

na [A Simple and Sensitive Method for the Determination of Superoxide Dismutase Based on the Oxidation Reaction of Quercetin]. *Voprosy meditsinskoj khimii*. 1990 ; 36 (2) : 88-91 (in Russian).

22. Lemeshko V.V. Sistema mikrosomalnogo okisleniya pri razvitii i starenii organizma [Microsomal Oxidation System During Development and Aging of the Organism]. *Biokhimiya*. 1980 ; 45 (11) : 1964-1969 (in Russian).

23. Frimmel G. Immunologicheskie metody [Immunological Methods]. Moscow : Meditsina ; 1987 : 382-385 (in Russian).

24. Menshikov V.V., Delektorskaya L.I. and Zolotnitskaya R.P. Laboratornyye metody issledovaniya v klinike : spravochnik [Laboratory Research Methods in a Clinic: Handbook]. Moscow : Meditsina ; 1987 : 386 p. (in Russian).

25. Chernushenko E.F. and Kogosova L.S. Immunologicheskiye issledovaniya v klinike [Immunological Tests in a Clinic]. Kiev : Zdorovia ; 1978 : 20-21 (in Russian).

26. Kuzovkova N.A. Otsenka aktivnosti estestvennykh killerov kolorimetrichestkim metodom [Estimation of Activity of Natural Killers by Colorimetric Method]. *Immunologiya*. 1991 ; 4 : 59-61 (in Russian).

Надійшло до редакції 27. 11.2021

Автори статті висловлюють подяку співробітникам ДУ «Інститут проблем ендокринної патології ім. В.Я. Данилевського НАМН України» Мельниківській Н.В., Устенко Н.В. та співробітнику Національного фармацевтичного університету Козар В.В. за допомогу в отриманні первинних даних та їх статистичній обробці.

УДК 613.5:613.165

<https://doi.org/10.32402/dovkil2022.01.031>

INSOLATION OF THE PREMISE AS A FACTOR OF VITAMIN D-PRODUCING RADIATION IN BEDRIDDEN PATIENT

Akimenko V.Ya., Serheichuk O.V., Voznesenskyi S.O., Steblii N.M.

ІНСОЛЯЦІЯ ПРИМІЩЕННЯ ЯК ФАКТОР D-ВІТАМІНОУТВОРЮВАЛЬНОГО ОПРОМІНЕННЯ ЛЕЖАЧОГО ХВОРОГО



¹АКІМЕНКО В.Я.,
²СЕРГЕЙЧУК О.В.,
¹ВОЗНЕСЕНСЬКИЙ С.О.,
¹СТЕБЛІЙ Н.М.

¹ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України», Київ, Україна
²Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

ірокомасштабні дослідження показують, що незважаючи на простоту і доступність природного способу синтезу вітаміну D у шкірі людини під дією сонячного випромінювання досить поширеним є стан його дефіциту серед популяцій країн Європи та Близького Сходу [1], Африки [2], у США [3] та в Індії [4].

Цей стан дефіциту вітаміну D небезпечний не лише негативним впливом на процеси остеосинтезу, засвоєння солей Ca у кишківнику, але може позначатися на виникненні та перебігу низки тяжких небезпечних хвороб (різних типів раку, серцево-судинної патології, хвороби Альцгеймера, розсіяного склерозу,

ІНСОЛЯЦІЯ ПРИМІЩЕННЯ ЯК ФАКТОР D-ВІТАМІНОУТВОРЮВАЛЬНОГО ОПРОМІНЕННЯ ЛЕЖАЧОГО ХВОРОГО

¹Акіменко В.Я., ²Сергейчук О.В., ¹Вознесенський С.О., ¹Стеблій Н.М.

¹ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України», Київ, Україна
²Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Мета роботи – обґрунтування умов використання інсоляції приміщень для організації профілактичного опромінення шкіри людини з метою синтезу необхідних доз вітаміну D.

Матеріали та методи. Використовуючи геометричні методи побудови тіньової маски світлопрорізу (вікна) згідно з ДСТУ-Н Б В.2.2-27: 2010, ми розрахували на різних висотах стояння сонця у теплі місяці року (травень-вересень) над горизонтом тривалість інсоляції у 63 точках в умовному модельному приміщенні з відчиненою половиною вікна на горизонтальній поверхні на висоті 0,50 м над підлогою. Розміри умовного ліжка: ширина – 0,84 м, довжина – 1,94 м. Необхідний час експозиції лежачої людини у сонячній плямі для отримання профілактичної дози вітаміну D в організмі (1000 IU) розраховували за моделлю Webb A.R. & Engelsen O. (2020).

© Акіменко В.Я., Сергейчук О.В., Вознесенський С.О., Стеблій Н.М. СТАТТЯ, 2022.

діабету, міопії, дегенерації жовтого тіла тощо) [5]. Деякі дослідники схильні долучити до цього приховану пандемію COVID-19 [6], яка виникла внаслідок багатьох причин. Основною вважається зміна поведінки людей. Все частіше вони змушені перебувати у приміщеннях.

Враховуючи добре досліджені механізми процесів утворення вітаміну D у шкірі людини під дією сонячних променів [6], низка дослідників, у тому числі на рівні Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) [7], розробили орієнтовні загальні рекомендації щодо тривалості профілактичного опромінення сонячними променями людини на відкритому просторі [8-12], створили більш точні моделі визначення цього параметра [13].

David G. Hoel et al., 2016 [5] вважають, що виконання рекомендацій щодо обмеження перебування людини на сонці з метою зниження ризику розвитку раку шкіри веде до збільшення кількості людей, які страждають на дефіцит вітаміну D. Шкіра людини має велику здатність виробляти під дією сонячних

променів вітамін D, навіть у літніх людей [11, 12].

На жаль, значні контингенти населення внаслідок старіння чи через хвороби змушені проводити тривалий час у приміщеннях. Карантинні обмеження під час пандемії COVID-19 призвели до збільшення когорти людей, ізольованих від впливу природних факторів, у тому числі і променів сонця.

На перший погляд здається, що проблеми немає, оскільки нормована тривалість інсоляції у житлі набагато перевищує рекомендовані фахівцями ВООЗ тривалості опромінення сонячними променями певних ділянок шкіри людини (по 10-15 хвилин 2-3 рази на тиждень) для профілактики дефіциту вітаміну D [7].

Коли людина здорова і рухома, практично лише від неї та погодних умов залежить можливість виконання таких рекомендацій.

Мета роботи: дослідити можливість раціонального використання інсоляції приміщень для організації профілактичного опромінення шкіри людини з метою синтезу необхідних доз вітаміну D.

Для досягнення цієї мети

необхідно було вирішити такі задачі:

□ дослідити у модельних умовах тривалість інсоляції приміщення у різні місяці року;

□ обґрунтувати гігієнічні орієнтовні критерії використання сонячної плями, що створюється під час інсоляції приміщення, для організації профілактичного опромінення сонячними променями шкіри лежачого хворого;

□ на базі існуючих розробок запропонувати алгоритм використання інсоляції приміщення як фактора синтезу вітаміну D у шкірі лежачої людини.

Матеріали та методи досліджень.

У реальності може бути безліч обставин, які формують тінюву маску світлопрорізу (орієнтація у просторі, товщина стін, наявність лоджій чи балконів, будівель навпроти, дерев тощо), тому для моделювання умов інсоляції ми зупинилися на приміщенні (ширина кімнати – 3 м, довжина – 5 м, висота – 2,5 м), нормальне вікна якого спрямована на південний схід (135°), за відсутності зовнішніх елементів і об'єктів затінення. Використовуючи геометричні методи побудови тінювої маски світлопрорізу (вікна) [14], ми обрахували на різних висотах стояння сонця над горизонтом тривалість інсоляції точок на горизонтальній поверхні на висоті 0,5 м над підлогою (наприклад, умовної поверхні ліжка медичного 4-секційного OSD-A232P-C: висота ложа над підлогою – 0,50 м, довжина ложа – 0,194 м, ширина – 0,84 м, кут підйому голови – до 80°, ніг – до 40°). Із загальної прозорої площі вікна (ширина – 1,36 м, висота – 1,61 м, розміщення вікна – по центру стіни, відстань від верхньої частини вікна до стелі – 0,2 м, товщина стін будинку – 0,3 м) ми умовно взяли половину, імітуючи відчинене вікно. Відкрита половина вікна вважалася елементом конструкції,

Результати досліджень. У дослідженні визначали тривалість інсоляції у теплі місяці року (травень-вересень) з відчиненою половиною вікна модельного приміщення на паралельній площині на висоті 0,50 м від підлоги у точках, розташованих на координатній сітці з кроком 0,50 м, та усереднені величини висоти стояння сонця, які формують сонячну пляму. При цьому тривалості інсоляції у точках біля вікна коливались у деякі вказані вище місяці від 1 години 10 хвилин до 3 годин 38 хвилин. У роботі також наведено результати аналізу щодо обмежень застосування моделі Webb A.R. & Engelsen O. (2020) для визначення необхідної тривалості опромінення тіла людини, що перебуває у приміщенні, для досягнення ефективних щодо D-вітаміноутворення доз УФВ В сонця, еквівалентних пероральному прийому рекомендованих профілактичних доз вітаміну D.

