses to longwave ultraviolet. - New York: Plenum Press, 1978. - 272 p.
- Noell W.K.** Possible mechanisms of photoreceptor damage by light in mammalian eyes. // Vision Res. - 1980. - V.20, №12. - P. 1163- 1171.
- Мартирсова В.Г.** Оптимизация условий видения машинистов электропоездов метрополитена. // Метро. - № 3-4. - 1996. - С. 42-46.
- Моисеенко Е.В.**, Ильин В.Н., Павлик В.В. и др., Характеристика заболеваемости участников первой украинской антарктической экспедиции. // Бюл. Укр. антарк. центр. – 1997. - Вип.1. - С.259-261.
- Humans** in isolated polar communities. BAS Ann. Rep. 1998-1999, - P.73-76.