

Фінансування: це дослідження не отримало зовнішнього фінансування.

Висновок комісії по біоетиці: для проведення дослідження отримано позитивне рішення комісії з біоетики Одеського національного медичного університету (протокол № 31 від 31.05.2021), дотримано основних морально-етичних принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації з біомедичних досліджень.

Заява про поінформовану згоду: від пацієнток було отримано письмову поінформовану згоду на обробку персональних даних та їх подальше використання.

Заява про доступність даних: вся інформація знаходиться у відкритому доступі, дані щодо конкретного пацієнта можуть бути отримані на запит у провідного автора.

Конфлікт інтересів: автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Робота надійшла в редакцію 27.02.2024 року.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування

УДК 628.162:613.34.:502.65+546.134

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.0967669>

А. В. Мокієнко, О. В. Лотоцька¹

ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА БІОЦИДНОЇ ДІЇ СОНЯЧНОЇ ДЕЗИНФЕКЦІЇ

Національний університет «Острозька академія»

¹Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського

Authors information

Мокієнко А.В. <https://orcid.org/0000-0002-4491-001X>

Лотоцька О.В. <https://orcid.org/0000-0002-1393-7914>

Summary. Mokienko A. V., ¹Lototska O. V. **HYGIENIC ASSESSMENT OF BIOCIDAL EFFECT SOLAR DISINFECTION** Ostroh Academy National University; ¹Ternopil National Medical University named after I.Ya. Gorbachevskii; e-mail mokienkoav56@gmail.com. Solar Water Disinfection (SODIS) has gained recognition as one of the home water treatment (HWT) methods. The paucity of domestic data in the literature indicates an urgent need to analyze reliable scientific evidence confirming the microbiological effectiveness of SODIS and the positive impact on health among users. Goal. Hygienic evaluation of the biocidal effect of solar disinfection. Materials and methods. Bibliometric, analytical. Research results and their discussion. The synergistic biocidal effect of SODIS, which is a consequence of the combined effect of ultraviolet light and increased water temperature, has been demonstrated. The results of several laboratory experiments and field studies indicate the effective inactivation of 99.9% of many intestinal microorganisms. An analysis of controlled trials showed a reduction in the incidence of diarrheal diseases with SODIS ranging from 36 to 75.8%. It has been shown that certain pathogens, such as cysts, may be less susceptible to solar disinfection, requiring alternative approaches or higher doses of UV irradiation for effective inactivation. In addition, the issue of prolongation of exposure time, regrowth of the pathogen, resistance during SODIS application, and the use of inexpensive and resistant materials were considered. This may involve researching alternative materials or modifying existing ones to make the technology more accessible.

Key words: drinking water, solar disinfection, biocidal efficiency.

Реферат. Мокієнко А. В., Лотоцька О. В. **ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА БІОЦИДНОЇ ДІЇ СОНЯЧНОЇ ДЕЗИНФЕКЦІЇ.** Сонячна дезінфекція води (SODIS) отримала визнання як один із методів очищення води в домашніх умовах (HWT). Обмаль вітчизняних даних літератури свідчить про нагальну необхідність аналізу надійних наукових доказів, що підтверджують мікробіологічну ефективність SODIS і позитивний вплив на здоров'я серед користувачів. Мета. Гігієнічна оцінка біоцидної дії сонячної дезінфекції. Матеріали і методи. Бібліометричні, аналітичні. Результати досліджень та їх обговорення. Продемонстровано синергетичний біоцидний ефект SODIS, який є наслідком спільного впливу ультрафіолетового світла та підвищення температури води. Результати декількох лабораторних експериментів і польових досліджень свідчать про ефективну інактивацію 99,9% багатьох кишкових мікроорганізмів. Аналіз контрольованих досліджень показав зниження частоти діарейних захворювань за допомогою SODIS у діапазоні від 36 до 75,8 %. Показано, що певні патогени, наприклад цисти, можуть бути менш сприйнятливими до сонячної дезінфекції, вимагаючи альтернативних підходів або вищих доз УФ-опромінення для ефективної інактивації. Крім того, розглянуто питання подовження часу впливу, повторного росту патогену, стійкості під час застосування SODIS, використання недорогих і стійких матеріалів. Це може включати дослідження альтернативних матеріалів або модифікацію існуючих для підвищення доступності цієї технології.

