

Ю.А. Рахманин, Г.И. Румянцев, С.М. Новиков // Гигиена и санитария. — 2001. — № 5. — С. 3-7.

2. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин и др. — М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. — 408 с.

3. Черкасский Б.Л. Риск в эпидемиологии / Б.Л. Черкасский. — М.: Практическая медицина, 2007. — 480 с.

4. Van der Heijden Cees A. Evaluation of carcinogenic risk: other approaches / A. Cees van der Heijden // Amer. J. Indust. Med. — 2000. — Vol. 38. — P. 316-323.

5. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности: МР 2.1.4.0032-11. — М.: Медицина, 2011. — 24 с.

6. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей природной среды и условиями проживания населения: Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04 / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. — М., 2004. — 129 с.

7. Методические рекомендации по обработке и анализу данных, необходимых для принятия решений в области охраны окружающей среды: МУ № 11-3/61-09 / Министерство здравоохранения РФ. — М., 2001. — 14 с.

8. Toxicological Review of Chloroform. In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS) / U.S. Environmental Protection Agency, 2001. — 112 p.

9. Current Use of OMICS Studies for Cancer Risk Assessment / Obe Gunter, Gary E. Marchant (Editor), Burkhard Jandrig and other // Cancer Risk Evaluation (Austria). — 2011. — P. 312-324.

10. US EPA. Proposed guidelines for carcinogen risk assessment: EPA / 600 / P-92 / 003C. — Washington, 1996.

11. Guidelines for Drinking-water Quality: Recommendations. — Third Edition Incorporating the First and Second Addenda. — Geneva: WHO. — 2010. — Vol. 1.

12. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Preamble / IARC. — Lyon, 2006. — 25 p.

Надійшла до редакції 18.11.2012.

EVALUATION OF TERRITORIAL RISK OF EXCESSIVE EXPOSURE OF THE POPULATION AND WORKERS BY NATURAL ULTRAVIOLET RADIATION, ACCORDING TO SATELLITE OBSERVATIONS

Salyukov A.O., Varyvonchik D.V.

ОЦІНКА ТЕРИТОРІАЛЬНИХ РИЗИКІВ НАДЛИШКОВОЇ ЕКСПОЗИЦІЇ НАСЕЛЕННЯ ТА ПРАЦІВНИКІВ ПРИРОДНИМ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ, ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ



**САЛЮКОВ А.О.,
ВАРИВОНЧИК Д.В.**

ДУ "Інститут медицини праці
НАМН України",
м. Київ

УДК:(613.165+613.648):614.8:5
51.501.8

Ультрафіолетове випромінювання (УФВ) є частиною електромагнітного спектра Сонця і за довжиною хвилі розподіляється на три зони: (A1 — $\lambda=400-340$ нм; A2 — $\lambda=340-315$ нм), UVB ($\lambda=315-280$ нм) і UVC ($\lambda=200-280$ нм). УФВ є одним з вагомих факторів, який впливає на здоров'я людини [6].

Численними дослідженнями встановлено, що найсильніше впливають на рівень приземного УФВ зенітний кут Сонця (визначається географічними координатами точки і астрономічними характеристиками) положенням Землі на її орбіті

ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РИСКОВ ИЗБЫТОЧНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ НАСЕЛЕНИЯ И РАБОТАЮЩИХ ЕСТЕСТВЕННЫМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ, ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Салюков А.А., Варивончик Д.В.

ГУ "Институт медицины труда НАМН Украины", г. Киев

Цель исследования — определение территориальных рисков избыточного экспонирования населения и работающих естественным ультрафиолетовым излучением (УФИ).

Материалы и методы. По данным спутниковых наблюдений ("ENVISAT-1", ESA; инструмент "SCIAMACHY") проводился территориальный анализ уровней излучения и экспозиционных доз приземного УФИ на географической территории Украины ($51,5-44,0^\circ$ с.ш.) за период 2002-2012 гг.

Результаты исследования. Определено, что на территории Украины существует реальная опасность излишнего экспонирования населения, длительно находящегося и работающего на открытом воздухе, естественным УФВ. Степень такой опасности определяется географической широтой расположения территории. В течение года опасность возникновения УФ-обусловленной патологии наблюдается с февраля по ноябрь, с максимальным риском в июне-июле.

