

УДК 551.510.534

Л.В. Демиденко, О.К. Еремеева

ГП «Крымстандартметрология», Симферополь, Украина

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Использование ультрафиолетового (УФ) излучения занимает особое место в медицине. Учитывая важность проблемы корректного измерения УФ излучения, специалисты ГП «Крымстандартметрология» и ННЦ «Институт метрология» провели совместную работу по разработке методики качественного и количественного измерения для средств медицинского назначения. В этой работе были рассчитаны специальные поправки для учета спектральных погрешностей, которые имеют решающее значение для качества этих измерений. Использование разработанной методики и поправок для измерений в неионизирующей области УФ излучений позволяют существенно укоротить процесс измерений, а также значительно упростить его. Так, если раньше такие измерения были на уровне научной работы, то теперь их может выполнять оператор, имеющий соответствующий уровень подготовки. Таким образом, усовершенствования, которые получены в процессе проведенной работы, способствуют широкому распространению измерений в области ультрафиолета, вследствие чего и лечение, и загар, и обеззараживание станут более безопасными и качественными.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, измерения.

Введение

Одним из факторов окружающей среды, влияющим на жизнь человека является ультрафиолетовое излучение (рис. 1). Оно составляет около 7% от общего излучения Солнца, а интенсивность его воздействия значительно выше видимой части спектра.

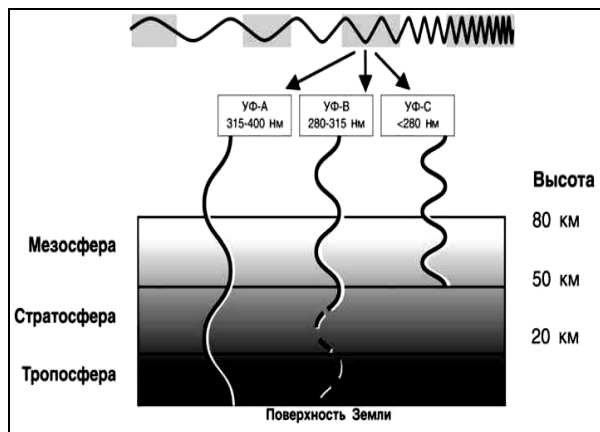


Рис. 1. Глубина проникновения ультрафиолетового излучения Солнца к поверхности Земли

В соответствии с существующей классификацией диапазон ультрафиолетового излучения выглядит следующим образом (рис. 2):

а – (750 – 952 ТГц) УФ-А – 400-315 нм, длинноволновое излучение;

б – (952– 1070 ТГц) УФ-В – 315-280 нм, средневолновое излучение;

в – (1070 – 2000 ТГц) УФ-С – 280-200 нм, коротковолновое излучение

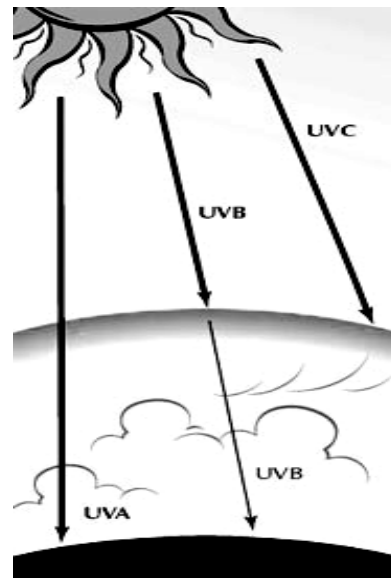


Рис. 2. Диапазоны ультрафиолетового излучения

Спектр УФ-излучения в соответствии с приведенной классификацией приведен на рис. 3.

Схема отражения УФ- излучения от земной поверхности приведена на рис. 4.

Спектр при длине волны менее 200 нм излучение считается ионизирующим.

Широкое использование разнообразных искусственных источников ультрафиолетового излучения и разнообразные их применения в различных сферах: в промышленности, в быту, сфере услуг и медицине делает **актуальной** задачу корректных измерений величины и качества этого излучения.

