

А.О. Семенов,¹ Г.М. Кожушко,¹ Т.В. Сахно,^{1,2} С.В. Шпак,³ С.Г. Кислиця⁴

¹Полтавський університет економіки і торгівлі (ПУЕТ), Україна

²Полтавська державна аграрна академія (ПДАА), Україна

³ДП «Полтавастандартметрологія», Україна

⁴Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (ПНТУ), Україна

ФОТОБІОЛОГІЧНА БЕЗПЕЧНІСТЬ ЛАМП ДЛЯ ЗАСМАГИ

В роботі проведено аналіз літературних джерел щодо впливу ультрафіолетового випромінювання ламп для засмаги на здоров'я людей, чинних нормативних документів, що встановлюють вимоги до ламп та соляріїв. Досліджені комерційні зразки ламп на фотобіологічну безпечність. Показано, що УФ-опроміненості створювані лампами на відстані 0,25 м відносяться до середньої та незначної групи ризиків.

Ключові слова: фотобіологічна безпечність, УФ-опроміненість, пігментація, засмага, солярії.

Постановка проблеми

Останнім часом проблемам фотобіологічної безпечності соляріїв приділяється велика увага. Цілим рядом досліджень встановлено, що ультрафіолетове випромінювання в штучних соляріях для засмаги спричиняє небезпеку утворення шкірної меланоми і плоскоклітинного раку в будь-якому віці і що ризик виникнення раку тим вищий, чим молодший вік людей, що користуються соляріями. Також є докази того, що ультрафіолетове випромінювання соляріїв збільшує ризик виникнення базальноклітинної карциноми та меланоми очей. Тому дослідження фотобіологічної безпечності ультрафіолетових ламп для засмаги є питанням досить актуальним.

Аналіз останніх досліджень

Одним із важливих факторів навколишнього середовища, що суттєво впливає на організм людини є ультрафіолетове випромінювання. В процесі еволюції під дією сонячного ультрафіолетового випромінювання в організмі людини виробився цілий комплекс фотобіологічних реакцій, які як позитивно, так і негативно впливають на життєдіяльність.

До недавнього часу вважалося, що УФ-випромінювання спектрального діапазону 290–400 нм корисне для організму людини [1, 2] і розглядалось як таке, що активує захисні механізми організму людини, підвищує рівень неспецифічного імунітету, збільшує секрецію ряду гормонів. Під дією УФ-випромінювання утворюється гістамін і подібні йому речовини, які спричиняють судиннорозширюючу дію, підвищується проникність шкірних судин. Дія УФ-випромінювання змінює легеневу вентиляцію – частоту та ритм дихання, підвищує газообмін,

споживання кисню, активізує діяльність ендокринної системи. Особливо важлива роль УФ-випромінювання в утворенні в організмі вітаміну D. Тривала недостатність УФ-випромінювання для організму людини може визивати негативні наслідки – «світлове голодування», внаслідок чого порушується мінеральний обмін речовин, знижується імунітет та інше.

УФ-випромінювання широко використовується для лікування різних захворювань шкіри та інших хвороб [3, 4]. Але, як показують останні дослідження, крім позитивного впливу УФ-випромінювання створює цілий ряд негативних ефектів для організму людини, які можуть призводити до серйозних структурних і функціональних ушкоджень шкіри. Причому вагомість негативних факторів переважають позитивні.

Енергії тієї частини УФВ, що досягає земної поверхні достатньо для того, щоб викликати суттєві пошкодження клітинних структур і створити негативні наслідки для клітин. З діями УФВ безпосередньо пов'язані утворення злоякісних пухлин людей і тварин [5, 6], а також різні реакції у рослин [7, 8]. До недавнього часу вважали, що УФА випромінювання не грає суттєвої ролі в негативній дії сонячної радіації на живі об'єкти, так як воно слабо поглинається клітинами ДНК. Однак останні дослідження показали, що УФА може створювати мутагенні ефекти як внаслідок прямого поглинання клітинами ДНК, так і в результаті непрямого пошкодження генома індукованими УФА реакційними видами кисню [9, 10].

В роботі [6] проведено аналіз більш як ста наукових праць стосовно впливу природного УФ-випромінювання та випромінювання штучних джерел, що використовується в різних типах соляріїв на здоров'я людей. Негативні наслідки мають чисельні

експериментальні підтвердження і кількість доказів продовжує зростати. Рак, сонячні опіки, прискорене старіння шкіри пов'язані з використанням соляріїв. Саме використання соляріїв відповідає за збільшення випадків раку шкіри. Штучне засмагання викликає пошкодження ДНК в клітинах шкіри навіть при низьких дозах УФ-випромінення. УФА-випромінення, яке переважає в більшості соляріїв, глибше проникає в шкіру, ніж УФВ, і спричиняє фотостаріння. Роль УФ-А в етіології фотостаріння доведена роботами багатьох учених, проте, механізми фотостаріння продовжують вивчатися з використанням сучасної науково-технічної бази, клітинної інженерії, біохімії й методів клітинної функціональної діагностики. Найважливіше те, що УФА і УФВ сприяють пошкодженню ДНК, і тому IARC (Міжнародне агентство з дослідження раку) класифікував весь спектр УФ-випромінення та використання його в соляріях як канцерогенного для людини [11]. Систематичний аналіз показав, що люди, які користуються соляріями щонайменше один раз на будь-якому етапі життя, мають на 20% більший ризик розвитку меланому, ніж люди, які ніколи ним не користувались. Ризик розвитку меланому збільшується на 1,8% при кожному додатковому сеансі за рік. Встановлено також, що солярії представляють ризик для утворення меланому незалежно від типу шкіри та впливу природного УФ-випромінення [12-14].