Преимущественное формирование суточной УФ-дозы наблюдается в течение суток с 10.30 до 15.30 (UVA — 71% суточной дозы, UVB — 84%). Облачность неба незначительно снижает суточную эритемную УФ-дозу (до 20,0%) и почти не снижает генотоксическую дозу УФИ (до 9,5%). Установлена линейная зависимость "доза — эффект" между интенсивностью естественного УФИ и его эритемной дозой, определяющей неканцерогенные эффекты (поражение кожи и органа зрения). Установлена нелинейная (гиперболическая) зависимость "доза — эффект" между интенсивностью естественного УФИ (в диапазоне ≥ 175 мВт/м²; ≥ 7 у.ед. UVI) и его генотоксической дозой, определяющей канцерогенные эффекты (поражение кожи и органа зрения раком и меланомой). Результаты исследования позволили распределить территорию Украины на три территориальные зоны по опасности экспонирования населения и работающих естественным УФИ и возникновением у них УФ-обусловленной патологии: "умеренного риска" ($51,5-49^\circ$ с.ш.), "высокого риска" ($47-48^\circ$ с.ш.), "сверхвысокого риска" ($44-46^\circ$ с.ш.). Результаты исследования являются научной основой для дальнейшей разработки мероприятий первичной профилактики производственно-обусловленной и профессиональной патологии, вызванной природным УФИ.

© Салюков А.О., Варивончик Д.В. СТАТТЯ, 2013.



— поясний час доби, порядковий номер дня року; стан хмарності; загальний вміст озону (ЗВО); менш значимі чинники — аерозольна оптична товщина, альbedo підстильної поверхні тощо [2].

Важливе значення ЗВО полягає у тому, що від нього залежить надходження природного УФВ до приземної поверхні внаслідок найсильнішого поглинання стратосферним озonom сонячного випромінювання у смугах Хартлі та Хегінса (290-400 нм). Дефіцит кількості озону у товщі атмосфери зумовлює можливість небезпечного впливу УФВ на людину. Так, проведені дослідження показали появу на середніх широтах північної півкулі високої інтенсивності УФВ останніми десятиріччями, які пов'язані з формуванням "озонових аномалій" у стратосфері [1].

УФВ може становити об'єктивну небезпеку на робочому місці. За даними системи CAREX (CARcinogen EXposure) [http://www.ttl.fi], у країнах ЄС експонування УФВ на робочому місці посідає I місце у структурі впливу канцерогенних агентів (21,7% працівників). Понад 50,0% робітників у цих країнах піддаються надлишковій дії природного УФВ — у сільському, лісовому господарстві, мисливстві, рибальстві (32,31%) та на будівництві (23,41%) [6].

Раніше проведеними в Україні дослідженнями встановлено, що в Україні сумарне добове навантаження людини природним УФВ (лише за рахунок UVB) сягає у південних регіонах у червні-серпні 15-23 МЕД, у вересні-жовтні — 5-7 МЕД [3, 4].

Надлишкове експонування людини природним УФВ може стати причиною розвитку низ-

ки гострих та хронічних патологічних станів, таких як ураження

□ шкіри — еритема та засмага, сонячний опік, фотостаріння, фотодерматоз, сонячний кератоз, злоякісна меланома / рак (базально-, плоскоклітинний) шкіри, губи;

□ органу зору — гострий фотокератит і фотокон'юнктивіт, гостра сонячна ретинопатія, птеригіум, пінгвекула, кліматична краплеподібна кератопатія, катаракта, ексудативна форма макулодистрофії, рак рогівки, кон'юнктиви (плоскоклітинний), увеальна меланома;

□ імунної системи — розвиток клітинної імуносупресії та знецінення ефекту профілактичних щеплень, активація хронічної латентної вірусної інфекції, зумовленої вірусами герпесу, папіломи тощо [5].

Усі ці стани можуть бути розцінені як виробничо-зумовлена та професійна патологія, якщо виникає у працівника, який більшу частку робочої доби/року працював на відкритому повітрі без відповідних заходів захисту від УФВ. Тому кількісна оцінка експозиційних рівнів та дозового навантаження працівників на відкритому повітрі є основним джерелом для встановлення зв'язку між виникненням зазначеної патології та умовами праці, що і зумовило актуальність даного дослідження.

Метою дослідження стало визначення територіальних ризиків надлишкової експозиції населення та працівників природним УФВ.

