

УДК 535.232.14

PACS 42.72.Bj, 42.25.Bs, 42.66.-p

DOI: 10.24144/2415-8038.2017.41.153-161

В.С. Мельник¹, І.В. Шевера¹, В.В. Звенигородський², М.В. Яцків¹

¹ Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 54, 88000, Ужгород, Україна.

e-mail: igor.shevera@uzhnu.edu.ua

² Інститут електронної фізики НАН України, вул. Університетська, 21, 88017, Ужгород, Україна, e-mail: ier@ier.org.ua

СПОСОБИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ДЖЕРЕЛА УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Проаналізовано існуючі способи та запропоновано вдосконалений спосіб оцінки ефективності біологічної дії джерела УФ випромінювання. Запропонований спосіб відноситься до вимірювальної техніки. Він забезпечує оцінку ефективності біологічної дії джерела УФ випромінювання за значенням ефективної енергетичної експозиції біологічної дії. Спосіб може бути використаний при атестації та сертифікації джерел штучного ультрафіолетового випромінювання та при акредитації установ, що використовують такі джерела в промислових, лікувальних, оздоровчих та санітарно-гігієнічних цілях.

Ключові слова: УФ випромінювання, ефективність біологічної дії, спектральна густина променевого потоку, спектральна характеристика біологічної дії, ефективна енергетична експозиція біологічної дії.

Способи оцінки ефективності біологічної дії джерела ультрафіолетового (УФ) випромінювання, які розглядаються нижче, справедливі при умові, що біологічний приймач (людина, тварина, рослина або мікроорганізм) має властивості аддитивності і лінійності відносно окремих спектральних складових випромінювання. Аддитивність означає, що спектральні складові взаємно незалежні – вони не підсилюють і не ослаблюють одна одну, тому їх дію можна додавати. Лінійність означає, що кількість біологічної дії (інтенсивність еритеми, маса утвореного вітаміну D, число вбитих бактерій та ін.) прямо пропорційна променевому потоку.

Відомий спосіб оцінки ефективності біологічної дії джерела УФ випромінювання полягає у застосуванні системи ефективних величин і одиниць вимірювання та у використанні вимірювальних приладів, спектральні характеристики яких максимально наближаються до спектральних характеристик відповідних видів біологічної дії УФ випромінювання. За

показами вимірювальних приладів судять про ефективність біологічної дії джерела УФ випромінювання. Серед ефективних величин і одиниць вимірювання застосовують еритемні та бактерицидні величини і одиниці вимірювання [1], а серед вимірювальних приладів - відповідно ерметри [2] і бактметри [3].

Недоліком відомого способу є його не універсальність, оскільки для оцінки ефективності окремої біологічної дії (еритемної, бактерицидної, пігментоутворюючої, вітаміно-утворюючої, антирахітної та ін.) джерела УФ випромінювання необхідні окремі ефективні величини і одиниці вимірювання, а також окремі вимірювальні прилади, кожний з яких заснований на певній біологічній дії. Використання приладу, заснованого на одній біологічній дії, для оцінки ефективності іншої біологічної дії не є коректним, оскільки спектральні характеристики різних видів біологічної дії суттєво відрізняються між собою.

Відомий спосіб оцінки ефективності біологічної дії джерела УФ випроміню-

вання, що полягає у визначенні спектральної характеристики джерела УФ випромінювання, знаходженні спектральної характеристики біологічної дії УФ випромінювання, розрахунку реакції біологічного приймача на УФ випромінювання як величини, прямо пропорційної добутку спектральної характеристики джерела і спектральної характеристики біологічної дії, за якою судять про ефективність біологічної дії джерела УФ випромінювання [4].

Недоліком цього способу оцінки ефективності біологічної дії джерела УФ випромінювання є те, що реакція біологічного приймача на дію УФ випромінювання залежить від довжини хвилі випромінювання, тобто вона не є сталою в області довжин хвиль УФ випромінювання з певною біологічною дією. Тому вона придатна лише для якісної оцінки ефективності біологічної дії і не може бути використана для кількісної оцінки.