В [6] також наводяться дані про те, що всі переваги соляріїв, які рекламуються в різних джерелах інформації не відповідають дійсності. Зокрема використання УФ-соляріїв не є ефективним способом генерування вітаміну D. Для людей з високим ризиком дефіциту вітаміну D більш ефективно є приймання пероральних добавок, а не канцерогенне опромінення; твердження про те, що УФА є безпечним і користувачі можуть піддаватися впливу великих доз є невірним. Причому в ряді досліджень показано, що в більшості соляріїв рівень опроміненості вище меж безпеки і співвідношення потоків УФВ/УФА значно відрізняється від природного сонячного. Дослідження також показали, що засмага не знижує ризик сонячних опіків і суттєво не захищає від ушкоджень ДНК, що спричиняється сонячним опроміненням. Використання засмаги для покращення самопочуття і з надання здорового вигляду - твердження науково не обґрунтовані. Засмага є ознакою пошкодження шкіри від УФ-опромінення і не є ознакою хорошого здоров'я. Засмага спричиняє передчасне старіння шкіри і підвищує ризик розвитку раку шкіри. Пігментація шкіри, яка настає після опромінення може насправді приховати існуючі недоліки (дрібні зморшки і інші дефекти), але після того, як

потемніння зникає, недоліки шкіри знову видно, що спонукає користувачів знову використовувати солярії. Така «цілорічна засмага» призводить до передчасного старіння шкіри і підвищення ризику утворення раку шкіри.

Необхідно також враховувати шкідливий характер УФ-випромінення на сітківку та інші компоненти органу зору [15, 16]. УФ-випромінення не сприймається сітчаткою ока в тому сенсі, як це відбувається з видимим випроміненням через поглинання УФ-випромінення рештою частин ока – роговою оболонкою, водянистим середовищем ока, кристаликом та скловидним тілом. Око не може здійснити свої природні запобіжні реагування (зменшення діаметру зіниці, закривання повік, тощо) при дії УФ-випромінення так, як це відбувається, наприклад в разі яскравого світла. УФ-випромінення (навіть, м'яке – УФ-А) може призвести до серйозних пошкоджень зорового апарату, оскільки рецептори зору не відчувають його впливу.

Слизова оболонка ока – кон'юнктивна – не має захисного рогового шару, вона більше чутлива до УФ-опромінення, ніж шкіра. Біль в очах, почервоніння, сльозотеча, часткова сліпота з'являються в результаті дегенерації й загибелі клітин кон'юнктиви і роговиці. Довгохвильові ультрафіолетові промені, досягаючи кристалика, у більших дозах можуть викликати його помутніння – катаракту.

Вимоги до випромінення соляріїв і ламп для соляріїв встановлені в [17, 18]. Прилади для засмаги згідно з [17] класифікуються за 5 типами.

Густина потоку випромінення в діапазонах спектру (250–320) нм та (320–400) нм для різних типів соляріїв наведені в табл.1.

Таблиця 1
Межі поверхневої густини УФ-потоків оцінено за функцією вагомості канцерогеннонебезпечного випромінення

Тип УФ-приладу	Діюча поверхнева густина потоку випромінення, Вт/м ²	
	250 нм< λ <320нм	320 нм< λ <400 нм
1	< 0,001	20,15
2	від 0,001 до 0,15	20,15
3	< 0,15	< 0,15
4	$\geq 0,15$	< 0,15
5	$\geq 0,15$	20,15

Солярій типу 1 створює біологічну дію випроміненням з довжинами хвиль більше 320 нм і характеризується відносно високою інтенсивністю випромінення в діапазоні 320–400 нм.

Солярій типу 2 створює біологічну дію при випроміненні довжинами хвиль як менше, так і більше 320 нм і характеризується відносно високою

інтенсивністю випромінювання в діапазоні довжин хвиль 320–400 нм.

Солярій типу 3 створює біологічну дію випромінюванням з довжинами хвиль як менше, так і більше 320 нм і характеризується обмеженою інтенсивністю випромінювання в усьому УФ діапазоні довжин хвиль.

Солярій типу 4 створює основну біологічну дію головним чином випромінюванням з довжинами хвиль менше 320 нм.

Солярій типу 5 створює біологічну дію випромінюванням з довжинами хвиль як менше, так і більше 320 нм і характеризується відносно високою інтенсивністю випромінювання за межами УФ діапазону.

УФ-прилади типів 1, 2, 4, 5 призначаються для професійного використання під наглядом підготовленого персоналу. Для побутового призначення придатні тільки солярії типу 3.

Солярії для комерційного використання можуть мати сумарну діючу поверхневу густину потоку випромінювання оцінену у відповідності зі спектром дії еритеми не більше 0,7 Вт/м². Для країн ЄС згідно з EN60335-2-27 густина променевого потоку в інтервалі спектру 280–400 нм має бути не більше 0,3 Вт/м². Прилади для побутового використання повинні мати сумарну діючу поверхневу густину потоку випромінювання, що не перевищує 0,15 Вт/м².

В основі процесу засмаги діє два механізми пігментації: довгострокова пігментація і швидка пігментація. В результаті швидкої пігментації темніють пігменти, що уже знаходяться в шкірі, при цьому отримана засмага швидко світлішає. Довготривала пігментація – більш тривалий процес утворення нових пігментів, але отримана засмага зберігається тривалий час. Спектральний баланс УФВ/УФА запускає обидва механізми пігментації. Швидка пігментація утворюється під дією діапазону УФА випромінюванням, а довготривала – під дією УФВ. Співвідношення УФВ/УФА показує скільки випромінювання області УФВ оціненого за функцією вагомості канцерогенної небезпеки, припадає на випромінювання області УФА. УФВ випромінювання в великих дозах викликає опіки, тому воно має бути обмеженим, але достатнім для утворення довготривалої пігментації. Співвідношення УФВ/УФА у ламп для засмаги знаходиться в межах значень 1-12. Еритемозважена опроміненість і співвідношення $E_{\text{УФВ}}/E_{\text{УФА}}$, оцінені за функцією вагомості канцерогеннонебезпечності випромінювання, є основними параметрами ламп для засмаги і вони мають повідомлятися споживачам шляхом маркування УФ-кодом [18].

