

TO THE ISSUE ON BACTERICIDAL ACTION OF ULTRAVIOLET RADIATION AS A COMPONENT OF PREMISE INSOLATION

Akimenko V.Ya., Steblii N.N.

ДО ПИТАННЯ ПРО БАКТЕРИЦИДНІСТЬ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЯК СКЛАДОВОЇ ІНСОЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕННЯ

Б

**АКИМЕНКО В.Я.,
СТЕБЛІЙ Н.М.**
ДУ "Інститут
громадського
здоров'я
ім. О.М. Марзєєва
НАМН України"

Ключові слова:
інсоляція,
ультрафіолетове
випромінювання,
бактерицидна дія,
ефективна бакте-
рицидна поверх-
нева і об'ємна
доза, гігієнічна
регламентація.

Більшість гігієністів бактерицидність сонячного випромінювання, що проникає у приміщення через вікна, визнає одним з основних гігієнічних критеріїв регламентації інсоляції [1]. Проте з часу введення на території колишнього СРСР нормативних вимог до тривалості інсоляції з'явилася нова інформація щодо особливостей біологічної дії ультрафіолетового випромінювання (УФВ) залежно від його спектра [2], встановлено ефективні дозові залежності бактерицидної дії цього фактора [3], запроваджено методи дезінфекції УФВ повітря і поверхонь у лікувально-профілактичних закладах [4], змінилися вимоги до оптичних характеристик світлопрозорих конструкцій будинків (ДСТУ Б В.2.6-23:2009).

Зараз УФВ сонця розглядається не лише як фактор позитивної дії на умови проживання людини, але й з позицій ризику для її здоров'я [5].

Аналіз наукової інформації зі значущості сонячного світла у поширенні внутрішньолікарняних інфек-

цій [6] не дав однозначної відповіді на це питання.

Мета роботи. Враховуючи сказане, ми поставили собі мету: встановити ефективні дози УФВ сонця як складової інсоляції приміщень і дати їм гігієнічну оцінку з позицій бактерицидної ефективності.

Для досягнення зазначеної вище мети ми вважали за необхідне вирішення таких завдань:

□ вивчення умов формування експозиції мікроорганізмів УФВ сонця у приміщенні;

□ визначення ефективних доз УФВ сонця, що проникає у приміщення через силікатне віконне скло протягом мінімально необхідної тривалості інсоляції;

□ гігієнічна оцінка ефективних доз УФВ, що формуються у приміщенні протягом світлового дня.

Матеріали та методи досліджень. У нашому дослідженні стосовно спектральної інтенсивності УФВ сонця на рівні землі ми орієнтувалися на референтні спектри, які рекомендовані Американською асоціаці-

**К ВОПРОСУ О БАКТЕРИЦИДНОСТИ
УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КАК
СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНСОЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЯ**
Акименко В.Я., Стеблій Н.Н.

ГУ "Институт общественного здоровья
им. А.Н. Марзеева НАМН Украины", г. Киев

Цель работы – установить эффективные дозы УФВ солнца как составляющей инсоляции помещений и дать им гигиеническую оценку с позиций бактерицидной эффективности.

Материалы и методы. На основании мониторинговых спутниковых данных об интенсивности УФВ рассчитаны интенсивности УФВ (280-315 нм), которое проникает в модельное помещение жилища через однокамерный стеклопакет из 4 мм силикатного стекла (коэффициент прозрачности стекла 0,52) для двухчасовых интервалов инсоляции первой половины светового дня.

Результаты исследований. На основании анализа информационного, в том числе и нормативно-технических источников, обоснован спектральный состав УФВ, которое может проникать в жилище через остекление из силикатного стекла. Рассчитаны эффективные дозы данного фактора для двухчасовых интервалов инсоляции на 22 марта для г. Киева (50°27' с.ш.). Эффективные уровни УФВ, прошедшего через остекление

окна, могут сформировать за двухчасовые интервалы инсоляции первой половины светового дня на ограждающих поверхностях помещения эффективные дозы от 1,04 Дж/м² (7-9 часов) до 2,81 Дж/м³ (11-13 часов), а в объеме помещения – от 1,94 Дж/м³ (7-9 часов) до 5,26 Дж/м³ (11-13 часов). Предложены ориентировочные величины эффективных поверхностных и объемных доз УФВ соответственно: 49 Дж/м² и 130 Дж/м³ для достижения 90% бактерицидной эффективности по *St. aureus* в жилище.

