

APPLICATION OF UV RADIATORS FOR DISINFECTION OF AIR AND SURFACES IN PREMISES

Chernysh O.O., Surmasheva O.V., Molchanets O.V.

ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИХ ОПРОМІНЮВАЧІВ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТА ПОВЕРХОНЬ ПРИМІЩЕНЬ



**ЧЕРНИШ О.О.,
СУРМАШЕВА О.В.,
МОЛЧАНЕЦЬ О.В.**

ДУ «Інститут громадського
здоров'я ім. О.М. Марзєєва
НАМН України»,
Київ, Україна

Під час пандемії COVID-19 ВООЗ рекомендує запобігати поширенню інфекції шляхом регулярного миття рук, носіння захисних масок, застосування дезінфекційних заходів для перешкоджання передачі інфекції у громадських місцях з різними рівнями забруднення повітря та поверхонь від лікарень та медичних установ до ресторанів та кафетеріїв [1].

Ризик поширення вірусної інфекції можна знизити перериванням механізму передачі збудників різноманітними методами дезінфекції: фізичними, хімічними, біологічними, комбінованими. Одним з фізичних методів є

ультрафіолетове (УФ) опромінення. Застосування джерел ультрафіолетового опромінення для дезінфекції довело свою ефективність у багатьох сферах діяльності. Спектр УФ-опромінення 200-280 нм використовується як бактерицидний діапазон. Останнім часом широкого використання набули різні джерела УФ-випромінювання, такі як ртутні ультрафіолетові лампи низького та середнього тиску, УФ-світлодіоди, ексімерні випромінювачі та мікроплазменні лампи [2-4].

Оскільки УФ-дезінфекція – це процес, заснований на енергії, де ступінь інактивації

**ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИХ
ОПРОМІНЮВАЧІВ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ
ПОВІТРЯ ТА ПОВЕРХОНЬ ПРИМІЩЕНЬ**
**Черниш О.О., Сурмашева О.В.,
Молчанець О.В.**

*ДУ «Інститут громадського здоров'я
ім. О.М. Марзєєва НАМН України»,
Київ, Україна*

Мета: порівняти антимікробну ефективність ультрафіолетових опромінювачів різних типів.

Матеріали та методи. У роботі використовували ультрафіолетові опромінювачі різних типів та різних виробників, рекомендовані для знезараження повітря та поверхонь приміщень. Ефективність знезараження поверхонь від тест-мікроорганізмів *Staphylococcus aureus* та *Pseudomonas aeruginosa* проводили згідно з МУ «Методы испытаний дезинфекционных средств для оценки их безопасности и эффективности». Виявляли загальну кількість аеробних мікроорганізмів та плісневих грибів відповідно до Державної Фармакопеї України 2.0, п. 2.6.12.

Результати досліджень. Було встановлено ефективність застосування ультрафіолетового опромінення для знезараження поверхонь найбільш стійкими представни-

ками грамнегативних та грампозитивних мікроорганізмів з використанням портативного «Індивідуального ультрафіолетового опромінювача ALED UVC-1W» протягом 1 хв. Ефект знезараження становив 4,02 lg для *S. aureus* та 4,08 lg *P. aeruginosa*.

Показано ефективну дію бактерицидного ультрафіолетового опромінення опромінювачів відкритого типу (з жалюзі) «UV-BLAZE». Відзначено зменшення загальної кількості мікроорганізмів, у тому числі плісневих грибів у повітрі у 36 разів (приміщення № 1) та у 136 разів (приміщення № 2). Знезараження поверхонь приміщень щодо аналогічних показників становило 98,6% та 99,5% відповідно. Відзначено зниження рівня мікробіологічного забруднення повітря приміщень після застосування світлодіодного опромінювання світильниками «ALED T5NXXX UVC-5W-01» відкритого типу протягом тривалого часу (8 годин). Ефективність знезараження була на рівні 77% для бактерій та 83,3% для грибів.

Ключові слова: ультрафіолетове опромінення, антимікробна дія, знезараження, загальна кількість мікроорганізмів, плісневі гриби, поверхні, повітря.

визначається дозою УФ-випромінювання, що подається через дезінфекційний пристрій, то для досягнення ефективної інактивації повітря або поверхонь задіяно декілька факторів, які можна згрупувати: внутрішні мікробні характеристики та характеристики середовища [5].

Вирішальне значення для визначення бактерицидної здатності системи ультрафіолетової дезінфекції має фактична чутливість бактерій *Escherichia coli* та вірусу MS2 до ультрафіолетового випромінювання, яке призводить до пошкодження генома, а це у свою чергу пригнічує реплікацію та виживання збудників. Як повідомляють V. Martiño [6] та N. Hull [7], бактерицидна дія УФ-світлодіодів з максимальною довжиною хвилі 265 нм для інактивації вірусу MS2 приблизно в 1,15 рази вища, ніж у звичайної ртутної УФ-лампи з довжиною хвилі 254 нм.