Висновки. В інсольованому приміщенні в ясний день теплих місяців року (травень-вересень) принципово можливо організувати експозицію частини шкірного покриву лежачої на ліжку людини у сонячній плямі, яка формується відчиненим вікном, з необхідною тривалістю та інтенсивністю УФВ В, яка забезпечить біоефективну дозу, еквівалентну пероральному прийому профілактичної дози вітаміну D (1000 IU).

Ключові слова: сонячне світло, сонячні карти, інсоляція приміщення, вітамін D, біоефективність ультрафіолетового випромінювання сонця.

що діє як екран. На підняту на 0,5 м над підлогою поверхню ми нанесли координатну сітку з кроком 0,5 м. За допомогою геометричного методу побудови тіньової маски світлопрорізу [14] з використанням програми AutoCAD ми просканували 63 точки з розрахунком тривалості інсоляції у годинах і хвилинах та осередненої висоти стояння сонця у градусах на 22 числа кожного теплого місяця року (травень, червень, липень, серпень, вересень). Приклад побудови сонячної карти для модельного приміщення представлено на рисунку 1.

Оскільки ми не ставили за мету отримання реальних величин необхідних тривалостей експозиції шкіри лежачого хворого сонячними променями в інсоляційній плямі приміщення для певних днів року і конкретної ситуації, а вирішували питання принципово, вхідні дані для розрахунку за моделлю [15-16] (цей алгоритм представлено програмним продуктом Vitamin D effective doses – <http://nadir.nilu.no/~olaeng/fastrt/fastrt.html>) для умов Києва ми брали такими: розрахунки проводили для 22 числа кожного місяця року; для 3 типу шкіри; для безхмарного неба з видимістю 50 км; загальний рівень озону – 350.00 DU; висота поверхні над рівнем моря – 0,15 км; коефіцієнт альбедо – 0,03.

За методикою [17] ми розраховували максимальну висоту стояння сонця опівдні 22 числа кожного місяця року на території Києва. Результати розрахунку представлено на рисунку 2.

При цьому ми орієнтувалися на опромінення сонячними променями 25% поверхні шкіри та на аліментарний еквівалент дози вітаміну D, виробленого під дією ультрафіолетового випромінювання – 1000 IU, що нині є найчастіше визнаною профілактич-



ФАКТОРИ ДОВКІЛЛЯ І ЗДОРОВ'Я

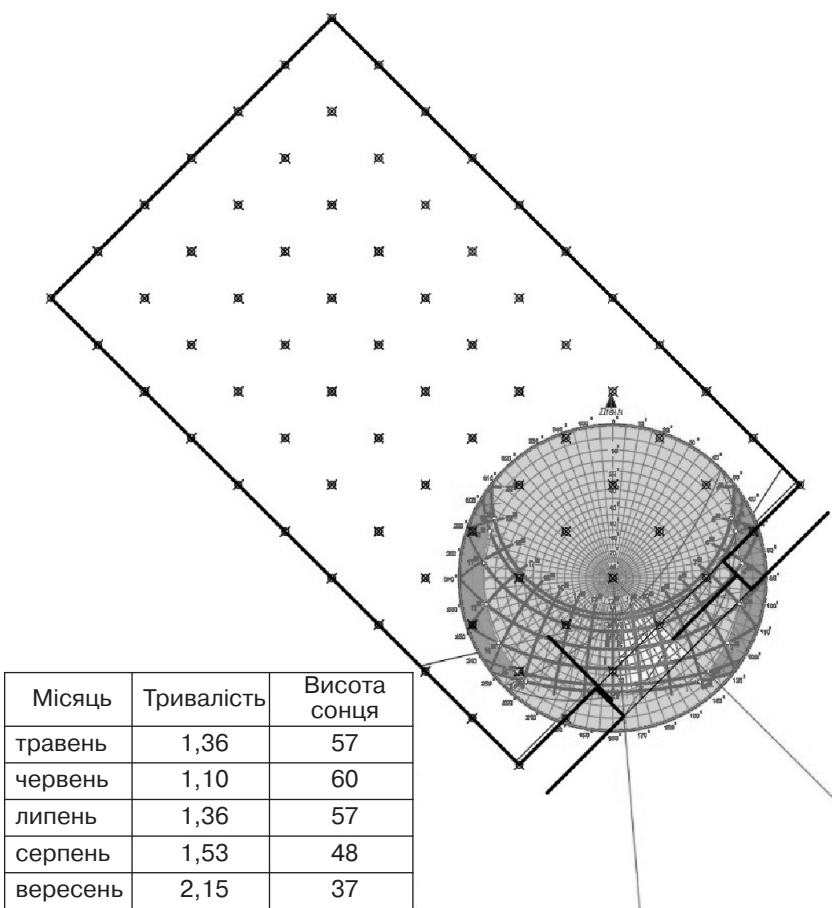
ною дозою у рекомендаціях з клінічної практики [18, 19].

Для попереднього відсіювання усіх просканованих точок у приміщенні ми застосували орієнтовні критерії їх придатності для профілактичного D-вітаміноутворювального опромінення сонцем лежачого хворого. Прийнятний час експозиції було визначено як у деяких фізіотерапевтичних процедурах – 20 хвилин. У різних дослідженнях ця величина колива-

ється у широких межах. Ми також дотримувалися рекомендації, що висота стояння сонця при цьому має бути не менше 30° [20].

Візуалізацію результатів застосування згаданих вище орієнтовних попередніх критеріїв і розрахунків фактичної тривалості інсоляції та кута стояння сонця для різних місяців року у вузлах координатної сітки модельного приміщення ми представили таким чином (рисунк 3-5).

Рисунок 1
Приклад визначення тривалості інсоляції точки на умовній поверхні (координатна точка (0;4) приміщення у певні місяці року



Чорний кружечок свідчив, що точка на 100% придатна для D-вітаміноутворювальної експозиції 25% шкіри людини як за тривалістю (понад 20 хвилин), так і за кутом падіння променів (понад 30°); чорний ромб – інсоляція менше 20 хвилин або кут стояння сонця менше 30° (така точка ще позначена індексами Т – недостатня тривалість інсоляції або К – недостатній кут висоти стояння сонця); сірий кружечок – інсоляція зовсім відсутня; чорний трикутник – точка переведена у придатні до профілактичної експозиції

(еквівалент 1000 IU перорального прийому вітаміну D) за розрахунком з використанням моделі Webb та Engelsen (2006) [15] та Engelsen (2010) [16].

Як бачимо з рисунків 3-5, у травні сонцем освітлюються 7 точок (з координатами (2;7), (2;6), (1;6), (1;5), (0;5), (0;4) і (0;3), а у червні – 4 точки (з координатами (2;7), (1;6), (0;5), (0;4), у липні – 7 точок (з координатами (2;7), (2;6), (1;6), (1;5), (0;5), (0;4), (0;3), у серпні – 13 точок (з координатами (4;7), (3;7), (3;6), (2;7), (2;6), (2;5), (2;4), (1;6), (1;5),

(1;4), (0;5), (0;4), (0;3), у вересні – 29 точок (з координатами (7;7), (6;7), (6;6), (5;7), (5;6), (5;5), (4;7), (4;6), (4;5), (4;4), (3;7), (3;6), (3;5), (3;4), (3;3), (2;6), (2;5), (2;4), (2;3), (2;2), (1;5), (1;4), (1;3), (1;2), (0;5), (0;4), (0;3), (0;2), (0;1)). Проте з усіх перерахованих вище точок ми виключили точки, в які сонячне проміння попадає під кутом менше 30°, бо спектр випромінювання його інтенсивність у такому випадку не дозволяють за умовно прийнятний час (не більше 20 хвилин) отримати необхідну ефективну за вітаміном D дозу УФВ В. Ці точки позначені індексом К. У травні та липні було по одній такій точці (відповідно (2;7), у червні не було таких точок, у серпні вилучено 4 точки (4;7), (3;7), (2;7), (1;6), у вересні – 16 точок (7;7), (6;7), (6;6), (5;7), (5;6), (5;5), (4;7), (4;6), (4;5), (3;7), (3;6), (3;5), (2;6), (2;5), (1;5), (0;5). Це показує, що за орієнтовними критеріями не всі опромінювані сонцем площі приміщення придатні для профілактичної експозиції щодо утворення вітаміну D у шкірі людини. Для опромінюваних сонцем точок приміщення, які не пройшли за рекомендованим багатьма фахівцями критерієм тривалості [7, 10, 11, 12], ми виконали розрахунки для Києва необхідної тривалості D-вітаміноутворювального опромінення сонцем 25% шкіри людини, що стоїть на відкритій місцевості, згідно з математичною моделлю Webb та Engelsen (2006) [15] і Engelsen (2010) [16]. Результати таких розрахунків представлено у таблиці 1.

