

Наукова робота

на тему

**«ФОТОБІОЛОГІЧНА БЕЗПЕЧНІСТЬ ЛАМП ТА
ЛАМПОВИХ СИСТЕМ»**

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1. Аналітичний огляд літератури.....	6
1.1. Вплив УФ-випромінення на людину.....	6
1.2. Вимоги нормативної документації до фотобіологічної безпечності ламп.....	9
Розділ 2. Експериментальні результати дослідження.....	16
2.1. Об'єкт та методи дослідження.....	16
2.2. Визначення УФ-коду ламп SR 80W та ЛУФ 65/80-2.....	17
2.3. Дослідження фотобіологічної безпечності ламп.....	19
Висновки	21
Перелік літературних джерел.....	22

ВСТУП

Живі організми на Землі, що розвивалися в умовах сонячної радіації виробили цілий комплекс фотобіологічних реакцій, які впливають на їхню життєдіяльність. До поверхні Землі доходить сонячна радіація, в складі якої, крім видимого та інфрачервоного світла міститься приблизно 5% від сумарного потоку УФА-випромінення (320-400 нм) і 0,1 % УФВ – випромінення (288-320 нм). Саме для таких умов протягом еволюції адаптувався людський організм до УФ радіації і її роль для життєдіяльності дуже важлива.

Відомо, що УФ-випромінення спектрального діапазону 290-400 нм активує захисні механізми організму людини, підвищує рівень неспецифічного імунітету, збільшує секрецію ряду гормонів [1, 2]. Під дією УФ-випромінення утворюється гістамін і подібні йому речовини, які спричиняють судиннорозширюючу дію, підвищуються проникність шкірних судин. Дія УФ-випромінення змінює легеневу вентиляцію – частоту та ритм дихання, підвищує газообмін, споживання кисню, активізує діяльність ендокринної системи. Особливо важлива роль УФ-випромінення в утворенні в організмі вітаміну Д. Тривала недостатність УФ-випромінення для організму людини може визивати негативні наслідки – «світлове голодування», внаслідок чого порушується мінеральний обмін речовин, знижується імунітет та інш.

УФ-випромінення широко використовується для лікування різних захворювань шкіри [2].

Крім фототерапії, штучні джерела УФ-випромінення використовуються для косметичних цілей. Комерційні солярії були розроблені в 70-х роках минулого століття і почали широко використовуватися в 90-х роках [2, 3].

В якості джерела середньохвильового та довгохвильового ультрафіолетового випромінювання для фотаріїв та соляріїв використовують спеціальні лампи для засмаги, які були розроблені для компенсації «ультрафіолетової недостатності» природного випромінювання і для засмаги.

Останнім часом проблемам фотобіологічної безпечності соляріїв приділяється велика увага. Цілим рядом досліджень встановлено, що ультрафіолетове випромінення 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 випромінення соляріїв збільшує ризик виникнення базальноклітинної карциноми та меланоми очей.

Актуальність теми дослідження обумовлена тим, що лампи для засмаги все ширше знаходять застосування як в медичних закладах, косметичних салонах, так і у побуті. Але УФ-випромінення може не тільки позитивно впливати на організм людини, але і призводити до передчасного старіння шкіри, опіків, визивати канцерогенну дію та створювати фотобіологічну небезпеку для сітківки ока. Потрібні дослідження фотобіологічної безпечності випромінення ламп, які потрапляють на ринок України та рекомендації щодо їх використання.

Мета роботи – дослідження фотобіологічної безпечності ламп для соляріїв та визначення групи ризику їх випромінення у відповідності до ДСТУ EN 62471:2017 «Фотобіологічна безпечність ламп і лампових систем».

Для досягнення мети вирішувалися такі завдання:

- дослідити фотобіологічну безпечність ламп;
- визначити УФ-код досліджених ламп;
- встановити критерії оцінювання небезпеки випромінювання;
- визначити групи ризику ультрафіолетових ламп для людини при

УФ-опроміненні.

Об'єкт дослідження - лампи для засмаги типу Bermuda gold extreme power SR 80W та ультрафіолетові лампи типу ЛУФ65/80-2.

Предмет дослідження - фотобіологічна безпечність ламп для засмаги типу Bermuda gold extreme power SR 80W та ультрафіолетових ламп типу ЛУФ65/80-2.