Матеріали та методи. Експозиційні рівні приземного природного УФВ визначалися за даними, отриманими супутником "ENVISAT-1" (Environ-

mental Satellite) (03.2002 — 05.2012) (власник: European Space Agency — ESA), який перебував на сонячно-синхронній полярній орбіті. Дані щодо рівнів випромінювання та експозиційних доз приземного УФВ на території України (51,5-44° пв.ш.) отримувались інструментом "SCIAMACHY" (SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric Cartography), розташованим на супутнику. Завдяки даному інструменту відбувалося дистанційне спектрометричне зондування зворотного розсіяного випромінювання атмосфери у діапазоні 240-2380 нм зі спектральною роздільною здатністю 0,5-1,5 нм.

З метою валідації даних між супутниковими та наземними спостереженнями здійснювався кореляційний аналіз для географічної території 50° пв.ш. (розташування наземного пункту вимірювання інтенсивності природного УФВ Центральної геофізичної обсерваторії України — м. Бориспіль, Київська обл.) та 44° пв.ш. (пункт Карадазької науководослідної геофізичної обсерваторії Гідромет України — с. Курортне, Феодосійський р-н, АР Крим). Результати аналізу показали високу кореляційну

Таблиця

Характеристика території України за небезпекою для здоров'я населення та працівників внаслідок надлишкової експозиції їх природним УФВ

| Розподіл територій за рівнями небезпеки | Географічна широта | Місяці "помірного" та "високого" рівнів UVI (3,0-6,0 ум. од.) | Місяці "дуже високого" та "небезпечного" рівнів UVI (7,0-11,0 ум. од.) | Місяці з UVDEF $\geq 0,6$ кДж/м ² х доб. (≥ 3 МЕД) | МЕД _{ФТ-1} у VI-VII місяцях року | Місяці максим. генотоксичного ризику УФВ (UVDD $\geq 1,00$ кДж/м ² х доб.) |
|---|--------------------|---|--|---|---|---|
| "Помірний" | 51,5° пв.ш. | IV - IX | - | III - X | 20,5 | V - VIII |
| | 50° пв.ш. | IV - IX | - | III - X | 21,0 | V - VIII |
| | 49° пв.ш. | IV - IX | - | III - X | 21,5 | V - VIII |
| "Високий" | 48° пв.ш. | IV, V, VIII, IX | VI, VII | III - X | 22,0 | V - VIII |
| | 47° пв.ш. | IV, V, IX, X | VI, VII, VIII | III - X | 23,0 | V - VIII |
| "Надвисокий" | 46° пв.ш. | III, IV, IX, X | V, VI, VII, VIII | II - XI | 24,0 | V - VIII |
| | 45° пв.ш. | III, IV, IX, X | V, VI, VII, VIII | II - XI | 25,0 | V - VIII |
| | 44° пв.ш. | III, IV, IX, X | V, VI, VII, VIII | II - XI | 26,0 | V - IX |

залежність між супутниковими та наземними спостереженнями ($r = 0,90-0,98, p < 10^{-6}$).

Відповідно до отриманих даних проводилося територіальне дослідження показників.

I. Інтенсивність УФВ (енергетична опроміненість) за показниками середньорічного значення еритемного ультрафіолетового індексу (UVI) та його міжрічної динаміки; місяців максимального значення UVI протягом року; місяців досягнення протягом року рівнів UVI: "високого" та "помірного" (3,0-6,9 ум. од.); "дуже високого" та "небезпечного" (7,0-11,0 ум. од.).

II. Експозиційні дози УФВ, диференційовані за фізіологічними та патологічними ефектами для людини (еритема шкіри I фототипу (UVDEF) [$\lambda = 280-400$ нм], D_3 -вітамінсинтезуюча здатність (UVDV) [$\lambda = 280-313$ нм], пошкодження ДНК (генотоксична дія) (UVDD) ($\lambda = 256-370$ нм)] за показниками середньорічної добової дози та її міжрічної динаміки; місяці максимального значення еритемної дози протягом року та кількість МЕД для I фототипу шкіри на добу у місяці максимуму; місяці, в які перевищується фізіолого-профілактичний рівень природного УФВ ($UVDEF \geq 3$ МЕД x доб.; $\geq 0,6$ кДж/м² x доб.); місяців, в які спостерігається істотний ризик генотоксичної дії УФВ ($UVDD \geq 1,00$ кДж/м² x доб.); місяців, найбільш активного ендогенного синтезу вітаміну D_3 ($UVDV \geq 1,00$ кДж/м² x доб.).