Выводы. Ультрафиолетовая составляющая солнечного излучения, проходящего через двойное силикатное стекло окна в помещение, ориентированное на юго-восток, при минимально необходимой нормативной двухчасовой продолжительности инсоляции 22 марта, согласно СН № 2605-82, ни по спектральным, ни по энергетическим характеристикам на всем протяжении светового дня не может обеспечить 90% эффективность бактерицидного действия (*St. aureus*) на микрофлору в воздухе жилого помещения и на внутренних его поверхностях.

Ключевые слова: инсоляция, ультрафиолетовое излучение, бактерицидное действие, эффективная бактерицидная поверхностная и объемная дозы, гигиеническая регламентация.

єю з випробування і матеріалів (American Society for Testing and Materials (ASTM). Спектр УФВ сонця на рівні моря починається з 300 нм [7], тобто при проходженні УФВ сонця через скло вікна у приміщенні не може бути випромінювання з довжиною хвилі коротше 300 нм.

Для розрахунку ефективних поверхневих і об'ємних доз УФВ сонця усередині приміщення ми використовували методику [8] у дещо модифікованому нами варіанті. За величини інтенсивності УФВ сонця у діапазоні В на поверхні вікна ми використали супутникові моніторингові дані [9] за 22 березня 2018 р. для м. Києва (50° 27' пн. ш.) з 7 години до 13 години світлового дня місцевого часу. Оскільки інтенсивність УФВ на промені сонця вища за інтенсивність розсіяного УФВ від небосхилу, остання не підпадає під визначення інсоляції. Ми відмовилися використовувати цей показник у наших розрахунках. Тривалість інсоляції приміщення ми порівняли до мінімально необхідної – 2 години [10]. Враховуючи безмежну кількість варіантів інсоляції приміщень житлових будинків, ми змоделювали ситуацію, коли нормальне вікно кімнати орієнтована на південний схід, однокамерний склопакет вікна складається з двох 4 мм силікатних стекол (площа вікна 2,2 м²), а умовна кімната має площу огорожувальних поверхонь 70 м² і об'єм 37,5 м³ з геометричними розмірами кімнати (висота – 2,5 м, ширина – 3 м, довжина – 5 м), що не суперечить вимогам ДБН В.2.2-15-2005. Проте ми запропонували використовувати у розрахунках за методикою [8] лише 50% об'єму і площі огорожувальних конструкцій даної умовної кімнати, тобто відповідно 35 м² і 18,75 м³, оскільки ці показники в умовах реальної інсоляції змінюються від 0 до 0 через максимум, який навіть за найбільш ідеальних умов інсоляції завжди набагато менший за об'єм і площу огорожувальних повер-



ГІГІЄНА ЖИТЛА

хонь. Наш підхід підтверджений розрахунками та прикладами інсоляції приміщень, наведеними у методичних розробках фірми Pilkington (North America) [11].

Не зважаючи на “позасмуговий сигнал”, характерний практично для усіх широкосмугових ультрафіолетових радіометрів, для вимірювання інтенсивності УФВ усередині приміщення і у певному фіксованому його місці ми використали прилад УФР-21 [12].

У зв'язку з необхідністю підвищення енергоефективності віконних конструкцій нині розроблено і використовується у будівництві велика кількість видів скла і різних світлопрозорих конструкцій (ДСТУ-Н Б В.2.6-83:2009), але зазвичай у житловому будівництві використовується звичайне силікатне скло. На ньому ми і зупинимось у пошуку відповіді на питання: яке УФВ сонця проникає у приміщення? У ДСТУ Б В.2.7-122:2009 наводиться дуже багато важливих для будівництва характеристик листового скла, але питання проникнення через скло УФВ сонця не піднімається.

Якщо орієнтуватись на інформацію з ГОСТ Р 54164-2010 (ІСО 9050:2003), то біологічну дію ультрафіолетової складової сонця на поверхні землі варто розглядати навіть не з 290 нм [5], а з 305 нм.

Майоров В.А. [17], виконавши аналіз і обговорення результатів досліджень з удосконалення оптичних властивостей і механізмів взаємодії

існуючих і перспективних віконних стекол, показав, що звичайне віконне скло не пропускає УФВ сонця коротше за 300 нм. У роботі [13] показано, що крива спектра сонячного випромінювання на землі починається у межах 300 нм.