Особое значение имеют измерения ультрафиолетового излучения в медицине [1 – 5].

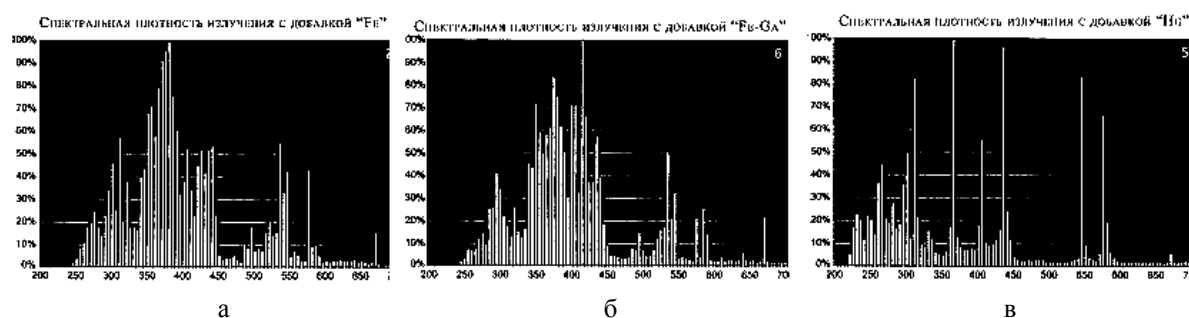


Рис. 3. Спектр УФ-излучения

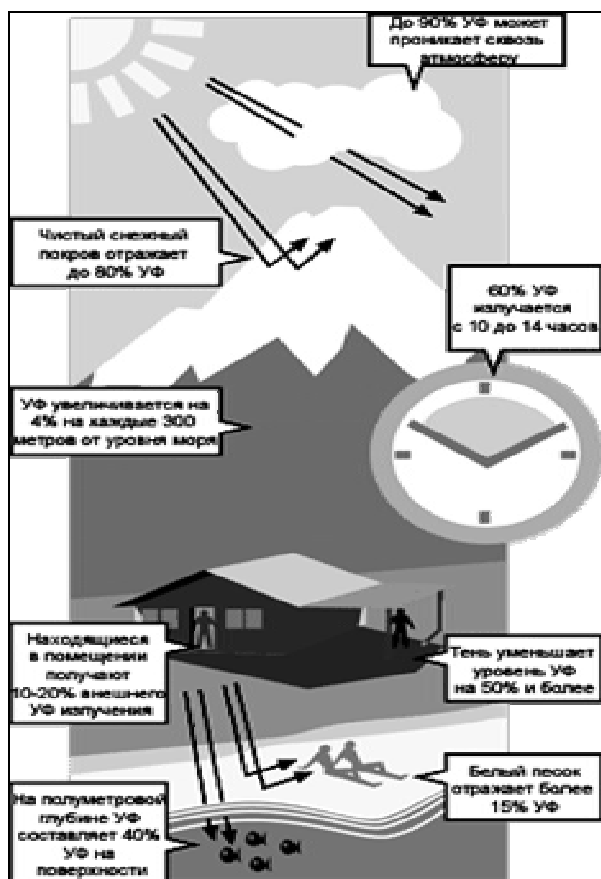


Рис. 4. Отражение УФ- излучения от земной поверхности

Цель статьи – расчет специальных поправок для учета спектральных погрешностей, которые имеют решающее значение для качества измерения ультрафиолетового излучения в медицине.

Результаты исследований

Использование ультрафиолетового излучения в медицине имеет 3 аспекта:

- собственно лечебное воздействие;
- обеззараживание;
- лечение светового голодания.

В зависимости от длины волны излучения глубина проникновения излучения в тело человека различна (рис. 5), следовательно различается и воздействие.