Вимоги до вимірювання та маркування ламп для засмаги встановлені в [18], практичні

рекомендації стосовно тестування ламп та соляріїв наведені в [6]. На лампи обов'язково має наноситися така інформація:

- а) позначення типу лампи, а також:
 - знак походження (це може бути у вигляді товарного знаку (марки), найменування виробника або відповідального продавця);
 - номінальне значення потужності з нанесенням «Вт» або «W»;
- б) код еквівалентності за схемою «Значення потужності – Код типу відбивача – УФ код»:
 - в коді еквівалентності мають використовуватися такі коди відбивачів:
 - О – для неректорних ламп;
 - В – для ламп з широким кутом відбивання $\alpha > 230^\circ$;
 - Н – для ламп з вузьким кутом відбивання $\alpha < 200^\circ$;
 - Р – для ламп зі звичайним кутом відбивання $200^\circ \leq \alpha \leq 230^\circ$;
 - в коді еквівалентності має використовуватися УФ код X/Y, де X – значення загальної ефективної еритемної УФ опроміненості в діапазоні (250–400) нм;

Y – відношення УФ опроміненостей, оцінених за функцією вагомості канцерогеннонебезпечного випромінювання, в діапазонах $\lambda \leq 320$ нм і $\lambda > 320$ нм.

X надається в мВт/м² і округляється до найближчого цілого, Y округляється до першого десяткового знака. Беруться значення ефективних опроміненостей на відстані 0,25 м і за умов їх оптимальності.

В соляріях різних конструкцій використовують УФ-лампи зі спектром випромінювання, що суттєво відрізняється від УФ-спектру Сонця. В більшості випадків використовують розрядні лампи низького тиску. Параметри деяких типів ламп для засмаги наведені в табл. 2.

Таблиця 2
Характеристики ламп для засмаги (для соляріїв) різних виробників

№	Тип лампи	УФ-код	Довжина/діаметр, мм
1	TM Philips Performance S F59T 12 80W	80-O-26/6.3	1506/38
2	TM Philips Performance S F59T12 80W - R	80-R-28/2.6	1506/38
3	MAXLIGHT 100W COMBI CE III	160-O-21/4.1	1760/38
4	SMART SUN R 100W UVB PLUS CS	100-R-66/11.2	1760/38
5	RAINBOW RED 160W R	160-R-36/3.1	1760/38
6	BERMUDA GOLD 800 R 40/180	180-R-154/12.2	1760/2000

Дослідження проведені авторами [19] показали, що рівень опроміненості, що створюється штучними соляріями з розрядними лампами низького тиску в діапазоні УФВ переважно нижчий, ніж від природного сонця і має великий розкид, а опроміненості в діапазоні УФА – значно вищі від природних. На відміну від УФВ, УФА не підвищує виробництво меланіну і мало сприяє ущільненню шкіри та захисту від подальшого впливу ультрафіолету.

В роботах [20, 21, 22] дослідження параметрів соляріїв різних конструкцій показали, що в значній їх частині еритемозважена опроміненість перевищувала 0,3 Вт/м², що є значним значенням, встановленим європейським стандартом. Крім того, 29% соляріїв підпадають під класифікацію як тип 4, для користування якими вимагається медична консультація [20]. В Англії проведені вимірювання показали, що 9 з 10 соляріїв перевищували граничні межі опроміненості [21], дуже низьку відповідність соляріїв Європейським вимогам відзначено також в роботі [22].

В Україні, де використовується велика кількість соляріїв подібних досліджень не проводилось. Застосування соляріїв здійснюється без необхідного контролю зі сторони органів охорони здоров'я, не ведуть ніякої статистики

стосовно відповідності соляріїв вимогам нормативної документації, медичних оглядів пацієнтів, що відвідують косметичні салони і користуються соляріями та інш. Цією роботою ми хочемо започаткувати систематичні дослідження в цій сфері.

Сучасні вимоги до фотобіологічної безпечності ламп актинічного УФ-випромінення встановлені в [23]. Для запобігання ураження очей УФ випроміненням ламп для засмаги сумарна ефективна доза опромінення має не перевищувати рівень що визначається із виразу:

$$E_{\text{УФ}} \cdot t = \sum_{200}^{400} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S_{\text{УФ}}(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot \Delta t \leq 30 \text{ Дж/м}^2 \quad (1)$$

де $E_{\text{УФ}}$ – сумарна ефективна енергетична освітленість, Вт/м²; $E_{\lambda}(\lambda, t)$ – спектральна енергетична освітленість, Вт·м⁻²·нм⁻¹; $S_{\text{УФ}}(\lambda)$ – спектральна функція вагомості для оцінки УФ небезпеки актинічного УФ випромінення; $\Delta\lambda$ – інтервал довжин хвиль, нм; Δt – тривалість експозиції, с.

Функцію вагомості, для оцінки небезпеки актинічного УФ випромінення для шкіри та очей $S_{\text{УФ}}(\lambda)$ представлено на рис. 1.



Рис. 1. Спектральна функція вагомості для оцінки небезпеки актинічного УФ випромінення (1) та функція вагомості еритемної дії (2) [23]

Оскільки функція для різних довжин хвиль відрізняється на кілька порядків вона надається в логарифмічному масштабі.