Результати спектрофотометричних досліджень УФВ сонця на рівні моря свідчать, що до землі доходить лише ультрафіолет з довжиною хвилі понад 290 нм [5]. Водночас фахівці, які обґрунтували використання штучних джерел УФВ для обеззаражування повітря і поверхонь, наводять криву відносної бактерицидної активності даного випромінювання в інтервалі 205-315 нм, при цьому “пік” цієї біоефективності припадає на 265 нм [3]. Як бачимо, з усього бактерицидного спектра УФВ на природне сонячне випромінювання на рівні землі залишається лише інтервал довжин хвиль від 290 нм до 315 нм. Тобто вертикальна поверхня стін будинку, а значить і поверхня прозорої частини вікна буде опромінюватися УФВ сонця у цьому діапазоні частот.

Щоб зорієнтуватись, як УФВ, яке проходить через вікно, розподіляється у приміщенні, ми провели у м. Києві дослідження за допомогою приладу УФР-21. Датчик приладу розміщували в умовному геометричному центрі кімнати на висоті 1 м від підлоги і направляли у бік певної поверхні (табл. 1).

З таблиці 1 видно, що інтенсивність УФВ А в умовному геометричному центрі реально

Таблиця 1

Інтенсивність УФВ від різних поверхонь приміщення

Діапазон УФВ	Інтенсивність УФВ, мВт/м ² (М ± м), від поверхонь кімнати					
	вікна	лівої стіни	правої стіни	стіни проти вікна	стелі	підлоги
A	168,0 ± 0,71	184,8 ± 0,37	24,4 ± 0,93	20,2 ± 0,86	106,6 ± 1,78	19,2 ± 0,37
B	3,72 ± 0,17	6,72 ± 0,14	5,20 ± 0,05	4,82 ± 0,19	5,80 ± 0,05	5,10 ± 0,06

експлуатованої кімнати з різних напрямків суттєво відрізняється. Найбільші рівні реєструються від стіни, на яку у процесі інсоляції падають прямі сонячні промені, рівні від вікна і стелі дещо менші, а від інших поверхонь приблизно однакові, але набагато менші, ніж заявлено вище. Якщо ж подивитися на величини інтенсивності УФВ В з тих саме напрямків, то вони практично не відрізняються. Це свідчить про те, що енергія УФВ у діапазоні В (тих частот випромінювання, які проникають через скло вікна) розподіляється у просторі приміщення практично рівномірно.

Фотофіксація руху сонячної плями у кімнаті протягом усієї тривалості інсоляції показує, що опромінювана прямими сонячними променями площа огорожувальних поверхонь кімнати змінюється від 0 до 0, проходячи через певний максимум. За допомогою приладу УФР-21 ми провели спостере-

ження у м. Києві (50° 27' пн.ш.) 5 квітня 2016 року з 9 год. 10 хв. Небо безхмарне. Склопакет однокамерний зі звичайним силікатним склом. Орієнтація вікна приміщення – південний схід (рис.).

Як бачимо з рисунка, інтенсивність УФВ у нерухомій точці спостереження на поверхні у приміщенні за досить короткий проміжок часу (менше 3 хвилин) зменшується майже у 13 разів. Це пов'язане з тим, що у результаті руху Землі навколо своєї осі з постійною швидкістю (залежить від географічної широти) точка спостереження (у нашому дослідженні – датчик приладу УФР-21, діапазон А) із освітленої прямими сонячними променями зони виходить до тіні. У результаті проведених спостережень можна стверджувати, що у приміщенні фактична доза опромінення конкретного мікроорганізму ніколи не буде формуватися за реальну трива-

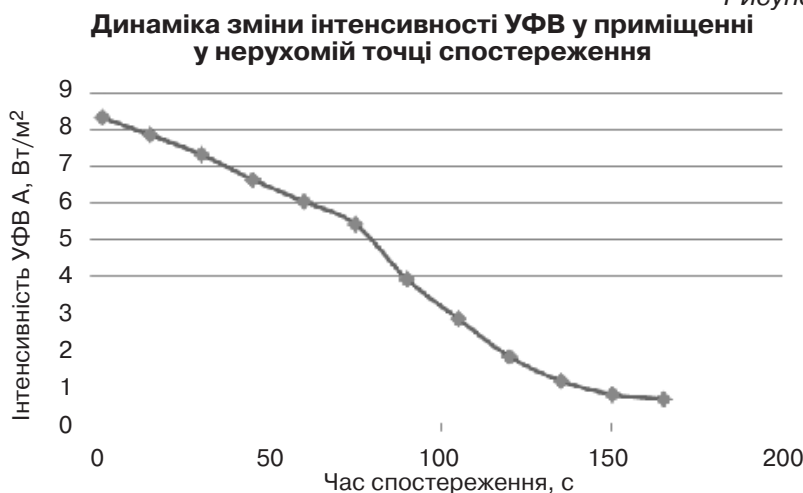
лість інсоляції. Треба відзначити, що архітекторами і математиками вже давно відпрацьовані математичні моделі і пристрої, які дозволяють визначати тривалість інсоляції архітектурних об'єктів.