Ключові слова: питна вода, сонячна дезінфекція, біоцидна ефективність.

Вступ

Споживання неочищеної забрудненої питної води поширене в багатьох країнах, що розвиваються, і є фактором ризику водно-обумовлених інфекцій. У відповідь на це з'явилися практичні та економічно ефективні рішення у вигляді інноваційних методів обробки води на побутовому рівні, відомих як очищення води в домашніх умовах (HWT). Сонячна дезінфекція води (SODIS) отримала визнання як один із таких методів. Обмаль вітчизняних даних літератури свідчить про нагальну необхідність аналізу надійних наукових доказів, що підтверджують мікробіологічну ефективність SODIS і позитивний вплив на здоров'я серед користувачів.

Мета роботи

Гігієнічна оцінка біоцидної дії сонячної дезінфекції.

Матеріали і методи

Бібліометричні, аналітичні.

Результати досліджень та їх обговорення

SODIS працює на основі двох основних принципів: використання сонячного світла для дезінфекції води та дотримання рекомендованого часу впливу. Коли вода піддається впливу сонячного світла, вона одночасно проходить два процеси, які сприяють її безпечності для споживання. Перший процес включає сонячне ультрафіолетове (УФ) випромінювання, зокрема УФ-А світло, яке має бактерицидні властивості. Це випромінювання проникає у воду, викликаючи порушення ДНК патогенів. Другий процес включає інфрачервоне тепло від сонячного світла, яке підвищує температуру води всередині пляшок. Ця підвищена температура ще більше посилює інактивацію мікроорганізмів, доповнюючи процес ультрафіолетової дезінфекції. Комбінований ефект обох стресів створює синергетичну дію, яка робить SODIS ефективним і доступним методом очищення побутової води в умовах обмежених ресурсів [1, 2].

Бактерицидна дія УФ-А випромінювання

Як відомо, оптичне випромінювання в електромагнітному спектрі включає ультрафіолетове випромінювання, видиме світло та інфрачервоне випромінювання (ІЧ). Ультрафіолетове (УФ) випромінювання — це енергія, яка природним чином надходить від сонця як основного джерела і охоплює діапазон довжин хвиль 100–400 нм, що є нижчою довжиною хвилі, ніж видиме світло. УФ поділяється на три діапазони, а саме: УФ-А (315–400 нм), УФ-В (280–315 нм) і УФ-С (100–280 нм) [3]. Сонячне ультрафіолетове випромінювання викликає різні біологічні впливи, такі як зміни складу білків, ДНК та інших важливих біологічних сполук. УФ має довготривалий вплив на життєво важливі

фізіологічні процеси, що призводить до зниження росту та поділу клітин, втрати пігментації та уповільненого виробництва енергії, а також викликає гострий фізіологічний стрес у різних організмів. Основним механізмом інактивації патогенів під час сонячної дезінфекції є пряме або опосередковане пошкодження білків і ДНК організмів, спричинене випромінюванням в УФ-В, УФ-А та, можливо, нижньому видимому діапазоні [1]. Коли патогени піддаються впливу сонячного світла, УФ-А-випромінювання безпосередньо взаємодіє з ДНК, нуклеїновими кислотами та ферментами їхніх клітин, змінює молекулярну структуру та зрештою призводить до їх загибелі. Однак УФ-В відіграє незначну роль у інактивації мікроорганізмів SODIS, оскільки більша частина (95%) (а також УФ-С) поглинається шаром озону стратосфери. Крім того, ПЕТ-матеріали пляшок поглинають більшу частину УФ-В випромінювання [1].

