

УДК 621.327

**Семенов А.О., Кобищан А.Д., Семенова Н.В.**

**УЛЬТРАФІОЛЕТОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ОПТИЧНІ  
ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ В УФ-ОБЛАСТІ**

*Полтавський університет економіки і торгівлі*

*Полтава, Коваля 3, 36014*

**Semenov A., Kobischan A., Semenova N.**

**ULTRAVIOLET RADIATION AND THE OPTICAL PROPERTIES OF  
MATERIALS IN THE UV REGION**

*Poltava University of Economics and Trade*

*Poltava, the Smith 3, 36014*

*Анотація. В роботі представлені основні величини УФ-випромінювання та їх одиниці вимірювання і результати дослідження оптичних властивостей матеріалів в області УФ-діапазону, що використовуються при розробці пристроїв для УФ-знезараження повітря, поверхонь і води або є об'єктами оптичного опромінювання при цих довжинах хвилі.*

*Ключові слова: ультрафіолетове випромінювання, оптичне випромінювання, потік випромінювання, поверхнева доза, коефіцієнт поглинання.*

*Abstract. This paper presents the main values of UV radiation and their units of measurement and results of the study of optical properties in the UV range used in the design of devices for ultraviolet disinfection of air, surfaces and water or are targets of optical radiation at these wavelengths.*

*Keywords: ultraviolet radiation, optical radiation flux, surface dose, rate of absorption.*

В світовій практиці поряд з використанням традиційних методів дезінфекції все більшого застосування знаходить метод дезінфекції

ультрафіолетовим УФ-випромінюванням, який успішно застосовується для знезараження води, повітря та поверхонь в різних сферах діяльності. Широке використання УФ-методу пояснюється чітким розумінням технології та регламенту його застосування, а також підвищенням надійності і економічності промислового УФ-обладнання, завдяки новим розробленим джерелам ультрафіолетового випромінювання за останні десятиріччя [1].

Природа ультрафіолетового випромінювання (УФ) – електромагнітне випромінювання, що представляє собою процес переносу електромагнітних коливань енергіє від джерела випромінювання в оточуюче середовище і займає діапазон між видимим і рентгенівським випромінюванням (400-10 нм). Діапазон поділяють на ближній УФ (400-200 нм) і дальній або вакуумний (200-10нм) ультрафіолет, який інтенсивно поглинається повітрям і досліджується тільки вакуумними приладами.

Відповідно до рекомендацій Міжнародної комісії по освітленню, оптичний діапазон включає наступні області ультрафіолетового випромінювання (А, В, С), що мають різну природу і відповідно різну біологічну дію: УФ-А – 315-400 нм, УФ-В – 280-315 нм, УФ- С – 100-280 нм.

Межі між цими областями вибрано умовно в відповідності з переважним ефектом взаємодії випромінювання і біологічного об'єкту [2]. Діапазон УФ-А вважається м'яким УФ-випромінюванням, що добре проникає в шкіру людини і при взаємодії з нею призводить до утворення ефекту загару. Діапазон УФ-В викликає сонячні опіки і при довгому і систематичному опромінюванні може приводити до різних захворювань шкіри. УФ-С діапазон вважається жорстким УФ-випромінюванням, яке добре поглинається білковими молекулами, викликаючи при цьому загибель бактерій і вірусів або їх незворотні мутації, втрату можливості розмноження і т.д. Цей діапазон називають бактерицидним із-за його ефективності по відношенню до бактерій і вірусів. УФ-С – діапазон погано проникає в шкіру людини, проте за рахунок великої поглинаючої здатності може призводити до опіку, а при систематичному впливі - до пошкодження шкіри і навіть до онкологічних захворювань шкіри. Завдяки

наведеним характеристикам, використання обладнання з УФ-випромінюванням потребує комплексних заходів безпеки [3]. Завдяки широкому спектру властивостей УФ-випромінювання за останні роки набуває більшої популярності в порівнянні з іншими фізичними та хімічними методами.

В даній роботі представлені основні величини УФ-випромінювання та їх одиниці вимірювання і результати дослідження оптичних властивостей матеріалів в області УФ-діапазону, що використовуються при розробці приладів та пристроїв для УФ-знезараження повітря, поверхонь і води або є об'єктами оптичного опромінювання при цих довжинах хвиль.