Як бачимо з таблиці 1, лише одна точка з координатами (2;4) у серпні приєдналася до площ опромінення, придатних для згаданої профілактичної експозиції лежачого хворого. Проте з практичної точки зору для використання такого безкоштовного природного ресурсу, як

Рисунок 2
Максимальна висота стояння сонця о 12.00 22 числа кожного місяця у Києві

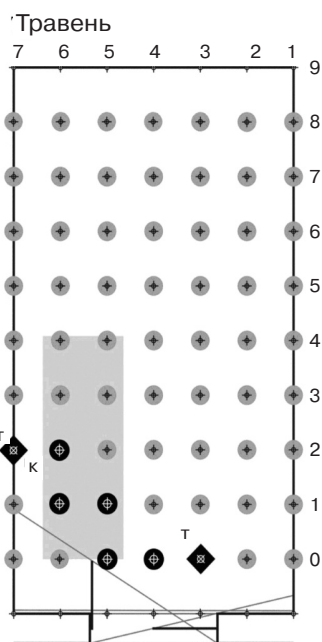
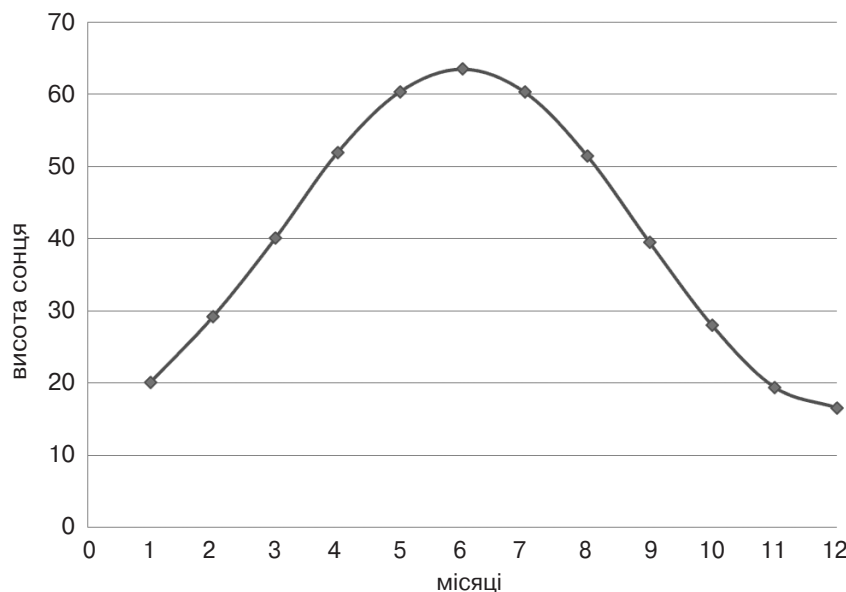


Рисунок 3
Придатність інсоляції поверхонь до D-вітаміноутворення у шкірі людини (у травні)

- ⊕ - інсоляція >20 хв. з висотою стояння >30°;
- ⊙ - інсоляція неможлива;
- ⬠ - інсоляція <20 хв. або кут стояння сонця <30°;
- - умовне ліжко;
- T - інсоляція <20 хв.;
- K - кут стояння сонця <30°.

INSOLATION OF THE PREMISE AS A FACTOR OF VITAMIN D-PRODUCING RADIATION IN BEDRIDDEN PATIENT

¹Akimenko V. Ya., ²Serheichuk O. V.,
¹Voznesenskyi S. O., ¹Steblii N. M.

¹State Institution «O.M. Marzieiev Institute for Public Health, National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine

²Kyiv National Construction and Architecture University, Kyiv, Ukraine

Objective: We substantiated the conditions of the use of premise insolation to organize a prophylactic irradiation of human skin in order to ensure a synthesis of the required doses of vitamin D.

Materials and methods: Using geometric methods for constructing shadow mask of a light slot of the window according to the State Standard B V.2.2-27: 2010, we calculated a duration of the insolation at 63 points in the conditional model premise with an open half of the window on a horizontal surface at a height of 0.50 m above the floor at different heights of the sun in the warm months of the year (May–September). The dimensions of a conditional bed were 0.84 m width and 1.94 m length. The required exposure time for bedridden patient in the sunspot to receive a prophylactic dose of vitamin D (1000 IU) into organism was calculated by the A.R. Webb, & O. Engelsen model (2020).

Results: The study determined the duration of

insolation with the open half of the window of the model premise on a parallel plane in the warm months of the year (May–September) at a height of 0.50 m from the floor at points located on the coordinate grid with a step of 0.50 m and at the average values of the sun standing height which forms a sunspot. At the same time, the duration of the insolation at the points near the window ranged from 1 hour 10 minutes to 3 hours 38 minutes on some above mentioned months.

The result of the analysis on the limitations of the application of the model by A.R. Webb and O. Engelsen (2020) for the determination of the required duration of the human body indoor insolation to achieve the effective ultraviolet B (UVR) doses for vitamin D production equivalent to the oral intake of the recommended prophylactic doses of vitamin D are also presented in the study.

Conclusions: In the insulated premise on a clear day of the warm months of the year (May–September), it is in principle possible to organize the exposure of the part of the skin of a person lying on a bed in a sunspot, formed by an open window, with the required duration and intensity of UVR B that provide a bioeffective dose equivalent to the oral intake of the prophylactic dose of vitamin D (1000 IU).

Keywords: sunlight, solar charts, insolation of the premise, vitamin D, bioefficiency of ultraviolet radiation of the sun.

сонячне проміння не варто ігнорувати і неповну дозу опромінення, як це має місце у вересні у точках (2;2), (3;3), (4;4), а у червні – у точці (2;7), в яких досягається відповідно 55,5%; 62,5%; 61,1% і 94,4% необхідної тривалості інсоляції для утворення у шкірі людини 1000 IU вітаміну D. Тим більше, що питання про добову дозу вітаміну D ще дискутується.

Розрахунки показали, що у разі розміщення, наприклад, медичного ліжка за принципом видимої сонячної плями біля лівої стіни, відступивши від вікна і стіни на 0,5 м, або паралельно площині вікна на відстані 0,5 м від світлопрорізу на поверхні ліжка реєструються у деяких точках (0;4) і (0;5) тривалості опромінення прямими сонячними променями у межах від 1 години 10 хвилин до 3 годин

Визначення придатності зон модельного приміщення для D-вітаміноутворювального опромінення сонцем

Таблиця 1

Місяць	Координати точки	Тривалість опромінення, хвилини		Висота стояння сонця	Придатність до профілактичної експозиції		Відсоток придатності, %
		Необхідна ³	Фактична ⁴		Повна ¹	Часткова ²	
Травень	(0;3)	8	3	60	-	+	37.5
Липень	(0;3)	8	3	60	-	+	37.5
Вересень	(1;2)	18	1	40	-	-	5.5
Вересень	(2;2)	18	10	40	-	+	55.5
Серпень	(2;4)	11	13	44	+		100
Червень	(2;7)	8	5	34	-	+	62.5
Вересень	(3;3)	18	11	37	-	+	61.1
Вересень	(4;4)	18	17	32	-	+	94.4

Примітки: 1 – повна придатність – тривалість експозиції понад 20 хв., а висота стояння сонця вище 30°;
2 – часткова придатність або тривалість експозиції менше 20 хв., або висота стояння сонця менше 30°;
3 – необхідна тривалість експозиції, розрахована згідно з математичною моделлю [15, 16];
4 – фактична тривалість експозиції, розрахована згідно з ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 [14].

Придатність інсоляції поверхонь до D-вітаміноутворення у шкірі людини (у червні та липні)