Таким чином, УФ-А частина сонячного світла є основним фактором інактивації SODIS [4]. Коли вода піддається впливу ультрафіолетового випромінювання, комбінований ефект поглинання ультрафіолетового випромінювання та фотохімічних реакцій сприяє інактивації патогенів під час сонячної дезінфекції. Прозорі пластикові або скляні пляшки, які використовуються в SODIS, пропускають УФ-А випромінювання та поглинаються водою. Це поглинене УФ-А-випромінювання взаємодіє з мікроорганізмами, присутніми у воді, пошкоджуючи їх ДНК та ферменти. Ця взаємодія змінює молекулярну структуру, зрештою спричиняючи загибель клітин. Однак, за даними Luzi et al. [1], поглинене УФ-А випромінювання не шкодить безпосередньо генетичному матеріалу патогенів. Натомість воно запускає фотохімічні реакції всередині мікроорганізмів. Під час цих реакцій УФ-А-випромінювання взаємодіє з молекулами кисню у воді, що призводить до утворення високоактивних форм кисню (АФК), таких як синглетний кисень, супероксид, перекис водню та гідроксильний радикал. Ці АФК згодом взаємодіють і пошкоджують ДНК або білки (та інші клітинні компоненти), перешкоджаючи здатності патогенів розмножуватися та виживати [5]. Варто зазначити, що АФК можуть бути опосередковані органічними фотосенсибілізаторами, розчиненими у воді, такими як органічні молекули або залізо (екзогенний механізм), або молекулами самих патогенних організмів (ендогенний механізм) [1].

ІЧ (підвищена температура)

Окрім УФ-А випромінювання, сонячне світло також містить ІЧ, яке сприяє нагріванню води в пляшках SODIS. ІЧ-промені, які поглинає вода, відповідають за її нагрівання. Підвищені температури можуть посилити інактивацію патогенів через термічні ефекти, оскільки багато мікроорганізмів чутливі до високих температур. Вищі температури також можуть прискорити біохімічні реакції, що відбуваються всередині мікроорганізмів, ще більше погіршуючи їхню життєздатність [1]. Механізм пошкодження молекулярної структури патогенних організмів відомий як термічна інактивація або пастеризація, коли температура води підвищується до 70 °C–75 °C [1]. Під час сонячного опромінення вода зазвичай нагрівається сонячним ІЧ-випромінюванням залежно від інтенсивності опромінення, температури навколишнього середовища та місця розташування (охолодження вітром, фонове поглинання тепла) [1]. При цьому, температура води в пляшках підвищується вище температури метаболізму мікроорганізмів [1].

У цьому випадку воду не потрібно кип'ятити, щоб знищити 99,9% мікроорганізмів. Наприклад, у своєму експерименті з дослідження ефективності SODIS для кишкових патогенів Berney et al. [6] виявили, що *Vibrio cholerae* більш сприйнятливий до легкого нагрівання при температурах до 40 °C, а *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* і *Shigella flexneri* чутливі до температури вище 45 °C. У 2015 році BOOЗ [7] представила результати різних досліджень, які показали, що патогенні мікроорганізми у воді чутливі до тепла та гинуть або інактивуються навіть при температурах нижче кипіння (менше 100 °C). За даними Clasen [8], було показано, що нагрівання води навіть до 55 °C вбиває або інактивує більшість кишкових патогенів. Як показано в табл. 1, нагрівання води до 50–60 °C протягом 1 години має такий же ефект, як і кип'ятіння [9]. Проте все ще стверджується, що доведення води до кипіння є єдиним способом забезпечити достатньо високі температури для усунення ризику патогенних бактерій, вірусів і найпростіших.

У табл. 1 наведені температури та час впливу, необхідні для знищення

Терморезистентність мікроорганізмів (10)

Мікроорганізм	Час та температура для 100% деструкції		
	1 хвилина	6 хвилин	60 хвилин
Enteroviruses			62 °C
Rotaviruses		63 °C for 30 min	
Faecal coliforms	Повна деструкція при 80 °C		
Salmonella		62 °C	
Shigella		61 °C	54 °C
Vibrio cholera			45 °C
Entamoeba histolytica cysts	57 °C	54 °C	50 °C
Giardia cysts	57 °C	54 °C	50 °C
Hookworm eggs and larvae		62 °C	51 °C
Ascaris eggs	68 °C	62 °C	57 °C
Schistosoma eggs	60 °C	55 °C	50 °C
Taenia eggs	65 °C	57 °C	51 °C