Інший відомий спосіб оцінки ефективності біологічної дії джерела УФ випромінювання ґрунтується на введенні коефіцієнта біологічної ефективності джерела, як відношення інтеграла від добутку спектральної характеристики джерела УФ випромінювання і відносної спектральної характеристики біологічної дії до інтеграла від спектральної характеристики джерела, де інтегрування здійснюється за довжиною хвилі в межах від 0 до ∞ [5].

Недоліком цього способу є необхідність визначення спектральної густини випромінювання джерела в межах нескінченного діапазону довжин хвиль, що неможливо здійснити на практиці.

Наступний відомий спосіб полягає у визначенні ефективної енергетичної освітленості біологічної дії джерела як величини, пропорційної інтегралу від добутку спектральної густини енергетичної освітленості джерела і відносної спектральної характеристики біологічної дії [6].

Недоліком цього способу оцінки є необхідність визначення спектральної густини променевого потоку в енергетичних одиницях, що можна зробити лише в оснащених спеціалізованих лабораторіях.

Спосіб, що пропонується в роботі [7], здійснюють так. Експериментально одержують спектральну характеристику $F(\lambda)$ джерела УФ випромінювання, де F і λ – відповідно спектральна густина променевого потоку і довжина хвилі УФ випромінювання. З джерел інформації знаходять спектральну характеристику $S_i(\lambda)$ i -тої біологічної дії УФ випромінювання, де S_i – відносна ефективність i -тої біологічної дії УФ випромінювання. Визначають ширину $\Delta\lambda_i = \lambda_{i2} - \lambda_{i1}$ спектральної характеристики $S_i(\lambda)$ біологічної дії УФ випромінювання на половині її висоти (рис. 1).

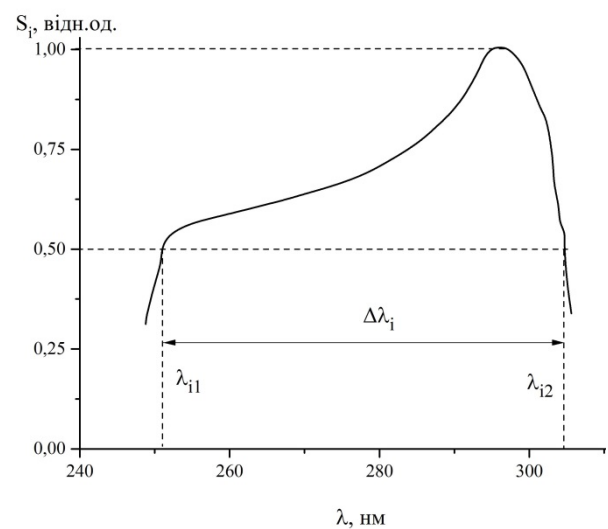


Рис.1. Ілюстрація до визначення ширини спектральної характеристики $S_i(\lambda)$ біологічної дії УФ випромінювання.

Спектральну характеристику $F(\lambda)$ джерела УФ випромінювання двічі інтегрують за довжиною хвилі, причому перший інтеграл обчислюють в межах ширини спектральної характеристики біологічної дії $F_i = \int_{\lambda_{i1}}^{\lambda_{i2}} F(\lambda) d\lambda$, а другий - в межах всього діапазону довжин хвиль УФ випромінювання $F_0 = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} F(\lambda) d\lambda$, де λ_{min} і λ_{max} найменша і найбільша довжини хвиль УФ діапазону. Вводять коефіцієнт біологічної дії джерела УФ випромінювання як відношення першого інтеграла F_i до другого F_0 , тобто $K_i = F_i/F_0$. За значенням цього коефіцієнта оцінюють ефективність i -тої біологічної дії джерела УФ випромінювання.

За фізичним змістом коефіцієнт біологічної дії K_i показує, яка частина інтег-

рального променевого потоку джерела УФ випромінювання здатна виконати певну біологічну дію. Цей коефіцієнт може приймати значення від нуля до одиниці. Його зручно виражати у відсотках $K_i = (F_i/F_0)100\%$.

Таким чином, запропонований спосіб оцінки ефективності біологічної дії джерела УФ випромінювання забезпечує кількісну оцінку певної біологічної дії. Він також є універсальний, оскільки одними й тими ж самими засобами забезпечує оцінку ефективності будь-якої біологічної дії джерела УФ випромінювання, якщо відома спектральна характеристика такої дії.

