



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Eclairage
Internationale Beleuchtungskommission

Становище на международната комисия по осветление (CIE) относно прилагане на ултравиолетово (UV) облъчване за управление на риска от предаване на COVID-19

12 май 2020 г.

Въведение

Пандемията от коронавирусно заболяване (COVID-19) ускори търсенето на решения за контрол, допринасящи за намаляване или дори прекратяване на разпространението на тежкия остър респираторен синдром „Коронавирус 2“ (SARS-CoV-2), отговорен за болестта. SARS-CoV-2 обикновено се предава пряко от човек на човек чрез обемни респираторни капчици (също известни като фомити) или чрез допир до заразени с вируса повърхности и впоследствие докосване до очите, носа или устата. Налице са все повече доказателства за предаване на вируса по въздушно-капков път, като големите респираторни капчици изсъхват и образуват капкови ядра, които могат да останат във въздуха в продължение на няколко часа. В зависимост от естеството на повърхността и факторите на околната среда, фомитите могат да останат заразни в продължение на няколко дни (van Doremalen, 2020).

Използването на бактерицидно UV лъчение (GUV) е важен способ, който може да намали както разпространението посредством контакт, така и предаването във въздуха на носителите на инфекция (като бактерии и вируси). GUV в обхвата на UV-C (200 nm – 280 nm), особено 254 nm, се използва успешно и сигурно вече над 70 години, но то трябва да бъде прилагано внимателно и със знание за коректно дозиране при необходимите мерки за сигурност. Неподходящото приложение на GUV може да бъде опасно за човешкото здраве и безопасност. Некоректното дозиране може да доведе до недостатъчна дезинфекция от преносителите на заразата. Прилагането в домашни условия не е препоръчително и GUV никога не трябва да бъде използвано за дезинфекция на кожата, освен когато е клинично обосновано.

Какво е бактерицидно UV лъчение (GUV)?

Ултравиолетовото лъчение е онази част от спектъра на оптичното излъчване, която има повече енергия (по-къси дължини на вълната), отколкото видимото лъчение, която ние възприемаме като светлина. GUV е ултравиолетово лъчение, което се използва за обеззаразяване.

Основава се на биологичното действие на ултравиолетовото лъчение върху живите организми, като ултравиолетовият спектър се разделя на три части: UV-A се определя от CIE като излъчване в обхвата на дължината на вълната между 315 nm и 400 nm; UV-B е излъчване в обхвата на дължината на вълната между 280 nm и 315 nm; а обхватът на дължината на вълната на UV-C е между 100 nm и 280 nm. UV-C частта от UV спектъра има най-висока енергия. Въпреки че е възможно унищожаването или увреждането на

микроорганизми и вируси посредством целия спектър на UV лъчения, UV-C частта е най-ефективна и най- често използвана като GUV.

Лъчистата експозиция, необходима за деактивиране на носител на заразата на 90 % (във въздух или на повърхност), зависи от условията на околната среда (например относителна влажност) и вида на разпространителя на заразата. Обикновено варира между 20 J/m² и 200 J/m² за живачни лампи HH, предимно излъчващи при 254 nm (CIE, 2003). Преди време GUV от 254 nm е показала ефективност при дезинфекция на повърхности, замърсени с вируса Ебола (Sagripanti and Lytle, 2011; Jinadatha et al., 2015; Tomas et al., 2015). Други изследвания доказват ефективността на GUV по време на грипна епидемия в болницата за ветерани в Ливърмор (Йордания, 1961 г.). Въпреки съществуващите изследвания, понастоящем няма публикувани данни за ефективността на GUV срещу SARS-CoV 2.

Прилагане на GUV за дезинфекция

UV-C се използва успешно за дезинфекция на вода от много години. Освен това, UV-C дезинфекцията рутинно се включва в устройства за обработка на въздух, за да се ограничи натрупването на микроорганизми и дезинфекция на въздуха (CIE, 2003).