З використанням регресійного та кореляційного аналізів

проводилося визначення закономірностей вищезазначених показників залежно від 11-річного циклу сонячної активності Швабе-Вольфа; географічної широти території; місяця року; часу доби. Встановлювалися залежності між інтенсивністю приземного опромінення УФВ та дозами УФВ. Визначався вплив на формування доз УФВ залежно від хмарності неба.

На підставі отриманих даних та закономірностей здійснювалося районування території України за небезпекою негативного впливу природного УФВ на працівників на відкритому повітрі та населення.

Результати дослідження та їх аналіз. Територія України географічно розташована у діапазоні 44-51° пв.ш. з урахуванням наявності географічних відмінностей в інтенсивності природного УФВ та річної тривалості світової доби проведено аналіз енергетичної опроміненості (за показником UVI) та експозиції (дози), залежно від біологічного ефекту УФВ-еритемної (UVDEF), генотоксичної (пошкодження ДНК) (UVDD), D_3 -вітамінсинтезуючої (UVDV) на різних географічних широтах країни протягом астрономічного року.

Проведеним аналізом всю територію України розподілено на три зони за небезпекою для здоров'я працівників через експозицію їх природним УФВ.

I територіальна зона — "помірного" ризику розвитку УФ-зумовленої патології (адміністративні території країни на

широті 49-51,5° пв.ш.: *Вінницька обл. (м. Вінниця, м. Козятин, м. Жмеринка), Волинська обл., Житомирська обл., Івано-Франківська обл. (м. Калуш), Київська обл. та м. Київ, Луганська обл. (м. Сватове, м. Старобільськ, м. Рубіжне), Львівська обл., Полтавська обл., Рівненська обл., Сумська обл., Тернопільська обл., Харківська обл. (м. Харків, м. Богодухів, м. Люботин, м. Чугуїв, м. Готвальд, м. Куп'янськ, м. Ізюм, м. Красноград), Хмельницька обл. (м. Хмельницький, м. Шепетівка, м. Ізяслав), Черкаська обл. (м. Черкаси, м. Сміла, м. Ватутіне, м. Звенигородка), Чернігівська обл.*). Для цієї зони характерною є наявність небезпеки експозиції природним УФВ на "помірному" та "високому" рівнях UVI (з квітня по вересень); перевищення фізіологічно-профілактичної дози опромінення природним УФВ (>3 МЕД доб.) — протягом березня-жовтня; досягнення у червні-липні протягом доби дози до 20,5-21,5 МЕД; наявність небезпеки отримання підвищеного канцерогенного впливу УФВ протягом травня-серпня.

II територіальна зона — "високого" ризику розвитку УФ-зумовленої патології (адміністративні території країни на широті 47-48° пв.ш.: *Вінницька обл. (м. Гайсин, м. Тульчин), Дніпропетровська обл., Донецька обл., Закарпатська обл., Запорізька обл. (м. Запоріжжя, м. Гуляйполе, м. Токмак), Івано-Франківська обл.*

Рисунок 1

Широтна залежність середньорічної інтенсивності УФ-опромінення географічних територій України (ум. од. UVI)

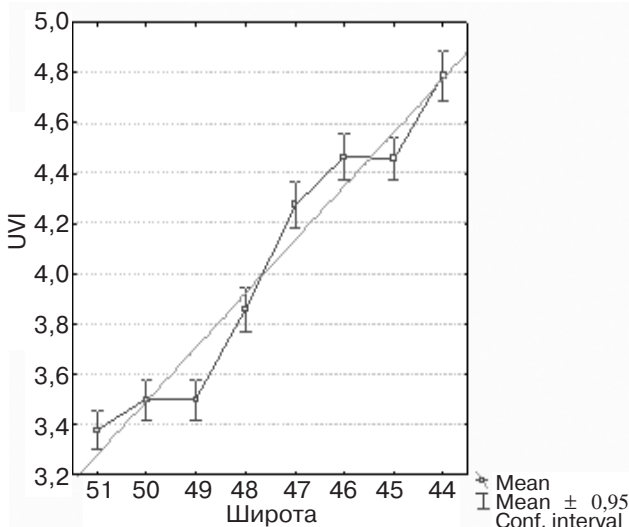
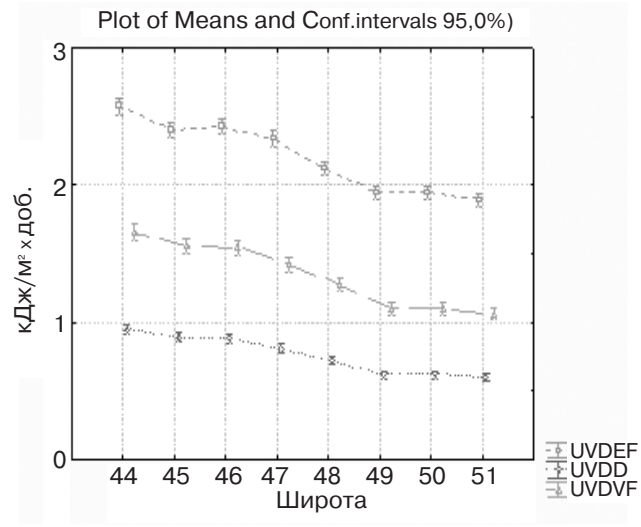


