

УДК 629.039.58

Исследование свойств различных светопоглотителей, используемых для защиты от ультрафиолетового излучения (УФИ)

*Султанов С.А., студент
Россия 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экологии и промышленная безопасность»*

*Пупышева Е.В., студент
Россия 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экологии и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Кирикова О.В., ст. преподаватель
Россия 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
e9@mx.bmstu.ru*

Ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение) имеет диапазон длин волн от 10 до 400 нм. Источники УФИ можно разделить на искусственные и естественные. Основным естественным источником является Солнце. Оно посылает к Земле весь диапазон электромагнитных излучений, но большая часть коротковолновых излучений задерживается верхними слоями атмосферы и до Земли доходят только лишь наименее жесткое УФИ с длинами волн 315- 400 нм. Искусственные источники УФИ широко используются в медицинских целях для обеззараживания помещений, медицинских принадлежностей, при обеззараживании крови и плазмы крови. С помощью УФИ производят обеззараживание сточных вод и вод, подаваемых на использование населением, обеззараживают тару и упаковку и т.д. Это УФИ с длинами волн 200-250 нм. В технологических процессах УФИ встречается при работе со сварочным оборудованием, где источником УФИ является электрическая дуга, при работе с лазерами, ртутными выпрямителями, при светокопировании. Эти источники излучают УФИ в широком диапазоне длин волн: 200-400 нм.

1. Воздействие УФИ на человека

Согласно действующим нормативным документам СН 4557-88 по биологическому воздействию выделяют три области УФИ:

область УФА– $\lambda = 400 \dots 315$ нм- с относительно слабым действием,

область УФВ– $\lambda = 315 \dots 280$ нм- выраженное загарное действие,

область УФС– $\lambda = 280 \dots 200$ нм-с активным отрицательным действием на белки и липиды физиологической ткани и обладающее выраженным бактерицидным действием.

Механизм возникновения биологических реакций в ответ на воздействие ультрафиолетового излучения складывается из биофизических, гуморальных и нервно-рефлекторных процессов. Поглощенная кожными покровами энергия ультрафиолетового излучения вызывает перегруппировку атомов или молекул клеток, переводя их в физически новое состояние, при котором изменяются запас энергии и способность к фотохимическим реакциям.

Реакции организма на УФИ-излучение зависят от длины волны излучения.

Область УФА имеет слабовыраженное биологическое действие. УФВ-излучение обладает ярко выраженным загарным, антирахитичным действием. Область УФС обладает разрушительным для клеток организма действием и может привести к поражениям кожи, старению кожи.

Ультрафиолетовое излучение в длинно волновом диапазоне является жизненно необходимым фактором. Общеизвестно, что именно УФИ-излучение (его длинноволновая составляющая) инициирует процесс образования в коже человека эргокальциферола (витамина Д), необходимого для всасывания кальция в кишечнике и обеспечения нормального развития костного скелета. Недостаток витамина Д, что приводит у взрослых и детей к нарушениям действия различных ферментов и гормонов.

Кроме того, ультрафиолет активно влияет на синтез мелатонина и серотонина – гормонов, отвечающих за суточный биологический ритм.

Ультрафиолетовое облучение может понижать чувствительность организма к некоторым вредным воздействиям. Оптимальные дозы УФИ активизируют деятельность сердца, обмен веществ, повышают активность ферментов дыхания, улучшают кроветворение.

Тем не менее, УФИ может вызывать и негативные реакции человеческого организма. Передозировка УФИ может вызвать изменения в коже, начиная от покраснения кожи (эритемы) вплоть до острых дерматитов иногда с отеком и образованием пузырей, а также общетоксические явления с повышением температуры, ознобом, головными болями.

Наиболее уязвимы для УФИ глаза, причем страдает преимущественно роговица и слизистая оболочка. Роговица глаза наиболее чувствительная к излучению волны длиной 270...280 нм; наибольшее воздействие на хрусталик оказывает излучение в диапазоне 295...320 нм.

УФИ коротковолновых диапазонов (В и С) изменяет состав воздуха рабочей зоны: в нем образуется озон, оксид азота и пероксид водорода, ионизируется воздух. В больших количествах озон токсичен для человека, поэтому необходимо периодически проветривать помещения. В комбинации с токсичными веществами УФИ может привести к повышенной чувствительности к свету, к развитию фото-аллергических реакций с образованием узелково-папулезной сыпи на коже и слизистых. Канцерогенный эффект УФИ-облучения зависит от дозы, диеты, приема лекарств, генетической предрасположенности.

2. Нормирование ультрафиолетового излучения (УФИ)

Основными нормативными документами являются:

- СН №4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях;
- МУ5046-89 Профилактическое ультрафиолетовое облучение людей (с применением искусственных источников ультрафиолетового излучения);
- РЗ.5.1904-04 Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях;
- МУ2.3.975-00 Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами. Методические указания.

В качестве нормативной величины УФИ в производственных помещениях согласно СН №4557-88 устанавливаются допустимые плотности потока излучения в зависимости от длины волн при условии защиты органов зрения и кожи.

Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 мД/м² и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать:

- 50,0 Вт/м²– для области УФ-А
- 0,05 Вт/м²– для области УФ-В
- 0,001 Вт/м²– для области УФ-С.

Допустимая интенсивность УФИ работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м² (лицо, шея, кисти рук и др.), общей продолжительности воздействия излучения 50 % рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать:

- 10,0 Вт/м²– для области УФ-А;
- 0,01 Вт/м²– для области УФ-В;
- Излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.

3. Средства защиты от УФИ

Основными защитными мерами являются: экранирование источников излучения, экранирование рабочих мест, СИЗ, специальная окраска помещений и рациональное размещение рабочих мест.

Наиболее рациональными является экранирование (укрытие) источников излучения. В качестве экрана применяют различные материалы и светофильтры, не пропускающие или снижающие интенсивность УФ-излучения. Экранирование рабочих мест: рабочие места ограждают ширмами, щитками или устанавливают кабины высотой 1,8...2 м, а стенки их не должны доходить до пола на 25..30 см для улучшения условий проветривания кабин.

В качестве *средств индивидуальной защиты* (СИЗ) применяют спецодежду (куртки, брюки), рукавицы, фартуки, щитки со светофильтрами или защитные очки. Одежда изготавливается из тканей, не пропускающих УФ-излучения (лен, хлопчатобумажная, поплин). Защитные очки и щитки укомплектовываются светофильтрами в зависимости от выполняемой работы. Полную защиту от УФ-излучения всех областей обеспечивает флинтглас (стекло, содержащее оксид свинца).

Для защиты кожи от УФИ применяют мази с содержанием веществ, служащих светофильтрами (салол, салицилово-метилловый эфир и др.).

Стены и ширмы в цехах окрашивают в светлые тона (серый, желтый, голубой), применяя цинковые и титановые белила для поглощения УФИ.

4. Описание научно-исследовательского стенда

Стенд выполнен в виде самостоятельного прибора, настольного исполнения. Источником ультрафиолетового излучения является УФ-лампа широкого спектра (ДКБ-9).

Органы управления стендом (рис. 1):

1. Фильтры-поглотители.
2. Место установки фильтра-поглотителя.
3. Блок обработки сигналов с органами управления прибора для измерения УФ-излучения(УФ-радиометр).
4. Фотометрическая головка прибора для измерения УФ-излучения.
5. Выключатель «Сеть».



Рис. 1. Внешний вид стенда

Прибор для измерения УФ-излучения «ТКА-ПКМ» (УФ-радиометр) встроен в стенд.

Прибор измеряет интенсивность в спектральных диапазонах УФА – 315...400 нм, УФВ–280...315 нм, УФС –200...280нм. Питание прибора осуществляется от сети 220 В. Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков: фотометрической головки (поз.4, рис. 1) и блока обработки сигнала (поз.3, рис. 1), связанных между собой гибким многожильным кабелем. В фотометрической головке расположены три фотоприемных устройства спектральных диапазонов А, В и С. На лицевой стороне блока обработки сигналов расположены переключатель пределов измерений, переключатель спектральных диапазонов (А, В, С) и жидкокристаллический индикатор.

Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприёмными устройствами оптического излучения в электрический сигнал с последующей обработкой и цифровой индикацией числовых значений энергетической освещенности.

На стенде производились определение эффективности экранирования следующих материалов:

Фильтры- поглотители УФИ:

1. Силикатное (оконное) стекло (толщина 2 мм).
2. Оргстекло (термопластичный прозрачный пластик, толщина 3 мм).
3. Стекло для защитного щитка сварщика С4 (затемненное стекло, покровное стекло, подложка из оргстекла, толщина 2,3 мм).
4. Ткань х/б белого цвета.
5. Тонкий пластик зеленого/синего цвета.
6. Тонкий пластик красного цвета.

7. Тонкий пластик белого цвета.

8. Фото пленка засвеченная.

9. Фото пленка не засвеченная, проявленная. (Фотоплёнка - лист пластика (лавсан, нитрат или ацетат целлюлозы), на который нанесена фотоэмульсия, содержащая зерна галогенидов серебра, определяющие светочувствительность, контраст и оптическое разрешение).

10. Ткань «Брезент» (плотная парусина, пропитанная огнеупорными или водоотталкивающими и противогнилостными составами).

Измерение энергетической освещенности ультрафиолетового излучения и эффективности экранирования материалами производилось в различных диапазонах длин волн УФИ (УФА, УФВ, УФС). Для этого первоначально производился замер энергетической освещенности без экрана во всех диапазонах длин волн (табл. 1), а затем с экраном (табл. 2). Расчет эффективности экранирования производился по формуле:

$$\dot{Y} = 100\% \frac{I_0 - I_i}{I_0},$$

где I_0 – интенсивность УФ- излучения источника без экрана, Вт/м²; I_i – интенсивность УФ-излучения после экранирования, Вт/м²;

Результаты расчета представлены в таблице 3.