Максимально допустимий час опромінення незахищених очей та шкіри розраховується як:

$$t_{\text{max}} = \frac{30}{E_{\text{УФ}}} \frac{\text{Дж} / \text{м}^2}{\text{Вт} / \text{м}^2} \quad (2)$$

Для очей при часі опромінення меншому 1000 с доза опромінення УФА (320-400 нм) має не перевищувати 10000 Дж/м². При опроміненні очей протягом часу більшого ніж 1000 с рівень опроміненості $E_{\text{УФА}}$ має не перевищувати 10 Вт/м².

В [23] встановлені граничні значення (ГЗ) опроміненостей, які при користуванні лампами не повинні бути перевищеними. ГЗ являють собою

умови, за яких кожна людина може неодноразово піддаватись опроміненню без незворотних наслідків для здоров'я. Вони не розглядалися як точна межа між безпечними та небезпечними рівнями, а є орієнтовними. Класифікацією безпечності оптичних випромінювань встановлено 4 основних групи ризиків:

Загальна група (ГР0) не несе ніяких фотобіологічних ризиків;

Група 1 (ГР1) – незначний ризик, не несе ні активної небезпеки ($E_{УФ}$) протягом 1000 с, ні небезпеки УФА ($E_{УФА}$) протягом 300 с;

Група 2 (ГР2) – середній ризик, не несе фотобіологічної небезпеки активічного випромінювання ($E_{УФ}$) протягом 0,25 с, а також небезпеки УФА ($E_{УФА}$) протягом 100 с;

Група 3 (ГР3) – високий ризик, несе небезпеку навіть при коротких експозиціях.

Для УФ ламп граничні значення опроміненостей для різних груп фотобіологічних ризиків наведені в таблиці 3.

І хоч ці данні уже не відповідають останнім концепціям про безпечність УФ-випромінювання, цей документ є єдиним, за яким можна оцінити УФ-випромінювання ламп.

Таблиця 3

Граничні значення опроміненостей для різних груп фотобіологічних ризиків

Ризик	Граничні значення опроміненостей			Одиниці вимірювань
	Загальна група	Низьк. ризик	Середн. ризик	
Активічний УФ ($E_{УФ}$)	0,001	0,003	0,03	Вт/м ²
Близький УФ ($E_{УФА}$)	10	33	100	Вт/м ²

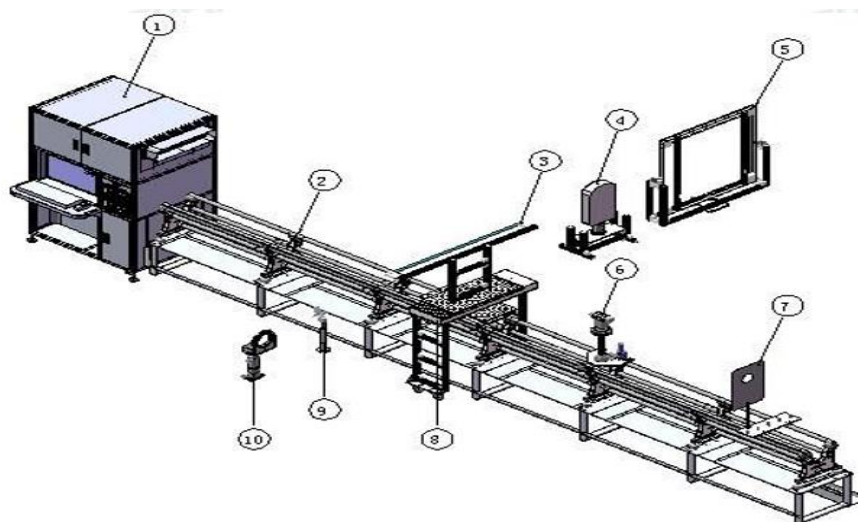


Рис.2. Схема установки OST-300:

1 – рухома оперативна платформа; 2- оптичні рейки та їх обладнання; 3, 4, 5, 9, 10 – змінні тримачі ламп; 6 – рухомий візок для лазерного вимірювання; 7 – рухома діафрагма поля зору; 8 – рухома платформа для досліджувальних ламп.

Постановка завдання

Метою даної роботи було дослідження фотобіологічної безпечності ламп для соляріїв та визначення групи ризику їх випромінювання у відповідності до ДСТУ EN 62471:2017.

Виклад основного матеріалу дослідження

В якості об'єкта дослідження були взяті лампи для засмаги типу Bermuda gold extreme power SR 80W та ультрафіолетові лампи типу ЛУФ65/80-2.

Вимірювання спектральної енергетичної освітленості $E(\lambda)$ та розрахунки сумарної активічної енергетичної освітленості $E_{УФ}$ в інтервалі довжини хвиль 200–400 нм та енергетичної освітленості $E_{УФА}$ в діапазоні УФА (320–400 нм) здійснювали за методиками, наведеними в [18, 23].

Вимірювання проводили з використанням системи випробування оптичного випромінювання OST-300 (рис.2), яка містить спекторрадіометр для вимірювання спектральної енергетичної освітленості $E(\lambda)$ в інтервалі довжини хвиль 200–400 нм та програмне забезпечення для розрахунків сумарної активічної енергетичної освітленості та енергетичної освітленості в окремих діапазонах спектру. Програма дозволяє також розраховувати граничні експозиції та групу ризику до яких належить випробовуване джерело випромінювання.

Результати вимірювання спектральної енергетичної освітленості (в Вт/м²·нм) ламп для засмаги SR 80W та ЛУФ65/80-2 в інтервалі довжини хвиль 200-550 нм наведені на рис.3.