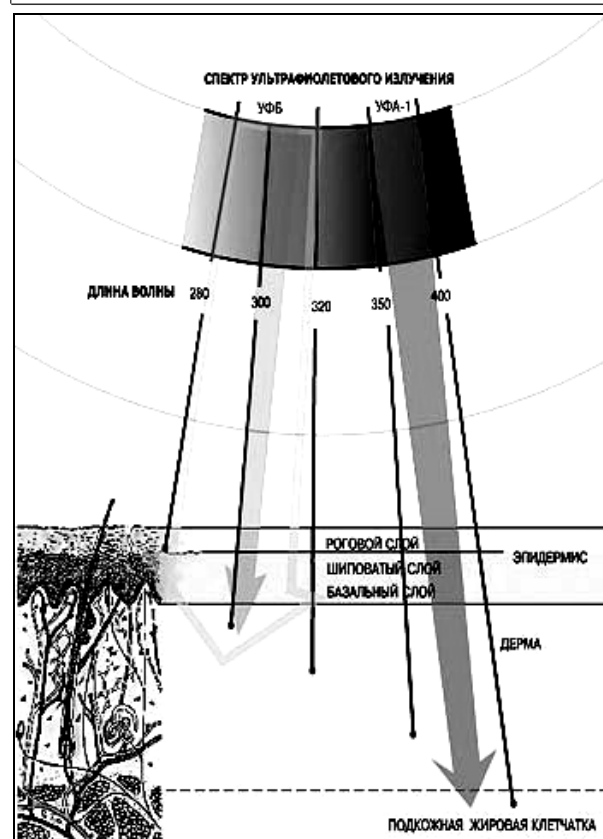
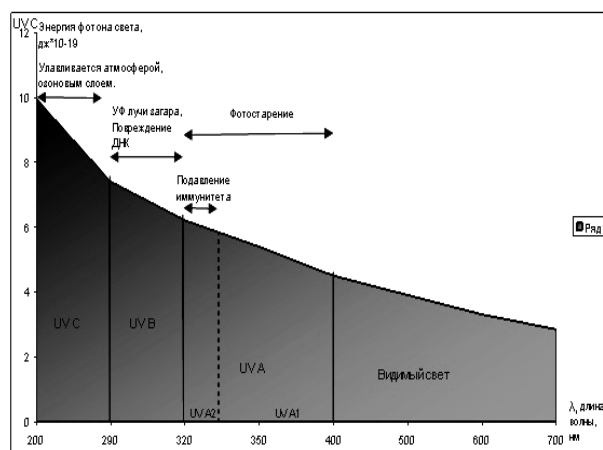


Рис. 5. Структура воздействия ультрафиолетового излучения на кожу человека

Излучение диапазона УФ-А используется для лечения светового голодания – оно инициирует в организме выработку витамина «Д», т.е. оказывает

антираhitическое воздействие, улучшает обмен веществ, оптимизирует работу сердца, лечит неврологические заболевания. Также излучатели такого типа используют для получения искусственного загара в медицинских и бытовых соляриях.

Этот спектр излучения считается самым безвредным, но при неправильной дозировке или несоблюдении ее, наблюдается негативное воздействие на кожные покровы и глаза человека. Для глаз это может быть фотокожьюктивит (ожог роговицы), фотокератит, фотохимическая катаракта хрусталика, дистрофия и помутнение роговицы, снижение остроты зрения. Для кожи это: ожог кожи, фотостарение, а также индуцированный канцерогенез и мена-лому в отдаленном времени, так как способствует образованию свободных радикалов и повреждение структуры ДНК. Загар вызванный УФ-А не дает существенного увеличения числа меланинов, следовательно будет кратковременным.

Излучение средневолновое – УФ-В стимулирует пигментацию кожи (выработку мелатонина) и существенным образом влияет на иммунную систему человека: в зависимости от дозы оно или стимулирует иммунитет или подавляет его.

Коротковременное излучение – **УФ-С обладает обеззараживающим действием** (рис. 6, 7). Этот эффект основан на кумулятивном свойстве микроорганизмов по отношению к нему. Происходит так называемый процесс денатурации – заряд молекул уменьшается, они слипаются и теряют свою активность ферментную, гормональную, антигенную и т.д. У молекул изменяется структура ДНК, т.е наследственная память клетки и возможность воспроизводиться.