Синергетичний ефект УФ-А випромінювання та температури

Встановлено, що комбінований вплив сонячного тепла та ультрафіолетового випромінювання в процесі SODIS має летальний синергетичний ефект, який підвищує ефективність інактивації, набагато більшу, ніж кумулятивний ефект, який може спричинити окремий агент при індивідуальному застосуванні [1, 9, 11, 12]. При температурах вище 45–50 °C виникає синергетичний ефект термічної інактивації та УФ-А випромінювання, що значно підвищує ефективність інактивації SODIS [1]. Комбінований вплив УФ-випромінювання в УФ-А діапазоні від 320 до 400 нм і нагрівання до температури 50–60 °C має бактерицидну дію та є достатньо високим, щоб екстенсивно (99,9%) інактивувати багато кишкових мікроорганізмів. Цей же синергетичний ефект також спостерігався в дослідженні Mtapuri-Zinyowera et al. [13], де цисти *Giardia duodenalis* і *Entamoeba histolytica* або *Entamoeba dispar* були знищені, коли температура піднялася вище 50 °C, з повною загибеллю при 56 °C.

Синергетичний ефект УФ-А випромінювання та температури призводить до збільшення виробництва АФК у мікроорганізмах. Основна гіпотеза полягає в тому, що ультрафіолетове випромінювання генерує АФК, які можуть завдати шкоди нуклеїновим кислотам, білкам та іншим важливим клітинним компонентам, які забезпечують життя клітин [6]. Ці АФК, включаючи синглетний кисень і гідроксильні радикали, є високореактивними молекулами, які можуть спричинити окислювальне пошкодження різних клітинних компонентів, таких як ліпіди, білки та ДНК [6, 14]. Пошкодження ДНК, руйнування клітинних структур і окислювальний стрес в результаті цих внутрішньоклітинних механізмів разом сприяють ефективному знищенню мікроорганізмів і покращенню якості води під час сонячної дезінфекції води за допомогою SODIS (рис. 1).

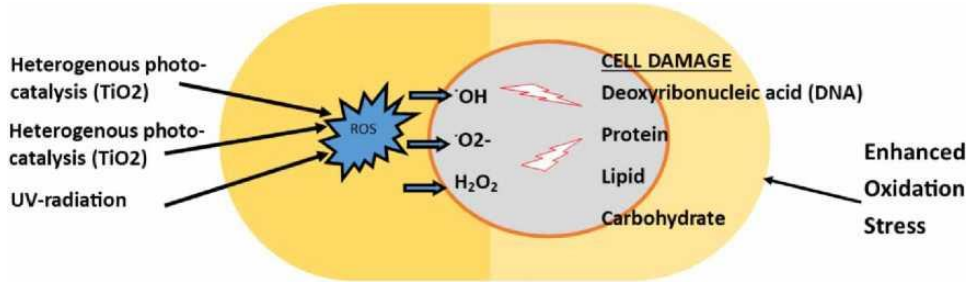


Рис. 1 Зображення складного процесу, під час якого патогенні організми зазнають пошкодження клітин, викликаного АФК

Ефективність SODIS

Мікробіологічна ефективність

SODIS пройшов ретельні випробування як у лабораторії, так і в польових умовах, і було доведено, що він покращує мікробну якість питної води завдяки своїй біоцидній дії проти всіх патогенних мікроорганізмів, що передаються у воді [8]. Результати McGuigan et al. [15] показали, що цисти *Giardia muris* та ооцисти *Cryptosporidium parvum* стають повністю неінфекційними після обробки SODIS протягом 4 та 10 годин відповідно. Подібним чином Joуse et al. [16] повідомили про повну дезінфекцію сильно забрудненої води штамом *E. coli* дикого типу протягом 7 годин. Не було виявлено жодних життєздатних мікроорганізмів *E. coli* ні в кінці експерименту, ні через 12 годин, що вказує на відсутність відновлення бактерій після дезінфекції. Дослідження Dessie et al. [17] в Ефіопії також продемонстрували повну та необоротну інактивацію фекальних колиформних бактерій протягом 4 годин після впливу в місцях з достатньою кількістю сонячного світла (сонячне опромінення близько 3,99 кВт/м² і вище). Декілька інших лабораторних експериментів і польових досліджень продемонстрували ефективність сонячної дезінфекції у знищенні кишкових патогенів, що викликають діарею [11]. У табл. 2 представлено деякі кишкові патогени, які інактивуються SODIS.