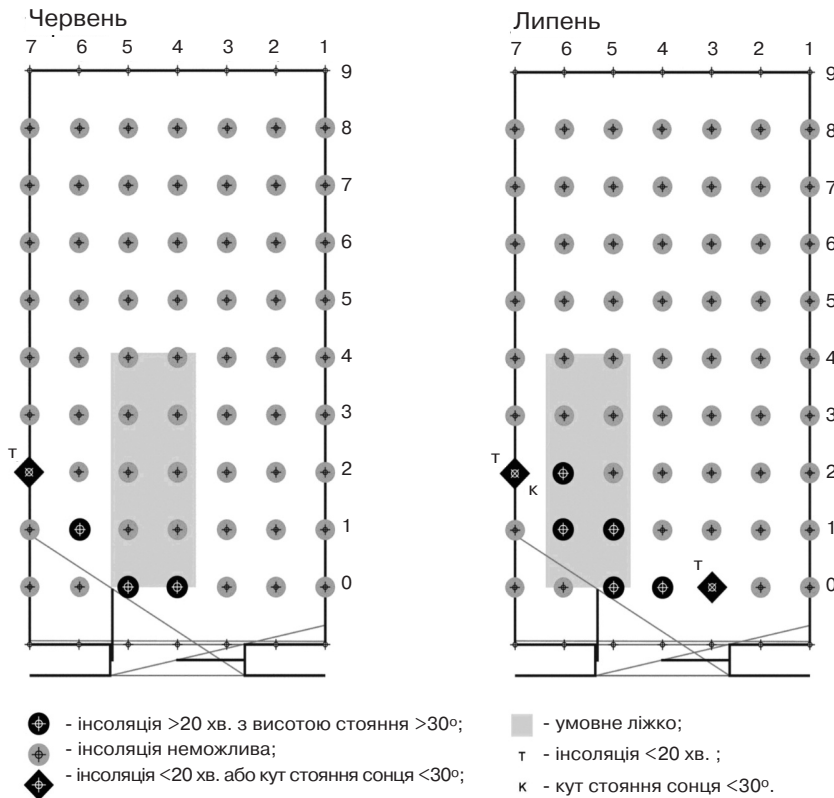


Рисунок 4

38 хвилин з деякими виключеннями. Тривалість прямого опромінення тіла людини на ліжку під безхмарним небом визначається у нашому випадку орієнтації і величини площі відчиненого вікна місяцем року і висотою стояння сонця. Площі, придатні для D-вітаміноутворювальної експозиції, значно менші, бо повинні мати тривалість опромінення сонячними променями 25% тіла лежачої людини, щоб вкласитися у рекомендовану робочою групою ВООЗ тривалість профілактичного опромінення сонячними променями, деє приблизно не менше 20 хвилин [7]. Сонячне випромінювання у такій придатній для профілактичної експозиції людини плямі повинно мати D-вітаміноактивний спектр УФВ з довжиною хвилі менше 315 нм [21].

Придатність інсоляції поверхонь до D-вітаміноутворення у шкірі людини (у серпні та вересні)

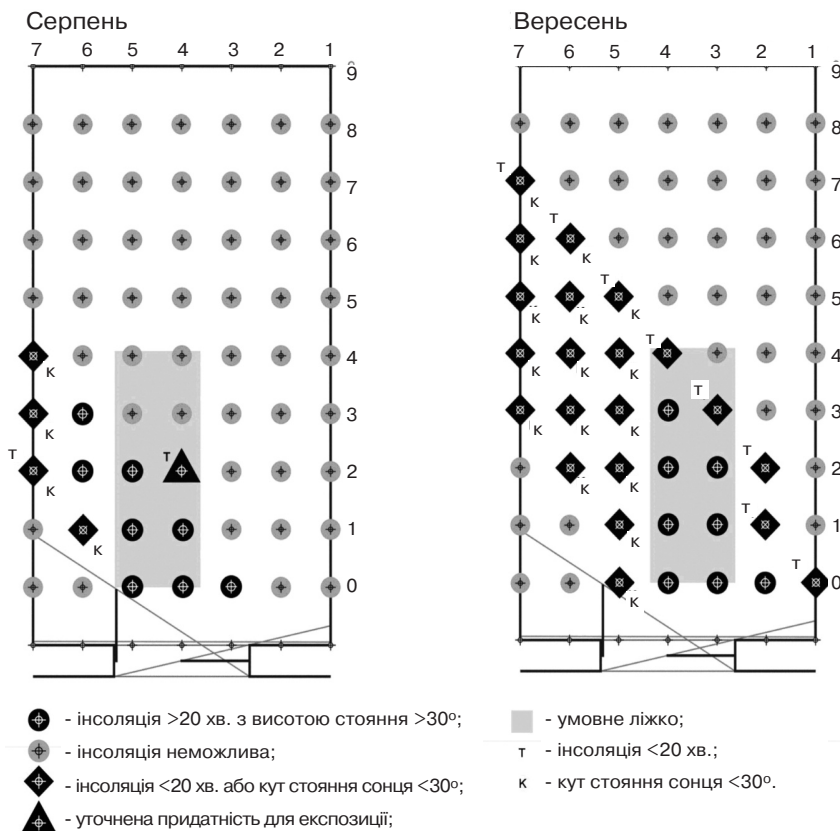


Рисунок 5

Коли ми застосували згадані вище орієнтовні критерії придатності сонячних променів щодо D-вітаміноутворення (висота стояння сонця вище 30° [20] та тривалість опромінення 20 хвилин) [7, 10-12], то площа простору приміщення, придатна для необхідної експозиції, значно зменшилася порівняно з площею опромінення сонцем взагалі. Але, як бачимо, і у такому разі можливо розмістити людину на ліжку і піддати дії активних сонячних променів 25% її тіла протягом рекомендованих фахівцями тривалостей експозиції [7, 10-12].

Деякі зони розрахунку, представлені на рисунках 3-5 і позначені чорним ромбом, переходять у чорні кружечки, тобто придатні для D-вітаміноутворювальної експозиції.

Як видно з матеріалів розробки моделі [13], спектральний склад сонячного випромінювання, що досягає поверхні землі, залежить від багатьох причин (концентрації озону в атмосфері, забруднення повітря аерозолями,

ИНСОЛЯЦИЯ ПОМЕЩЕНИЯ КАК ФАКТОР D-ВИТАМИНООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЛЕЖАЩЕГО БОЛЬНОГО

¹Акименко В.Я., ²Сергейчук О.В.,
¹Вознесенский С.А. ¹Стеблій Н.М.

¹ГУ «Институт общественного здоровья им. О.М. Марзеева Национальной академии медицинских наук Украины», Киев, Украина
²Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина

Цель работы – обоснование условий использования инсоляции помещений для организации профилактического облучения кожи человека с целью синтеза необходимых доз витамина D.

Материалы и методы. Используя геометрические методы построения теневой маски светопроема (окна) согласно ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010, мы рассчитали на разных высотах стояния солнца в теплые месяцы года (май-сентябрь) над горизонтом продолжительность инсоляции в 63 точках помещения с открытой половиной окна на горизонтальной поверхности на высоте 0,50 м над полом. Размеры условной кровати:

ширина – 0,84 м, длина – 1,94 м.

Необходимое время экспозиции лежащего человека в солнечном пятне для получения профилактической дозы витамина D в организме (1000 IU) рассчитывали по модели Webb A.R. & Engelsen O. (2020).

Результаты исследований. В исследовании определяли продолжительность инсоляции в теплые месяцы года (май-сен-

тябрь) с открытой половиной окна модельного помещения на параллельной плоскости на высоте 0,50 м от пола в точках, расположенных на координатной сетке с шагом 0,50 м, и усредненные величины высоты стояния солнца, формирующие солнечное пятно. При этом продолжительность инсоляции в точках у окна колебалась в некоторые месяцы от 1 часа 10 минут до 3 часов 38 минут.

В работе также приведены результаты анализа ограничений применения модели Webb A.R. & Engelsen O. (2020) для определения требуемой длительности облучения тела человека, находящегося в помещении, для достижения эффективных в отношении D-витаминообразования доз УФВ В солнца, эквивалентных пероральному приему рекомендованных профилактических доз витамина D.

Выводы. В инсолированном помещении в ясный день теплых месяцев года (май-сентябрь) принципиально возможно организовать экспозицию части кожного покрова лежащего на кровати человека в солнечном пятне, формирующемся открытым окном, с необходимой длительностью и интенсивностью УФВ В, которая обеспечит биоэффективную дозу профилактической дозы витамина D (1000 IU).

Ключевые слова: солнечный свет, солнечные карты, инсоляция помещения, витамин D, биоэффективность ультрафиолетового излучения солнца.

хмарності тощо), але основними факторами є географічна широта місцевості і кут стояння сонця над горизонтом, який визначає довжину шляху сонячного проміння крізь товщу атмосфери Землі. Чим кут стояння Сонця менший, тим шлях сонячних променів до поверхні Землі довший, тобто збільшується величина розсіювання сонячного випромінювання. Не лише прямі сонячні промені є джерелом ультрафіолетового випромінювання, а й небосхил [22].

З графіка (рис. 2) видно, що більшість холодних місяців року (січень, лютий, жовтень, листопад, грудень) не зовсім придатні для ефективних сонячних процедур профілактичного опромінення шкіри людини з метою

синтезу вітаміну D, бо навіть опівдні висота стояння сонця – не вище 30°.

Виконані розрахунки тривалості сонячного опромінення згідно з ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 [14] з уточненням за математичною моделлю D-вітаміноутворювального опромінення сонцем [15, 16] у вузлах координатної сітки з кроком 0,5 м у модельному приміщенні і технічні характеристики типового медичного ліжка дозволяють розмістити в обраній нами кімнаті ліжку з лежачим хворим у безпосередній близькості до вікна, змістивши вісь ліжка вліво від поздовжньої вісі кімнати у травні, червні, липні, серпні, а у вересні – паралельно площині вікна або за середньою поздовжньою віссю кім-

нати (рис. 3-5). Можливість змінювати положення ліжка у просторі за рахунок коліс і зміни кута нахилу головного і нижнього кінця ліжка полегшує вибір оптимальних умов опромінення необхідних частин тіла людини (обличчя, шия, груди, руки) сонячними променями.