Наукова новизна одержаних результатів:

- встановлена фотобіологічна безпечність ламп SR80W та ламп ЛУФ 65/80-2;
- вперше проведено визначення УФ-коду ламп SR80W та ламп ЛУФ 65/80-2;
- встановлені критерії оцінювання небезпеки УФ-випромінювання для людини;
- визначили групи ризику досліджених ультрафіолетових ламп.

Результати роботи можуть бути використані при дослідженні ультрафіолетових ламп різного спектрального діапазону на фотобіологічну безпечність.

Рекомендації роботи:

- встановити вікове обмеження на користування соляріями для засмаги;
- споживачі послуг в косметичних салонах повинні бути проінформовані про небезпеку УФ-випромінювання.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Вплив УФ-випромінення на людину

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

До недавнього часу вважалось, що УФ-випромінення 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-випромінення утворюється гістамін і подібні йому речовини, які спричиняють судиннорозширюючу дію, підвищується проникність шкірних судин. Дія УФ-випромінення змінює легеневу вентиляцію – частоту та ритм дихання, підвищує газообмін, споживання кисню, активізує діяльність ендокринної системи. Особливо важлива роль УФ-випромінення в утворенні в організмі вітаміну D. Тривала недостатність УФ-випромінення для організму людини може визивати негативні наслідки – «світлове голодування», внаслідок чого порушується мінеральний обмін речовин, знижується імунітет та інш.

УФ-випромінення широко використовується для лікування різних захворювань шкіри та інших хвороб [3, 4]. Але, як показують останні дослідження, крім позитивного впливу УФ-випромінення 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-випромінювання. УФА-випромінювання, яке переважає в більшості соляріїв, глибше проникає в шкіру, ніж УФВ, і спричиняє фотостаріння. Роль УФА 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-випромінювання 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-випромінювання [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.

УФ-випромінення створює цілий ряд негативних ефектів для організму людини, які можуть призводити до серйозних структурних і функціональних ушкоджень шкіри. Ці ушкодження можна розділити на:

- гострі, викликані великою дозою опромінення, отриманої за короткий час. Вони відбуваються переважно за рахунок УФ-В. Такі ушкодження викликані безпосередньо дією УФ-випромінення на хромофори - саме ці молекули вибірково поглинають УФ-промені;

- відстрочені, викликані тривалим опроміненням помірними (суберітемними) дозами (до таких ушкоджень відносять фотостаріння, новоутвори шкіри, деякі фотодерматити). Вони виникають переважно за рахунок УФ-А, які несуть меншу енергію, але здатні глибше проникати в шкіру. Як правило, цей тип ушкоджень – результат впливу продуктів вільно радикальних реакцій (вільні радикали – це високо реактивні молекули, активно взаємодіючі з білками, ліпідами й генетичним матеріалом клітин).

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.

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.

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 світлом через поглинання 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 відчують його впливу.

Слизова оболонка ока – кон'юнктивна – не має захисного рогового шару, вона більше чутлива до УФ-опромінення, ніж шкіра. Біль в очах, почервоніння, 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.

1.2. Вимоги нормативної документації до фотобіологічної безпечності ламп

Вимоги до соляріїв і ламп для засмаги 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-потoku оцінено за функцією вагомості концентрованої небезпечної випромінення

Тип УФ-приладу	Діюча поверхнева густина потоку випромінення, Вт/м ²	
	250 нм < λ < 320 нм	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	≥ 0,15	< 0,15
5	≥ 0,15	20,15

Солярії типів 1, 2, 4, 5 призначаються для професійного використання під наглядом підготовленого персоналу. Для побутового призначення придатні тільки солярії типу 3. З сумарною діючою поверхневою густиною потоку випромінення, що не перевищує 0,15 Вт/м².

Солярії для комерційного використання можуть мати сумарну діючу поверхневу густина потоку випромінення 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.

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 випроміненням, а довготривала – під дією

УФВ. Співвідношення УФВ/УФА показує скільки випромінення області УФВ, оціненого за функцією вагомості канцерогенної небезпеки, припадає на випромінення області УФА. УФВ-випромінення в великих дозах викликає опіки, тому воно має бути обмеженим, але достатнім для утворення довготривалої пігментації. Співвідношення УФВ/УФА у ламп для засмаги знаходиться приблизно в межах значень 1-12. Еритемозважена опроміненість і співвідношення $E_{\text{УФВ}}/E_{\text{УФА}}$, оцінені за функцією вагомості канцерогеннонебезпечності випромінення, 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]. 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 позначення відбивачів:
 - О – для нерефлекторних ламп;
 - В – для ламп з широким кутом відбивання $\alpha > 230^\circ$;
 - N – для ламп з вузьким кутом відбивання $\alpha < 200^\circ$;
 - R – 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 випромінення, в діапазонах $\lambda \leq 320$ нм і $\lambda > 320$ нм.