Вплив SODIS на здоров'я

Доведено, що SODIS є високоефективним підходом для покращення здоров'я населення в регіонах, де доступ до чистої питної води обмежений. Різноманітні дослідження та польові випробування незмінно підтвердили ефективність SODIS у покращенні якості води та зниженні частоти захворювань, що передаються через воду. Впровадження SODIS у різних громадах призвело до значного зниження мікробного забруднення та помітного покращення результатів для здоров'я.

Таблиця 2

Види мікроорганізмів, що переносяться водою, які інактивуються SODIS [18]

Bacteria	Viruses
<i>Campylobacter jejuni</i>	Bacteriophage f2
<i>Enterococcus sp.</i>	Encephalomyocarditis virus
<i>Enteropathogenic Escherichia coli</i>	Polio virus
<i>Mycobacterium avium</i>	Rotavirus
<i>Mycobacterium intracellulare</i>	Norovirus
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Fungi
<i>Salmonella typhi</i>	<i>Fusarium sp.</i>
<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Candida albicans</i>
<i>Shigella dysenteriae</i> Type I	Helminth
<i>Shigella flexneri</i>	<i>Ascaris sp. (ova)</i>
<i>Streptococcus faecalis</i>	Protozoa
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>Acanthamoeba polyphaga (cyst)</i>
<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Cryptosporidium parvum (oocyst)</i>
<i>Yersinia enterocolitica</i>	<i>Entamoeba sp. (cysts)</i>
	<i>Giardia sp (cysts)</i>

Рандомізовані дослідження в кенійській громаді масаїв

Піонерське дослідження, проведене в кенійській громаді масаїв, продемонструвало значний вплив SODIS на дезінфекцію води та результати для здоров'я [19-21]. У першому [19] дослідженні діти, які вживали воду після впливу сонячного світла, мали значно нижчий ризик епізодів діареї порівняно з контрольною групою. Подальше дослідження [20], спеціально націлене на дітей молодше 6 років, показало стійке зниження ризику діарейних захворювань на 16,0% через SODIS. Нарешті, під час спалаху холери діти молодше 6 років у домогосподарствах, де використовували сонячну дезінфекцію, мали значно нижчу захворюваність на холеру порівняно з контрольною групою [21]. Хоча детальна інформація про якість води в контрольних групах недоступна, результати переконливо вказують на те, що SODIS відіграв вирішальну роль у зниженні рівня захворювань у громаді.

Історії успіху в Болівії, Пакистані, Узбекистані, Непалі та Індії

SODIS досягла надзвичайного успіху у усьому світі, продемонструвавши свою ефективність у зменшенні діареї та покращенні здоров'я населення. Ці історії успіху, задокументовані Meierhofer [22] і Meierhofer & Landolt [23], надають переконливі докази позитивного впливу SODIS. Наприклад, у Болівії SODIS зменшив захворюваність на діарею більш ніж на 35% серед понад 200 дітей віком до 5 років. Подібним чином в Узбекистані спостерігалось значне зниження на 53% випадків діареї серед дітей віком до 5 років. Ці приклади підкреслюють трансформаційну силу SODIS у сприянні добробуту маленьких дітей і забезпеченні для них здорового майбутнього. У Пакистанських провінціях Rajoa і Chiniot рівень діареї зменшився з 26 до 13% і з 39 до 19% відповідно завдяки SODIS. У Непалі та Ассамі (Індія) SODIS довела ефективність у зниженні рівня діареї для понад 970 000 користувачів і запобігла приблизно 2,4 мільйонам випадків діареї щорічно в районах реалізації проекту. Широке впровадження цього доступного та стійкого рішення позитивно вплинуло на життя багатьох людей.

Ці висновки підтверджуються кількома іншими успішними контрольованими рандомізованими дослідженнями в типових екологічних і культурних умовах у різних країнах, включаючи Кенію, Південну Африку, Камерун, Індію та Камбоджу (табл. 3). Як видно з табл. 3, SODIS зменшив діарейні захворювання на 36–75% у цих країнах. Хлорування показало майже подібні результати зменшення діареї, переважно в діапазоні 30–40 % [24, 25]. Ефективність кип'ятіння у зменшенні діареї при застосуванні в домогосподарствах була погано задокументована, незважаючи на переконливі докази того, що воно може повністю знищити всі патогени в питній воді. Тим не менш, згідно зі звітом ВООЗ за 2014 рік, ефективна побутова очистка води (як кип'ятіння або фільтрація та безпечне зберігання) показала найбільше зниження захворювань на 45% [26].