По результатам экспериментальных исследований можно сказать, что у всех материалов в коротковолновом диапазоне длин волн УФС замечена наибольшая эффективность экранирования 99,9%, и только у тонкого пластика, имеющего наименьшую эффективность и в других диапазонах длин волн, она составила 64,3%. И вообще эффективность экранирования всех материалов возрастает с уменьшением длин волн УФИ. Высокими эффективностями экранирования. обладают следующие материалы: № 3 - специальное стекло, применяемое в касках сварщика – 99,9 (во всех диапазонах длин волн);

№ 8 -засвеченная фото пленка 99,9%(во всех диапазонах длин волн);

№ 10 – брезентовая ткань (99,9%-99,85 во всех диапазонах длин волн).

Обычное стекло имеет достаточно высокую эффективность экранирования в диапазонах УФС (99,98%) и УФВ (96,14%), а в диапазоне УФА эффективность экранирования невелика и составила лишь 28,75%. Оргстекло имеет высокую эффективность экранирования только в диапазоне УФС. Обычная ткань хорошо экранирует в широком диапазоне длин волн. Самая низкая экранирующая способность во всех диапазонах длин волн у тонкого пластика красного цвета (№ 6) и у оргстекла (№ 2).

Таблица 1

Результаты измерения освещённости при отсутствии экрана

	Интенсивность ультрафиолетового излучения мВт/м ²		
	УФ-А	УФ-В	УФ-С
Без поглотителя	400	158	12130

Таблица 2

Результаты измерения освещённости при наличии светопоглотителя

№ поглотителя УФ-излучения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Интенсивность УФ-А, мВт/ м ²	285	341	0.1	42.4	30.8	291	15.2	0.4	253	5.4
Интенсивность УФ-В, мВт/ м ²	6.1	90.8	0.01	15.7	12.8	84.3	5.4	0.2	57.4	2.6
Интенсивность УФ-С, мВт/ м ²	2.5	4.6	0.5	929	588	4330	316	0.6	3.4	116.6

Таблица 3

Результаты расчёта эффективности светопоглотителей

№	Наименование поглотителя	Эффективность поглотителя, %		
		УФ-А	УФ-В	УФ-С
1	Силикатное(оконное) стекло(толщина 2 мм)	28.75	96.14	99.98
2	Оргстекло(толщина 3 мм)	14.75	42.53	99.96
3	Стекло для защитного щитка сварщика С4 (толщина 2,3 мм)	99.98	99.99	99.996
4	х/б ткань белого цвета	89.4	90.06	92.34
5	Тонкий пластик зеленого/синего цвета	92.3	91.90	95.15
6	Тонкий пластик красного цвета	27.25	46.65	64.30
7	Тонкий пластик белого цвета	96.2	96.58	97.39
8	Фотопленка засвеченная	99.9	99.87	99.995
9	Фотопленка не засвеченная, проявленная	36.75	63.67	99.97
10	Ткань «Брезент»	98.65	98.35	99.04

Список литературы

1. СН № 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях. Санитарные нормы разработаны Киевским НИИ гигиены труда и профзаболеваний (Шлейфман Ф.М., Гвозденко Л.А., Вялая Л.С.),

- НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (Афанасьева Р.Ф.), НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (Ильницкая А.В.), ВНИИ охраны труда ВЦСПС (Алексеева И.С., Колодин Э.А.) и ЛЭТИ им. Ульянова-Ленина (Гульков В.Н.). 23 февраля 1988 г. N 4557-88. 3 с. Ответственный исполнитель Гвозденко Л.А. (Киевский НИИ гигиены труда и профзаболеваний).
2. МУ 5046-89 Профилактическое ультрафиолетовое облучение людей (с применением искусственных источников ультрафиолетового излучения). Утверждено Заместителем министра здравоохранения СССР П.И. Герасимовым. 3 августа 1989 г. -6 с.
 3. Р 3.5.1904-04 Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях. Разработано: НИИ дезинфектологии Минздрава России (М.Г. Шандала, Е.М. Абрамова, И.Ф. Соколова, В.Г. Юзбашев); НИИ медицины труда РАМН (Ю.П. Пальцев); Центром Госсанэпиднадзора в г. Москве (Т.В. Иванцова, А.В. Цирулин); НИ «Зенит» (А.Л. Вассерман); ВНИИ Медицинского приборостроения (Р.Г. Лаврова). 67 с.
 4. МУ 2.3.975-00 Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами. Методические указания. Разработаны в НИИдезинфектологии Министерства здравоохранения РФ авторским коллективом в составе: М.Г. Шандала - руководитель разработки (НИИ дезинфектологии МЗ РФ), В.Г. Юзбашев (НИИ дезинфектологии МЗ РФ). А. Л. Вассерман (ОАО «НИИ Зенит»), О.Г. Титова. Т.В. Иванцова (Центр Госсанэпиднадзора в г. Москве), Р.Г. Лаврова (ЗАО «ВНИИМП-ВИТА»), М.Н. Раев (ЗАО «МЕДИКО-1»). Л.Н. Майорова (Институт питания РАМН). 38 с.