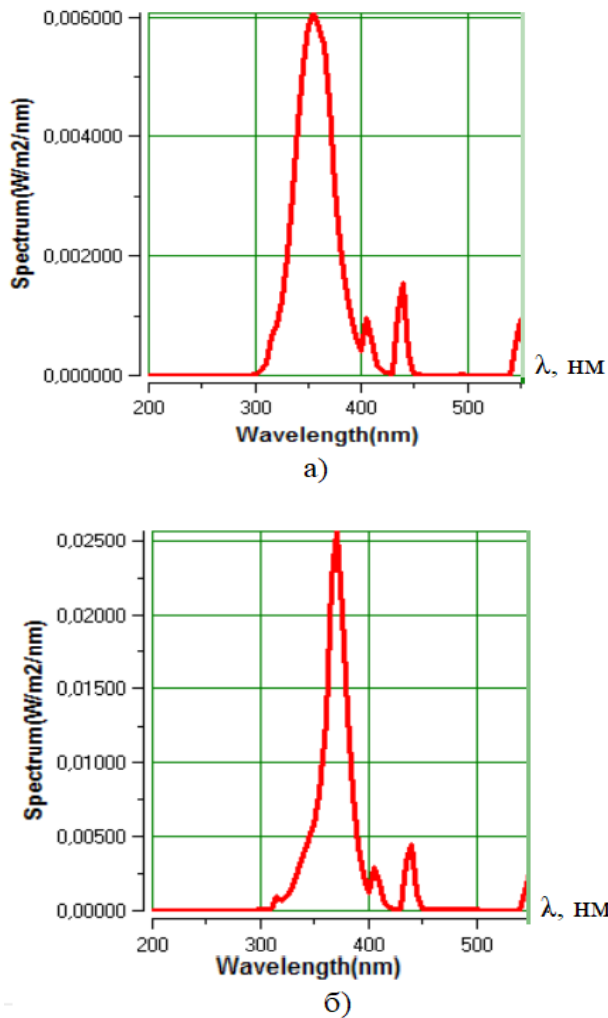


Рис.3. Спектральна енергетична освітленість лампи типу Bermuda gold extreme power SR 80W (а) та ЛУФ 65/80-2 (б).

Визначення УФ-коду ламп SR 80W та ЛУФ 65/80-2.

В досліджуваних лампах SR80W та ЛУФ 65/80-2 на маркуванні та в додатковій інформації, що надається в проспекті на SR80W і технічних умовах на лампу ЛУФ 65/80-2 не достатньо інформації для визначення коду еквівалентності (УФ - коду) згідно з ДСТУ ІЕС 61228-2009. Для визначення кодів необхідно було провести вимірювання та розрахунки наступних показників:

- Сумарної ефективної еритемної УФ опроміненості в діапазоні спектру 250–400 нм;
- Ефективної опроміненості за функцією вагомості та канцерогенно – небезпечної опроміненості в діапазоні спектру УФА ($\lambda > 320$ нм) та УФВ ($\lambda < 320$ нм).
- Визначення відношення ефективних опроміненостей (енергетичних освітленостей) $E_{УФВ}/E_{УФА}$;

Для знаходження цих показників були використані дані вимірювань спектральної

енергетичної освітленості ламп на установці OST–300. Розрахунки проводили згідно з вимогами ДСТУ ІЕС 61228-2009. Результати розрахунків зведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Результати розрахунків ефективних енергетичних освітленостей для визначення УФ – коду ламп згідно з ДСТУ ІЕС 61228-2009.

Тип ламп	Відстань від ламп, м	$E_{УФ}$, мВт/м ²	$E_{УФВ}$, мВт/м ²	$E_{УФА}$, мВт/м ²	$E_{УФВ}/E_{УФА}$
SR80 W	0,25	38,1	59,8	11	5,4
ЛУФ 65/80-2	0,25	8,0	8,5	2,4	3,5

Для ламп SR80W $E_{УФВ} / E_{УФА}$ дорівнює 5,4, УФ-код цієї лампи: 80-R-38/5.4, де 80 – потужність у Вт, R – лампа з рефлектором зі звичайним кутом відбивання ($200^\circ \leq \lambda \leq 230^\circ$).

38 – ефективна (еритемна) енергетична освітленість на відстані 0,25 м в спектральному діапазоні 250–400 нм; 5,4 – відношення $E_{УФВ} / E_{УФА}$.

УФ – код ламп ЛУФ 65/80-2 (для потужності 65 Вт): 65-O-8/3.5, де 65-O – лампа без рефлектора, потужністю 65 Вт; 8 – ефективна еритемна енергетична освітленість на відстані 0,25 м в спектральному діапазоні 250–400 нм; 3,5 – $E_{УФВ} / E_{УФА}$.

Як видно із наведених результатів в спектральному складі ламп SR80W в в порівнянні з ЛУФ 65/80-2 більше випромінювання в УФВ діапазоні і вона створює значно вищу ефективну еритемну енергетичну освітленість. Еритемна ефективність лампи SR 80W в 4 рази вища за цей параметр чим для ЛУФ 65/80-2.

Дослідження фотобіологічної безпечності ламп

Розраховані на основі вимірювань $E(\lambda)$ значення $E_{УФ}$, $E_{УФА}$ для відстаней від лампи 0,25 м та 1 м, а також час безпечного опромінення та група ризиків наведені нижче.

1. Лампа для засмаги SR 80W.

Сумарне значення $E_{УФ}$ на відстані 0,25 м становить 8 мВт/м², а на відстані 1 м – 1,54 мВт/м². Енергетична освітленість $E_{УФА}$ на відстані 0,25 м становить 1080 мВт/м², а на відстані 1 м – 208 мВт/м².

Розрахунковий максимальний час безпечного опромінення УФА на відстані 0,25 м становить

929 с. При цих умовах випромінення ламп відноситься до групи середнього ризику (ГР2). На відстані 1 м випромінення ламп відноситься до групи незначного ризику (ГР1).

2. Лампа ультрафіолетова ЛУФ 65/80-2.