Недоліком цього способу оцінки ефективності біологічної дії джерела УФ випромінювання є недостатньо висока точність оцінки, оскільки при обчисленні коефіцієнта біологічної дії враховують лише ширину спектральної характеристики біологічної дії УФ випромінювання і не беруть до уваги її форму.

Цей спосіб оцінки може бути застосований в умовах дефіциту відомостей про біологічну дію, коли відомі лише межі цієї дії на шкалі довжин хвиль. Наприклад, у випадку антипсоріазної дії такими межами є $\lambda_1=296$ нм і $\lambda_2=313$ нм [8]. Спектр випромінювання, що викликає рак, включає хвилі від $\lambda_1=230$ нм до $\lambda_2=320$ нм, а спектри дії більшості фототоксичних речовин, що спричиняють шкірні порушення в людини, знаходяться в межах від $\lambda_1=320$ нм до $\lambda_2=400$ нм [9].

Спосіб, що забезпечує більш високу точність оцінки [10] здійснюють так. Експериментально одержують спектральну характеристику $F(\lambda)$ джерела УФ випромінювання, де F і λ - відповідно спектральна густина променевого потоку і довжина хвилі УФ випромінювання. З джерел інформації, знаходять спектральну характеристику i -тої біологічної дії УФ випромінювання, яку при необхідності нормують до одиничного значення в максимумі кривої. При цьому одержують функцію $S_i(\lambda)$, де S_i - відносна ефективність i -тої біологічної дії УФ випромінювання. Обчислюють добуток $F(\lambda)S_i(\lambda)$, який інтегрують за довжиною хвилі в межах усього

діапазону довжин хвиль УФ випромінювання. Таким чином одержують перший інтеграл $F_i = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} F(\lambda)S_i(\lambda)d\lambda$, де λ_{min} і λ_{max} - найменша і найбільша довжини хвиль УФ діапазону. Обчислюють також другий інтеграл $F_0 = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} F(\lambda)d\lambda$. Вводять коефіцієнт біологічної дії джерела УФ випромінювання K_i , як відношення першого інтеграла F_i до другого інтеграла F_0 , який виражають у відсотках, тобто $K_i = (F_i/F_0)100\%$. За значенням цього коефіцієнта оцінюють ефективність i -тої біологічної дії джерела УФ випромінювання.

Таким чином, запропонований спосіб оцінки ефективності біологічної дії джерела УФ випромінювання забезпечує більш високу точність оцінки, оскільки при визначенні коефіцієнта біологічної дії джерела УФ випромінювання використовується реальна спектральна характеристика біологічної дії УФ випромінювання, а не спрощений її образ, чим враховується і усувається суттєва систематична похибка, яка дещо спотворює результати визначення коефіцієнта біологічної дії в роботі [7].

Недоліком цього способу оцінки ефективності біологічної дії джерела УФ випромінювання є недостатній рівень оцінки, який дає можливість вибрати область переважного застосування джерела за значенням коефіцієнта біологічної дії, але він не визначає умови та наслідки його використання.

Спосіб, що усуває вказаний недолік здійснюють наступним чином [11]. Експериментально одержують спектральну $F(\lambda)$ характеристику джерела УФ випромінювання де F і λ - відповідно спектральна густина променевого потоку і довжина хвилі УФ випромінювання. З джерел інформації знаходять спектральну характеристику i -тої біологічної дії УФ випромінювання, яку при необхідності нормують до одиничного значення в максимумі кривої. При цьому одержують функцію $S_i(\lambda)$, де S_i - відносна ефективність i -тої біологічної дії УФ випромінювання. Обчислюють добуток $F(\lambda)S_i(\lambda)$, який інтегрують за довжиною хвилі в межах усього діапазону

довжини хвиль УФ випромінювання. Таким чином одержують перший інтеграл

$$F_i = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} F(\lambda) S_i(\lambda) d\lambda,$$

де λ_{min} і λ_{max} - найменша і найбільша довжини хвиль спектрального діапазону УФ випромінювання. Обчислюють також другий інтеграл від спектральної характеристики джерела УФ випромінювання за довжиною хвилі

$$F_0 = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} F(\lambda) d\lambda.$$