Швидкість інактивації мікроорганізмів залежить також від матеріалу та структури поверхні, умов навколишнього середовища (відносної вологості та температури) [8]. Крім того, матеріали розрізняються за спорідненістю прикріплення бактерій до поверхні, наприклад поверхні з органічними фарбами можуть стимулювати обсіменіння поверхні та агрегацію мікроорганізмів [9], що змінює необхідну дозу УФ-випромінювання для певного коефіцієнта інактивації.

Світлодіодне ультрафіолетове світло є потужним та недорогим підходом до профілактики поширення аерозольних інфекцій без шкоди для здоров'я людини. Технологія безперервного світлодіодного ультрафіолетового бактерицидного знезараження підвищує безпеку населення за рахунок зниження ризику контакту з бактеріями, грибами, вірусами та іншими шкідливими мікроорганізмами. Безперечні переваги діапазону УФ-С

світлодіодної технології дозволяють переглянути методологію боротьби з патогенами та перейти до постійного знезараження об'єктів випромінювачами зниженої потужності, які забезпечують необхідну для дезінфекції дозу опромінення протягом тривалого періоду.

В Україні через пандемію COVID-19 з метою удосконалення профілактичних заходів з протидії поширенню інфекційних хвороб МОЗ України 06.05.2021 р. прийнято наказ «Про затвердження санітарно-протиепідемічних правил і норм використання ультрафіолетового бактерицидного випромінювання для знезараження повітря та дезінфекції поверхонь у приміщеннях закладів охорони здоров'я та установ/закладів надання соціальних послуг/соціального захисту населення», який набув чинності 10 серпня 2021 року [10].

Мета дослідження – порівняти антимікробну ефективність ультрафіолетових опромінювачів різних типів.

Матеріали та методи. У роботі використовували ультрафіолетові опромінювачі різних типів та різних виробників, які рекомендують застосовувати для знезараження повітря та поверхонь приміщень в умовах пандемії.

1. Індивідуальний ультрафіолетовий опромінювач ALED UVC-1W відкритого типу, портативний (три LED кристали), режим роботи переривчастий циклами по 1 хв. Потужність 0,7 W, $\lambda_1=280$ нм, $\lambda_2=365$ нм.

2. Ультрафіолетовий бактерицидний опромінювач екранований (з жалюзі) «UV-BLAZE» 30W PREMIUM.

Потужність 30 W, $\lambda = 200-280$ нм.

3. Ультрафіолетовий бактерицидний опромінювач екранований (з жалюзі) «UV-BLAZE» 15W STANDARD.

Потужність 15 W, $\lambda = 200-280$ нм.

4. Ультрафіолетовий світлодіодний світильник ALED T5NXXX UVC-5W-01 відкритого типу, лінійний. Потужність 5 W, $\lambda_1=278,6$ нм, $\lambda_2=365$ нм.

Тест культури. Використовували тест-мікроорганізми *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (*S. aureus*), *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 (*P. aeruginosa*) як найбільш стійкі представники грамнегативних та грампозитивних бактерій для експериментальної контамінації поверхонь. Вказані мікроорганізми застосовували у кінцевій кількості 10^7 колонієутворювальних одиниць в 1 мл (КУО/мл).

Поживні середовища. Щільні поживні середовища: поживний агар (ПА) виробництва «Himedia» (Індія); агар Сабуру з глюкозою і хлорамфеніколом (Саб) виробництва «Himedia» (Індія); триптон-соєвий агар (ТСА) виробництва «Biolife» (Італія). Ростові властивості та стерильність середовищ було перевірено перед початком досліджень.

Фосфатний буфер (ФБ) виробництва ТОВ «Фармактив» (Україна), нетоксичність та стерильність якого було перевірено перед початком досліджень.



ГІГІЄНА ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Визначення впливу ультрафіолетових опромінювачів різних типів на знезараження повітря та поверхонь приміщень. Ефективність знезаражувальної дії «Індивідуального ультрафіолетового опромінювача ALEDUVC-1W» проводили відповідно до вимог МУ «Методы испытаний дезинфекционных средств для оценки их безопасности и эффективности» [11].

Як тест-поверхні в експерименті використовували штучно контаміновану кахельну плитку. Суспензію культур мікроорганізмів об'ємом 1,0 мл кількістю 10^7 КУО/мл наносили на поверхню розміром 10×10 см² та рівномірно розподіляли стерильним шпателем. Висушували та опромінювали світильником

на відстані 0,2 м. Тривалість експозиції становила 1 хв. Контролем слугували поверхні заражених керамічних плиток, які не опромінювали. Також для вивчення ефекту знезараження використовували поверхні приміщень з природним мікробним забрудненням.

Для виявлення мікроорганізмів на поверхнях до та після УФ-опромінення використовували стерильні ватні тампони, зволожені стерильним ФБ в об'ємі 5 см³. Змивну рідину засівали у чашки Петрі з ПА.

