

Анотація В умовах пандемічного розповсюдження вірусу COVID-19 стає надзвичайно важливим забезпечити речі від перенесення зараження в домашніх умовах. Це так само стосується засобів індивідуального захисту для повторного використання. Показано, що застосування ртутно-кварцової лампи ПРК-2 для дезінфекції особистих предметів ужитку від можливого зараження COVID-19 з невисоким вірусним навантаженням є теоретично можливим. За час від 15 хвилин на відстані одного метра досягаються значимі для інактивації вірусу дози UVGI. Так само можна зробити висновок про застосування й інших UV випромінювачів, що мають аналогічну або більшу потужність у діапазоні довжин хвиль близько 265 нм. Визначення більш ефективних доз опромінення, залежність від числа та розташування опромінювача(-ів) потребує додаткового вивчення із застосуванням інструментальних та лабораторних методів.

Можливості побутового застосування ртутно-кварцової лампи ПРК-2 для дезактивації предметів від вірусу COVID-19. Емпіричний досвід

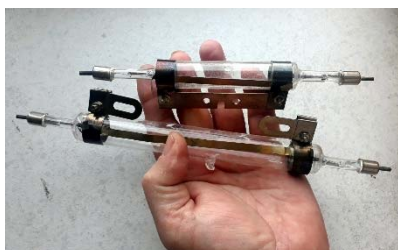
Матюшенко В.М., Харківський благодійний фонд «Діти зі спінальною м'язовою атрофією»

Email: csma.ua@gmail.com

Вступ. В умовах пандемічного розповсюдження вірусу COVID-19 стає надзвичайно важливим забезпечити речі від перенесення зараження в домашніх умовах. Це так само стосується засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) для повторного використання. Аналіз проведено на основі світового досвіду, в широких межах припущень та узагальнень, що пояснюється відсутністю доступу до лабораторних вимірювань. Розрахунки спектральних характеристик ламп та застосування затверджених державних санітарних норм зі знезараження приміщень до уваги не брались, бо такого досвіду на час публікації не існує. Висновок про допустимість застосування ламп засновується на припущенні, що предмети не мали довготривалої експозиції та не мають високого вірусного навантаження. Емпіричний розрахунок дози опромінення має на меті досягти мінімального ефекту – інактивації вірусу.

Мета дослідження показати доступність для використання ртутно-кварцової лампи ПРК-2 для дезінфекції предметів вжитку від можливого зараження COVID-19 з можливим або невисоким вірусним навантаженням.

Обговорення. Ультрафіолетове бактерицидне опромінення (UVGI) – це метод дезінфекції, який використовує короткохвильове ультрафіолетове (УФ-С) світло для знищення або інактивації мікроорганізмів. Довжина хвиль приблизно 200-300 нм сильно поглинається нуклеїновими кислотами, знищуючи їх та руйнуючи їхні ДНК, не дає їм можливості виконувати життєво важливі клітинні функції. UVGI використовують у різних сферах застосування, таких як очищення їжі, повітря та води [4].



Ртутно-кварцові лампи високого тиску типу ПРК є високоякісною стандартною продукцією. Їх виготовляють із кварцового скла та заповнюють дозованою кількістю ртуті та аргону. За потужністю вони поділяються на кілька типів, серед яких ПРК-2 (375 Вт), ПРК-4 (220 Вт). Середній термін служби складає 800 годин. Їх застосовують у джерелах ультрафіолетового випромінювання, що призначені для широкого застосування. Особливо лампи доступні для покупки в роздріб, що дає можливість для простого виготовлення в домашніх умовах бактеріального опромінювача. Схему під'єднання ламп типу ПРК до мережі змінного струму наведено в [5].

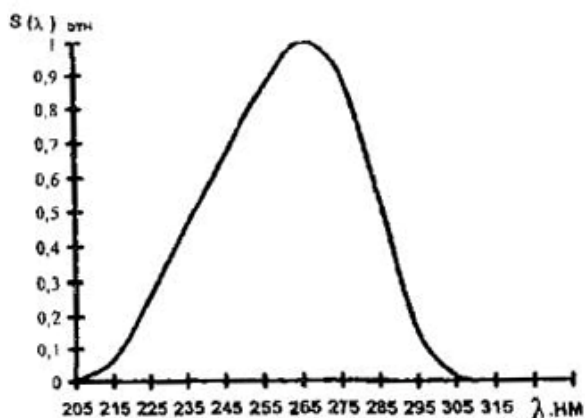
Лампи ПРК випромінюють в ультрафіолетових діапазонах А, В, С і видимій частині спектру. Максимум випромінювання ламп ПРК знаходиться в ультрафіолетових частинах спектра діапазону В (25% всього випромінювання) і С (15% випромінювання).

У таблиці 1 [6] наведені значення потужності однорідного опромінення лампами ПРК в площині, перпендикулярній променям на відстані 1 м від лампи.