Рис. 6. Камера ультрафиолетового обеззараживания

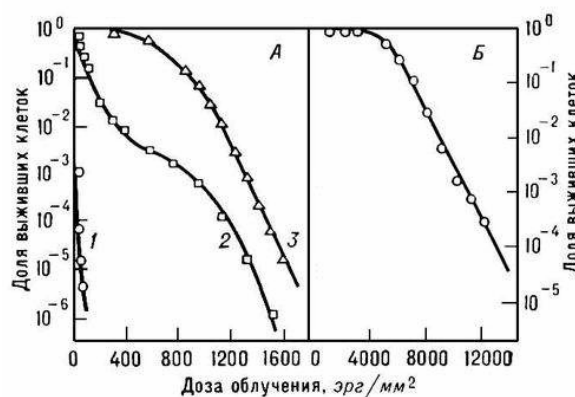


Рис. 7. График обеззараживания с помощью ультрафиолетового излучателя (рис. 6)

В различных микроорганизмах процесс накопления, кумуляции количества энергии, приводящего к гибели его различное. То же относится к простейшим, грибкам, дрожжевым, вирусам и т.п (табл. 1).

Таблица 1

Дозы бактерицидной эффективности

Виды микроорганизмов	Дозы, Дж/кв. м, при бактерицидной эффективности, %		Значение вспомогательных коэффициентов	
	90	99,9	a	b
1	2	3	4	5
Бактерии				
Staphylococcus aureus (Золотистый стафилококк)	49	66	34,4	44,3
Staph. epidermidis (эпидермальный стафилококк)	33	57	18,2	27
Streptococcus – haemolyticus (гемолитич. стрептококк)	21	55	10,3	59
Str. viridians (зеленящий стрептококк)	20	38	15,4	44,0
Corynebakterium diphtheria (дифтерийная палочка)	34	65	15,3	36,0
Micobacterium tuberculosis (туберкулезная палочка)	54	100	16,0	26,0

1	2	3	4	5
<i>Sarcina flava</i> (желтая сарцина)	197	264	33,8	88,7
<i>Bacillus subtilis</i> (споры сенной палочки)	120	220	16,3	12
<i>Escherichia coli</i> (кишечная палочка)	30	66	12,6	47,2
<i>Salmonella typhi</i> (брюшнотифозная палочка)	21	41	14,8	45,0
<i>Shigella</i> (дизентерийная палочка)	16	42	10,3	62,0
<i>Salmonella enteritidis</i> (салмонелла энтеридитис)	40	76	15,4	33,0
<i>Salmonella typhimurium</i> (салмонелла мышинного тифа)	80	152	15,4	24,0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (синегнойная палочка)	55	105	15,3	28,6
<i>Enterococcus</i> (энтерококк)	40	120	7,0	56,8
Вирусы				
Вирус гриппа	36	66	16,3	31,5
Бактериофаг кишечной палочки	36	66	16,3	31,5
Грибы				
Дрожжевые грибы	314-640	-	-	-

Действующая нормативная база в области ультрафиолета:

- СНИ557-88. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях.

- ДСТУ-Н РМГ 71:2007 «Характеристики ультрафиолетового випромінювання джерел медичної призначеності. Методика виконання вимірювань (РМГ 71-2003, ІДТ)

- ДСТУ-Н РМГ 69:2007 «Характеристики оптичного випромінювання соляріїв. Методика виконання вимірювань (РМГ 69-2003, ІДТ)

- ДСТУ-Н РМГ 70:2007 «Характеристики ультрафиолетового випромінювання бактерицидных опромінювачів. Методика виконання вимірювань (РМГ 70-2003, ІДТ)

- МВУ 11-038-2007 «Джерела ультрафиолетового випромінювання. Методика виконання вимірювань параметрів ультрафиолетового випромінювання.»

- Минздравом России утверждены Методические указания №5046-89 «Профилактическое ультрафиолетовое облучение людей».