Виявлення загальної кількості аеробних мікроорганізмів та плісневих грибів у повітрі проводили в офісних приміщеннях загальною площею 16 м². Випробування проводили відповідно до вимог ДФУ 2.0, п. 2.6.12. Проби повітря відбирали аспіраційним методом в об'ємі 100 дм³ у трьох повторностях на чашки Петрі за допомогою мікробіологічного пробовідбірника повітря Saml'air Lite (Франція).

Для визначення загальної кількості аеробних мікроорганізмів використовували середовище ПА. Чашки Петрі інкубували протягом доби

за температури $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$, а для визначення кількості мікроскопічних грибів використовували середовище Саб протягом 5-7 діб за температури $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$. Після закінчення інкубації підраховували кількість колоній.

Відбір проб повітря та змивів з поверхонь приміщень здійснювали за температури $20-22^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря 35-55%.

Отриману середньоарифметичну кількість колоній у кожному приміщенні перераховували на вміст в 1 м³ повітря [12].

Результати дослідження. В Україні через пандемію COVID-19 з метою удосконалення профілактичних заходів для протидії поширенню інфекційних хвороб затверджено санітарно-протиепідемічні правила і норми використання ультрафіолетового бактерицидного випромінювання для знезараження повітря та дезінфекції поверхонь у приміщеннях. Оскільки ультрафіолетова дезінфекція є перевіреною технологією знезараження поверхонь та повітря, то останнім часом у медичних та громадських закладах, у побуті використовують широкий асортимент

Таблиця 1

Вплив ультрафіолетового опромінення на кількість бактерій на поверхні штучно зараженої керамічної плитки

Тест-мікроорганізм	Кількість мікроорганізмів, КУО/змив.		Ефект знезараження, lg R
	до опромінення	УФ-опромінення протягом 1 хв.	
<i>S. aureus</i>	$3,4 \times 10^6$ (lg 6,53)	$3,3 \times 10^2$ (lg 2,51)	4,02
<i>P. aeruginosa</i>	$1,9 \times 10^5$ (lg 5,28)	$1,5 \times 10^1$ (lg 1,2)	4,08

Таблиця 2

Бактерицидна дія ультрафіолетових ртутних опромінювачів

Показники	Повітря, КУО/м ³			Поверхні, КУО/100см ²		
	Контроль	2 год.	20 год.	Контроль	2 год.	20 год.
«UV-BLAZE» 15 W PREMIUM						
Загальна кількість бактерій	1000 ± 32	475 ± 13	30 ± 3	2510 ± 25	375 ± 14	32 ± 3
Кількість мікроскопічних грибів	460 ± 12	140 ± 8	10 ± 2	95 ± 9	32 ± 4	5 ± 1
«UV-BLAZE» 30 W STANDARD						
Загальна кількість бактерій	12730 ± 85	173 ± 12	33 ± 4	122340 ± 180	11447 ± 95	17 ± 3
Кількість мікроскопічних грибів	3027 ± 28	160 ± 11	83 ± 8	11820 ± 80	1187 ± 24	50 ± 6

APPLICATION OF UV RADIATORS
FOR DISINFECTION OF AIR
AND SURFACES IN PREMISES
**Chernysh O.O., Surmasheva O.V.,
Molchanets O.V.**

*State Institution «O.M. Marzieiev Institute
for Public Health, National Academy
of Medical Science of Ukraine», Kyiv, Ukraine*

Objective: We compared the antimicrobial efficacy of different types of UV radiators.

Materials and methods: In the work we used the ultraviolet radiators of various types and manufacturers recommended for disinfection of air and surfaces of the premises. The effectiveness of surface disinfection from the test microorganisms *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* was established by the Regulations «Methods for testing disinfectants to assess their safety and effectiveness». We determined a total number of aerobic microorganisms and molds according to the State Pharmacopoeia of Ukraine 2.0, p. 2.6.12.

Results: The efficacy of the use of ultraviolet radiation for disinfection of the surfaces with the most resistant representatives of

gram-negative and gram-positive microorganisms using a portable «Individual ultraviolet irradiator ALED UVC-1W» for 1 min. was established. The disinfection effect was 4.02 lg for *S. aureus* and 4.08 lg for *P. aeruginosa*.

The effective action of the bactericidal ultraviolet radiation with the use of open-type radiators (with louvers) «UV-BLAZE» was demonstrated. A decrease of the total number of microorganisms, including molds in the air, by a factor of 36 (room № 1) and 136 (room № 2) was noted. Disinfection of the surfaces in the premises for the similar indicators was 98.6% and 99.5%, respectively.

A decrease in the level of microbiological air pollution in the premises, when using LED radiation with the open-type ALED T5NXXX UVC-5W-01 luminaires for a long period of time (8 hours), was noted. The disinfection efficacy was 77% for bacteria and 83.3% for fungi.