Обговорення. Загальновідомо, що населення багатьох країн, у тому числі і України, старішає. Найчастіше літні люди є малорухомими, а іноді й лежачими хворими, змушеними перебувати в ізоляції від зовнішнього природного середовища, у тому числі сонячних променів, що супроводжується дефіцитом вітаміну D. Ми впевнені: для громадського здоров'я важливо полегшити долю таких людей, шкіра яких з віком ще

не втрачає здатності виробляти вітамін D [11, 12].

Як показали стереографічні дослідження за допомогою методики сонячних карт, в обраному нами модельному приміщенні у теплі місяці року тривалість інсоляції коливається, наприклад, у точках (0;4) і (0;5) у межах від 1 години 10 хвилин до 3 годин 15 хвилин (за винятком травня, червня і липня у точці (0;4) і є досить реальною, оскільки відповідає вимогам стандарту ЄС EN 17037 [24]. Тобто модель приміщення, його світлопроріз і орієнтація у просторі з точки зору інсоляції відповідають реальному варіанту проектування.

Якщо орієнтуватися на наведені рекомендації фахівців ВООЗ щодо тривалості і частоти використання сонячного випромінювання для отримання людиною профілактичних доз вітаміну D на свіжому повітрі [7], то зазначеного часу цілком достатньо з цією метою. Привертає увагу те, що рекомендації фахівців щодо тривалості перебування людини на сонці для отримання необхідної дози вітаміну D часто відрізняються [25, 26]. Але це й не дивно, оскільки для отримання тієї самої дози у різні години денного часу потрібна різна тривалість експозиції [27], не кажучи вже про сезонні відмінності і географічне положення населеного пункту, а також тип шкіри людини та інші обставини.

Ми зупинилися на відчиненій половині вікна, бо відомо [28, 29], що звичайне силікатне скло, навіть з мінімальним однокамерним склопакетом, відсікає довжини хвиль сонячного випромінювання, здатні запускати у шкірі людини процеси, що ведуть до утворення вітаміну D. Хоча ми обрали теплі місяці року для Києва, половину відчиненого вікна, ми взяли до уваги також з міркувань зменшення впливу зовнішніх

погодних умов на мікроклімат приміщення, де лежить людина у безпосередній близькості від вікна з оголеною ділянкою шкіри, необхідною для профілактичної процедури опромінення сонячними променями.

Обрана нами модель розрахунку необхідного часу опромінення людини сонячними променями [15, 16] поширюється на людину, яка стоїть на відкритій місцевості, орієнтується на узагальнену криву біологічної ефективності УФВ сонця з D-вітаміноутворення [21] і на скориговане правило Holick M.F. (2004) [30, 31].

Якщо подивитися на результати дослідження [32], то добре видно, що у населених пунктах, розташованих у північній географічній широті (40-50°), подібній положенню України (44-52° пн.ш.), для отримання тієї самої дози УФВ людині у вертикальному положенні потрібно більше часу, ніж у горизонтальному (відповідно 28-31 хв. і 20-24 хв). У нашому дослідженні результати обчислення необхідної тривалості експозиції за моделлю [13] ми без екстраполяції переносили на лежачого хворого, хоча розуміли, що у горизонтальному положенні тіла людини необхідна доза УФВ В отримується швидше. Деякою мірою такий підхід дозволяє компенсувати недоотриману дозу УФВ сонця від розсіяної компоненти, яка екранується приміщенням і самим положенням тіла лежачого хворого. Проте точно врахування цього моменту потребує спеціального дослідження.

Отримані нами тривалості необхідної експозиції для простору у приміщенні істотно відрізняються від аналогічних величин інших авторів для відкритої місцевості. Так, Terushkin V et al. 2010 [26], використовуючи як інструмент моделювання FastRT, визначили час перебування

на сонці, необхідний для досягнення у сироватці крові концентрації вітаміну D₃, еквівалентної 400 IU вітаміну D для осіб різних типів шкіри за Fitzpatrick T.B., 1988 [33]. Для синтезу 400 IU вітаміну D у певні місяці року людям з шкірою III типу у разі опромінення 25,5% поверхні тіла досить провести 3-8 хвилин на сонці близько 12:00 за східним стандартним часом (EST). Водночас інші автори [25] доводять, що під час визначення необхідної тривалості опромінення тіла людини важливо орієнтуватися не на біоефективну криву еритемної дії УФВ сонця, а на біоефективну криву D-вітаміноутворювальної дії цього фактора [21]. Використання еритемної кривої у таких розрахунках дає завищені величини тривалості експозиції [25] для отримання певних рекомендованих рівнів вітаміну D в організмі людини. Відмінності, що мають місце між отриманими нами і зазначеними вище авторами даними, можна пояснити різним географічним положенням населених пунктів і різними умовами розсіювання УФВ сонця, різними типами шкіри та іншими моментами.

Без розрахунку можливо рекомендувати, щоб необхідні тривалості опромінення УФВ сонця розміщати у проміжку початку та закінчення інсоляції точки у приміщенні так, щоб кінець цієї експозиції був якомога ближчим до кінця реальної тривалості інсоляції цієї точки у приміщенні, оскільки це дозволяє сформувати необхідну ефективну дозу УФВ діапазону В сонця з меншою часткою УФВ діапазону А, що відіграє ключову роль в імуносупресії і мутагенезі у людини [34] і належить до фізичних канцерогенів [35].

Середньорічні значення співвідношення спектрального випромінювання сонця

діапазонів UVA/UVB від 10:00 до 14:00 (з півгодинними інтервалами) статистично не відрізняються і є найменшими порівняно з іншими інтервалами світлового дня. Ці дані Y. Sola, J. Lorente, 2015 [36] дають підстави вважати, що опромінення такими променями сонця у цьому проміжку часу несе меншу загрозу канцерогенного, еластозного [37] та інших шкідливих впливів на шкіру [38]. Ось чому сонячне випромінювання у цьому інтервалі світлового дня можна вважати найбільш прийнятним для D-вітаміноутворення у шкірі людини. У цій роботі [36] показано, що зі збільшенням сонячного зенітного кута від 20° до 60° величина співвідношення УФА/УФВ сонячних променів з концентрацією озону 300 DU збільшується до 17 разів. Зміщуючи відрізок профілактичної експозиції УФВ шкіри людини якомога ближче до полудня з усього періоду тривалості інсоляції, ми обираємо з реально можливого сонячного випромінювання зі змінним спектральним складом і інтенсивністю більш ефективне щодо D-вітаміноутворення, водночас вирішуючи завдання скорочення часу експозиції і відсікання випромінювання сонця, в еритемних дозах якого значну частку становить діапазон УФВ А, який несе канцерогенний ризик і призводить до фотостаріння шкіри [36]. Проте таке, здавалося би, очевидне положення потребує наукового доказу, що стане предметом нашого наступного дослідження.

Розрахунки, виконані Richard McKenzie et al., 2004 [39], показують, що D-вітаміноутворювальна активність УФВ В (290-315 нм) сонячних променів зі збільшенням сонячного зенітного кута понад 60° істотно падає. Це ще раз підтверджує, що для практичної мети

профілактичного опромінення сонцем шкіри людини краще використовувати експозиції з висотою стояння сонця ближче до полудня. У такому випадку, незалежно від зміни концентрації озону у стратосфері, є висока ймовірність мати у сонячному випромінюванні великі рівні УФВ В і зменшену величину їх співвідношення до діапазону УФВ А [36] з запобіганням додаткового ризику деструктивного впливу на шкіру людини.

Але у приміщенні ми маємо інсоляцію прямими променями лише у проміжку світлового дня, який визначається умовами, описаними у роботі [40].

Показана нами принципова можливість проведення профілактичного D-вітаміноутворювального опромінення сонцем людини у приміщенні має низку особливостей:

- нею можуть скористатися люди з обмеженими фізичними можливостями та навіть лежачі хворі;

- час експозиції може бути подовжено понад 60 хвилин, але не досягаючи еритеми;

- можуть бути оголеними для опромінення великі площі шкіри людини, аж до 57,5%;

- людина може не лише стояти, але й сидіти, лежати під час процедури;

- погодні умови менше впливають на можливість проведення процедури;

- у разі дотримання тривалості процедур, розрахованих за D-вітаміноутворювальною кривою ефективності, виключається еритема шкіри та її віддалені наслідки;

- немає необхідності мати обов'язкові аналізи про статус вітаміну D в організмі, як це робиться у разі призначення вітаміну D перорально;

- передозування вітаміну D мало ймовірно, оскільки людина захищена від цього еволюційними механізмами його утворення, депонування

і виведення;

- можливість впровадження принципу «мало, але часто»;

- під час процедури хвора людина може залишатися без нагляду;

- інсоляція приміщення є безпечним безкоштовним ресурсом для профілактичного опромінення людини сонячними променями.