Таблиця 3

Зниження частоти діарейних захворювань за допомогою SODIS у контрольованих дослідженнях

Локація	Зменшення діарейних захворювань (%)	Посилання
Dabat district, northwest Ethiopia	40	27
Nakuru, Kenya	44	28
South Africa	36	29
Slum areas of Yaoundé, Cameroon	42.5	11
Urban slum in Vellore, Tamil Nadu, India	40	30
Rural Cambodia	50	31
Sikkim, India	75.8	32

Висновки та рекомендації

1. Синергетичний біоцидний ефект SODIS як наслідок спільного впливу ультрафіолетового світла та підвищення температури води забезпечує інактивацію 99,9% багатьох кишкових мікроорганізмів.
2. Аналіз контрольованих досліджень показав зниження частоти діарейних захворювань за допомогою SODIS у діапазоні від 36 до 75,8 %.
3. Певні патогени, наприклад цисти, можуть бути менш сприйнятливими до сонячної дезінфекції, вимагаючи альтернативних підходів або вищих доз УФ-опромінення для ефективної інактивації.
4. Слід вирішити питання подовження часу впливу, повторного росту патогену, стійкості під час застосування SODIS, використання недорогих і стійких матеріалів. Це може включати дослідження альтернативних матеріалів або модифікацію існуючих для підвищення доступності цієї технології.

Література

1. Luzi S., Tobler M., Suter F., Meierhofer R. SODIS Manual: Guidance on Solar Water Disinfection. SANDEC, Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development, Eawag, Switzerland. 2016 Available from: https://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/sodismanual_2016_lr.pdf
2. Borde P., Elmusharaf K., McGuigan K. G., Keogh M. B. Community challenges when using large plastic bottles for solar energy disinfection of water (SODIS). *BMC Public Health*. 2016. V. 16 (1). P. 1-8. <https://doi.org/0.1186/s12889-016-3535-6>.
3. WHO. Ultraviolet Radiation. World Health Organization Geneva. Available from: https://www.who.int/health-topics/ultraviolet-radiation#tab4tab_1. 1994.
4. SODIS potential: a novel parameter to assess the suitability of solar water disinfection worldwide. J. Moreno-SanSegundo et al. *Chemical Engineering Journal*. 2021. V. 419. 129889. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129889>.
5. Garcia-Gil A., Garcia-Munoz R. A., McGuigan K. G., Marugan J. Solar water disinfection to produce safe drinking water: a review of parameters, enhancements, and modelling approaches to make SODIS faster and safer. *Molecules*. 2021. V. 26 (11). 3431. <https://doi.org/10.3390/molecules26113431>
6. Berney M., Weilenmann H. U., Simonetti A., Egli T. Efficacy of solar disinfection of *Escherichia coli*, *Shigella flexneri*, *Salmonella typhimurium* and *Vibrio cholerae*. *Journal of Applied Microbiology*. 2006. V. 101 (4). P. 828-836. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02983.x>.
7. World Health Organization. Technical Brief. Boil, Water (WHO/FWC/WSH/15.02). 2015. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/155821/WHO_FWC_WSH_15.02_eng.pdf?sequence=41&isAllowed=y.
8. Clasen T. Scaling up Household Water Treatment among low-Income Populations. World Health Organization, Geneva. 2009. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70049/WHO_HSE_WSH_09.02_eng.pdf
9. Meierhofer R., Wegelin M. Solar Water Disinfection: A Guide for the Application of SODIS (Vol. 06/02). Water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC). 2002. Available from: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/Meierhofer-2002-Solar.pdf>
10. SODIS - an emerging water treatment process. B. Sommer et al. *AQUA(oxford)*. 1997. V. 46(3). P. 127-137. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Yezid-Solarte/publication/235803199_SODIS-An_emerging_water_treatment_process/links/543d17ba0cf24ef33b766ddc/SODIS-An-emerging-water-treatment-process.pdf.
11. Health gains from solar water disinfection (SODIS): evaluation of a water quality intervention in Yaounde, Cameroon. J. Graf et al. *Journal of Water and Health*. 2010. V. 8 (4). P. 779-796. <https://doi.org/10.2166/wh.2010.003>.
12. Castro-Alferez M., Polo-Lopez M. I., Marugan J. & Fernandez-Ibanez P. Mechanistic modeling of UV and mild-heat synergistic effect on solar water disinfection. *Chemical Engineering Journal*. 2017. V. 316. P. 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.01.026>.
13. Impact of solar radiation in disinfecting drinking water contaminated with *Giardia duodenalis* and *Entamoeba histolytica*/dispar at a point-of-use water treatment. S. Mtapuri-Zinyowera et al. *Journal of Applied Microbiology*. 2009. V. 106 (3). P. 847-852. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.04054.x>.
14. Probing the intracellular organic matters released from the photocatalytic inactivation of bacteria using fractionation procedure and excitation-emission-matrix fluorescence. G. Huang et al. *Water Research*. 2017. V. 110. P. 270-280. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.12.032>.
15. Batch solar disinfection inactivates oocysts of *Cryptosporidium parvum* and cysts of *Giardia muris* in drinking water. K. McGuigan et al. *Journal of Applied Microbiology*. 2006. V. 101 (2). P. 453-463. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02935.x>.