Keywords: ultraviolet radiation, antimicrobial effect, disinfection, total number of microorganisms, molds, surfaces, air.

ультрафіолетових опромінювачів. Нами було проведено дослідження визначення та порівняння ефективності бактерицидної дії УФ-опромінювачів різних типів для знезараження повітря та поверхонь у приміщеннях.

На першому етапі досліджували портативний «Індивідуальний ультрафіолетовий опромінювач ALED UVC-1W» відкритого типу для знезараження поверхонь. На керамічну плитку наносили суспензію бактерій *S. Aureus* та *P. aeruginosa* кількістю 10^7 КУО/мл.

Кількість мікроорганізмів визначали методом змивів до та після опромінення приладом. Після інкубації проводили аналіз ефективності знезаражувальної дії УФ-опромінювача та розраховували логарифм редукції (lgR) – різницю логарифмів кількості мікроорганізмів на поверхні до та після опромінення. Знезаражувальна дія вважається ефективною, якщо забезпечується загибель 99,99% мікроорганізмів, $\lg R$ становить ≥ 4 [12]. У результаті проведених дослід-

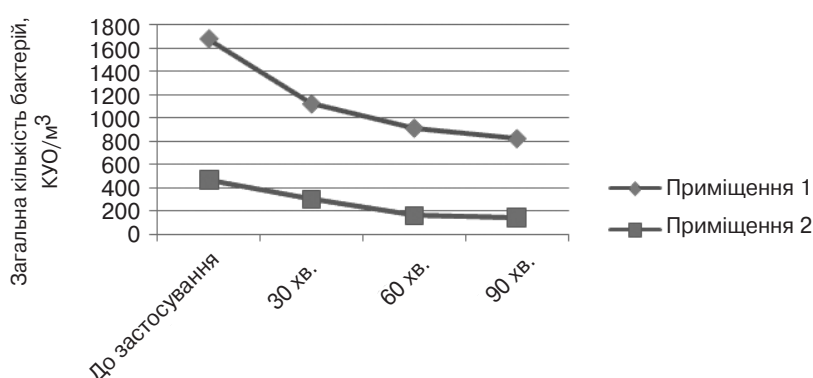
жень (табл. 1) було зафіксовано зменшення кількості мікроорганізмів від $3,4 \times 10^6$ КУО/змив. до $3,3 \times 10^2$ КУО/змив. (для *S. aureus*), від $1,9 \times 10^5$ КУО/змив. до $1,5 \times 10^1$ КУО/змив. (для *P. aeruginosa*).

Отримані результати свідчать про ефективність знезараження штучно забруднених тест-мікроорганізмами поверхонь керамічної плитки застосуванням «Індивідуального ультрафіолетового опромінювача ALEDUVC-1W» протягом 1 хвилини.

Ефективність знезараження поверхонь підтверджено для найбільш стійких представників грамнегативних та грампозитивних мікроорганізмів (*S. aureus*, *P. aeruginosa*), логарифм редукції становив 4,02 та 4,08 відповідно.

Подальший аналіз впливу опромінення на біологічні об'єкти проводили за допомогою ультрафіолетових ртутних опромінювачів «UV-BLAZE» потужністю 15 W та 30 W. Визначали мікробіологічне обсіменіння поверхонь та повітря у приміщен-

Рисунок 1
Визначення загальної кількості бактерій у повітрі офісних приміщень



нях різного рівня біологічного забруднення у діапазоні роботи приладів протягом 2-х та 20-ти годин дії. Усереднені результати представлено у таблиці 2.

Як видно з таблиці 2, дія опромінювачів протягом 20 годин була більш ефективною та призводила до високого рівня знезараження повітря та поверхонь приміщень. Відзначено зменшення загальної кількості мікроорганізмів, у тому числі плісневих грибів у повітрі у 36 та 136 разів. Чим більшим є забруднення повітря приміщення мікроорганізмами, тим вищий ефект знезараження. За результатами дослідження змивів з поверхонь спостерігалася така сама залежність

ефекту знезараження (зниження у 70 разів та у 2000 разів).

На сучасному етапі міжнародним договором, направленим на захист здоров'я людей та навколишнього середовища, поставлені вимоги поетапної зупинки виробничих процесів, в яких використовують ртуть, та заміни їх безртутними аналогами. Тому останнім часом як джерела випромінювання використовуються новітні ультрафіолетові світлодіоди діапазону УФ-С ($\lambda = 100-280$ нм) і УФ-А ($\lambda = 315-400$ нм) з довжиною хвилі випромінювання, що відповідає оптимальним значенням біологічної та бактерицидної ефективності. Монохроматичне

світлодіодне випромінювання дозволяє застосовувати світильники у громадських місцях і приміщеннях незалежно від наявності відвідувачів, пацієнтів, персоналу тощо безперервно протягом усього робочого дня.