Опромінюючись на відкритому повітрі, особливо у робочі дні, люди можуть найчастіше відкрити променям сонця частини тіла не більше 35% [41]. Експозиція людини у приміщенні дозволяє підвищити статус вітаміну D з мінімізацією ризику еритеми шляхом опромінення більшої ділянки шкіри, тим самим скорочуючи час впливу УФВ сонця як канцерогенного фактора ризику. Якщо в умовах, які розглядають розробники моделі [13], можлива оголена площа шкіри людини обмежена погодними умовами і одягом, що у свою чергу залежить від пори року, моди, традицій тощо, то у приміщенні ці обмеження знімаються. Проте таке очевидне положення може бути предметом подальшого дослідження.

ВООЗ протягом багатьох років намагається об'єднати зусилля фахівців різних країн, щоб розробити рекомендації щодо безпечного використання сонячного випромінювання для боротьби з дефіцитом вітаміну D. Нам здається, що ВООЗ могла б профінансувати розробку відкритої, доступної усьому населенню планети програми, аналогічної розробленій Webb, A.R., Engelsen O. et al. [15, 16], яка дозволяла би будь-якій людині через смартфон визначити орієнтовний час для отримання необхідної дози УФВ В сонця, еквівалентної пероральному прийому і рекомендованої фахівцями дози вітаміну D, не лише на відкритій місцевості, а й у при-

міщенні з урахуванням його географічного місця розташування, величини світлопрорізів, їхньої орієнтації у просторі, величини коефіцієнта природної освітленості (або відсотка небосхилу, видимого з точки отримання процедури), площі тіла людини, що опромінюється, типу шкіри за Fitzpatrick TV, 1988 [33], віку і стану здоров'я, часу світлового дня, місяця і дня року. Відомості щодо хмарності, ступеня оптичної прозорості атмосфери, насиченості хмар водою, концентрації озону для конкретного випадку (місце і час) мають бути доступними в автоматичному режимі з наявних відкритих безкоштовних баз даних типу TEMIS [42].

Маючи у своєму розпорядженні такі програми, на першому етапі територіальні центри гідрометеорології могли б повідомляти через свій сайт цю інформацію на зразок того, як це робиться з ультрафіолетовим індексом [43, 44]. Мало того, дослідники стверджують, що синтез вітаміну D₃ у шкірі людини під дією УФВ сонця є більш ефективним для підвищення статусу вітаміну D порівняно з пероральним його прийомом [45-47].

На нашу думку, компенсація дефіциту вітаміну D за допомогою використання перевіреного еволюцією методу помірною опромінення сонячними променями ділянок шкіри є доступною і з економічних позицій більш прийнятною та безпечнішою, ніж за допомогою фортифікації продуктів і вітамінних добавок.

Висновки

1. У приміщенні з вікном південно-східної орієнтації, що інсолюється від 10 години ранку (кут висоти стояння сонця більше 30°), крізь відчинену половину вікна можливо у теплі місяці року (травень, червень, липень, серпень, вересень) отримати

ефективну дозу ультрафіолетового випромінювання, що здатне запускати процеси синтезу необхідної (1000 IU) профілактичної дози вітаміну D у шкірі лежачого хворого.

2. На основі уявлень про D-вітаміноутворювальну дію УФВ [21] і геометричних методів побудови сонячних карт [14] з використанням алгоритму розрахунку необхідної тривалості опромінення сонцем для отримання у шкірі людини 1000 IU вітаміну D [15] запропоновано методу визначення оптимальних місць для профілактичного опромінення сонячними променями людини через відчинене вікно у приміщенні у певні місяці року.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lips P., Cashman K., Lamberg-Allardt C. et al. Current vitamin D status in European and Middle East countries and strategies to prevent vitamin D deficiency: a position statement of the European Calcified Tissue Society. *European Journal of Endocrinology*. 2019. Vol. 180. Issue 4. P. 23-54. <https://doi.org/10.1530/EJE-18-0736>.
2. Luxwolda M.F., Kuipers R.S., Kema I.P., Janneke Dijck-Brouwer D.A., Muskiet F.A. J. Traditionally Living Populations in East Africa Have a Mean Serum 25-hydroxyvitamin D Concentration of 115 nmol/l. *British Journal of Nutrition*. 2012. Vol. 108, Issue 9. P. 1557-1561. <https://doi.org/10.1017/S0007114511007161>.
3. Parva N.R., Tadepalli S., Singh P. et al. Prevalence of vitamin D deficiency and associated risk factors in the US population (2011-2012). *Cureus*. 2018. Vol. 10 (6). <http://dx.doi.org/10.7759/cureus.2741>.
4. Patwardhan V.G., Mughal Z.M., Chiplonkar S.A. et al. Duration of casual sunlight exposure necessary for adequate vitamin D status in Indian men.

Indian Journal of Endocrinology Metabolism. 2018. Vol. 22 (2). P. 249-255. https://dx.doi.org/10.4103%2Fijem.IJEM_473_17.

5. Hoel D.G., Berwick M., Gruijl F.R., Holick M.F. The risks and benefits of sun exposure 2016. *Dermato-Endocrinology*. 2016. Vol. 8. № 1. P. e1248325 (17 pages). <https://doi.org/10.1080/19381980.2016.1248325>.

6. Holick M.F. Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004. Vol. 80, Issue 6. P. 1678S-1688S.

<https://doi.org/10.1093/ajcn/80.6.1678S>.

7. Lucas R.M., Repacholi M.H., McMichael A.J. Is the current public health message on UV exposure correct? *Bulletin of the World Health Organization*. 2006. Vol. 84. P. 485-491. doi: 10.2471/blt.05.026559.

8. Holick M.F., Garabedian M. Vitamin D: photobiology, metabolism, mechanism of action, and clinical applications. *Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism. Sixth Edition / Ed. M.J. Favus*. Washington, DC: American Society for Bone and Mineral Research, 2006. P. 129-137.

9. Holick M.F. High prevalence of vitamin D inadequacy and implications for health. *Mayo Clinic Proceedings*. 2006. Vol. 81. Issue 3. P. 353-373. <http://dx.doi.org/10.4065/81.3.353>.

10. Jones G., Dwyer T. Bone mass in prepubertal children: gender differences and the role of physical activity and sunlight exposure. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 1998. Vol. 83, Issue 12. P. 4274-4279. <https://doi.org/10.1210/jcem.83.12.5353>.

11. Reid I.R., Gallagher D.J. A., Bosworth J. Prophylaxis against vitamin D deficiency in the elderly by

regular sunlight exposure. *Age and Ageing*. 1986. Vol. 15, Issue 1. P. 35-40. <https://doi.org/10.1093/ageing/15.1.35>.

12. Sato Y., Iwamoto J., Kanoko T., Satoh K. Amelioration of osteoporosis and hypovitaminosis D by sunlight exposure in hospitalized, elderly women with Alzheimer's disease: a randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2005. Vol. 20, Issue 8. P. 1327-1333. <http://dx.doi.org/10.1359/JBMR.050402>.

13. Webb A.R., Engelsen O. Ultraviolet exposure scenarios: balancing risks of erythema and benefits of cutaneous vitamin D synthesis. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2020. Vol. 1268. P. 387-405. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-46227-7_20.

14. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення : ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010. Чинний від 2011-01-01. Київ : КНУБА, 2010. 81 с.

15. Webb A.R., Engelsen O. Calculated ultraviolet exposure levels for a healthy vitamin D status. *Photochemistry and Photobiology*. 2006. Vol. 82 (6). P. 1697-1703. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2006.tb09833.x>.

16. Engelsen O. The Relationship between ultraviolet radiation exposure and vitamin D status. *Nutrients*. 2010. Vol. 2 (5). P. 482-495. <https://doi.org/10.3390/nu2050482>.

17. Tayem Y., Alotaibi R., Hozayem R., Hassan A. Therapeutic regimens for vitamin D deficiency in postmenopausal women: a systematic review. *Menopause Review*. 2019. Vol. 18 (1). P. 57-62. <https://doi.org/10.5114/pm.2019.84159>

18. Weaver C.M., Bischoff-Ferrari H.A., Shanahan C.J. Cost-benefit analysis of calcium and vitamin D supplements. *Archives of Osteoporosis*. 2019. Vol. 14 (1). 50 (12 p.)

<https://doi.org/10.1007/s11657-019-0589-y>.

19. Masters G.M. Renewable and efficient electric power systems. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2004. 676 p. (P. 385-413). <https://doi.org/10.1002/0471668826>.

20. Holick M.F. Ultraviolet B Radiation. The Vitamin D Connection. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2017. № 996. P. 137-154. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-56017-5_12.

21. Bouillon R., Eisman J., Garabedian M., Holick M., Kleinschmidt J. et al. Action Spectrum for the Production of Previtamin D₃ in Human Skin : CIE 174. Vienna : CIE, 2006.

22. Grant R.H., Gao W. Diffuse fraction of UV radiation under partly cloudy skies as defined by the Automated Surface Observation System (ASOS). *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. 2003. Vol. 108, Issue D2. 4046. <https://doi.org/10.1029/2002JD002201>.