Наступним етапом нашої роботи було визначення, наскільки рівні інтенсивності УФВ сонця у приміщенні на площині і у прямому промені відрізняються. Для цього приладом УФР-21 ми вимірювали інтенсивність УФВ на горизонтальній площині у кімнаті та у промені, орієнтуючи датчик приладу на диск Сонця до фіксації максимального значення інтенсивності (табл. 2).

Як бачимо з таблиці 2, інтенсивність УФВ сонця у промені у діапазоні А в 1,93 рази перевищує цей показник при розміщенні датчика приладу на горизонтальній поверхні та в 1,77 рази – у діапазоні В.

Незважаючи на те, що більшість дослідників стверджує, що УФВ сонця коротше за 300 нм не проникає через найпростіший склопакет у приміщення, розглянемо (табл. 3) коефіцієнти відносної біологічної активності щодо спектральних частот УФВ Сонця на рівні поверхні моря, розроблені у різні часи різними організаціями [2].

Незважаючи на те, що біофізичну природу взаємодії УФВ у діапазоні 290-315 нм, яке визнається бактерицидним [5], з молекулами ДНК мікроорганізму і клітин шкіри людини можна вважати ідентичною, з таблиці 3 ми можемо бачити, що коефіцієнти відносної біологічної активності для цих біологічних об'єктів у цьому діапазоні повинні хвилю суттєво відрізняються. Не маючи можливості знати інтенсивність УФВ, що проникає у приміщення через скло вікна на кожній з частот (від 305 нм до 315 нм), ми припустимо, що уся енергія прямого і розсіяного УФВ, яка зареєстрована системою супутникового моніторингу [9], припадає на довжину хвилі 305 нм як найбільш біологічно активну у цьому інтервалі довжин хвиль. Оскільки крива, запропонована Міжнародним комітетом неіонізуючих випромінювань [2], базується на останніх наукових досягненнях у цій галузі знань, перевагу віддамо коефіцієнту 0,060 при



Таблиця 2

Інтенсивність УФВ сонця на горизонтальній поверхні та у промені

Інтенсивність УФВ у діапазоні А (315-400 нм), $M \pm m$, Вт/м ²		Інтенсивність УФВ у діапазоні В (280-315 нм), $M \pm m$, мВт/м ²	
на горизонтальній поверхні	у промені	на горизонтальній поверхні	у промені
30,38 ± 0,07	58,62 ± 0,25	633,20 ± 2,40	1121,40 ± 10,50

Таблиця 3

Залежність відносної спектральної ефективності від довжини хвилі УФВ діапазону В

Відносна спектральна ефективність	Довжина хвилі, нм					
	290	295	300	305	310	315
S (λ) [2]	0,640	0,540	0,300	0,060	0,015	0,003
S (λ) [3]	0,330	0,150	0,030	0,006	0,001	0,000

TO THE ISSUE ON BACTERICIDAL ACTION
OF ULTRAVIOLET RADIATION AS A COMPONENT
OF PREMISE INSOLATION

Akimenko V. Ya., Steblii N.N.

State Institution "O.M. Marzheiev Institute
for Public Health, NAMSU", Kyiv

Objective: We established the effective doses of sun UV, as a part of the insolation of dwelling and performed a hygienic assessment from the point of view of bactericidal effectiveness.

Materials and methods. On the basis of monitoring satellite data on the intensity of UV radiation (280-315 nm), we calculated the intensities of UVR which penetrated into the model room of the dwelling through 4-mm single-chamber silicate glass (transparency coefficient of glass 0.52) for 2 hours of insolation of the first half of daytime.