У нашій роботі ми використовували «Ультрафіолетові світлодіодні світильники ALED T5NXXX UVC-5W-01» ($\lambda_1=278,6$ нм, $\lambda_2=365$ нм) відкритого типу, призначені для ультрафіолетового опромінення повітря та поверхонь приміщення. Дослідження повітря офісних приміщень площею 16 м² проводили у трьох повторях у різні дні за відсутності людей (для забезпечення достовірності експерименту). Лампи (2 шт.) розміщували на висоті 2,0 м від підлоги. Розміщення точок відбору повітря було на відстані 1,0 м від лампи. Бактерицидну активність визначали у ході роботи світильників у приміщеннях протягом 30 хв., 60 хв., 90 хв. та 2 год., 4 год., 6 год., 8 год. Визначали загальну кількість бактерій та мікроскопічних грибів у повітрі приміщень (рис. 1-2).

Як видно з рисунка 1, застосування світильників протягом 60 хв. зменшувало загальну кількість бактерій у повітрі офісних приміщень на 45,8-66,0%, з подовженням часу опромінення до 90 хв. ефективність дії становила 51,2-70,2%.

Результати досліджень продемонстрували (рис. 2), що світлодіодне випромінювання суттєво не впливало на знезараження повітря офісних приміщень щодо мікроскопічних грибів, ефективність становила лише 18,6-28,5%.

Оскільки знезараження повітря протягом 30 хв., 60 хв. та 90 хв. було малоефективним щодо мікроскопічних грибів, нами було прийнято рішення подовжити час експозиції до 2-8 годин (рис. 3-4).

Як видно з рисунка 3, застосування світильників протягом 2 год., 4 год., 6 год. та 8 год. зменшувало загальну кількість

Рисунок 2

Визначення кількості мікроскопічних грибів у повітрі офісних приміщень

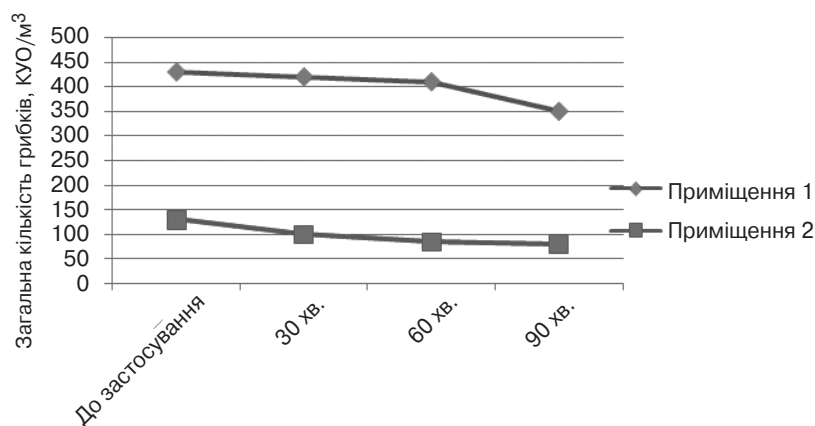
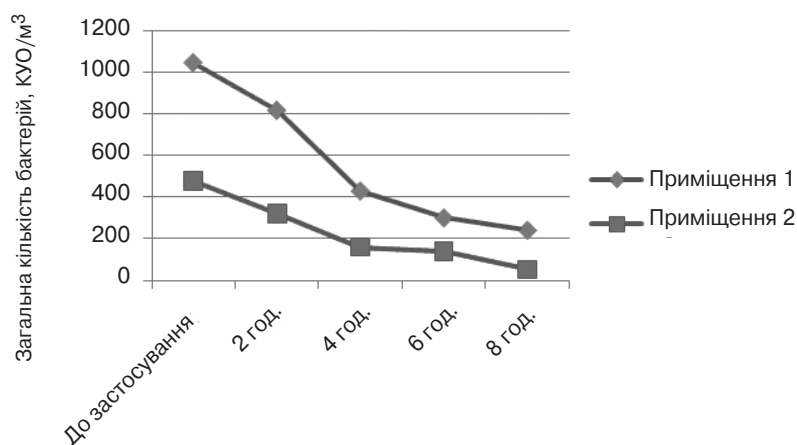


Рисунок 3

Визначення загальної кількості бактерій у повітрі офісних приміщень



ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА И ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОМЕЩЕНИЙ

Черныш Е.О., Сурмашева Е.В., Молчанец О.В.

ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины», Киев, Украина

Цель: сравнить антимикробную эффективность ультрафиолетовых облучателей различных типов.

Материалы и методы. В работе использовали ультрафиолетовые облучатели разных типов и разных производителей, которые рекомендуют применять для обеззараживания воздуха и поверхностей помещений. Эффективность обеззараживания поверхностей от тест-микроорганизмов *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa* проводили согласно МУ «Методы испытаний дезинфекционных средств для оценки их безопасности и эффективности». Выявление общего количества аэробных микроорганизмов и плесневых грибов проводили согласно Главной Фармакопее Украины 2.0, п. 2.6.12.