Визначають коефіцієнт біологічної дії джерела УФ випромінювання як відношення першого інтеграла до другого інтеграла, тобто

$$K_i = \frac{F_i}{F_0}$$

Обчислюють третій, четвертий і п'ятий інтеграл від спектральної характеристики джерела УФ випромінювання за довжиною хвилі в межах A , B і C діапазонів відповідно:

$$F_A = \int_A F(\lambda) d\lambda, \quad F_B = \int_B F(\lambda) d\lambda, \\ F_C = \int_C F(\lambda) d\lambda.$$

Вимірюють опроміненість в діапазоні B E_B^* на певній відстані від джерела УФ випромінювання з урахуванням кутових розмірів УФ опромінювача у відповідності з методикою виконання вимірювань, описаною в [6]. Обчислюють відношення E_B^*/F_B і використовують його як масштабний коефіцієнт для розрахунку опроміненості в спектральних діапазонах A і C відповідно

$$E_A = \frac{E_B^*}{F_B} F_A, \quad E_C = \frac{E_B^*}{F_B} F_C.$$

Знаходять повну опроміненість УФ випромінювання $E_0 = E_A + E_B^* + E_C$. Вводять ефективну опроміненість біологічної дії

УФ випромінювання як добуток повної опроміненості і коефіцієнта біологічної дії джерела УФ випромінювання

$$E_i = K_i E_0.$$

Визначають ефективну енергетичну експозицію біологічної дії УФ випромінювання як добуток ефективної опроміненості і часу експозиції t

$$Q_i = E_i t,$$

за значенням якої оцінюють ефективність біологічної дії джерела УФ випромінювання. За фізичним змістом величина Q_i дорівнює кількості енергії УФ випромінювання, що падає нормально на одиницю площі поверхні біоприймача на певній відстані від джерела протягом часу t , поглинається середовищем біоприймача і витрачається на виконання i -ої біологічної дії.

Приклад. Спектральна характеристика, приведена на рис.2, стосується дугової ртутної лампи ДРТ-100, яка розміщена всередині циліндричного фільтра з еритемного скла. Характеристика одержана за допомогою експериментальної установки, що включає монохроматор «*SOLAR TII*» та цифрову камеру «*HS 101H*». Спектральна характеристика, що приведена на рис.3, стосується еритемної біологічної дії УФ випромінювання. Цю характеристику та спектральні характеристики інших біологічних дій (тут не приведені) – післяеритемної пігментації, антирахітної, бактерицидної, вітаміно-утворюючої, пігментуючої - взято з робіт [1,3]. Обробка результатів вимірювань і обчислення за приведеними вище формулами здійснювались за допомогою комп'ютерних програм згідно з наступними даними: $\lambda_{min}=200$ нм; $\lambda_{max}=400$ нм. Значення меж діапазонів УФ випромінювання: A - 315...400 нм; B – 280...315 нм; C – 200...280 нм.

Опроміненість в діапазоні B вимірювалась за допомогою радіометра «ТКА-ПКМ» на відстані 1 м від опромінювача $E_B^*=0,280$ Вт/м².

Результати обчислень перших інтегралів F_i , коефіцієнтів біологічної дії дже-

рела УФ випромінювання K_i , ефективних опроміненостей біологічної дії УФ випромінювання E_i та ефективних енергетичних експозицій біологічної дії УФ випромінювання Q_i при часі експозиції $t=1$ хв для $i=1-6$ приведені в таблиці 1. Завдяки високій точності спектральних вимірювань (оцінка середнього квадратичного відхилення середньоарифметичних величин F_0 , F_A , F_B і F_C складає 0,4 %) похибка визначення повної опроміненості E_0 нехтовно мало від-

різняється від похибки вимірювання опроміненості в діапазоні $B E_B^*$ (10% у нашому прикладі), що є додатковою перевагою запропонованого способу. Оцінити похибки визначення величин, що приведені в таблиці 1, неможливо, оскільки в роботах [1,3] не приведені похибки вимірювань спектральних характеристик біологічних дій.