До въвеждането на полимерни материали в здравните заведения и наличието на антибиотици и ваксини, UV-C източниците обикновено са използвани в различни държави за стерилизиране на операционни зали и други помещения при отсъствие на персонал (нощно време). Напоследък се възобновява интересът за използване на устройства за UV-C стерилизация на помещения в здравни заведения, предназначени за дезинфекция на въздуха и достъпните повърхности в помещението. Такива устройства могат или да бъдат монтирани стационарно в помещението и да бъдат експлоатирани за определен период от време, или да бъдат роботизирани устройства, които се движат около повърхностите в помещенията, за да сведат до минимум засенчването. За повърхностна дезинфекция, в допълнение на UV-C уредбата за общо облъчване в помещението, е възможно поставянето на допълнителен UV-C източник в близост до повърхността, подлежаща на дезинфекция.

В някои страни е проучено ограниченото използване на UV-C лъчение за дезинфекция на лични предпазни средства по време на пандемии (Jinadatha et al., 2015; Nemeth et al., 2020).

Налице са все повече доказателства, че използването на UV-C като допълнение на стандартното ръчно почистване в болниците може да бъде ефективно на практика, въпреки че трябва да бъдат разработени по-конкретни насоки за приложение, както и стандартни тестови процедури.

Облъчвателите за индиректно UV-C облъчване обикновено се монтират над височината на главата в помещенията и работят непрекъснато за дезинфекция на циркулиращия въздух. Такива източници са успешно използвани за ограничаване на разпространението на туберкулоза (Mphahlele, 2015; Escombe et al., 2009; DHHS, 2009). Въз основа на систематичен литературен преглед, Световната здравна организация (СЗО) препоръчва използването на индиректни GUV за помещения, като средство за превенция и контрол на туберкулозна инфекция (WHO, 2019).

Някои лабораторни изследвания са установили, че ефективността на индиректната UV-C дезинфекция зависи от относителната влажност, температурните условия и циркулацията на въздуха (Ko et al., 2000; Peccia et al., 2001). Escombe et al. (2009)

изследва индиректните GUV в болнично отделение без климатична инсталация в Лима, Перу и установява значително намаляване на риска от разпространяване на туберкулоза във въздуха, въпреки високата относителна влажност от 77 %.

Рискове при използване на UV-C

Обикновено, повечето хора не са изложени на UV-C лъчение: UV-C лъчението от слънцето се филтрира естествено посредством атмосферата, дори на голяма надморска височина (Piazena and Häder, 2009). Човешкото излагане на UV-C лъчение обикновено става посредством изкуствени източници. UV-C лъчение прониква в най-външните слоеве на кожата и едва достига до базалния слой на епидермиса, не прониква по-дълбоко от повърхностния слой на роговицата на окото. Излагането на окото на UV-C лъчение може да доведе до фотокератит, много болезнено състояние, при което чувството наподобява втриване на пясък в окото. Симптомите на фотокератит се развиват до 24 часа след излагането на лъчението и са необходими още 24 часа, за да отшумят.

Когато кожата се изложи на високи нива на UV-C лъчение, може да се развие еритема (зачервяване на кожата, подобно на слънчево изгаряне) (ISO/CIE, 2019). Обикновено еритемата е по-малко болезнена от ефекта на UV-C лъчението върху очите. Въпреки това, UV-C предизвиканата еритема може да бъде погрешно диагностицирана като дерматит, особено когато не е известно, че пациентът е бил подложен на UV-C лъчение наскоро. Съществуват доказателства, че многократното излагане на кожата на UV-C лъчение, което причинява еритема, може да доведе до срив в имунната система на хората (Gläser et al., 2009).

Ултравиолетовото лъчение обикновено се възприема за канцерогенно (ISO/CIE, 2016), но няма доказателства, че то само по себе си причинява рак при хората. Техническият доклад CIE 187: 2010 (CIE, 2010) разглежда въпроса, като заключението което е направено в него е: „Тъй като UV лъчението от живачни UVGI лампи с ниско налягане е идентифицирано като потенциален канцероген, относителният риск от рак на кожата е значително по-малък от риска от други източници (например слънцето), на които човека се излага рутинно. Ултравиолетовото бактерицидно облъчване (GUV) може да се използва безопасно и ефективно за индиректна дезинфекция без значителен риск от увреждания, проявяващи се постфактум (след определен период от време), като рак на кожата“.