Приборы для измерения мощности ультрафиолетового излучения показаны на рис. 8.

Теоретически для измерения в спектрах УФ-А, УФ-В, УФ-С необходим приемник с постоянной спектральной чувствительностью внутри области и нулевой вне ее.

Графически это выглядит так для излучения УФ-А как, например, показано на рис. 9.



Рис. 8. Приборы для измерения мощности ультрафиолетового излучения

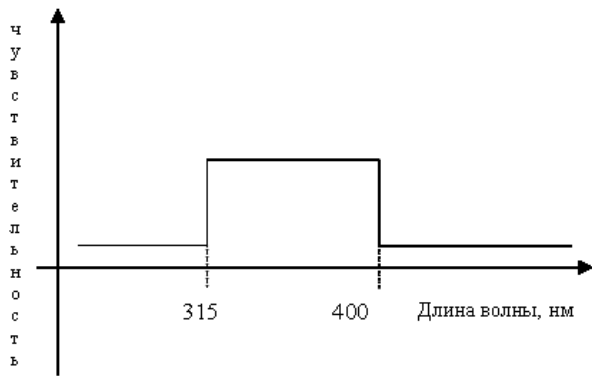


Рис. 9. Вид идеальной спектральной чувствительности приемника

На рис. 10 показаны Виды чувствительности фильтров в зависимости от используемых материалов, на рис. 11 – виды кривых излучения ультрафиолета, используемых в медицине

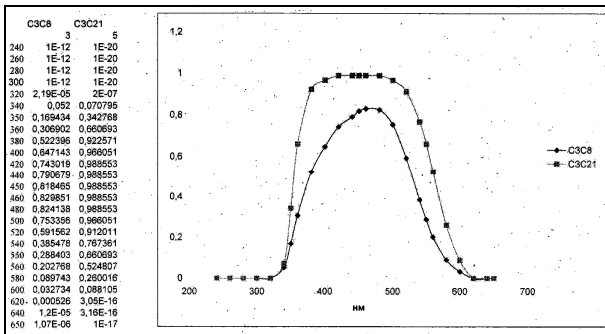


Рис. 10. Виды чувствительности фильтров в зависимости от используемых материалов

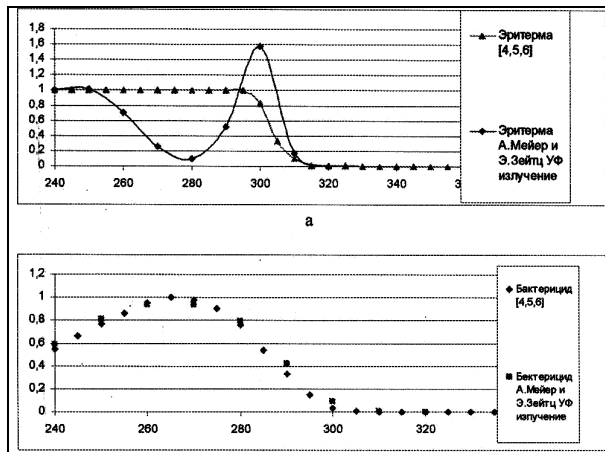


Рис. 11. Виды кривых излучения ультрафиолета, используемых в медицине

Первый вид погрешности (рис. 10) возникает от несовершенства использования приемника.

Второй вид погрешности (рис. 11) возникает из-за неоднозначности используемых источников света.

Научная работа проведенная отделом РТВ совместно с ХГНИИМ содержит методы оптимизации процесса измерения ультрафиолетового излучения.

При использовании радиометра для измерения в ультрафиолетовом спектре, сигнал поступающий на первичный преобразователь – радиометрическую головку может быть представлен так:

$$I_{A,B,C} = \int_0^{\infty} E(\lambda)S_{A,B,C}(\lambda)d\lambda,$$

где $I_{A,B,C}$ – сигналы каждого из каналов;

$S_{A,B,C}(\lambda)$ – чувствительность каждого из каналов;

$E(\lambda)$ – спектральная освещенность в плоскости радиометра.