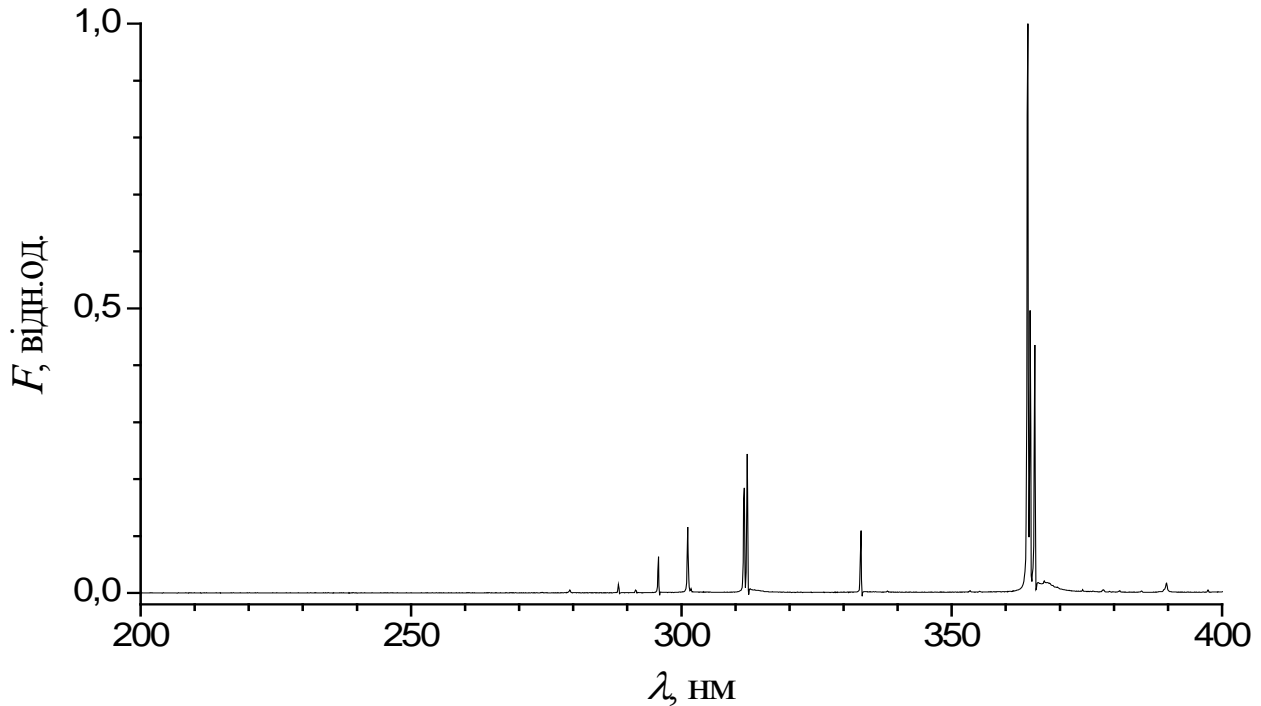


Рис.2. Спектральна характеристика $F(\lambda)$ джерела УФ випромінювання - дугової ртутної лампи ДРТ-100.

Як видно з таблиці, досліджуване джерело вкладає в пігментують біологічну дію близько 33 % інтегрального променевого потоку УФ випромінювання. У випадку використання його як солярію, шкіра людини одержує ефективну енергетичну експозицію засмаги близько 27 Дж/м^2 на відстані 1 м від джерела випромінювання протягом 1 хв.

Таким чином, запропонований спосіб забезпечує можливість визначення ефективної енергетичної експозиції біологічної дії УФ випромінювання, що падає нормально на одиницю площі поверхні біоприймача на певній відстані від джерела протя-

гом заданого часу, поглинається середовищем біоприймача і витрачається на виконання певної біологічної дії. За значенням ефективної енергетичної експозиції біологічної дії оцінюють ефективність біологічної дії джерела УФ випромінювання.

Запропонований спосіб оцінки може бути використаний у центрах стандартизації, сертифікації і метрології при проведенні атестації та сертифікації джерел штучного УФ випромінювання, а також при акредитації виробничих, медичних, оздоровчих та гігієнічних закладів, що використовують такі джерела.