Results. On the basis of the analysis of information sources, including regulatory-and-technical ones, we substantiated the spectral composition of UV radiation which could penetrate into the dwelling through the window of silicate-glass. The effective doses of this factor were calculated for two-hour insolation intervals for Kyiv (50° 27') on March 22. The effective levels of UV radiation, passed through

the window glass, can form the effective doses from 1,04 J/m² (7-9 hours) to 2,81 J/m² (11-13 hours) on the protective surfaces of the room and from 1,94 J/m³ (7-9 hours) to 5,26 J/m³ (11-13 hours) in the volume of the dwelling during the two-hour insolation intervals of the first half of the daytime. The tentative values of the effective surface and volumetric doses of ultraviolet radiation were proposed: 49 J/m² and 130 J/m³, respectively, in order to reach 90% of the effectiveness of bactericidal effectiveness (by *St. aureus*) in the dwelling.

Conclusions. According to SN No. 2605-82, the ultraviolet component of solar radiation, passing through a double silicate glass window into a south-east-oriented room, at a minimum two-hour insolation duration on March 22 (required by the standard) cannot provide 90% of the effectiveness of the bactericidal action (by *St. aureus*) neither by spectral nor by energy characteristics on the microflora in the air of residential premises and on its internal surfaces in the whole day time.

Keywords: insolation, ultraviolet radiation, bactericidal action, effective bactericidal surface and volume doses, hygienic regulations.

приведенні інтенсивності УФВ сонця, що пройшло через скло вікна, в ефективні величини. Автор [14] наводить експериментальні дані, що у діапазоні довжин хвиль 300-315 нм крива спектральної відносної еритемної активності згідно з ISO 17166 співпадає з кривою канцерогенної дії.

Кількісні та якісні нормативні вимоги до бактеріального забруднення повітря і поверхонь житлових приміщень в Україні відсутні (зі зрозумілих причин) незважаючи на те, що у численних публікаціях містяться дані про таке забруднення. Але без хоча б орієнтовних критеріїв давати оцінку ефективності бактерицидної дії УФВ як складової інсоляції неможливо. Нам здається, що не буде великої помилки, якщо порівняти житлові кімнати до IV групи приміщень згідно з [4], тоді для досягнення 90% бактерицидної ефективності відносно наприклад санітарно-показового мікроорганізму *Staphylococcus aureus* на поверхні необхідна доза опромінення ультрафіолетовими променями (205-315 нм) – 49 Дж/м², а в об'ємі приміщення (повітря) – 130 Дж/м³.

Для розрахунку поверхневої та об'ємної дози УФВ, що проходить через скло у приміщенні, ми, як зазначено вище, скористалися алгоритмом, запропонованим у роботі [8]. За даними моніторингової супутникової системи [9] ми розра-

хували на 22 березня 2018 р. осереднені інтенсивності УФВ діапазону В (280-315 нм) за двогодинні проміжки часу, починаючи з 7 години місцевого часу (час сходу Сонця у м. Києві 22 березня 2018 р. о 05:58 згідно з (<https://voshod-solnca.ru/kyiv.html>), зсуваючи початок наступного інтервалу на одну годину. Супутникова система представляла осереднені дані інтенсивності УФВ В за кожні півгодини (табл. 4) на горизонтальній поверхні.

Для розрахунку інтенсивності УФВ, що проходить через скло вікна, були проведені розрахунки. Коефіцієнт прозорості склопакета визначали за формулою 1:

$$k_{cp} = k_{cp1} * k_{cp2} * k_{cpN} \quad (1),$$

де k_{cp} – коефіцієнт прозорості склопакета; $k_{cp1} * k_{cp2} * k_{cpN}$ – коефіцієнти прозорості окремих стекол.

Згідно з [8] для силікатного 4 мм скла за кута падіння променя не більше 45° величина коефіцієнта прозорості стано-

вить 0,52. У результаті проведених розрахунків за формулою 1 визначено, що коефіцієнт прозорості однокамерного склопакета становить $k_{cp} = 0,27$.

Інтенсивність УФ радіації у приміщенні після проходження через вікно визначали за формулою 2:

$$E_{np} = E_{cp} * k_{cp}, \quad (2)$$

де k_{cp} – коефіцієнт прозорості склопакета; E_{cp} – інтенсивність УФВ, Вт/м².

У результаті отримали, що інтенсивність УФ радіації у приміщенні після проходження крізь вікно для інтервалу інсоляції з 7 до 9 годин становить 0,039 Вт/м².