Учитывая требования нормативной документации предъявляемые к точности измерений погрешность измерения не должна превышать 10%.

Для минимизации погрешности измерений (рис. 12) необходимо, чтобы ее значение не превышало 10%, были использованы технические и расчетные методы. Произведя ряд математических вычислений и преобразований мы пришли к выводу, что можно значительно повысить точность измерений, учитывая конкретные конфигурации спектров источников излучения.

Были изучены спектры ламп-источников УФ как отечественного, так и зарубежного производства и на основе этого разработаны таблицы поправок для конкретного прибора.

Были подобраны специальные фильтры, позволяющие отсекай длинноволновую составляющую спектра излучения.

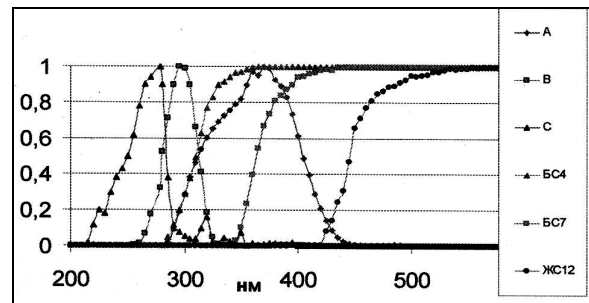


Рис. 12. Графическое представление принципа минимизации погрешности второго типа

На основании экспериментов, в комплект радиометра были введены специальные ослабляющие насадки, спектр пропускания которых выше, чем исследуемая область. Это позволило устранить погрешность от неподавленного длинноволнового излучения.

По результатам проведенной научной работы была разработана методика МВУ 11-038-2007 «Источники ультрафиолетового излучения. Методика выполнения измерений параметров ультрафиолетового излучения»

Эта методика позволяет повысить точность измерений без использования дополнительных средств измерений, только за счет повышения тре-

бований к квалификации операторов и использования справочных и расчетных данных.

Для обеспечения безопасного использования ультрафиолетового излучения необходимо:

1. Разработать нормативы УФ-излучения при использовании его с медицинской целью.
2. Сделать контроль выходных параметров излучателей ультрафиолетового спектра обязательной процедурой и внести указанные излучатели в реестр средств измерительной техники.
3. Внести работу с УФ-излучателями в справочник работ во вредных и опасных условиях труда.
4. Разработать нормативы для измерения озона в помещениях где работают источники УФ-излучения.

Разработать нормативы по УФ-излучению от бытовых приборов (осветительные приборы, экраны компьютеров и т.д.)

Рассмотрим пример измерения мощности ультрафиолетового излучения в солярии в санатории гелиопарк «Сосновая Роща».

Измерения в солярии ООО «Гелиопарк Сосновая роща». Тип солярия SSMK 30/3 R, производства фирмы Quelle. В паспорте не приведены данные о облученности в УФ областях спектра. Имеется только таблица о рекомендуемой длительности сеансов.

Поскольку установки находятся в отдельной комнате, медицинский персонал не подвергается опасному УФ облучению. Имеются очки, обеспечивающие защиту глаз от УФ излучения. Таким образом, следует только принять решение о необходимости замены ламп и о длительности процедур. Солярий освещает пациента со всех сторон. Производится измерение освещенности в областях А,В,С в местах соответствующих расположению головы, живота и ног. Перед проведением измерений наблюдается поведение показаний прибора на любом диапазоне. Отсутствие изменений показаний свидетельствует о достижении стационарного режима горения ламп. Каждое измерение проводится при двух ориентациях приемника - ориентация вверх и ориентация вниз. При ориентации вверх приемник размещается на высоте, приблизительно соответствующей высоте головы, живота и ног. Данные измерений заносятся в таблицу (табл. 2):

В произвольной точке солярия проводятся дополнительные измерения, определяющие спектральные поправки. Учитывая существенный разброс (более 30%), вызванный пространственной неоднородностью излучения, введение поправок возможно проводить непосредственно по методике измерений, предложенной в паспорте прибора (табл. 3).