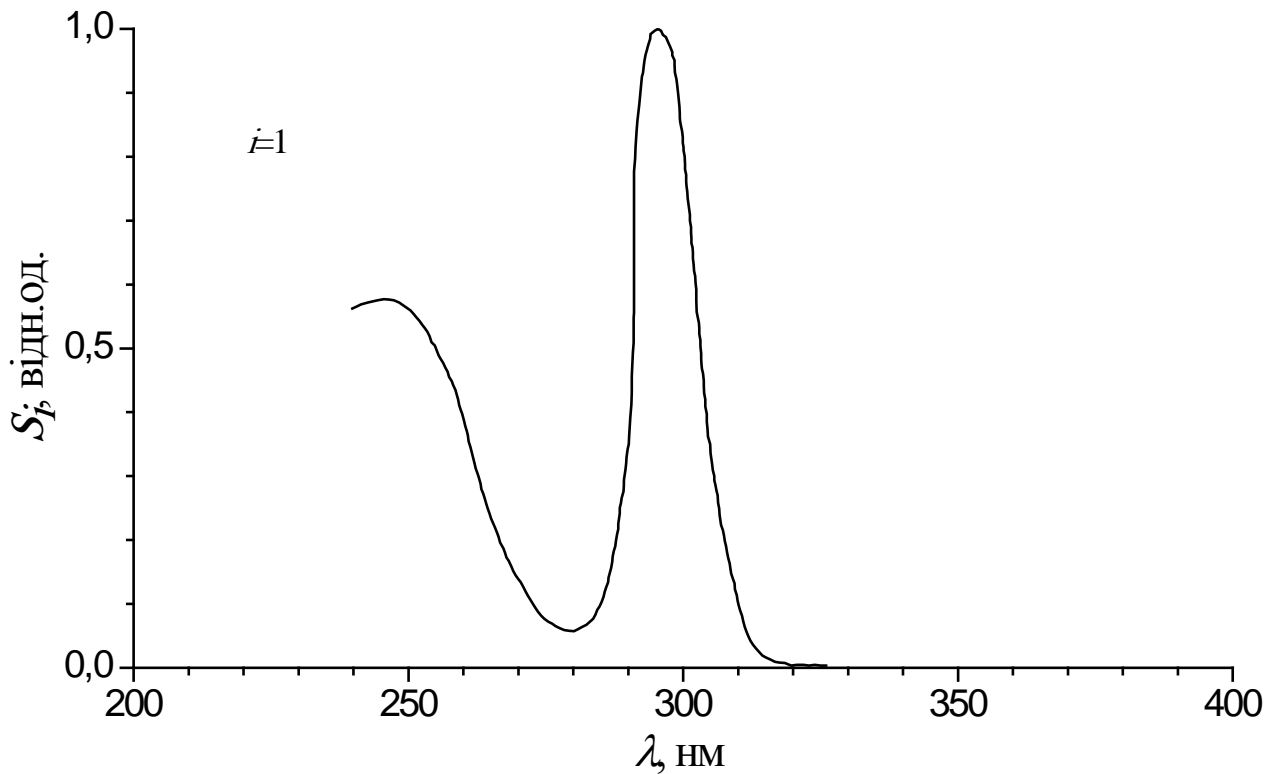


Рис.3. Спектральна характеристика $S_i(\lambda)$ еритемної біологічної дії УФ випромінювання.

Таблиця 1.

Біологічна дія		F_i , в.о.·нм	K_i , %	E_i , Вт/м ²	Q_i , Дж/м ²
Індекс i - дії	Назва дії				
1	Еритемна	0,046	4,666	0,065	3,90
2	Післяеритемна пігментація	0,053	5,318	0,074	4,44
3	Антирахітна	0,038	3,829	0,053	3,18
4	Бактерицидна	0,017	1,739	0,024	1,44
5	Утворення вітаміну D	0,046	4,614	0,064	3,84
6	Пігментоутворююча	0,330	33,115	0,459	27,54