Для розрахунку ефективного рівня УФВ діапазону В використали формулу 3 згідно з [2]:

$$E_{eff} = \sum E_{\lambda} * S(\lambda) * \Delta\lambda, \quad (3)$$

де E_{eff} – ефективне опромінення, Вт/м²; E_{λ} – спектральне опромінення, Вт/(м² нм); $S(\lambda)$ – відносна спектральна ефективність; $\Delta\lambda$ – інтервал довжин хвиль, нм.

Таблиця 4

Інтенсивність УФВ (діапазон В) у м. Києві на 22 березня
2018 р. (з 7:00 до 13:00) за даними [9]

Інтервал інсоляції, години	Інтенсивність УФВ, Вт/м ² , М ± м
з 7:00 до 9:00	0,14306 ± 0,036
з 8:00 до 10:00	0,23714 ± 0,031
з 9:00 до 11:00	0,31214 ± 0,022
з 10:00 до 12:00	0,36072 ± 0,013
з 11:00 до 13:00	0,38424 ± 0,005

Якщо прийняти коефіцієнт відносної біологічної активності по кривій з [2] для 305 нм 0,060, то інтенсивність ефективної ультрафіолетової енергії, що пройшла у приміщення в інтервалі 7-9 годин, становитиме $E_{\text{eff}} = 0,0023 \text{ Вт/м}^2$.

Потужність ефективної ультрафіолетової енергії, що проходить крізь світлопрозору площу склопакета ($S=2,2 \text{ м}^2$), становитиме 0,00506 Вт.

Тоді ефективна доза УФ радіації за 2 години інсоляції у 50% об'ємі повітря приміщення становитиме

□ для об'єму приміщення – $D_v = 1,94 \text{ Дж/м}^3$;

□ для поверхонь приміщення – $\Delta p = 1,04 \text{ Дж/м}^2$.

Такий самий алгоритм розрахунку ми застосували до інших інтервалів світлового дня (табл. 5).

Для гігієнічної оцінки УФВ як складової інсоляції приміщення, яка відповідає за тривалістю мінімально необхідній згідно [10], порівняємо отримані величини ефективних доз даного фактора з орієнтовними дозами УФВ, які потрібні для досягнення 90% бактерицидної ефективності (табл. 5).

Як видно з таблиці 5, ефективні дози УФВ сонця в інтервалі часу від 7 до 9 години, навіть за спеціально агрованих умов, і на поверхні огорожувальних конструкцій, і у повітрі приміщення відповідно в 47 і 67 разів менші за тих, що можуть забезпечити 90% бактерицидну ефективність щодо санітарно-показового мікроорганізму (*St. aureus*), який рекомендований [4]. Незважаючи на те, що з підняттям Сонця над горизонтом за однакових умов інсоляції величини відповідних ефективних доз УФВ зростають, але також не сягають ефективних бактерицидних рівнів.

Результати та їх обговорення. Варто відзначити, що у

реальних умовах експлуатації приміщень житлових будинків, особливо у великих містах, енергетичні величини УФВ сонця як складової інсоляції приміщення суттєво зменшуються за рахунок похмурих днів (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), забруднення вікон і повітря аерозолями, використання різних енергоефективних склопакетів, ущільнення міської забудови та багатьох інших причин.

Окрім того, дослідження [15], спрямоване на створення моделі оптимальної орієнтації сонячної панелі для отримання максимуму сонячної енергії, наочно свідчить, що на вертикальну поверхню скла будинку падатиме менша енергія сонячного випромінювання, у тому числі ультрафіолетового діапазону, ніж на горизонтальну, на якій фіксувалися взяті у наше дослідження дані моніторингу УФВ [9].

Представлені у таблиці 5 дані суперечать висновкам Белікової В.К. [15], які лягли в основу обґрунтування необхідності 3-годинної тривалості інсоляції. До експерименту у роботі [16] можна висловити такі зауваження:

□ відсутність інструментальної контролю дози опромінення культури мікроорганізмів;

□ не забезпечено чистоту контролю стосовно інфрачервоного опромінення та нагрівання;

□ обрано не санітарно-показові мікроорганізми встановлення бактерицидної дії;

□ відсутність спектральних характеристик прозорості скла чашок Петрі та вікон;

□ відсутність статистичної достовірності дії;

□ незрозуміло, як досягалася тригодинна інсоляційна експозиція культури бактерій у кімнаті, коли інтенсивність УФВ у сонячній плямі увесь час змі-

нюється за рахунок обертання Землі.