Таблица 2

Результаты измерений

Область	А		В		С	
	Ориентация вверх	Ориентация вниз	Ориентация вверх	Ориентация вниз	Ориентация вверх	Ориентация вниз
Уровень головы	130 Вт/м ²	200 Вт/м ²	2,2 Вт/м ²	4,5 Вт/м ²	2 Вт/м ²	3,1 Вт/м ²
Уровень живота	200 Вт/м ²	195 Вт/м ²	4,25 Вт/м ²	4,47 Вт/м ²	3,5 Вт/м ²	3,2 Вт/м ²
Уровень ног	160 Вт/м ²	160 Вт/м ²	2,73 Вт/м ²	3,53 Вт/м ²	2,5 Вт/м ²	2,9 Вт/м ²

Таблица 3

Методика измерений, предложенная в паспорте прибора

Области	А	В	В, с фильтром K2=1,11	С	С, с фильтром K1 = 1,09
Показания	98 Вт/м ²	1,96 Вт/м ²	0,57 Вт/м ²	3,16 Вт/м ²	2,71 Вт/м ²

Результат измерения облученности в этой точке:

В области А – 98 Вт/м² (98% излучения).

В области В – $1,96 - 0,57 * 1,11 = 1,42$ Вт/м² (1,4% излучения).

В области С – $3,16 - 2,71 * 1,09 = 0,206$ Вт/м² (0,2% излучения). Сравнивая полученное соотношение с электронной книгой-каталогом спектров Excel можно видеть, что, скорее всего, солярий оснащен лампами типа CLEO EFFECT, со спектром излучения, который приведен ниже (рис. 13).

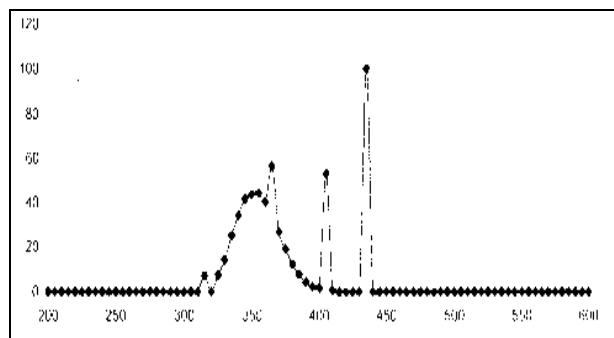


Рис. 13. Результаты измерения облученности

Коэффициент для области А $F_A = 1,014$. Для области В $F_B = 0,88$. Для области С коэффициент F_C определять бессмысленно из-за практического отсутствия излучения.

Итого для области А вида спектра результат

следует умножить на 1,014 В области В из-за неподвижной чувствительности вне области

В результаты измерений следует умножить на $1,42/1,96 = 0,72$ и на 0,88 из-за вида спектра. Конечные результаты измерений приведены в табл. 4.

Таблица 4

Конечные результаты измерений

	А (Вт/м ²)		В (Вт/м ²)		С (Вт/м ²)	
	Ориентация вверх	Ориентация вниз	Ориентация вверх	Ориентация вниз	Ориентация вверх	Ориентация вниз
Уровень головы	$130 * 1,014 = 131,8$	$200 * 1,014 = 202,8$	$2,2 * 0,72 * 0,88 = 1,58$	$4,5 * 0,72 * 1,323 = 3,24$	0	0
Уровень живота	$200 * 1,014 = 202,8$	$195 * 1,014 = 197,7$	$4,25 * 0,72 * 1,323 = 3,06$	$4,47 * 0,72 * 1,323 = 3,22$	0	0
Уровень ног	$160 * 1,014 = 162,4$	$160 * 1,014 = 162,4$	$2,73 * 0,72 * 1,323 = 1,96$	$3,53 * 0,72 * 1,323 = 2,54$	0	0

Видно, что уровни облученности превосходят допустимые нормы для производственных помещений по СН 4557-87 как по области А, так и по области В. Однако солярий не является производственным помещением, поэтому решение о допустимом времени пребывания пациента в солярии должно приниматься врачом. Врачу предоставлены результаты измерений и обращено внимание на высокие уровни облученности (в сравнении с [6]) и на то, что верхние лампы в области головы частично потеряли свою мощность в скором времени потребуют замены.