При дослідженні дії УФ-випромінювання на різні біологічні об'єкти було відмічено їх вибірковість і селективність до різних довжин хвиль. Тому при оцінці ефективності взаємодії випромінювання с селективним приймачем використання енергетичних величин УФ-випромінювання може призвести до значних похибок. Основні світлотехнічні величини та їх одиниці вимірювання приведені в табл.1.

**Таблиця 1**

**УФ-величини та одиниці їх вимірювання**

Величина	Визначення	Формула	Одиниця вимірювання
Енергія випромінювання	Енергія, що переноситься випромінюванням	$W_e$	Дж (Джоуль )
Потік випромінювання	Відношення енергії випромінювання до часу дії	$\Phi_e = \frac{W_e}{t}$	Вт (Ватт)
Опромінюваність (поверхнева густина потоку випромінювання)	Відношення потоку випромінювання до площі, що опромінюється	$E_e = \frac{\Phi_e}{S}$	Вт/м <sup>2</sup>
Поверхнева доза (флуєнс)	Відношення енергії випромінювання до поверхні, що опромінюється	$H_s = \frac{W_e}{S}$	Дж/м <sup>2</sup>
Об'ємна доза	Відношення енергії випромінювання до об'єму, що опромінюється	$H_v = \frac{W_e}{V}$	Дж/м <sup>3</sup>

Кількість енергії випромінювання згідно з табл.1. на одиницю площі вимірюється в Дж/м<sup>2</sup> і називається «флуенс». Проте термін «флуенс» використовується в США та Канаді, а в Європі, Україні та Росії, згідно з рішенням Міжнародного комітету фітобіології допускається використання терміну «доза» [4].

Значення дози  $H_s$  (див. табл.1) рівна добутку опромінюваності і часу опромінювання, тобто одне і теж значення дози можна отримати при різних варіаціях значення опромінюваності і часу опромінювання.

В багатьох випадках при проектуванні обладнання для бактерицидного знезараження проводять дослідження і розраховують необхідну дозу бактерицидного знезараження в залежності від виду бактерій та ймовірності знезараження. При проектуванні обладнання (розміри опромінювальної камери) для ультрафіолетового знезараження води, поверхонь та повітря автори робіт [3, 5] враховують об'ємну дозу, яка в сумарному результаті є достатньою для бактерицидного знезараження. При цьому, розміри опромінювальної камери для знезараження повітря або води розраховують за стандартними методиками [6] з використанням експериментально визначених об'ємних доз для інактивації різних видів мікроорганізмів  $H_v$ . Недоліком такого підходу є те, що об'ємна доза  $H_v$  залежить від геометрії камери для опромінення. Для ліквідування даного недоліку пропонується розміри камери установки (діаметр та довжина) вибирати із умов, при яких мінімальна опроміненість  $E_{\min}$  для найменш опромінювальних ділянок камери була б достатньою для створення поверхневої дози  $H_s$ , необхідної для інактивації мікроорганізмів. Інші ділянки будуть отримувати «надлишкове» опромінення, що тільки підвищує надійність знезараження.

Крім того, оптичні властивості речовин УФ-області спектру значно відрізняються від їх оптичних властивостей в видимій області. Характерною особливістю є зменшення прозорості (збільшення коефіцієнта поглинання)

більшості тіл, що прозорі в видимій області. Звичайне скло невидиме при  $\lambda=320$  нм, в більш короткохвильовій області прозоріше лише увіолеве скло, сапфір, кварц, фтористий літій, фтористий магній і деякі інші матеріали. При довжині хвилі  $\lambda < 105$  нм прозорих матеріалів практично немає. Із газоподібних тіл найбільш прозорими є інертні гази. Повітря непрозоре практично при  $\lambda < 190$  нм із-за поглинання киснем і парами води. Коефіцієнт відбивання всіх матеріалів (в тому числі неметалів) зменшується із зменшенням довжини хвилі випромінювання. Відомо, що в алюмінію коефіцієнт відбивання найбільший, який зменшується внаслідок окислення поверхні. Для захисту поверхні алюмінію від окислення використовують покриття із фтористого магнію або фтористого літію. Якщо розглядати область при  $\lambda=80$  нм, то метали мають коефіцієнт відбивання 10-25 %. При обладнанні приміщень пристроями УФ-випромінювання необхідно враховувати, що відбиваюча здатність різних матеріалів для УФ-спектру інша, чим для видимого світла [3].