Викладені вище критичні зауваження до публікації [16], аналітичні матеріали інших авторів [6] та проведені нами дослідження дають підстави вважати, що твердження про бактерицидність УФВ як складової інсоляції приміщень [1] не має чіткого наукового обґрунтування. Проте такий попередній висновок не дає підстав для відмови від регламентації інсоляції у приміщеннях, зважаючи на те, що у різних країнах ЄС науковці продовжують працювати над удосконаленням застосування цього гігієнічного критерію при проектуванні та будівництві житлових і громадських будівель [17].

Висновки

1. За найбільш оптимальних умов інсоляції житлового приміщення під дію прямих сонячних променів одночасно підпадає менше 50% об'єму і площі огорожувальних поверхонь, а тривалість формування дози прямими сонячними променями для мікроорганізму буде завжди меншою за фактичну тривалість інсоляції приміщення.

2. При орієнтації на південний схід віконного світлопрорізу житлового приміщення і виконанні вимог СН № 2605-82 [1] у будь-які двогодинні інтервали інсоляції у м. Києві першої половини світлового дня 22 березня в об'ємі приміщення сформується ефективні дози від 1,94 Дж/м³ (7-9 годин) до 5,26 Дж/м³ (11-13 годин), а на огорожувальних поверхнях приміщення – від 1,04 Дж/м² (7-9 годин) до 2,81 Дж/м² (11-13 годин), які не забезпечать навіть 90% бактерицидної ефективності щодо санітарно-показового мікроорганізму (*Staphilococcus aureus*).

3. Ультрафіолетова складова сонячного випромінювання, що

Таблиця 5

Гігієнічна оцінка ефективної дози УФВ Сонця в умовному приміщенні

Орієнтація нормалі світлопрорізу	Інтервал інсоляції, години	Ефективна доза у повітрі, Дж/м ³	Ефективна доза на поверхні, Дж/м ²	90% ефективності, бактерицидна доза (за <i>St. aureus</i>) [4]	
				в об'ємі, Дж/м ³	на поверхні, Дж/м ²
Південний схід	7 - 9	1,94	1,04	130	49
	8 - 10	3,28	1,76		
	9 - 11	4,27	2,28		
	10 - 12	5,01	2,68		
	11 - 13	5,26	2,81		

проходить кризу подвійне силікатне скло вікна, протягом мінімально необхідної нормативної тривалості інсоляції (2 години) 22 березня згідно СН № 2605-82 [1] ані за спектральними, ані за енергетичними характеристиками не може ефективно бактерицидно діяти на мікрофлору у повітрі житлового приміщення і на внутрішніх його поверхнях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территории жилой застройки : СанПиН 2605-82/МЗ СРСП. Москва, 1983. 5 с.

2. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). *Health Physics*. 2004. № 87 (2). P. 171-186.

3. Методические указания по применению бактерицидных ламп для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях : 11-16/03-06 / Минздравмедпром РФ. Москва, 1995. URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200084894>

4. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях : Р 3.5.1904-04/Минздрав России. Москва, 2005. 47 с.

5. Environmental Health Criteria 160: Ultraviolet Radiation. Geneva : WHO, 1994. 353 p.

6. Hobday R.A., Dancer S.J. Roles of sunlight and natural ventilation for controlling infection: historical and current perspectives. *Journal of Hospital Infection*. 2013. № 84. P. 271-282.

7. Spectrum of Solar Radiation (Earth). URL : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_spectrum_en.svg

8. Куприянов В.Н., Седова Ф.Р. Энергетический метод нормирования и расчета инсоляции жилых помещений : уч.-метод. пособие. Казань : Казанский гос. архитектур.-строит. ун-т, 2016. 39 с.

9. Spectral Irradiation From Helioclim-3. URL : <http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/spectral-from-helioclim-3>.

10. Акіменко В.Я., Стеблій Н.М. Еритемна доза як один з критеріїв гігієнічної регламентації

інсоляції. *Довкілля та здоров'я*. 2018. № 1 (85). С. 26-31.

11. Designing with the Pilkington Sun Angle Calculator. Copyright Pilkington, North America, 2001. 27 p.

12. Стеблій Н.Н., Акіменко В.Я. Методические особенности мониторинга ультрафиолетовой составляющей инсоляции жилища. *Здоровье и окружающая среда : сб. матер. респуб. научно-практ. конф. с междунар. участием*. Минск, 2017. Т. 1. С. 52-55.