16. Joyce T., McGuigan K., Elmore-Meegan M., Conroy R. Inactivation of fecal bacteria in drinking water by solar heating. *Applied and Environmental Microbiology*. 1996. V. 62 (2). P. 399-402. <https://doi.org/10.1128/aem.62.2.399-402.1996>.
17. Solar disinfection: an approach for low-cost household water treatment technology in Southwestern Ethiopia. A. Dessie et al. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2014. V. 12. P. 1-6. <https://doi.org/10.1186/2052-336X-12-25>.
18. (SODIS): a review from bench-top to roof-top. Solar water disinfection. K. G. McGuigan et al. *Journal of Hazardous Materials*. 2012. V. 235. P. 29-46. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.07.053>.
19. Solar disinfection of drinking water and diarrhoea in Maasai children: a controlled field trial. R. M. Conroy et al. *The Lancet*. 1996. V. 348 (9043), P. 1695-1697. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(96\)02309-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)02309-4).
20. Solar disinfection of water reduces diarrhoeal disease: an update. R. M. Conroy et al. *Archives of Disease in Childhood*. 1999. V. 81 (4). P. 337-338. <https://doi.org/10.1136/ad.814.337>.
21. Solar disinfection of drinking water protects against cholera in children under 6 years of age. R. M. Conroy et al. *Archives of Disease in Childhood*. 2001. V. 85 (4). P. 293-295. <https://doi.org/10.1136/ad.854.293>.
22. Meierhofer R. Establishing solar water disinfection as a water treatment method at household level. *Madagascar Conservation & Development*. 2006. V. 1 (1). <https://doi.org/10.4314/mcd.v1i1.44036>.
23. Meierhofer R., Landolt G. Factors supporting the sustained use of solar water disinfection - experiences from a global promotion and dissemination programme. *Desalination*. 2009. V. 248 (1-3). P. 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.05.050>.
24. Effect of in-line drinking water chlorination at the point of collection on child diarrhoea in urban Bangladesh: a double-blind, cluster-randomised controlled trial. A. J. Pickering et al. *The Lancet Global Health*. 2019. V. 7 (9). e1247-e1256. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(19\)30315-8](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(19)30315-8).
25. Solomon E. T., Robele S., Kloos H., Mengistie B. Effect of household water treatment with chlorine on diarrhea among children under the age of five years in rural areas of Dire Dawa, eastern Ethiopia: a cluster randomized controlled trial. *Infectious Diseases of Poverty*. 2020. V. 9. P. 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00680-9>.
26. World Health Organization. Preventing Diarrhoea Through Better Water, Sanitation and Hygiene: Exposures and Impacts in Low- and Middle-Income Countries. World Health Organization, Geneva. 2014.
27. The effect of SODIS water treatment intervention at the household level in reducing diarrheal incidence among children under 5 years of age: a cluster randomized controlled trial in Dabat district, northwest Ethiopia. B. D. Bitew et al. *Trials*. 2018. V. 19 (1). P. 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13063-018-2797-y>.
28. Randomized intervention study of solar disinfection of drinking water in the prevention of dysentery in Kenyan children aged under 5 years. M. Du Preez et al. *Environmental Science & Technology*. 2011. V. 45 (21). P. 9315-9323. <https://doi.org/10.1021/es2018835>.
29. Du Preez M., McGuigan K. G., Conroy R. M. Solar disinfection of drinking water in the prevention of dysentery in South African children aged under 5 years: the role of participant motivation. *Environmental Science & Technology*. 2010. V. 44 (22). P. 8744-8749. <https://doi.org/10.1021/es103328j>.
30. Solar disinfection of water for diarrhoeal prevention in southern India. A. Rose et al. *Archives of Disease in Childhood*. 2006. V. 91 (2). P. 139-141. <https://doi.org/10.1136/ad.2005.077867>.
31. McGuigan K. G., Samaiyar P., du Preez M., Conroy R. M. High compliance randomized controlled field trial of solar disinfection of drinking water and its impact on childhood diarrhea in rural Cambodia. *Environmental Science & Technology*. 2011. V. 45 (18). 7862-7867. <https://doi.org/doi.org/10.1021/es201313x>.
32. Rai B., Pal R., Kar S., Tsering D. C. Solar disinfection improves drinking water quality to prevent diarrhea in under-five children in Sikkim, India. *Journal of Global Infectious*