Добре відбивають УФ-випромінювання полірований алюміній та алюмінієва фольга і фарба. В табл.2 в умовах науково-технічного центру (НТЦ) Полтавського університету економіки і торгівлі (ПУЕТ) з допомогою радіометра «Тензор-31» проведені вимірювання коефіцієнта відбивання різних речовин в області С при довжині хвилі  $\lambda=254$  нм, яка використовується для бактерицидного знезараження.

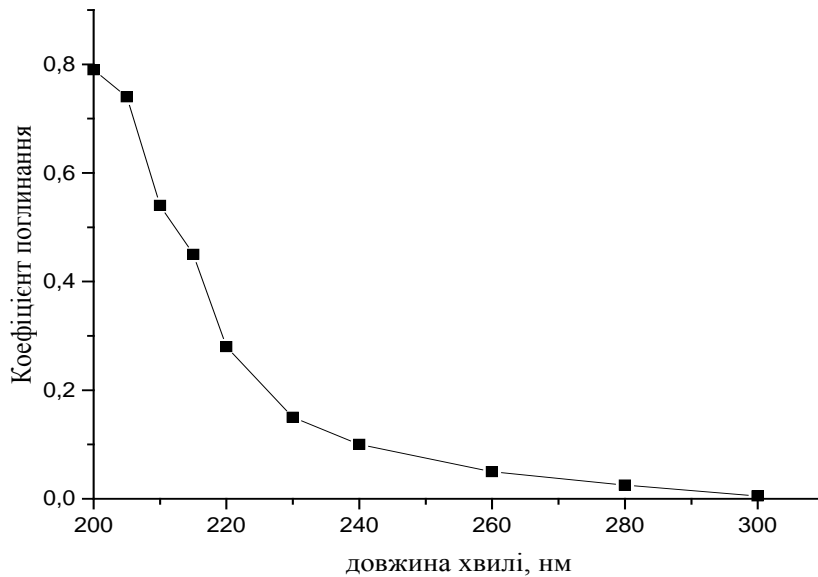
**Таблиця 2**

**Відбивання УФ-випромінювання в області С від поверхні різних матеріалів**

Матеріал	Коефіцієнт відбивання, %	Матеріал	Коефіцієнт відбивання, %
Алюміній травлений	85	Білий аркуш	22
Фольга алюмінієва	71	Біла фарба (масляна)	7
Алюмінієва фарба	63	Чорна фарба	5
Нержавіюча	20-28	Скло звичайне	3

сталь			
-------	--	--	--

На рис.1 представлені результати поглинання дистильованої води в залежності від довжини хвилі УФ-випромінювання. При довжинах хвиль менше 230 нм спостерігається різке зростання коефіцієнта поглинання, що потрібно враховувати при використанні УФ-технологій для бактерицидного знезараження води.



**Рис.1. Поглинання дистильованої води в залежності від довжини УФ-випромінювання**

При проектуванні обладнання для УФ-випромінювання потрібно враховувати коефіцієнти відбивання і пропускання в УФ-області, що дає можливість правильно розрахувати необхідну дозу для інактивації вірусів та бактерій. Пропускна здатність установок бактерицидного знезараження забезпечується конструктивними особливостями при проектуванні, а також залежно від потужності джерел УФ-випромінювання. Реальна продуктивність знезараження залежить від концентрації і виду шкідливих мікроорганізмів, бажаного ступеня знезараження, час перебування в зоні оптичного випромінювання та оптичних властивостей використаних матеріалів і може бути визначена дослідним шляхом за результатами мікробіологічного аналізу.

Література:

1. Василяк Л.М. Применение импульсных электроразрядных ламп для бактерицидной обработки // Электронная обработка материалов. №1. 2009. – С.30-40.
1. Соколов М.В. Прикладная биофотометрия. – М.: Наука, 1982. -131с.
3. Вассерман А.Л., Шандала М.Г., Юзбашев В.Г. Ультрафиолетовое излучение в профилактике инфекционных заболеваний: - М.: Медицина, 2003. – 208с.
4. Международный светотехнический словарь. – М: Русский язык, 1979. – 257 с.
5. Сарычев Г.С. К расчету бактерицидных установок / Светотехника. - 2005. - №1. - С.62-63.
6. Вассерман А.Л. Ультрафиолетовые бактерицидные установки для обеззараживания воздушной среды помещений. - М.: Изд-во дом света, 1999, выпуск 3(15).

Стаття відправлена: 13.03.2014 р.

© Семенов А.О., Кобищан А.Д., Семенова Н.В.