X надається в мВт/м^2 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 випромінення, 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 $0,3 \text{ Вт/м}^2$, 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:

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

де $E_{y\phi}$ – сумарна ефективна енергетична освітленість, Вт/м²; $E_{\lambda}(\lambda, t)$ – спектральна енергетична освітленість, Вт·м⁻²·нм⁻¹; $S_{y\phi}(\lambda)$ – 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 $S_{y\phi}(\lambda)$ представлено на рис. 1.

Оскільки функції для різних довжин хвиль відрізняються на кілька порядків і надаються в логарифмічному масштабі.

Максимально допустимий час опромінення незахищених очей та шкіри розраховується як:

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



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

Для очей при часі опромінення меншому 1000 с доза опромінення УФА (320-400 нм) має не перевищувати 10000 Дж/м^2 . При опроміненні очей протягом часу більшого ніж 1000 с рівень опроміненості $E_{УФА}$ має не перевищувати 10 Вт/м^2 .

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 розглядались 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 актинічної небезпеки ($E_{УФ}$) протягом 1000 с, ні небезпеки УФА ($E_{УФА}$) протягом 300 с;

Група 2 (ГР2) – середній ризик, не несе фотобіологічної небезпеки актинічного випромінення ($E_{УФ}$) 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.

Таблиця 3.

Граничні значення опроміненостей для різних груп фотобіологічних ризиків

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

І хоч ці данні уже не відповідають останнім концепціям про безпечність УФ-випромінення, цей документ [23] є єдиним, за яким можна оцінити УФ-випромінення ламп.

РОЗДІЛ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкт та методи 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 актинічної 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 спектро радіометр для вимірювання спектральної енергетичної освітленості $E(\lambda)$ в інтервалі довжини хвиль 200-400 нм та програмне забезпечення для розрахунків сумарної актинічної енергетичної освітленості та енергетичної освітленості в окремих діапазонах спектру. Програма дозволяє також розраховувати граничні експозиції та групу ризику до яких належить випробовуване джерело випромінювання.

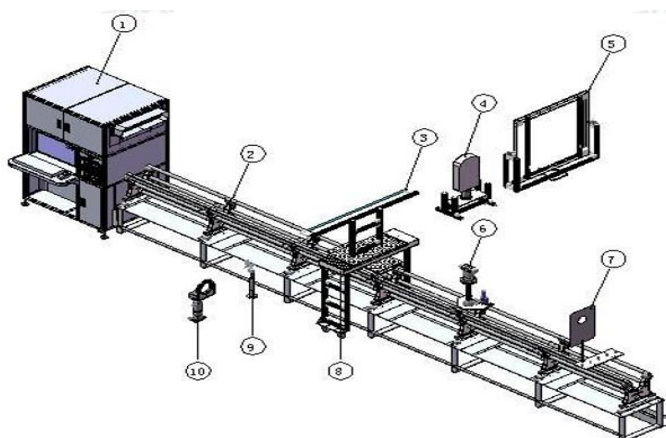


Рис.2. Схема установки OST-300.

На рис. 2: 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.

Результати вимірювання спектральної енергетичної освітленості (в $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{нм}$) ламп для засмаги SR 80W та ЛУФ65/80-2 наведенні на рис.3.