23. Daylight in buildings : EN 17037:2018. 72 p. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6fd9e65f-c3ba-4cda-a69c-dcbd8b7dce8d/sist-en-17037-2019>.

24. Salum G.M., García Molleja J., Regalado Díaz B.A., Guerrero León L.A., Berrezueta C. Calculation of the Sun exposure time for the synthesis of vitamin D in Urcuquí, Ecuador. *5-th International Work-Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering : Proceedings of Abstracts*. Granada, Spain, 2017. P. 27. URL : <https://arxiv.org/abs/1706.01541>.

25. Terushkin V., Bender A., Psaty E.L., Engelsen O., Wang S.Q., Halpern A.C. Estimated equivalency of vitamin D production from natural sun exposure versus oral vitamin D supplementation across seasons at two US latitudes. *Journal of the American Academy of*

Dermatology. 2010. Vol. 62, Issue 6. P.929.e1-929.e9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaad.2009.07.028>.

26. Акіменко В.Я., Стеблій Н.М. Еритемна доза як один з критеріїв гігієнічної регламентації інсоляції. *Довкілля і здоров'я*. 2018. № 1 (85). С. 26-31. <https://doi.org/10.32402/dovkil2018.01.026>.

27. Duarte I., Rotter A., Malvestiti A., Silva M. The role of glass as a barrier against the transmission of ultraviolet radiation: an experimental study. *Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine*. 2009. Vol. 25, Issue 4. P. 181-184. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0781.2009.00434.x>

28. Bugner D., LaBarca J., Kopperl D. et. al. Survey of environmental conditions relative to display of photographs in consumer homes. *13-th International Symposium on Photofinishing Technology Proceedings*. Las Vegas, Nevada, 2004. P. 31-36.

29. Holick M.F. Vitamin D: Importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004. Vol. 79, Issue 3. P. 362-371. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.3.362>.

30. Holick M.F. The Vitamin D Advantage. New York : iBooks, Inc., 2004.

31. Webb A.R., Kift R., Berry J.L., Rhodes L.E. The vitamin D debate: translating controlled experiments into reality for human sun exposure times. *Photochemistry and Photobiology*. 2011. Vol. 87, Issue 3. P. 741-745. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2011.00898.x>.

32. Fitzpatrick T.B. The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI. *Archives of Dermatology*. 1988. Vol. 124, Issue 6. P. 869-871. <http://doi.org/10.1001/archderm.124.6.869>.

33. Halliday G.M., Byrne S.N., Damian D.L. Ultraviolet A radiation: its role in immunosuppression and carcinogenesis. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*. 2011. Vol. 30. P. 214-221. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sder.2011.08.002>.
34. Ullrich S.E. Mechanisms underlying UV-induced immune suppression. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. 2005. Vol. 571, Issues (1-2). P. 185-205. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.06.059>.
35. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Solar and Ultraviolet Radiation. Lyon: WHO, International agency for research on cancer, 1990. Vol. 55. 325 p.
36. Sola Y., Lorente J. Contribution of UVA irradiance to the erythema and photoaging effects in solar and sunbed exposures. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2015. Vol. 143. P. 5-11. <https://doi.org/10.1016/j.jphoto.2014.10.024>.
37. Kligman L.H., Sayre R.M. An action spectrum for ultraviolet induced elastosis in hairless mice: quantification of elastosis by image analysis. *Photochemistry and Photobiology*. 1991. Vol. 53, Issue 2. P. 237-242. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1991.tb03928.x>.
38. Bisset D.P., Hannon T. Orr. Wavelength dependence of histological, physical and visible changes in chronically UV-irradiated hairless mouse skin. *Photochemistry and Photobiology*. 1989. Vol. 50. P. 763-769. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1989.tb02907.x>.
39. McKenzie R., Smale D., Kotkamp M. Relationship between UVB and erythemally weighted radiation. *Photochemical and Photobiological Sciences*. 2004. Vol. 3, Issue 3. P. 252-256. <https://doi.org/10.1039/B312985C>.
40. Sergeychuk O.V. Analysis of Ukrainian Standard of Calculating Insolation: DSTU-N B V.2.2-27: 2010. *Vestnik MGSU*. 2011. Vol. 6. P. 449-458. URL : <http://vestnikmgsu.ru/index.php/en/component/sjarchive>.
41. Lund C.C., Browder N.C. Estimation of areas of burns. *Surgery Gynecology and Obstetrics*. 1944. Vol. 79. P. 352-358.
42. UV station data based on operational TEMIS satellite ozone data. URL : https://www.temis.nl/uvradiation/UVarchive/stations_uv.php.
43. Gies P., Deventer E., Green A.C. et al. Review of the Global Solar UV Index 2015 Workshop Report. *Health Physics*. 2018. Vol. 114, Issue 1. P. 84-90. <http://dx.doi.org/10.1097/HP.0000000000000742>
44. УФ-индекс. URL : https://www.who.int/uv/inter-sunprogramme/activities/uv_index/ru/.
45. Trang M. H., Cole D.E., Rubin L.A. et al. Evidence that vitamin D₃ increases serum 25-hydroxyvitamin D more effectively than does vitamin D₂. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1998. Vol. 68. P. 854-858. <https://doi.org/10.1093/ajcn/68.4.854>.
46. Armas L.A.G., Hollis B.W., Heaney R.P. Vitamin D₂ is much less effective than vitamin D₃ in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2004. Vol. 89, Issue 11. P. 5387-5391. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-0360>.
47. Rapuri P., Gallagher J.C., Haynatzki G. Effect of vitamin D₂ and D₃ supplement use on serum 25OHD concentration in elderly women in summer and winter. *Calcified Tissue International*. 2004. Vol. 74. P. 150-156. <https://doi.org/10.1007/s00223-003-0083-8>.
- REFERENCES
- Lips P., Cashman K., Lamberg-Allardt C. et al. Current Vitamin D Status in European and Middle East Countries and Strategies to Prevent Vitamin D Deficiency: a Position Statement of the European Calcified Tissue Society. *European Journal of Endocrinology*. 2019 ; 180 (4) : 23-54. <https://doi.org/10.1530/EJE-18-0736>.
 - Luxwolda M.F., Kuipers R.S., Kema I.P., Janneke Dijck-Brouwer D.A. and Muskiet F.A.J. Traditionally Living Populations in East Africa Have a Mean Serum 25-hydroxyvitamin D Concentration of 115 nmol/l. *British Journal of Nutrition*. 2012; 108 (9): 1557-1561. <https://doi.org/10.1017/S0007114511007161>.
 - Parva N.R., Tadepalli S., Singh P. et al. Prevalence of Vitamin D Deficiency and Associated Risk Factors in the US Population (2011-2012). *Cureus*. 2018 ; 10 (6). <http://dx.doi.org/10.7759/cureus.2741>.
 - Patwardhan V.G., Mughal Z.M., Chiplonkar S.A. et al. Duration of Casual Sunlight Exposure Necessary for Adequate Vitamin D Status in Indian Men. *Indian Journal of Endocrinology Metabolism*. 2018 ; 22 (2) ; 249-255. https://dx.doi.org/10.4103%2Fijem.IJEM_473_17.
 - Hoel D.G., Berwick M., Gruijl F.R. and Holick M.F. The Risks and Benefits of Sun Exposure 2016. *Dermato-Endocrinology*. 2016 ; 8 (1) : e1248325 (17 pages). <https://doi.org/10.1080/19381980.2016.1248325>.
 - Holick M.F. Sunlight and Vitamin D for Bone Health and Prevention of Autoimmune Diseases, Cancers, and Cardiovascular Disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004 ; 80 (6) ; 1678S-1688S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.6.1678S>.
 - Lucas R.M., Repacholi M.H. and Mcmichael A.J. Is The Current Public Health Message On UV Exposure