Результаты исследований. Была установлена эффективность применения ультрафиолетового облучения для обеззараживания поверхностей от наиболее устойчивых

представителей грамотрицательных и грамположительных микроорганизмов при использовании портативного «Индивидуального ультрафиолетового облучателя ALED UVC-1W» в течение 1 мин. Эффект обеззараживания составлял 4,02 lg для *S. aureus* и 4,08 lg для *P. aeruginosa*. Показано эффективное влияние бактерицидного ультрафиолетового облучения при применении облучателей открытого типа (с жалюзи) «UV-BLAZE». Отмечено уменьшение общего количества микроорганизмов, в том числе плесневых грибов, в воздухе в 36 раз (помещение № 1) и 136 раз (помещение № 2). Обеззараживание поверхностей в помещениях относительно аналогичных показателей составляло 98,6% и 99,5% соответственно.

Отмечено снижение уровня микробиологического загрязнения воздуха в помещениях при применении светодиодного облучения светильниками «ALED T5NXXX UVC-5W-01» открытого типа в течение длительного времени (8 часов). Эффективность обеззараживания была на уровне 77% для бактерий и 83,3% для грибов.

Ключевые слова: ультрафиолетовое облучение, антимикробное действие, обеззараживание, общее количество микроорганизмов, плесневые грибы, поверхности, воздух.

бактерий у повітрі офісних приміщень на 21,9-33,3%; 59,0-76,7%; 70,8-71,4% та 77,0-89,2% відповідно.

Як видно з рисунка 4, застосування світильників протягом 2 год., 4 год., 6 год. та 8 год. зменшувало кількість мікроскопічних грибів у повітрі офісних приміщень на 9,3-34,8%; 39,0-50,0%; 47,8-72,2% та 80,4-83,3% відповідно.

Отже, найвищий ефект знезараження повітря закритих приміщень щодо бактерій та мікроскопічних грибів спостерігався з експозицією опромінення протягом 6-8 годин (табл. 3).

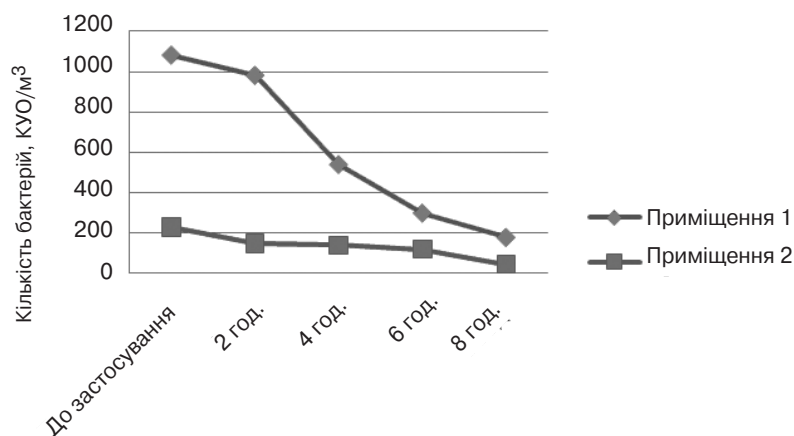
Як видно з результатів, представлених у таблиці 3, світлодіодне випромінювання світильниками відкритого типу призводило до зменшення загальної кількості бактерій та мікроскопічних грибів у повітрі офісних приміщень. Можна відзначити, що зі збільшенням часу експозиції спостерігалось різке знижен-

ня обсіменіння повітря мікроорганізмами. Так, якщо до опромінення приладами загальна кількість бактерій та мікроскопічних грибів становила (1050 ± 55) – (1680 ± 80) КУО/м³ та (430 ± 10) – (1080 ± 60) КУО/м³ відповідно, то після тривалого часу роботи ультрафіолетових світлодіодних світильників (8 год.)

рівень мікробіологічного забруднення становив (240 ± 12) КУО/м³ для бактерій та (180 ± 10) КУО/м³ для грибів. Ефективність знезараження була на рівні 77% для бактерій та 83,3% для грибів.

Таким чином, проведений аналіз впливу УФ-опромінювачів різного типу підтвердив їхню високу антимікробну

Рисунок 4
Визначення кількості мікроскопічних грибів у повітрі офісних приміщень



дію за тривалого використання. Однак враховуючи, що Україна планує приєднатися до Мінаматської конвенції, яка спрямована на захист здоров'я людини та довкілля від антропогенних викидів ртуті та її сполук, доцільно поступово відмовлятися від використання ртутних опромінювачів та переходити до постійного знезараження об'єктів світлодіодними випромінювачами зниженої потужності, які забезпечують необхідну для дезінфекції дозу опромінення протягом тривалого періоду.

Висновки

1. Підтверджено ефективність застосування ультрафіолетового опромінення для знезараження штучно забруднених поверхонь найбільш стійкими представниками грамнегативних та грампозитивних мікроорганізмів з використанням портативного «Індивідуального ультрафіолетового опромінювача ALED UVC-1W» протягом 1 хвилини. Ефект знезараження становив для *S. Aureus* Ig R = 4,02 та для *P. Aeruginosa* Ig R = 4,08.