13. Майоров В.А. Оконные стекла – состояние и перспективы. *Оптика и спектроскопия*. 2018. Т. 124. Вып. 4. С. 559-573.

14. Diffey B.L. The risk of skin cancer from occupational exposure to ultraviolet radiation in hospitals. *Physics in Medicine & Biology*. 1988. Vol. 33 (10). P. 1187-1193.

15. Li D.H.W., Lam T.N.T. Determining the Optimum Tilt Angle and Orientation for Solar Energy Collection Based on Measured Solar Radiance Data. *International Journal of Photoenergy*. 2007. Article ID 85402, 9 p. doi:10.1155/2007/85402.

16. Беликова В.К. Бактерицидное значение излучения Солнца, проникающего в помещение. *Санитария и гигиена*. 1957. № 11. С. 8-15.

17. Darula S., Christoffersen J., Malikova M. Sunlight and insolation of building interiors. *Energy Procedia*. 2015. Vol. 78. P. 1245-1250.

REFERENCES

1. Sanitarnye normy i pravila obespecheniya insoliatsiy zhi-lykh i obshchestvennykh zdaniy zhi-lyoy zastroyki : SanPiN2605-82 [Sanitary Norms and Rules for Insolation in Residential and Public Building : SanNR 2605-82]. Moscow ; 1983 : 5 p. (in Russian).

2. Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). *Health Physics*. 2004 ; 87(2) :171-86.

3. Metodicheskie ukazaniya po primeniyu bakteritsidnykh lamp dlia obezrazhivaniya vozdukh i poverkhnostey v pomeshcheniyakh : 11-16/03-06 [Methodical Instructions on the Application of Bactericidal Lamps for Air and Surface Disinfection in the Premises : 11-

16/03-06]. Moscow, 1995. URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200084894> (in Russian).

4. Ispolzovanie ultrafioletovogo bakteritsidnogo izlucheniya dlia obezrazhivaniya vozdukh v pomeshcheniyakh : P 3.5.1904-04. [Use of Ultraviolet Bactericidal Radiation for Air Disinfection in Premises : P 3.5.1904-04]. Moscow; 2005 : 47 p. (in Russian).

5. Environmental Health Criteria 160: Ultraviolet Radiation. Geneva : WHO; 1994 : 353 p.

6. Hobday R.A. and Dancer S.J. *Journal of Hospital Infection*. 2013 ; 84 : 271-282 .

7. Kupriyanov V.N. and Sedova F.R. Energeticheskiy metod normirovaniya i rascheta insoliatsii zhi-lykh pomeshcheniy : uchebno-metodicheskoe posobie [Energy Method for Normalization and Calculation of the Insolation of Residential Premises: Educational-and-Methodical Manual]. Kazan (Russia) ; 2016 : 39 p. (in Russian).

8. Spectral Irradiation from HELIOCLIM-3. URL : <http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/spectral-from-helioclim-3>.

9. Akimenko V.Ya. and Steblii N.M. *Dovkillia ta zdorovia (Environment and Health)*. 2018 ; 1 (85) : 26-31 (in Ukrainian).

10. Steblii N.N. and Akimenko V.Ya. Metodicheskie osobennosti monitoring ultrafioletovoy sostavliayushchey insoliatsii zhilishcha [Methodical Peculiarities of the Monitoring of Premise Insolation Component]. In : *Zdorovie i okruzhayushchaya sreda : mater. konf. [Health and Environment: mater. conf.]*. Minsk ; 2017 ; 1 : 52-55 (in Russian).

11. Mayorov V.A. Optika i spektroskopii. 2018 ; 124 (4) : 559-573 (in Russian).

12. Diffey B.L. *Physics in Medicine & Biology*. 1988 ; 33 (10) : 1187-1193.

13. Li D.H.W. and Lam T.N.T. *International Journal of Photoenergy*. 2007. Article ID 85402, 9 p. doi:10.1155/2007/85402.

14. Belikova V.K. *Sanitariiai i gigiena*. 1957 ; 11 : 8-15 (in Russian).

15. Darula S., Christoffersen J. and Malikova M. *Energy Procedia*. 2015 ; 78 : 1245-1250. *Надійшла до редакції 18.02.2019*