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ультрафиолетовое излучение (биологическое действие, лечебно-профилактическое и гигиеническое применение, измерение). Сб. под ред. Франка Г.М. и др. – М.: Медгиз, 1960, – 272 с.
2. Ультрафиолетовое излучение (источники, измерение, гигиеническое и лечебно - профилактическое применение). Сб. под ред. Франка Г.М. – М.: Медгиз, 1958. – 300 с.
3. Ультрафиолетовое излучение и гигиена. Сб. под ред. Франка Г.М., Данцига Н.М., Соколова М.В. – М.: Изд. акад. мед. наук СССР, 1950. – 156 с.
4. Шелкова О.П., Шкловер Д.А. Измерение ультрафиолетового излучения в энергетических единицах // Ультрафиолетовое излучение. Сб. под ред. Данцига Н.М. – М.: Медгиз, 1971. – С. 334-338.
5. Епштейн М.И. Измерения оптического излучения в электронике. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 254 с.

6. ДСТУ - Н РМГ 69:2007. Характеристики оптичного випромінювання соляриїв. Методика виконання вимірювань. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 6 с.
7. Кардош Й.Ю., Мельник В.С., Мельник М.В. Спосіб оцінки ефективності біологічної дії джерела ультрафіолетового випромінювання. Деклараційний патент України на винахід №58044 А, заявка №2002086602 від 08.08.2002. Бюл. №7, 2003.
8. Шуаїбов О.К., Шевера І.В., Шимон Л.Л., Соснін Е.А. Сучасні джерела ультрафіолетового випромінювання: розробка та застосування. Навчальний посібник. – Вид-во УжНУ «Говерла»: Ужгород-Томськ, 2006. – 224 с.
9. Ультрафиолетовое излучение: совместное издание Программы ООН, ВОЗ и международной ассоциации по радиационной защите. – М.: «Медицина», 1984. – 116 с.
10. Мельник В.С., Яцків М.В. Спосіб оцінки ефективності біологічної дії джерела ультрафіолетового випромінювання. Патент України на винахід №86433, заявка №a200702197 від 01.03.2007. Бюл. №8. 2009.
11. Мельник В.С., Шевера І.В., Звенигородський В.В. Спосіб оцінки ефективності біологічної дії джерела ультрафіолетового випромінювання. Патент України на винахід №112937, заявка №a201506588 від 03.07.2015. Бюл. №21. 2016.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2017.

В.С. Мельник¹, І.В. Шевера¹, В.В. Звенигородський², М.В. Яцків¹

¹ Ужгородський національний університет, ул. Волошина, 54, 88000, Ужгород, Україна.

e-mail: igor.shevera@uzhnu.edu.ua

² Інститут електронної фізики НАН України, ул. Университетская, 21, 88017, Ужгород, Україна, e-mail: ier@ier.org.ua

СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКОВ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проанализированы существующие способы и предложен усовершенствованный способ оценки эффективности биологического действия источника УФ излучения. Предложенный способ относится к измерительной технике. Он обеспечивает оценку эффективности биологического действия источника УФ излучения по значению эффективной энергетической экспозиции биологического действия. Способ может быть использован при аттестации и сертификации источников искусственного ультрафиолетового излучения и при аккредитации учреждений, использующих такие источники в промышленных, лечебных, оздоровительных и санитарно-гигиенических целях.

Ключевые слова: УФ излучение, эффективность биологического действия, спектральная плотность лучистого потока, спектральная характеристика биологического действия, эффективная энергетическая экспозиция биологического действия.

PACS 42.72.Bj, 42.25.Bs, 42.66.-p

DOI: 10.24144/2415-8038.2017.41.153-161

V.S. Melnik¹, I.V. Shevera¹, V.V. Zvenigorodsky², M.V. Yatskiv¹

¹ Uzhgorod National University, st. Voloshina, 54, 88000, Uzhgorod, Ukraine

e-mail: igor.shevera@uzhnu.edu.ua

² Institute of Electronic Physics, NAS of Ukraine, st. University, 21, 88017, Uzhgorod, Ukraine

e-mail: iep@iep.org.ua

METHODS OF EVALUATING THE EFFICIENCY OF THE BIOLOGICAL ACTION OF UV RADIATION SOURCES

Purpose: In order to quantitatively control the biological actions of artificial sources of UV radiation that present a potential hazard to living organisms, an improved method for evaluating the biological action of a UV source is proposed.