2. Показано ефективну дію бактерицидного ультрафіолетового опромінення ($\lambda = 200-280$ нм) опромінювачами відкритого типу (з жалюзі) «UV-BLAZE». Відзначено зменшення загальної кількості мікроорганізмів, у тому числі плісневих грибів, у повітрі у 36 і 136 разів. Зне-

зараження поверхонь приміщень становило 98,6-99,5%.

3. Відзначено зниження рівня мікробіологічного забруднення повітря приміщень після застосування світлодіодного УФ-опромінювання світильниками «ALED T5NXXX UVC-5W-01» відкритого типу протягом тривалого часу (8 годин). Ефективність знезараження була на рівні 77% для бактерій та 83,3% для грибів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shining a Light on COVID-19. *Nature Photonics*. 2020. Vol. 14, Issue 6. P. 337. DOI: 10.1038/s41566-020-0650-9.
2. Buonanno M., Welch D., Shuryak I., Brenner D.J. Far-UVC Light (222 Nm) Efficiently and Safely Inactivates Airborne Human Coronaviruses. *Sci. Rep.* 2020. Vol. 10 (1). 10285. DOI: 10.1038/s41598-020-67211-2
3. Hiroki Kitagawa, Toshihito Nomura, Tanuza Nazmul, Norifumi Shigemoto, Takemasa Sakaguchi, Hiroki Ohge. Effectiveness of 222-nm Ultraviolet Light on Disinfecting SARS-CoV-2 Surface contamination. *AJIC*. 2021. Vol. 49 (3). P. 299-301. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.08.022>
4. Raeiszade M., Adeli B. A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. *ACS*

Photonics. 2020. Vol. 7 (11). P. 2941-2951. DOI: 10.1021/acsp Photonics.0c01245.

5. Adeli B. Not If, But When: UV LED Beverage Disinfection. *IUVA News*. 2020. 10-11. URL: <https://uvsolutionsmag.com/articles/2020/not-if-but-when-uv-led-beverage-disinfection/>

6. Martino V., Ochsner K., Peters P., Zitomer D.H., Mayer B.K. Virus and Bacteria Inactivation Using Ultraviolet Light-Emitting Diodes. *Environmental Engineering Science*. 2021. Vol. 38 (6). DOI: 10.1089/ees.2020.0092.

7. Hull N.M., Linden K.G. Synergy of MS2 Disinfection by Sequential Exposure to Tailored UV Wavelengths. *Water Res.* 2018. Vol. 143. P. 292-300. DOI: 10.1016/j.watres.2018.06.017.

8. Thurman R.B., Gerba C.P., Bitton G. The Molecular Mechanisms of Copper and Silver Ion Disinfection of Bacteria and Viruses. *Crit. Rev. Environ. Control*. 1989. Vol. 18. P. 295-315. DOI: 10.1080/10643388909388351.

9. Ahearn D.G., Simmons R.B., Switzer K.F., Ajello L., Pierson D.L. Colonization by *Cladosporium* Spp. of Painted Metal Surfaces Associated with Heating and Air Conditioning Systems. *J. Ind. Microbiol.* 1991. Vol. 8. P. 277. DOI: 10.1007/BF01576067.

10. Про затвердження санітарно-протиепідемічних пра-

Таблиця 3

Ефективність знезараження повітря офісних приміщень ультрафіолетовими світлодіодними світильниками ALED T5NXXX UVC-5W-01, приміщення № 1

Час експозиції	Кількість бактерій		Кількість мікроскопічних грибів		Кількість мікроорганізмів до опромінення, КУО/м ³	
	КУО/м ³	Ефективність, %	КУО/м ³	Ефективність, %	Бактерій	Мікроскопічних грибів
30 хв.	1120 ± 60	33,3	420 ± 6	2,3	1680 ± 80	430 ± 10
60 хв.	910 ± 20	45,8	410 ± 5	4,7		
90 хв.	820 ± 16	51,2	350 ± 6	18,6		
2 год.	820 ± 20	21,9	980 ± 20	9,3	1050 ± 55	1080 ± 60
4 год.	430 ± 15	59,0	540 ± 15	50,0		
6 год.	300 ± 13	71,4	300 ± 11	72,2		
8 год.	240 ± 12	77,1	180 ± 10	83,3		

вил і норм використання ультрафіолетового бактерицидного випромінювання для знезараження повітря та дезінфекції поверхонь у приміщеннях закладів охорони здоров'я та установ/закладів надання соціальних послуг/соціального захисту населення : Наказ МОЗ України від 06.05.2021 № 882. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0978-21#Text>.

11. Методы испытаний дезинфекционных средств для оценки их безопасности и эффективности : метод. указания. Москва : МЗ РФ, 1998.