Международната комисия за защита от нейонизиращи лъчения (ICNIRP, 2004 г.) дава насоки за излагане на ултравиолетово лъчение, включително UV-C лъчение (ICNIRP, 2004 г.): излагане на UV лъчиста експозиция на незащитени очи/кожа не трябва да превишава 30 J/m^2 за лъчение от 270 nm дължина на вълната, при която опасността от увреждане на кожата и очите е най-голяма. Тъй като опасността от UV лъчение зависи от дължината на вълната, максималната граница на излагане на лъчение с дължина на вълната 254 nm е 60 J/m^2 . За излъчване от 222 nm границата на максимална експозиция е по-висока, около 240 J/m^2 . Тези дължини на вълната са били изучени за бактерицидни цели в (Buonanno et al., 2017; Welch et al., 2018; Narita et al., 2018; Taylor et al., 2020; Yamano et al., 2020). Препоръчителните (дневни) дози на излагане на UV са дадени в стандарта IEC/CIE за фотобиологичната безопасност от различни източници (IEC/CIE, 2006).

Типичните източници на UV-C лъчение често имат излъчване включващо различни дължини на вълните освен UV-C. Някои UV-C източници могат допълнително да

излъчват UV-B или UV-A лъчения, а други източници на UV, използвани за дезинфекция, декларирани от производителите като UV-C източници, дори могат да не излъчват лъчение в спектралния диапазон UV-C. Тъй като експозицията на лъчение от такива източници може да увеличи риска от рак на кожата, е необходимо да се предприемат предпазни мерки, с цел минимизиране на този риск. При нормална употреба UV източниците, монтирани във въздуховоди или използвани за стерилизация на вода, не би следвало да представляват риск за хората. При работа в зона, подложена на ултравиолетово (UV) лъчение, работниците трябва да носят лични предпазни средства, като индустриални облекло и индустриални маски/шлемове (ICNIRP, 2010). Респиратори за цяло лице (CIE, 2006) и защитни ръкавици (CIE, 2007) също могат да предпазят от UV лъчение.

Измерване на UV-C лъчение

Най-често UV-C лъчението се измерва посредством ръчни UV-C радиометри. В идеалния случай, всеки радиометър трябва да бъде калибриран от лаборатория, която е акредитирана по ISO/IEC 17025 (ISO/IEC, 2015), така че калибрирането да може да бъде проследено в Международната система SI (BIPM, 2019a; BIPM, 2019b). Освен това е важно да се прави проверка на свидетелството за калибриране и да се приложат всички корекционни коефициенти, които са дадени при използване на уреда. Свидетелството за калибриране обикновено е валидно само за източника на UV-C лъчение, използван при калибрирането; могат да възникнат значителни грешки при измерване на други видове източници с уреда. Най-често калибрирането на тези уреди става с помощта на емисионната линия 254 nm от живачна лампа с ниско налягане. Ако калибрираният уред се използва за измерване на UV източник с дължина на вълната или спектър на излъчване, значително различаващ се от 254 nm, това може да доведе до грешки от спектрално несъответствие по-големи от 10 %. Някои UV-C радиометри могат да бъдат калибрирани, така че да отчитат и други дължини на вълната, различни от 254 nm, например за използване на UV LED източници или ексимерни лампи.

Когато се калибрира UV радиометър, най-добре е лабораторията за калибриране да попита потребителя какъв тип източник ще бъде оценяван с помощта на инструмента, така че той да бъде калибриран, като се използва източник със сходен спектрален състав на източниците, които ще бъдат измервани. Целта е да се намалят грешките от спектрално несъответствие. CIE 220:2016 дава насоки за характеризиране и калибриране на UV радиометри. Допълнителна информация за измерването и оценката на риска от оптични лъчения е предоставена в (ICNIRP/CIE, 1998). В момента CIE и ICNIRP организират онлайн обучения за измерване на оптични лъчения и тяхното влияние върху фотобиологичните системи (CIE/ICNIRP, 2020).