Сумарне значення $E_{УФ}$ на відстані 0,25 м та 1 м становить 2,65 мВт/м² та 0,469 мВт/м², відповідно. Енергетична освітленість $E_{УФА}$ на відстані 0,25 м та 1 м становить 4912 мВт/м² та 963 мВт/м². При цих умовах випромінення ламп відноситься до групи незначного ризику (ГР1).

В соляріях, де використовується велика кількість ламп, сумарна актинічна енергетична освітленість може бути значною. Тому необхідно дотримуватись рекомендацій, щодо граничних експозицій при засмаганні в соляріях, які наведено в [17].

Максимальна доза опромінення, що оцінена за функцією вагомості канцерогенної небезпечності УФ-випромінення не повинна перевищувати 30 Дж/м² в межах 8 годинного періоду.

Максимальний час УФ-опромінення визначається як $t_{\max} = \frac{30}{E_{УФ}} \left(\frac{\text{Дж/м}^2}{\text{Вт/м}^2} \right)$. Межі

максимального опромінення УФА: доза має бути не більше 10⁴ Дж/м² при $t < 1000$ с; при $t > 1000$ с - $E_{УВА} \leq 10$ Вт/м². Максимальний час опромінення УФА (в секундах) визначається як

$$t_{\max} \leq \frac{10^4}{E_{УВА}} \left(\frac{\text{Дж/м}^2}{\text{Вт/м}^2} \right).$$

Рекомендований час опромінення для першої дії на не засмаглу шкіру не повинен перевищити дозу 100 Дж/м², для другої дії доза не повинна перевищувати 250 Дж/м², а загальна доза курсу засмаги має не перевищувати 3 кДж/м². Максимальна річна доза не повинна перевищувати 15 кДж/м².

Наукові докази підвищення ризиків захворювань на рак шкіри в результаті засмаги в штучних соляріях потребують ефективних заходів для їх запобігання. Споживач послуг має право на вибір, але зобов'язування щодо безпечності цих послуг покладається і на державу. Потрібно щоб споживачі послуг в косметичних салонах були проінформовані про небезпеку УФ-випромінення, персонал, що обслуговує солярії, повинен проходити необхідне навчання, необхідно ввести вікове обмеження на користування соляріями для засмаги, проводити обов'язкове періодичне тестування ламп і соляріїв на відповідність вимогам фотобіологічної безпеки та інш. Потрібно підвищувати культуру засмаги серед населення.

Висновки

1. Фотобіологічна безпечність ламп SR80W відноситься до середньої групи ризику ГР2, а лампи ЛУФ 65/80-2 – до групи незначного ризику ГР1.

2. УФ-код ламп SR80W – 80-R-38/5.4, а ламп ЛУФ 65/80-2 – 65-О-8/3.5, які відповідають рекомендаціям для використання в соляріях.

3. Доцільно продовжити дослідження характеристик ламп для соляріїв і соляріїв, що є на ринку послуг в Україні з метою оцінки їх відповідності вимогам безпеки.

Література

1. Lerche, C.M., Philipsen, P.A. and Wulf, H.C. (2017). UVR: sun, lamps, pigmentation and vitamin D. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 1(16), 291–301.
2. Гаврилкіна, Г. Н. Вновь о профилактическом УФ облучении с целью ликвидации "солнечного голодания" [Текст] / Г. Н. Гаврилкіна, Е. И. Ильина, Г. С. Сарычев // *Светотехника*. – 2015. – №2. – С. 45–47.
3. Eysteinsdottir, J. H., Olafsson, J. H., Agnarsson, B. A., Luethviksson, B. R., Sigurgeirsson, B. (2014). Psoriasis treatment: faster and long-standing results after bathing in geothermal seawater. A randomized trial of three UVB phototherapy regimens. *Photodermatol., Photoimmunol. Photomed.*, 30, 25–34.
4. Almutawa Fahad, Thalib Lukman, Hekman Daniel, Sun Qing, Hamzavi Iltefat, Lim Henry W. (2015). Efficacy of localized phototherapy and photodynamic therapy for psoriasis: a systematic review and meta-analysis. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 31(1), 5–14.
5. Ananthaswamy, H. N. (1997). Ultraviolet light as a carcinogen. *Chemical Carcinogens and Anticarcinogens*. Oxford, 12, 255–279.
6. Artificial tanning devices: public health interventions to manage sunbeds. Geneva: World Health Organization (2017). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
7. Jansen, M.A.K., Gaba, V., Greenberg, B.M. (1998). Higher plants and UV-B radiation: balancing damage? Repair and acclimation. *Trends Plant. Sci.*, 3, 131–135.
8. Семенов, А. О. Аналіз ролі УФ-випромінювання на розвиток і продуктивність різних культур [Текст] / А. О. Семенов, Г. М. Кожушко, Т. В. Сахно // *Світлотехніка та електроенергетика*. – 2017. – № 2. – С. 3–16.
9. Rochette, P.J., Therrien, J.P., Drouin, R., Perdiz, D., Bastien, N., Drobetsky, E.A., Sage, E. (2003). UVA-induced cyclobutane pyrimidine dimers form predominantly thymine-thymine dipyrimidines and correlate with the mutation spectrum in rodent cells. *Nucl. Acids Res.*, 31, 2786–2794.
10. Sinha, R. P., Hader, D.-P. (2002). UV-induced damage and repair: a review. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2002, 1, 225–236.
11. Boniol, M., Autier, P., Boyle, P., Gandini, S. (2012). Cutaneous melanoma attributable to sunbed use: systematic review and meta-analysis. *British medical journal.*, 345, e4757.
12. Colantonio, S., Bracken, M.B., Beecker, J. (2014). The association of indoor tanning and melanoma in adults:

systematic review and meta-analysis. *J. Am. Acad. Dermatol.*, 70(5), 847–857.