Methods: An estimation of the biological effect of the source of UV radiation is carried out on the basis of the value of the effective energy exposure of the biological action, found on the basis of the spectral density of the radiation source stream and the relative spectral characteristics of the biological action.

Results: The proposed method provides a higher level of evaluation of the biological action of the UV source compared to the known methods described in this paper.

Conclusions: The method can be used for attestation and certification of sources of artificial ultraviolet radiation and for accreditation of establishments using such sources for industrial, medical, sanitary and sanitary purposes.

Keywords: UV radiation, efficiency of biological action, spectral density of the beam, spectral characteristic of biological action, effective energy exposure of biological action.

PACS NUMBER: 42.72.Bj, 42.25.Bs, 42.66.-p

REFERENCES

1. Frank, G and others. (1960), Ultraviolet radiation (biological action, therapeutic and preventive and hygienic applications, measurement). [Ul'trafiol'tovoye izlucheniye (biologicheskoye deysgviye, lecheno-profilakticheskoye i gigiyenicheskoye primeneniye, izmereniye)], Medgiz, Moscow, 272 p.
2. Frank, G and others. (1958), Ultraviolet radiation (sources, measurement, hygienic and therapeutic and prophylactic use). [Ul'trafiol'tovoye izlucheniye (istochniki, izmereniye, gigiyenicheskoye i lecheno - profilakticheskoye primeneniye)], Medgiz, Moscow, 300 p.
3. Frank, G., Danzig, N., Sokolova, M. (1950), Ultraviolet radiation and hygiene. [Ul'trafiol'tovoye izlucheniye i gigiyena], Publication of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Moscow, 156 p.
4. Shelkova, O.P., Shklover, D.A., (1971), "Measurement of ultraviolet radiation in energy units" Ultraviolet radiation. ["Izmereniye ul'trafiol'tovogo izlucheniya v energeticheskikh yedinit'sakh" Ul'trafiol'tovoye izlucheniye]. Medgiz, Moscow, pp. 334-338.
5. Epstein, M.I., (1990), Measurements of optical radiation in electronics. [Izmereniya opticheskogo izlucheniya v elektronike], Energoatomizdat, Moscow, 254 p.
6. DSTU - N RMH 69:2007, (2008), Characteristics of optical radiation of tanning beds. Method of measuring performance. [Kharakterystyky optychnoho vprominyuvannya solyariyiv. Metodyka vykonannya vymiryuvan'], Derzhospozhivstandart of Ukraine, Kiev, 6 p.
7. Kardosh, Y.Yu., Melnyk, V.S, Melnyk M.V., (2003), A method for evaluating the biological effect of the ultraviolet radiation source. [Sposib otsinky efektyvnosti biolohichnoyi diyi dzherela ul'trafiol'tovoho vprominyuvannya], Declarative Patent of

- Ukraine for invention №58044 A, application No.2002086602 of 08.08.2002. Bull №7
8. Shuaibov, O.K., Shevera, I.V., Shymon, L.L., Sosnin, E.A. (2006), Modern sources of ultraviolet radiation: development and application. [Suchasni dzherela ul'trafiolotovoho vyprominyuvannya: rozrobka ta zastosuvannya], Hoverla, Uzhhorod-Tomsk, 224 p.
 9. A joint publication of the UN Program, WHO and the International Association for Radiation Protection, (1984), Ultraviolet radiation, [Ul'trafiolotovoye izlucheniye], Medicine, Moskow, 116 p.
 10. Melnyk, V.S, Yatskiv, M.V., (2009), A method for evaluating the biological effect of the ultraviolet radiation source. [Sposib otsinky efektyvnosti biolohichnoyi diyi dzherela ul'trafiolotovoho vyprominyuvannya], Patent of Ukraine for invention №86433, application №200702197 dated 01.03.2007. Bull No. 8.
 11. Melnik, V.S., Shevera, I.V., Zvenigorsky, V.V., (2016), A method for evaluating the biological effect of the ultraviolet radiation source. [Sposib otsinky efektyvnosti biolohichnoyi diyi dzherela ul'trafiolotovoho vyprominyuvannya], Patent of Ukraine for invention №112937, application №a201506588 dated 03.07.2015. Bull No 21.

© Ужгородський національний університет