Потребителски продукти

Във връзка с настоящото разпространение на пандемията COVID-19, на пазара се предлагат UV-C продукти за ефективна дезинфекция на повърхности и въздух. Специфичните насоки, относно безопасността на тези продукти, са отговорност на международни организации, като Международната електротехническа комисия (IEC) и не се предоставят от CIE. Настоящият документ изразява позицията на Международната комисия по осветление (CIE) само по актуалния за момента проблем за безопасно използване на UV лъченията за бактерицидна дезинфекция. Продуктите, достъпни за потребителите, обикновено се предлагат на пазара като преносими устройства. CIE проявява загриженост, че потребителите на такива устройства могат да

бъдат изложени на вредни количества от UV-C лъчение. Освен това, потребителите могат да използват UV продуктите по неподходящ начин (и следователно да не постигнат ефективна дезинфекция) или могат да купуват продукти, които в действителност не излъчват UV-C лъчение.

Обобщени препоръки

Продуктите, които излъчват UV-C лъчение, са изключително полезни при дезинфекция на въздух и повърхности или стерилизация на вода. CIE и Световната здравна организация (СЗО) препоръчват да не се използват UV лампи за дезинфекция на ръцете или друга части на кожата (WHO, 2020), освен ако няма клинична обосновка за това. UV-C лъчението може да бъде много опасно за хората и животните, поради което трябва да бъде използвано само в правилно конструирани продукти, които отговарят на изискванията за безопасност, или при строго контролирани обстоятелства, при които безопасността е първи приоритет, т.е. гарантира се, че границите на експозиция съответстват и не надвишават посочените в ICNIRP (2004) и IEC/CIE (2006) норми. За правилната оценка на UV лъчението и управлението на риска е изключително важно коректното му измерване.

Литература

BIPM (2019a) *The International System of Units (SI), 9th Edition*.

Downloadable at <https://www.bipm.org/utis/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9-EN.pdf>

BIPM (2019b) *The International System of Units (SI), 9th Edition – Appendix 3: Units for photochemical and photobiological quantities*.

Downloadable at <https://www.bipm.org/utis/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9-App3-EN.pdf>, accessed 2020-04-24.

Buonanno, M., Ponnaiya, B., Welch, D., Stanislauskas, M., Randers-Pehrson, G., Smilenov, L., Lowy, F.D., Owens, D.M. and Brenner, D.J. (2017) Germicidal Efficacy and Mammalian Skin Safety of 222-nm UV Light. *Radiat Res* 187(4): 483-491. DOI:10.1667/RR0010CC.1

CIE (2003) CIE 155:2003 *Ultraviolet Air Disinfection*.

Freely available at <http://cie.co.at/news/cie-releases-two-key-publications-uv-disinfection> (Limited free access until 2020-06-25)

CIE (2006) CIE 172:2006 *UV protection and clothing*.

CIE (2007) CIE 181:2007 *Hand protection by disposable gloves against occupational UV exposure*.

CIE (2010) CIE 187:2010 *UV-C photocarcinogenesis risks from germicidal lamps*.

Freely available at <http://cie.co.at/news/cie-releases-two-key-publications-uv-disinfection> (Limited free access until 2020-06-25)

CIE (2016) CIE 220:2016 *Characterization and Calibration Methods of UV Radiometers*.

CIE/ICNIRP (2020) CIE/ICNIRP *Online Tutorial on the Measurement of Optical Radiation and its Effects on Photobiological Systems, August 25, 2020 to August 27, 2020*.

<http://cie.co.at/news/cieicnirp-online-tutorial-measurement-optical-radiation-and-its-effects-photobiological-systems>, accessed 2020-04-24.

DHHS (2009) *Environmental Control for Tuberculosis: Basic Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation Guidelines for Healthcare Settings*, DHHS (NIOSH) Publication Number 2009-105, <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-105/default.html>, accessed 2020-04-25.

Escombe, A.R., Moore, D.A., Gilman, R.H., Navincopa, M., Ticona, E., Mitchell, B., Noakes, C., Martínez, C., Sheen, P., Ramirez, R., Quino, W., Gonzalez, A., Friedland, J.S., Evans, C.A. (2009) *Upper-room ultraviolet light and negative air ionization to prevent tuberculosis transmission. PLoS Med.* 6(3):e43. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000043.