λ нм	E_{λ} , мк-вт/см ²		λ нм	E_{λ} , мк-вт/см ²	
	ПРК-2	ПРК-4		ПРК-2	ПРК-4
248	15,4	7,2	303	44,1	22,5
254	37,8	18,0	313	98,1	47,7
265	34,2	11,2	334	9,5	4,6
270	6,0	2,9	365	144	70,2
275	4,9	2,2	405	52,2	25,2
280	15,1	7,1	436	91	43,2
289	7,3	3,5	546	105	49,5
297	20,7	10,0	577	102	49,5

Стабілізація електричних і світлових параметрів лампи настає через 10-15 хвилин після увімкнення. Не будемо розглядати і враховувати старіння лампи, розкид мережевих параметрів, що впливають на спектр і потужність ламп. За кімнатної температури, відносної вологості в межах до 70% і змісту пилу менше 1 мг/м³ факторами зниження ефективності також можна знехтувати.

На Рис.1. представлено криву відносної спектральної бактерицидної ефективності ультрафіолетового випромінювання. Віруси та бактерії є найбільш чутливими до дії опромінення в діапазоні близько 265 нм.



У роботах [1], [2], [3] розглядалась можливість дезактивації та повторного використання особистих фільтруючих респіраторів (FFR) N95. В [2] досліджувався вплив дозування UVGI 1000 мДж/см² приблизно протягом 1 хвилини на вірус грипу. Згідно з отриманими результатами досягалося значне зниження (≥ 3 log) життєздатності вірусу грипу. У свою чергу, в роботі [1] автори досліджували дозування UVGI від 120-950 Дж/см² до 2360 Дж/см², які є неприйнятними в побутових умовах і мали на меті, крім дезактивації, розглянути втрату фільтраційних властивостей і цілісність матеріалу респіратора. Найбільш цікавими є результати роботи [3], з якою й проведено порівняльний аналіз застосування доступних в роздрібному продажі ламп ПРК-2. Як зазначено, UVGI дозування 1000 мДж/см² здатне знезаражувати вірус грипу, а при експозиції на рівні від 2 до 5 мДж/см² UVGI здатне інактивувати коронавіруси на поверхнях. Враховуючи цей діапазон значень, автори [3] підтвердили, що дозування UVGI 60 мДж/см² - 300 мДж/см² зменшує кількість бактерій і вірусних організмів на 6 log. З методикою можна ознайомитись у публікації.

Нас же цікавить, що одониткові РНК-віруси, такі як SARS-CoV-2, як правило, інактивуються ультрафіолетовим впливом дозуванням 2-5 мДж/см², що, за свідченням самих авторів, у кілька разів менше вибраного ними потоку UVGI. Це, звісно, встановлює широкий запас безпеки для поверхонь, що знезаражуються, проте нас цікавлять саме нижні порогові

зв'язку з доступністю комплектуючих деталей. Візьмемо за основу технічні характеристики випромінювачів ClorDiSys UVGI LightSystem[3].

Потужність випромінювача складає $0,200 \text{ мВт/см}^2$ на відстані 3,048 метра (10 футів). Для дозування 300 мДж/см^2 буде розрахунково затрачено 492 с, що вкладається в порядок величини, досягнутої в дослідженні [3] та складає на весь робочий цикл дезінфекції близько 900 с.

З таблиці 1 видно, що потужність лампи ПРК-2 в діапазоні UVGI складає $0,0378 \text{ мВт/см}^2$ на відстані 1 метр. Таким чином, для отримання наближеного еквіваленту з потужності ClorDiSys UVGI LightSystem довелось би теоретично витратити 7936,5 с. Проте без втрати закладеного запасу безпеки, враховуючи нижній поріг ефективності UVGI 2-5 мДж/см², можна встановити бажане дозування у кількості 30 мДж/см². У такому разі розрахунковий час складе для лампи ПРК-2 –793,7 с, що є цілком прийнятним.



Висновок. Застосування ртутно-кварцової лампи ПРК-2 для дезінфекції особистих предметів ужитку від можливого зараження COVID-19 з невисоким вірусним навантаженням є теоретично можливим. Визначення більш ефективних доз опромінення, залежність від кількості та розташування опромінювача(-ів) потребує додаткового вивчення із застосуванням інструментальних та лабораторних методів.

Література.

1. “Effects of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) on N95 Respirator Filtration Performance and Structural integrity”: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25806411>
2. “Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering face piece respirators”: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29678452>
3. N95 Filtering Face piece Respirator Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) Process for Decontamination and Reuse” (Nebraska medicine): <https://www.nebraskamed.com/sites/default/files/documents/covid-19/n-95-decon-process.pdf>
4. Ультрафіолетове бактерицидне опромінення (UVGI) https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_germicidal_irradiation
5. Схема включення ламп типу ПРК <https://chem21.info/info/825692/>
6. Безобразов Ю.Н. Гексахлоран, его свойства, получение и применение <https://www.ngpedia.ru/pg1786199KaEuMRc0015124757/>