Внесок авторів. Автори зазначають про рівний внесок у написання роботи

Фінансування. Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування

Висновок комісії по біоетиці. Не потрібен

Заява про доступність даних. Вся інформація знаходиться у відкритому доступі, дані щодо конкретного пацієнта можуть бути отримані на запит у провідного автора.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Робота надійшла в редакцію 20.02.2024 року.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування

УДК 616 - 006.8

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10967671>

¹В. О. Полясний, ²О. М. Суласва, ³А. О. Машуков, ⁴Л. А. Ковалевська, ¹В. В. Браїловська,
¹Б. Ю. Браїловський

ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ МЕЛАНОМИ ШКІРИ

¹Міжнародний гуманітарний університет, м. Одеса

²Медична лабораторія CSD, м. Київ

³КНП Одеський регіональний клінічний протипухлинний центр ООР

⁴Медичний центр « Експерт Хелс », м. Одеса

Authors' Information

Полясний В. О. - ORCID ID: 0000-0002-6484-2827

Суласва О. М. -ORCID ID: 0000-0002-9614-4652

Машуков А. О. -ORCID ID: 0000-0001-6925-4218

Ковалевська Л. А. -ORCID ID: 0000-0002-2930-2155

Браїловська В. В. -ORCID ID: 0009-0006-8791-1772

Браїловський Б. Ю. -ORCID ID: 0009-0003-7832-9113

Меланома – високогетерогенне та агресивне злоякісне новоутворення шкіри [6]. Меланоми становлять лише близько 4% діагностованих випадків раку шкіри в США, але є причиною більшості смертей, спричинених раком шкіри.

Мета роботи: проаналізувати мультифакторні моделі прогнозування розвитку меланоми шкіри (МШ), що існують у практиці.

За останнє десятиліття значно покращилось розуміння прогностичних факторів МШ, що дозволило онкологам забезпечити відповідне лікування пацієнтів.

У розвитку меланоми грають роль генетичні чинники, вплив ультрафіолетового (УФ) випромінювання [4] та інші фактори. Хоча меланоми мають сильну схильність до метастазування при пізній діагностиці, ті з них, які діагностуються та лікуються на ранній стадії, становлять низький ризик смертності. Зокрема, вирішальне значення має виявлення пацієнтів із підвищеним ризиком метастазування, яким може допомогти рання ад'ювантна терапія, особливо з урахуванням появи нових методів лікування меланоми. 10-річне виживання при меланомі може наближатися до 50% після широкого місцевого висічення з лікувальною метою та негативної біопсії сторожового лімфатичного вузла [3].