Gläser, R., Navid, F., Schuller, W., Jantschitsch, C., Harder, J., Schröder, J.M., Schwarz, A., Schwarz, T. (2009) UV-B radiation induces the expression of antimicrobial peptides in human keratinocytes in vitro and in vivo. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 123(5): 1117-1123. DOI: 10.1016/j.jaci.2009.01.043

ICNIRP (2004) ICNIRP Guidelines – On limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation), *Health Physics* 87(2):171-186; 2004.

Available at <http://www.icnirp.org>

ICNIRP (2010) ICNIRP Statement – Protection of workers against ultraviolet radiation, *Health Physics* 99(1):66-87; DOI: 10.1097/HP.0b013e3181d85908

Available at <http://www.icnirp.org>

ICNIRP/CIE (1998) ICNIRP 6/98 / CIE x016-1998. *Measurement of Optical Radiation Hazards*.

IEC/CIE (2006) IEC 62471:2006/CIE S 009:2002 *Photobiological safety of lamps and lamp systems / Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes*. (bilingual edition)

ISO/IEC (2015) ISO/IEC 17025:2015 *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.

ISO/CIE (2016) ISO/CIE 28077:2016(E) *Photocarcinogenesis action spectrum (non-melanoma skin cancers)*.

ISO/CIE (2019) ISO/CIE 17166:2019(E) *Erythema reference action spectrum and standard erythema dose*.

Jinadatha, C., Simmons, S., Dale, C., Ganachari-Mallappa, N., Villamaria, F.C., Goulding, N., Tanner, B., Stachowiak, J., Stibich, M. (2015) Disinfecting personal protective equipment with pulsed xenon ultraviolet as a risk mitigation strategy for health care workers. *Am J Infect Control* 43(4): 412-414. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.01.013

Jordan, W.S. (1961) The Mechanism of Spread of Asian Influenza, *Am Rev Resp Dis*. Volume 83, Issue 2P2, Pages 29-40. DOI: 10.1164/arrd.1961.83.2P2.29

Ko, G., First, M.W., Burge, H.A. (2000) Influence of relative humidity on particle size and UV sensitivity of *Serratia marcescens* and *Mycobacterium bovis* BCG aerosols. *Tubercle and Lung Disease*. Volume 80, Issues 4–5, Pages 217-228. DOI: 10.1054/tuld.2000.0249

Mphahlele, M. (2015) Institutional Tuberculosis Transmission. Controlled Trial of Upper Room Ultraviolet Air Disinfection: A Basis for New Dosing Guidelines. *Am J Respir Crit Care Med*. 192(4):477-84. DOI: 10.1164/rccm.201501-0060OC