Рисунок 2

Широтна залежність середньорічних добових доз УФВ для території України (кДж/м² x доб.)



EVALUATION OF TERRITORIAL RISK OF EXCESSIVE EXPOSURE OF THE POPULATION AND WORKERS BY NATURAL ULTRAVIOLET RADIATION, ACCORDING TO SATELLITE OBSERVATIONS

Salyukov A.O., Varyonchik D.V.,
SI "Institute of Occupational Health of NAMS of Ukraine"

Objective – to determine the territorial risks of excessive exposure of the population and workers by natural ultraviolet radiation (UFR).

Materials and methods. According to satellite observations ("Envisat-1", ESA; tool "SCIAMACHY") held a territorial analysis of the levels of radiation and surface UV exposure doses for the geographical territory of Ukraine (51.5-44° N), period 2002-2012.

Results. Determined that in Ukraine there is a real danger of over-exposure of the population that are for long-term at the open air and are working at the open air, by natural UVR. Degree of this risk is determined by the geographical latitude of the territory. During the year, the risk of UV-induced pathology observed from February to November, with a maximum risk in June-July. Preferential formation

of the daily UV dose observed during the day from 10.30 to 15.30 (UVA – 71% of the daily dose, UVB – 84%). Cloudy sky slightly reduces the daily UV erythema dose (up 20.0%), and almost don't reduce the genotoxic dose of UVB (up 9.5%).

There set a linear dependence of the "dose – effect" between the intensity of the natural UVR and erythema dose, which determines non-cancer effects (skin lesions and organ of vision). Established a non-linear (hyperbolic) dependence "dose – effect" between the intensity of the natural UVB (range $\geq 175 \text{ mW/m}^2$; $\geq 7 \text{ CU UVI}$) and genotoxic dose, which determines the carcinogenic effects (damage to the skin and organ of vision by cancer and melanoma).

Results of the study allowed to divide territory of Ukraine into three territorial zones for risk of exposure of the population and the workers by natural ultraviolet radiation (UFR) and appearance their UV-induced pathology: the "moderate risk" (51.5-49°N), "high-risk" (47-48°N), "ultra high risk" (44-46°N). Results of the study are the scientific basis for the development of an intervention for primary prevention of production-induced and occupational diseases caused by natural UV radiation.

(м. Івано-Франківськ, м. Коломия), Кіровоградська обл., Луганська обл. (м. Луганськ, м. Лисичанськ, м. Стаханов, м. Алчевськ, м. Красний Луч, м. Сverdловськ, м. Краснодон), Миколаївська обл. (м. Первомайськ, м. Вознесенськ, м. Новий-Буг), Одеська обл. (м. Балта, м. Котовськ), Харківська обл. (м. Лозова), Хмельницька обл. (м. Кам'янець-Подільський), Черкаська обл. (м. Тальне, м. Умань), Чернівецька обл.). Для цієї зони характерною є наявність небезпеки експозиції природним УФВ на "помірному" та "високому" рівнях UVI (у квітні, травні, серпні, вересні та жовтні), а також на "дуже високому" рівні UVI (у червні, липні, серпні); перевищення фізіологічно-профілактичної дози опромінення природним УФВ (>3 МЕД доб.) протягом березня-жовтня; досягнення у червні-липні протягом доби дози у 22,0-23,0 МЕД; наявність небезпеки отримання підвищеного канцерогенного впливу УФВ протягом травня-серпня.