12. Методичні рекомендації щодо класифікації виробничих приміщень нестерильних лікарських засобів за допустимим вмістом мікроорганізмів та часток у повітрі. *Про затвердження методичних рекомендацій щодо виконання санітарно-гігієнічних вимог та проведення мікробіологічного контролю у виробництві нестерильних лікарських засобів* : Наказ МОЗ України № 502 від 14.12.2001. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0502282-01#Text>.

REFERENCES

1. Shining a Light on COVID-19. *Nature Photonics*. 2020 ; 14 (6) : 337. DOI: 10.1038/s41566-020-0650-9.
2. Buonanno M., Welch D., Shuryak I. and Brenner D.J. Far-UVC Light (222 Nm) Efficiently and Safely Inactivates Airborne Human Coronaviruses. *Sci. Rep.* 2020 ; 10 (1) : 10285. DOI: 10.1038/s41598-020-67211-2
3. Hiroki Kitagawa, Toshihito Nomura, Tanuza Nazmul, Norifumi Shigemoto, Takemasa Sakaguchi and Hiroki Ohge. Effectiveness of 222-nm Ultraviolet Light on Disinfecting SARS-CoV-2 Surface Contamination. *AJIC*. 2021 ; 49 (3) : 299-301. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.08.022>
4. Raeiszade M. and Adeli B. A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against

COVID19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. *ACS Photonics*. 2020 ; 7 (11) : 2941-2951. DOI: 10.1021/acsp Photonics.0c01245.

5. Adeli B. Not If, But When: UV LED Beverage Disinfection. *IUVA News*. 2020 ; 10-11. URL : <https://uvsolutionsmag.com/articles/2020/not-if-but-when-uv-led-beverage-disinfection/>

6. Martino V., Ochsner K., Peters P., Zitomer D.H. and Mayer B.K. Virus and Bacteria Inactivation Using Ultraviolet Light-Emitting Diodes. *Environmental Engineering Science*. 2021 ; 38 (6). DOI: 10.1089/ees.2020.0092.

7. Hull N.M. and Linden K.G. Synergy of MS2 Disinfection by Sequential Exposure to Tailored UV Wavelengths. *Water Res.* 2018 ; 143 : 292-300. DOI: 10.1016/j.watres.2018.06.017.

8. Thurman R.B., Gerba C.P. and Bitton G. The Molecular Mechanisms of Copper and Silver Ion Disinfection of Bacteria and Viruses. *Crit. Rev. Environ. Control*. 1989 ; 18 : 295-315. DOI: 10.1080/10643388909388351.

9. Ahearn D.G., Simmons R.B., Switzer K.F., Ajello L. and Pierson D.L. Colonization by *Cladosporium* Spp. of Painted Metal Surfaces Associated with Heating and Air Conditioning Systems. *J. Ind. Microbiol.* 1991 ; 8 : 277. DOI: 10.1007/BF01576067.

10. Про затвердження санітарно-протyepidемічних правил і норм використання ультрафіолетового бактерисидного випромінювання для знезараження повітря та дезінфекції поверхонь в приміщеннях закладів охорони здоров'я та установ/закладів надання соціальних послуг/соціального захисту населення : Наказ МОЗ України від 06.05.2021 № 882 [On the Approval of Sanitary and Anti-Epidemic Rules and Norms for the Use of Ultraviolet Bactericidal Radiation for Air and Surface Disinfection in the Health Care Premises and Institutions /

Institutions of Social Services/Social Protection of the Population: Order of the Ministry of Health of Ukraine, 06.05.2021, № 882]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0978-21#Text> (in Ukrainian).

11. Metody ispytaniy dezinfektsionnykh sredstv dlya otsenki ikh bezopasnosti i effektivnosti : metodicheskie ukazaniya [Testing Methods for Disinfectants to Assess their Safety and Effectiveness: Guidelines]. Moscow : Ministry of Health of RF, 1998 (in Russian).

12. Metodichni rekomendatsii shchodo klasyfikatsii vyrobnychkh prymishchen nesterylnykh likarskykh zasobiv za dopustymym vmistom mikroorganizmiv ta chastok u povitri [Guidelines on Classification of Production Premises of Non-Sterile Medicines According to the Permissible Content of Microorganisms and Particles in the Air]. In: *Pro zatverdzhennia metodichnykh rekomendatsii shchodo vykonannia sanitarно-higienichnykh vymoh ta provedennia mikrobiologichnoho kontroliu u vyrobnytstvi nesterylnykh likarskykh zasobiv* : nakaz MOZ Ukrainy № 502 vid 14.12.2001 [About Statement of Guidelines on the Implementation of Sanitary-and-Hygienic Requirements and Microbiological Control in Production of Non-Sterile Medicines: Order of the Ministry of Health of Ukraine № 502, 14.12.2001]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0502282-01#Text> (in Ukrainian).

Надійшло до редакції 14.07.2021