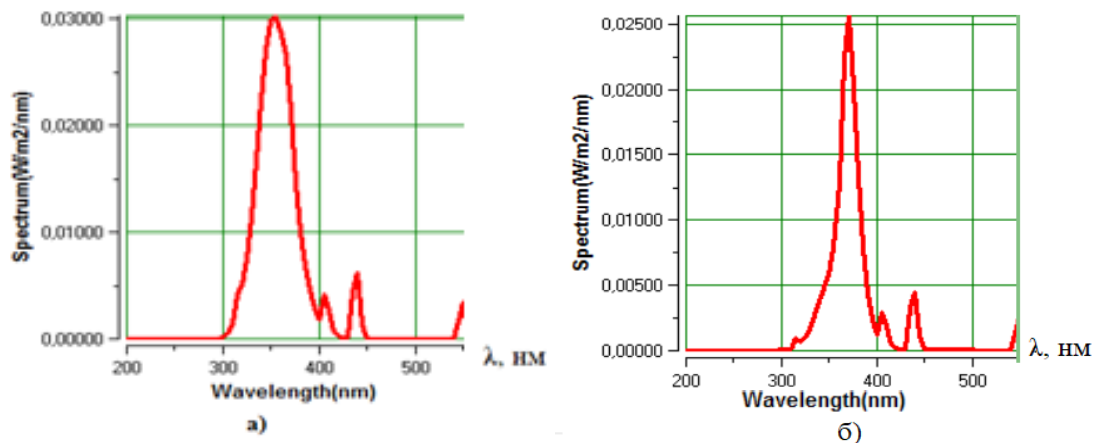


Рис.3 – Спектральна енергетична освітленість лампи типу Bermuda gold extreme power SR 80W (а) та ЛУФ 65/80-2 (б).

2.2. 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 УФ - коду згідно з ДСТУ ІЕС 61228-2009. Для визначення коду необхідно було провести вимірювання та розрахунки наступних показників:

- сумарної еритемної УФ опроміненості ($E_{\text{УФ}}$) в діапазоні спектру 250–400 нм;
- опроміненості, оціненої за функцією вагомості канцерогенного випромінювання в діапазоні УФА ($\lambda > 320$ нм) та УФВ ($\lambda < 320$ нм);

– 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.

УФ-код лампи SR80W: 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 – $E_{УФВ}/E_{УФА}$.

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	$E_{уфв}/E_{уфа}$
SR80W	0,25	38,1	59,8	11	5,4
ЛУФ 65/80-2	0,25	8,0	8,5	2,4	3,5

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

2.3 Дослідження фотобіологічної безпечності ламп

Розраховані на основі вимірювань $E(\lambda)$ значення $E_{y\phi}$, $E_{y\phi A}$ 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 $E_{y\phi}$ на відстані 0,25 м становить 8 мВт/м², а на відстані 1 м – 1,54 мВт/м². Енергетична освітленість $E_{y\phi A}$ на відстані 0,25 м становить 10887 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 $E_{y\phi}$ на відстані 0,25 м та 1 м становить 2,65 мВт/м² та 0,469 мВт/м², відповідно. Енергетична освітленість $E_{y\phi A}$ на відстані 0,25 м та 1 м становить 4912 мВт/м² та 963 мВт/м², відповідно. При цих умовах випромінення ламп відноситься до групи незначного ризику (ГР1).

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

Максимальна доза опромінення $E_{y\phi}$ не повинна перевищувати 30 Дж/м² в межах 8 годинного періоду.

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

Межі максимального опромінення УФА: доза має бути не більше 10⁴ Дж/м² при $t < 1000$ с; при $t > 1000$ с - $E_{UVA} \leq 10$ Вт/м². Максимальний час опромінення УФА

(в секундах) визначається як $t_{\max} \leq \frac{10^4}{E_{UVA}} \left(\frac{\text{Дж} / \text{м}^2}{\text{Вт} / \text{м}^2} \right)$.

Рекомендований час опромінення для першої дії на не засмаглу шкіру не повинен перевищити дозу 100 Дж/м^2 , для другої дії доза не повинна перевищувати 250 Дж/м^2 , а загальна доза курсу засмаги має не перевищувати 3 кДж/м^2 . Максимальна річна доза не повинна перевищувати 15 кДж/м^2 .