13. Ghiasvand, R., Rueegg, C.S., Weiderpass, E., Green, A.C., Lund, E., Veierød, M.B. (2017). Indoor tanning and melanoma risk: long-term evidence from a prospective population-based cohort study. *Am. J. Epidemiol.*, 185(3), 147–156.

14. Radiation. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A Review of Human Carcinogens (2012) Lyon: International Agency of Research on Cancer, 100 D.

15. Behar-Cohen Francine, Baillet Gilles, de Ayguavives Tito, Garcia Paula Ortega, Krutmann Jean, Peña-García Pablo, Reme Charlotte, Wolffsohn James S (2014). Ultraviolet damage to the eye revisited: eye-sun protection factor (E-SPF®), a new ultraviolet protection label for eyewear. *Clin. Ophthalmol.*, 8, 87–104.

16. Волков, В. В. О фотохимическом поражении сетчатки излучением ламп для искусственного загара [Текст] / В. В. Волков, Н. Н. Харитоновна, Д. С. Мальцев // Вестник Офтальмологии. – 2014. – № 1. – С. 63–72.

17. ДСТУ EN 60335-2-27:2014 Прилади побутові та аналогічні електричні. Безпека. Частина 2-27. Додаткові вимоги до приладів ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання для догляду за шкірою [Текст]. – (EN 60335-2-27:2013, IDT), 2014. – 23 с

18. ДСТУ ІЕС 61228: 2009. Лампи люмінесцентні еритемні. Порядок вимірювання та специфікації параметрів [Текст] (ІЕС 61228:2008, IDT) – Київ : Держспоживстандарт України, 2009. – 17 с.

19. Nilsen, L.T.N., Hannevik, M., Veierød, M.B. (2016). UV exposure from indoor tanning devices: a systematic review. *Br J Dermatol.*, 174, 730–740.

20. Sola, Y., Baeza, D., Gómez, M., Lorente, J. (2026). Ultraviolet spectral distribution and erythema-weighted irradiance from indoor tanning devices compared with solar radiation exposures. *J. Photochem. Photobiol. B.*, 161, 450–455.

21. Tierney, P., Ferguson, J., Ibbotson, S., Dawe, R., Eadie, E., Moseley, H. (2013). Nine out of 10 sunbeds in England emit ultraviolet radiation levels that exceed current safety limits. *Br. J. Dermatol.*, 168(3), 602–608.

22. Joint market surveillance action on sunbeds and solarium services – Part 2. Brussels: Prosafe: Product Safety Enforcement Forum of Europe. (2012). Retrieved from (<http://www.prosafe.org/library/knowledgebase/item/sunbeds-solarium-services-final-report-ii>, accessed 15 May 2017).

23. ДСТУ EN 62471:2017. Фотобіологічна безпека ламп і лампових систем [Текст] (ІЕС 62471:2006 (CIE S 009: 2002), IDT) – Чинний від 01.01.2016. – Київ: Держспоживстандарт України, 2017. – 36 с.

References

1. Lerche, C.M., Philipsen, P.A. and Wulf, H.C. (2017). UVR: sun, lamps, pigmentation and vitamin D. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 1(16), 291–301.

2. Gavrilkina, G.N., Il'ina, E.I., Sarychev, G.S. (2015). Again about preventive UV irradiation in order to eliminate the "solar starvation". *Lighting*, 2, 45–47.

3. Eysteinsdottir, J. H., Olafsson, J. H., Agnarsson, B. A., Luethviksson, B. R., Sigurgeirsson, B. (2014). Psoriasis treatment: faster and long-standing results after bathing in geothermal seawater. A randomized trial of three UVB

phototherapy regimens. *Photodermatol., Photoimmunol. Photomed.*, 30, 25–34.

4. Almutawa Fahad, Thalib Lukman, Hekman Daniel, Sun Qing, Hamzavi Iltefat, Lim Henry W. (2015). Efficacy of localized phototherapy and photodynamic therapy for psoriasis: a systematic review and meta-analysis. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 31(1), 5–14.

5. Ananthaswamy, H. N. (1997). Ultraviolet light as a carcinogen. *Chemical Carcinogens and Anticarcinogens. Oxford*, 12, 255–279.

6. Artificial tanning devices: public health interventions to manage sunbeds. Geneva: World Health Organization (2017). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

7. Jansen, M.A.K., Gaba, V., Greenberg, B.M. (1998). Higher plants and UV-B radiation: balancing damage? Repair and acclimation. *Trends Plant. Sci.*, 3, 131–135.

8. Semenov, A.O., Kozhushko, G.M., Sakhno, T.V. (2017). Analysis of the role of UV-UV on development and productivity of productive crops. *Lighting Engineering & Power Engineering" (LEPE)*, 2, 3–16.

9. Rochette, P.J., Therrien, J.P., Drouin, R., Perdiz, D., Bastien, N., Drobetsky, E.A., Sage, E. (2003). UVA-induced cyclobutane pyrimidine dimers form predominantly at thymine-thymine dipyrimidines and correlate with the mutation spectrum in rodent cells. *Nucl. Acids Res.*, 31, 2786–2794.

10. Sinha, R. P., Hader, D.-P. (2002). UV-induced damage and repair: a review. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2002, 1, 225–236.

11. Boniol, M., Autier, P., Boyle, P., Gandini, S. (2012). Cutaneous melanoma attributable to sunbed use: systematic review and meta-analysis. *British medical journal.*, 345, e4757.

12. Colantonio, S., Bracken, M.B., Beecker, J. (2014). The association of indoor tanning and melanoma in adults: systematic review and meta-analysis. *J. Am. Acad. Dermatol.*, 70(5), 847–857.

13. Ghiasvand, R., Rueegg, C.S., Weiderpass, E., Green, A.C., Lund, E., Veierød, M.B. (2017). Indoor tanning and melanoma risk: long-term evidence from a prospective population-based cohort study. *Am. J. Epidemiol.*, 185(3), 147–156.