- Correct? *Bulletin of the World Health Organization*. 2006 ; 84 : 485-491. doi: 10.2471/blt.05.026559.
8. Holick M.F. and Garabedian M. Vitamin D: Photobiology, Metabolism, Mechanism of Action, and Clinical Applications. *Primer on the Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism. Sixth Edition* / Ed. M.J. Favus. Washington, DC: American Society for Bone and Mineral Research ; 2006 : 129-137.
9. Holick M.F. High Prevalence of Vitamin D Inadequacy and Implications for Health. *Mayo Clinic Proceedings*. 2006 ; 81 (3) : 353-373. <http://dx.doi.org/10.4065/81.3.353>.
10. Jones G. and Dwyer T. Bone Mass in Prepubertal Children: Gender Differences and the Role of Physical Activity and Sunlight Exposure. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 1998 ; 83 (12) : 4274-4279. <https://doi.org/10.1210/jcem.83.12.5353>.
11. Reid I.R., Gallagher D.J.A. and Bosworth J. Prophylaxis Against Vitamin D Deficiency in the Elderly by Regular Sunlight Exposure. *Age and Ageing*. 1986 ; 15 (1) : 35-40. <https://doi.org/10.1093/ageing/15.1.35>.
12. Sato Y., Iwamoto J., Kanoko T. and Satoh K. Amelioration of Osteoporosis and Hypovitaminosis D by Sunlight Exposure in Hospitalized, Elderly Women with Alzheimer's Disease: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2005 ; 20 (8) : 1327-1333. <http://dx.doi.org/10.1359/JBMR.050402>.
13. Webb A.R., and Engelsen O. Ultraviolet Exposure Scenarios: Balancing Risks of Erythema and Benefits of Cutaneous Vitamin D Synthesis. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2020 ; 1268 : 387-405. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-46227-7_20.
14. Nastanova z rozrakhunku insoliatsii obektiv tsyvilnoho pryznachennia : DSTU-N B V.2.2-27:2010. Chynnyi vid 2011-01-01 [Guidelines for the Calculation of the Insolation for Civilian Objects: State Standard B V.2.2-27: 2010. Valid from 2011-01-01. Kiev: KNUBA, 2010.81 p.]. Kyiv : KNUBA ; 2010 : 81 p. (in Ukrainian).
15. Webb A.R. and Engelsen O. Calculated Ultraviolet Exposure Levels for a Healthy Vitamin D Status. *Photochemistry and Photobiology*. 2006 ; 82 (6) : 1697-1703. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2006.tb09833.x>.
16. Engelsen O. The Relationship between ultraviolet radiation exposure and vitamin D status. *Nutrients*. 2010. Vol. 2 (5). P. 482-495. <https://doi.org/10.3390/nu2050482>.
17. Tayem Y., Alotaibi R., Hozayen R. and Hassan A. Therapeutic Regimens for Vitamin D Deficiency in Postmenopausal Women: a Systematic Review. *Menopause Review*. 2019 ; 18 (1) : 57-62. <https://doi.org/10.5114/pm.2019.84159>
18. Weaver C.M., Bischoff-Ferrari H.A. and Shanahan C.J. Cost-Benefit Analysis of Calcium and Vitamin D Supplements. *Archives of Osteoporosis*. 2019 ; 14 (1) : 50 (12 p.). <https://doi.org/10.1007/s11657-019-0589-y>.
19. Masters G.M. Renewable and Efficient Electric Power Systems. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.; 2004. 676 p. (P. 385-413). <https://doi.org/10.1002/0471668826>.
20. Holick M.F. Ultraviolet B Radiation. The Vitamin D Connection. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2017 ; 996 : 137-154. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-56017-5_12.
21. Bouillon R., Eisman J., Garabedian M., Holick M., Kleinschmidt J. et al. Action Spectrum for the Production of Previtamin D₃ in Human Skin : CIE 174. Vienna : CIE; 2006.
22. Grant R.H. and Gao W. Diffuse Fraction of UV Radiation under Partly Cloudy Skies as Defined by the Automated Surface Observation System (ASOS). *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. 2003 ; 108 (D2) : 4046. <https://doi.org/10.1029/2002JD002201>.
23. Daylight in Buildings : EN 17037:2018. 72 p. URL : <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6fd9e65f-c3ba-4cda-a69c-dcbd8b7dce8d/sist-en-17037-2019>.
24. Salum G.M., García Molleja J., Regalado Díaz B.A., Guerrero León L.A., Berrezueta C. Calculation of the Sun exposure time for the synthesis of vitamin D in Urcuquí, Ecuador. *5-th International Work-Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering : Proceedings of Abstracts*. Granada, Spain; 2017 : 27. URL : <https://arxiv.org/abs/1706.01541>.
25. Terushkin V., Bender A., Psaty E.L., Engelsen O., Wang S.Q. and Halpern A.C. Estimated Equivalency of Vitamin D Production from Natural Sun Exposure Versus Oral Vitamin D Supplementation Across Seasons at Two US Latitudes. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2010 ; 62 (6) : 929.e1-929.e9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaad.2009.07.028>.
26. Akimenko V.Ya. and Steblii N.M. Eritemna doza yak odyń iz kryteriiv hihienichnoi rehlamentatsii insoliatsii [Erythema Dose as One of the Criteria for the Hygienic Regulation of Insolation]. *Dovkillia i zdorovia (Environment & Health)*. 2018

- ; 1 (85) : 26-31.
<https://doi.org/10.32402/dovkil2018.01.026>.
27. Duarte I., Rotter A., Malvestiti A. and Silva M. The Role of Glass as a Barrier Against the Transmission of Ultraviolet Radiation: an Experimental Study. *Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine*. 2009 ; 25 (4) : 181-184.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0781.2009.00434.x>
28. Bugner D., LaBarca J., Kopperl D. et. al. Survey of Environmental Conditions Relative to Display of Photographs in Consumer Homes. *13-th International Symposium on Photofinishing Technology Proceedings*. Las Vegas, Nevada; 2004 : 31-36.
29. Holick M.F. Vitamin D: Importance in the Prevention of Cancers, Type 1 Diabetes, Heart Disease, and Osteoporosis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004 ; 79 (3) : 362-371.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/79.3.362>.
30. Holick M.F. The Vitamin D Advantage. New York : iBooks, Inc.; 2004.
31. Webb A.R., Kift R., Berry J.L. and Rhodes L.E. The Vitamin D Debate: Translating Controlled Experiments into Reality for Human Sun Exposure Times. *Photochemistry and Photobiology*. 2011 ; 87 (3) : 741-745.
<https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2011.00898.x>.
32. Fitzpatrick T.B. The Validity and Practicality of Sun-Reactive Skin Types I through VI. *Archives of Dermatology*. 1988 ; 124 (6) : 869-871.
<http://doi.org/10.1001/archderm.124.6.869.33>.
33. Halliday G.M., Byrne S.N. and Damian D.L. Ultraviolet A Radiation: its Role in Immunosuppression and Carcinogenesis. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*. 2011 ; 30 : 214-221.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sder.2011.08.002>.
34. Ullrich S.E. Mechanisms Underlying UV-Induced Immune Suppression. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. 2005 ; 571 (1-2); 185-205.
<https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.06.059>.
35. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Solar and Ultraviolet Radiation. Lyon: WHO, International Agency for Research on Cancer ; 1990 ; 55 : 325 p.
36. Sola Y. and Lorente J. Contribution of UVA Irradiance to the Erythema and Photoaging Effects in Solar and Sunbed Exposures. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2015 ; 143 : 5-11.
<https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2014.10.024>.
37. Kligman L.H. and Sayre R.M. An Action Spectrum for Ultraviolet Induced Elastosis in Hairless Mice: Quantification of Elastosis by Image Analysis. *Photochemistry and Photobiology*. 1991 ; 53 (2) : 237-242.
<https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1991.tb03928.x>.
38. Bisset D.P. and Hannon T. Orr. Wavelength Dependence of Histological, Physical and Visible Changes in Chronically UV-Irradiated Hairless Mouse Skin. *Photochemistry and Photobiology*. 1989 ; 50 : 763-769.
<https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1989.tb02907.x>.
39. McKenzie R., Smale D. and Kotkamp M. Relationship between UVB and Erythemally Weighted Radiation. *Photochemical and Photobiological Sciences*. 2004 ; 3 (3) : 252-256.
<https://doi.org/10.1039/B312985C>.
40. Sergeychuk O.V. Analysis of Ukrainian Standard of Calculating Insolation: DSTU-N B V.2.2-27: 2010. *Vestnik MGSU*. 2011 ; 6 : 449-458. URL : <http://vestnikmgsu.ru/index.php/en/component/sjarchive>.
41. Lund C.C. and Browder N.C. Estimation of Areas of Burns. *Surgery Gynecology and Obstetrics*. 1944 ; 79 : 352-358.
42. UV Station Data Based on Operational TEMIS Satellite Ozone Data. URL : https://www.temis.nl/uvradiation/UVarchive/stations_uv.php.
43. Gies P., Deventer E., Green A.C. et. al. Review of the Global Solar UV Index 2015 Workshop Report. *Health Physics*. 2018 ; 114 (1) : 84-90.
<http://dx.doi.org/10.1097/HP.0000000000000742>
44. UF-indeks [UV-Index]. URL : https://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/ru/ (in Russian).
45. Trang M.H., Cole D.E., Rubin L.A. et al. Evidence That Vitamin D₃ Increases Serum 25-Hydroxyvitamin D More Effectively Than Does Vitamin D₂. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1998 ; 68 : 854-858.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/68.4.854>.
46. Armas L.A.G., Hollis B.W. and Heaney R.P. Vitamin D₂ is Much Less Effective Than Vitamin D₃ in Humans. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2004 ; 89 (11) : 5387-5391.
<https://doi.org/10.1210/jc.2004-0360>.
47. Rapuri P., Gallagher J. C. and Haynatzki G. Effect of Vitamin D₂ and D₃ Supplement Use on Serum 25OHD Concentration in Elderly Women in Summer and Winter. *Calcified Tissue International*. 2004 ; 74 : 150-156.
<https://doi.org/10.1007/s00223-003-0083-8>.

Надійшло до редакції 27.11.2021