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'язання 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. Проведений аналіз літературних джерел щодо фотобіологічної безпечності соляріїв та безпечності ультрафіолетового випромінювання.
2. Зроблено аналіз нормативної документації та встановлені критерії визначення фотобіологічної безпечності ультрафіолетових ламп і груп їх ризику.
3. Встановили, що фотобіологічна безпечність ламп SR80W відноситься до середньої групи ризику ГР2, а лампи ЛУФ 65/80-2 – до групи незначного ризику ГР1.
4. Визначили УФ-код ламп SR80W - 80-R-38/5.4 та ламп ЛУФ 65/80-2 - 65-O-8/3.5, які відповідають рекомендаціям для використання в соляріях.
5. Доцільно продовжити дослідження характеристик ламп для соляріїв і соляріїв, що є на ринку послуг в Україні з метою оцінки їх відповідності вимогам безпеки.
6. При користуванні ультрафіолетовим лампами необхідно вживати заходів безпеки.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lerche, C.M. UVR: sun, lamps, pigmentation and vitamin D / C. M. Lerche, P.A. Philipsen, H.C. Wulf // *Photochemical & Photobiological Sciences*. – 2017. – V.16. – P. 291–301.
2. Гаврилкіна, Г. Н. Вновь о профилактическом УФ облучении с целью ликвидации "солнечного голодания" / Г. Н. Гаврилкіна, Е. И. Ильїна, Г. С. Сарычев // *Светотехніка*. – 2015. – №2. – С. 45–47.
3. Eysteinsdottir, J. H. Psoriasis treatment: faster and long-standing results after bathing in geothermal seawater. A randomized trial of three UVB phototherapy regimens / J. H. Eysteinsdottir, J. H. Olafsson, B. A. Agnarsson, B. R. Luethviksson, B. Sigurgeirsson // *Photodermatol., Photoimmunol. Photomed.* – 2014. – V.30. – P. 25–34.
4. Almutawa, F. Efficacy of localized phototherapy and photodynamic therapy for psoriasis: a systematic review and meta-analysis / F. Almutawa, L. Thalib, D. Hekman, Q. Sun, I. Hamzavi, H. W. Lim // *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*. – 2015. – V.31 (1). – P. 5–14.
5. Ananthaswamy, H. N. Ultraviolet light as a carcinogen // *Chemical Carcinogens and Anticarcinogens*. Oxford. – 1997. – V.12. – P. 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. Higher plants and UV–B radiation: balancing damage? Repair and acclimation / M. A. K. Jansen, V. Gaba, B. M. Greenberg // *Trends Plant. Sci.* – 1998. – V.3. – P.131–135.
8. Семенов, А. О. Аналіз ролі УФ–випромінювання на розвиток і продуктивність різних культур / А. О. Семенов, Г. М. Кожушко, Т. В. Сахно // *Світлотехніка та електроенергетика*. – 2017. – № 2. – С. 3–16.
9. Rochette, P. J. UVA–induced cyclobutane pyrimidine dimers form predominantly at thymine–thymine dipyrimidines and correlate with the mutation

spectrum in rodent cells / P. J. Rochette, J. P. Therrien, R. Drouin, D. Perdiz, N. Bastien, E.A.Drobetsky, E. Sage // *Nucl. Acids Res.* – 2003. – V.31. – P. 2786–2794.

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

11. Boniol, M. Cutaneous melanoma attributable to sunbed use: systematic review and meta–analysis / M. Boniol, P. Autier, P. Boyle, S. Gandini // *British medical journal.* – 2012. – V.345. – P.e4757 (1–12).

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

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

14. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A Review of Human Carcinogens. Volume 100 D. Radiation. Lyon. France. – 2012. – 341 p.

15. Behar–Cohen, F. Ultraviolet damage to the eye revisited: eye–sun protection factor (E–SPF®), a new ultraviolet protection label for eyewear / F. Behar–Cohen, G. Baillet, T. de Ayguavives, P. O. Garcia, J. Krutmann, P. Peña–García, C. Reme, J. S. Wolffsohn // *Clin Ophthalmol.* – 2014. – V.8. – P.87–104.

16. Волков, В. В. О фотохимическом поражении сетчатки излучением ламп для искусственного загара / 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 випромінення 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 (ІЕС 61228:2008, ІДТ) – Київ : Держспоживстандарт України, 2009. – 17 с.

19. Nilsen, L.T.N. UV exposure from indoor tanning devices: a systematic review / L.T.N. Nilsen, M. Hannevik, M. B.Veierød // Br. J. Dermatol. – 2016. – V.174. – P.730–40.

20. Sola, Y. Ultraviolet spectral distribution and erythema-weighted irradiance from indoor tanning devices compared with solar radiation exposures / Y. Sola, D. Baeza, M. Gómez, J. Lorente // J. Photochem. Photobiol. B. – 2016. – V.161. – P.450–450.

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

22. Sunbeds & Solarium Services 2. Joint Market Surveillance Action supported by the Executive Agency for Health and Consumers (ЕАНС) Final Implementation Report Covering the period 1 January 2010 – 31 December 2011 Published February 2011. – 50 p.

23. ДСТУ EN 62471:2017. Фотобіологічна безпечність ламп і лампових систем (ІЕС 62471:2006 (СІЕ S 009: 2002), ІДТ) – Чинний від 01.01.2016. – Київ: Держспоживстандарт України, 2017. – 36 с.