- Narita, K., Asano, K., Morimoto, Y., Igarashi, T., Hamblin, M.R., Dai, T. and Nakane, A. (2018) Disinfection and healing effects of 222-nm UVC light on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in mouse wounds. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 178: 10-18. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2017.10.030
- Nemeth, C., D. Laufersweiler, E. Polander, C. Orvis, D. Harnish, S. E. Morgan, M. O'Connor, S. Hymes, S. Nachman and B. Heimbuch (2020). "Preparing for an Influenza Pandemic: Hospital Acceptance Study of Filtering Facepiece Respirator Decontamination Using Ultraviolet Germicidal Irradiation." *J Patient Saf.* DOI 10.1097/PTS.0000000000000600.
- Peccia, J., Werth, H.M., Miller, S., Hernandez, M. (2001) Effects of Relative Humidity on the Ultraviolet Induced Inactivation of Airborne Bacteria, *Aerosol Science and Technology*, Volume 35, Issue 3, DOI: 10.1080/02786820152546770
- Piazena, H. and Häder, D.-P. (2009) Solar UV-B and UV-A irradiance in arid high-mountain regions: Measurements on the island of Tenerife as compared to previous tropical Andes data. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 114(G4). DOI: 10.1029/2008JG000820
- Sagripani, J.-L. and Lytle, C.D. (2011) Sensitivity to ultraviolet radiation of Lassa, vaccinia, and Ebola viruses dried on surfaces. *Archives of Virology* 156(3): 489-494. DOI: 10.1007/s00705-010-0847-1
- Taylor, W., Camilleri, E., Craft, D.L., Korza, G., Granados, M.R., Peterson, J., Szczpaniak, R., Weller, S.K., Moeller, R., Douki, T., Mok, W.W.K. and Setlow, P. (2020) DNA Damage Kills Bacterial Spores and Cells Exposed to 222-Nanometer UV Radiation. *Applied and Environmental Microbiology* 86(8): e03039-03019. DOI:10.1128/aem.03039-19
- Tomas, M.E., Cadnum, J.L., Jencson, A., Donskey, C.J. (2015) The Ebola disinfection booth: evaluation of an enclosed ultraviolet light booth for disinfection of contaminated personal protective equipment prior to removal. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 36(10): 1226-1228. DOI: 10.1017/ice.2015.166
- van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D.H., Holbrook, M.G., Gamble, A., Williamson, B.N., Tamin, A., Harcourt, J.L., Thornburg, N.J., Gerber, S.I., Lloyd-Smith, J.O., de Wit, E., Munster, V.J. (2020) Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med.* 382: 1564-1567. DOI: 10.1056/NEJMc2004973
- Welch, D., Buonanno, M., Grilj, V., Shuryak, I., Crickmore, C., Bigelow, A.W., Randers-Pehrson, G., Johnson, G.W. and Brenner, D.J. (2018) Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. *Scientific Reports* 8(1): 2752. DOI: 10.1038/s41598-018-21058-w
- WHO (2019) *WHO guidelines on tuberculosis infection prevention and control*. 2019 update. Geneva: World Health Organization.
- WHO (2020) <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/myth-busters>, accessed 2020-04-22.
- Yamano, N., Kunisada, M., Kaidzu, S., Sugihara, K., Nishiaki-Sawada, A., Ohashi, H., Yoshioka, A., Igarashi, T., Ohira, A., Tanito, M. and Nishigori, C. (2020) Long-term effects of 222 nm ultraviolet radiation C sterilizing lamps on mice susceptible to ultraviolet radiation. *Photochemistry and Photobiology*. DOI: 10.1111/php.13269

За CIE и публикуваното становище

Международната комисия по осветление – известна още като CIE от френски език, International Internationale de l'Éclairage – е посветена на световното сътрудничество и обмена на информация по всички въпроси, свързани с науката и изкуството на светлината и осветлението, цветовете и визия, фотобиология и технология на изображението.

Със силни технически, научни и културни основи, CIE е независима организация с нестопанска цел, която обслужва на доброволен принцип страните членки. От създаването си през 1913 г., CIE се възприема като представител на най-добрия орган по въпросите на светлината и като такъв е призната от ISO като международен орган по стандартизация, публикуващ глобални стандарти за основите на светлината и осветлението.

Публикуваните от CIE становища се одобряват от Управителния съвет на CIE, който включва директорите на всички подразделения на CIE (органите, които извършват научната работа на CIE), след съгласуване със съответните технически комитети на CIE.

За допълнителна информация, моля да се свържете с:

CIE Central Bureau
Kathryn Nield, General Secretary
Babenbergerstraße 9/9A, A-1010 Vienna, Austria
Phone: +43 1 714 31 87
Email: kathryn.nield@cie.co.at
Website: <http://www.cie.co.at>

Този превод е подготвен от Българския национален комитет.

National Committee for Lighting in Bulgaria
c/o Assoc. Prof. Kiril Marinov Kasev
Technical University of Sofia,
Faculty of Electrical Engineering, office 12325
8 Kliment Ohridski Blvd., Sofia 1797, Bulgaria
fax: +359 2 868-6719
tel: +359 2 965 2167, GSM: +359895590424
e-mail 1: nko@tu-sofia.bg
e-mail 2: kmk@tu-sofia.bg
URL: <http://nko.tu-sofia.bg>