14. Radiation. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A Review of Human Carcinogens (2012) Lyon: International Agency of Research on Cancer, 100 D.

15. Behar-Cohen Francine, Baillet Gilles, de Ayguavives Tito, Garcia Paula Ortega, Krutmann Jean, Peña-García Pablo, Reme Charlotte, Wolffsohn James S (2014). Ultraviolet damage to the eye revisited: eye-sun protection factor (E-SPF®), a new ultraviolet protection label for eyewear. *Clin. Ophthalmol.*, 8, 87–104.

16. Volkov, V.V., Kharitonova, N.N., Maltsev, D.S. (2014). On photochemical lesion of the retina by radiation of lamps for artificial tanning. *Bulletin of Ophthalmology.*, 1, 63–72.

17. DSTU EN 60335-2-27: 2014 Household and similar electrical appliances – Safety — Part 2-27: Particular requirements for appliances for skin exposure to ultraviolet and infrared radiation (EN 60335-2-27: 2013, IDT).

18. DSTU IEC 61228: 2009. Fluorescent ultraviolet lamps used for tanning. Measurement and specification method (IEC 61228:2008, IDT)

19. Nilsen, L.T.N, Hannevik, M., Veierød, M.B. (2016). UV exposure from indoor tanning devices: a systematic review. *Br J Dermatol.*, 174, 730–740.
20. Sola, Y., Baeza, D., Gómez, M., Lorente, J. (2026). Ultraviolet spectral distribution and erythema-weighted irradiance from indoor tanning devices compared with solar radiation exposures. *J. Photochem. Photobiol. B.*, 161, 450–455.
21. Tierney, P., Ferguson, J., Ibbotson, S., Dawe, R., Eadie, E., Moseley, H. (2013). Nine out of 10 sunbeds in England emit ultraviolet radiation levels that exceed current safety limits. *Br. J. Dermatol.*, 168(3), 602–608.
22. Joint market surveillance action on sunbeds and solarium services – Part 2. Brussels: Prosafe: Product Safety Enforcement Forum of Europe. (2012). Retrieved from (<http://www.prosafe.org/library/knowledgebase/item/sunbeds-solarium-services-final-report-ii>, accessed 15 May 2017).
23. DSTU EN 62471:2017. Photobiological safety of lamps and lamp systems (IEC 62471:2006 (CIE S 009: 2002), IDT).

Рецензент: д-р техн. наук проф. С.В. Гаркуша, Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтава, Україна

Автор: СЕМЕНОВ Анатолій Олексійович
кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри
Полтавський університет економіки і торгівлі
E-mail – asemen2015@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-3112-1942>

Автор: КОЖУШКО Григорій Мефодійович
доктор технічних наук, професор, професор
кафедри
Полтавський університет економіки і торгівлі
E-mail – kgm46@rambler.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7306-4529>

Автор: САХНО Тамара Вікторівна
доктор хімічних наук, професор, професор кафедри
Полтавський університет економіки і торгівлі
E-mail – sakhno2001@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7049-4657>

Автор: ШПАК Світлана Василівна
начальник науково-дослідного центру випробовувань
електричних ламп та технологічного обладнання
ДП «Полтавастандартметрологія»
E-mail – Svetic2svetic@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1417-3944>

Автор: КИСЛИЦЯ Світлана Григорівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Полтавський національний технічний університет імені Юрія
Кондратюка
E-mail – kislicasv@ukr.net
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2431-9900>

PHOTOBIOLOGICAL SAFETY OF TANNING LAMPS

A. Semenov,¹ G. Kozhushko,¹ T. Sakhno,^{1,2} S. Shpak,³ S. Kyslytsia⁴

¹Poltava University of Economics and Trade (PU TE), Ukraine

²Poltava State Agrarian Academy (PDAA), Ukraine

³SE «Poltava Standard Metrology», Ukraine

⁴Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk (PNTU), Ukraine

Ultraviolet radiation in artificial sunbeds creates a risk of developing skin melanoma and squamous cell carcinoma at any age. The risk of developing cancer is higher among young people. Cancer, sunburns, accelerated aging of the skin are associated with the use of sunbeds. UVA radiation, which predominates in most tanning salons, deeper penetrates the skin than UVB, and causes photo aging.

UVB and UVA damage the DNA, and therefore the IARC (International Agency for Research on Cancer) classifies the entire spectrum of UV radiation as carcinogenic to humans. Tanning does not reduce the risk of sunburn and does not significantly protect against damage to DNA caused by solar radiation. It is also necessary to take into account the harmful effects of UV radiation on the retina of the organ of vision. Artificial tanning causes DNA damage in skin cells, even at low doses of UV radiation.

The purpose of this work was to study the photobiological safety of lamps for tanning salons and to determine the risk group of their radiation in accordance with DSTU EN 62471: 2017. As a research object, sun-tanning lamps of the type Bermuda gold of extreme power SR 80W and ultraviolet lamps of type LUF 65/80-2 were taken.

Measurement of spectral energy illumination, calculations of total actinic energy illumination in the range of wavelengths of 200-400 nm and power lighting in the range of UVA (320-400 nm) were performed using an optical test system OST-300. The test system contains a spectrometer radiometer for measuring spectral energy illumination in the range of wavelengths of 200-400 nm, software for calculating total actinic energy illumination and energy of illumination in separate spectral ranges.

It has been shown that the levels of radiation produced by artificial light bulbs with low pressure gas discharge lamps in the UVA range are much higher than natural radiation. UV irradiation produced by the SR80W lamp at a distance of 0.25 m is related to the average risk group (GR2) and LUF65/80-2 to low risk (GR1). Recommendations for safe exposure doses when using sunbeds are provided.

Keywords: photobiological safety, UV irradiation, pigmentation, tanning, solarium.