Вывод

Использование разработанной методики и поправок для измерений в неионизирующей области УФ-излучений позволяют существенно укоротить процесс измерений, а также значительно упростить его. Усовершенствования, которые получены в процессе проведенной работы, способствуют широкому распространению измерений в области ультрафиолета, вследствие чего и лечение, и загар, и обеззараживание станут более безопасными и качественными.

УЛЬТРАФІОЛЕТОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ В МЕДИЦИНІ. ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ

Л.В. Демиденко, О.К. Єремєєва

Використання ультрафіолетового (УФ) випромінювання займає особливе місце в медицині. Враховуючи важливість проблеми коректного вимірювання УФ-випромінювання, фахівці ДП "Кримстандартметрологія" і ННЦ "Інститут метрології" провели спільну роботу по розробці методики якісного і кількісного вимірювання для засобів медичного призначення. У цій роботі були розраховані спеціальні поправки для урахування спектральних похибок, які мають вирішальне значення для якості цих вимірювань. Використання розробленої методики і поправок для вимірювань в неіонізуючій області УФ-випромінювання дозволяють суттєво скоротити процес вимірювань, а також значно спростити його. Так, якщо раніше такі вимірювання були на рівні наукової роботи, то тепер їх може виконувати оператор, який має відповідний рівень підготовки. Таким чином, удосконалення, які отримані в процесі проведеної роботи, сприяють поширенню вимірювань в галузі ультрафіолету, внаслідок чого і лікування, і засмага, і знезараження стануть більш безпечними і якісними.

Ключові слова: ультрафіолетове випромінювання, вимірювання

ULTRAVIOLET RADIATION IN MEDICINE. PROBLEMS OF USE

L.V. Demidenko, O.K. Yermeyeva

The use of ultraviolet (UV) radiation occupies a special place in medicine. Given the importance of the problem of correct measurement of UV radiation, the specialists of the state enterprise "Crimeastandartmetrology" and NSC "Institute of metrology" have worked together to develop a methodology of qualitative and quantitative measurement for the transport of medical purpose. In this paper were calculated special amendments to accounting spectral errors, which are decisive for the quality of

Список литературы

1. Сарычев Г.С. Профилатическое УФ излучение и стандарт МКО по фотобиологической безопасности ламп и ламповых систем / Г.С. Сарычев, Г.Н. Гаврилкина // Светотехника. – 2003. – № 1. – С. 38-39.
2. Общесоюзные санитарно-гигиенические и санитарно-производственные правила и нормы. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях, - Министерство здравоохранения СССР. – М., 1988.
3. ДСТУ-Н РМГ 69-2007 ГСИ. Характеристики оптического излучения соляриев. Методика выполнения измерений.
4. ДСТУ-Н РМГ 70-2007 ГСИ. Характеристики ультрафиолетового излучения бактерицидных облучателей. Методика выполнения измерений.
5. ДСТУ-Н РМГ 71-2007 ГСИ. Характеристики ультрафиолетового излучения источников медицинского назначения. Методика выполнения измерений.

Поступила в редколлегию 27.08.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.П. Захаров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина.

these measurements. Using the developed methodology and amendments for measurements in the field of non-ionizing UV-radiation make it possible to substantially shorten the process of measurement, and also considerably simplify it. So, if earlier, such measurements were at the level of scientific work, now they can do the operator with the appropriate level of training. Thus, improvements, which were obtained in the course of the work, contribute to the wider dissemination of measurements in the field of ultraviolet radiation and, consequently, treatment, and tan, and decontamination will be more safe and high quality.

Keywords: *ultraviolet radiation, measurement.*