III територіальна зона – "надвисокого" ризику розвитку УФ-зумовленої патології (адміністративні території країни на широті 44-46° пв. ш.: АР Крим та м. Севастополь, Запорізька обл. (м. Бердянськ, м. Мелітополь), Миколаївська обл. (м. Миколаїв, м. Очаків), Одеська обл. (м. Одеса, м. Білгород-Дністровський, м. Белград, м. Ізмаїл, м. Кілія, м. Вилкове), Херсонська обл.). Для цієї зони характерною є наявність не-

безпеки експозиції природним УФВ на "помірному" та "високому" рівнях UVI (у березні, квітні, вересні та жовтні), а також на "дуже високому" та "небезпечному" рівнях UVI (у травні-серпні); перевищення фізіологічно-профілактичної дози опромінення природним УФВ (>3 МЕД доб.) – протягом лютого-вересня; досягнення у червні-липні протягом доби дози у 24,0-26,0 МЕД; наявність небезпеки отримання підвищеного канцерогенного впливу УФВ протягом травня-вересня (табл. 1).

Середньорічний показник UVI (поверхнева щільність потоку

УФВ – E) знижується зі зростанням широти розташування території (рис. 1), що описується форм. 1 а-б ($p < 10^{-4}$):

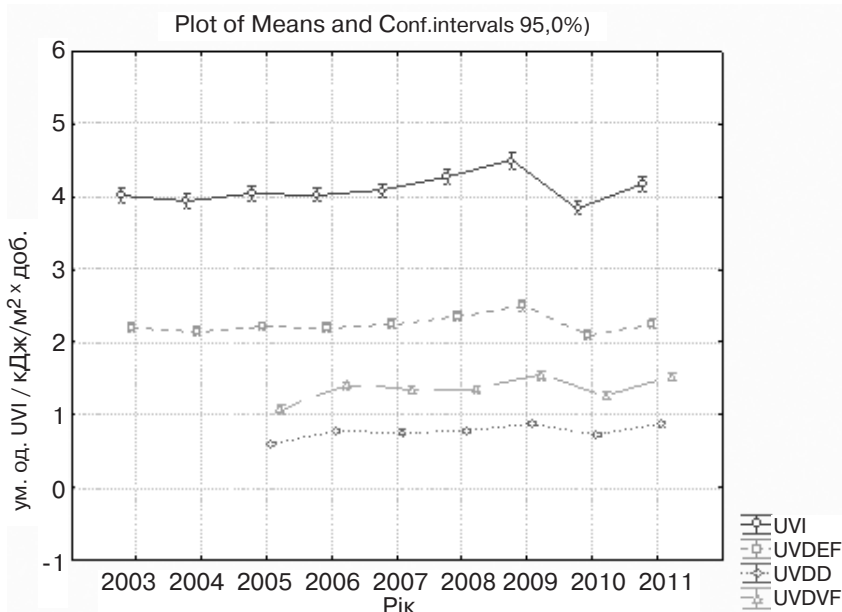
$$UVI_{\text{ср.річн.}} [\text{ум. од.}] = 3,0654 + 0,2137 * x, \quad (1a)$$

$$E_{\text{ср.річн.}} [\text{мВт/м}^2] = 76,635 + 5,3425 * x, \quad (1b)$$

де x – географічна широта території.

Відповідно, зі збільшенням географічної широти території знижуються і середньорічні показники добової дози УФВ (рис. 2): еритемної (UVDEF) (форм. 2), генотоксичної (UVDD) (форм. 3), D₃-вітамінсинтезуючої (UVDV) (форм. 4) ($p < 10^{-4}$):

Рисунок 3
Міжрічна динаміка енергетичних та дозових характеристик природного УФВ для території України



$$UVDEF [кДж/м^2 \times \text{доб.}] = 1,7342 + 0,1041 * x; \quad (2)$$

$$UVDD [кДж/м^2 \times \text{доб.}] = 0,5074 + 0,0556 * x; \quad (3)$$

$$UVDV [кДж/м^2 \times \text{доб.}] = 0,914 + 0,0939 * x. \quad (4)$$

Протягом періоду спостереження 2003-2007 рр. суттєвої міжрічної динаміки енергетичних характеристик природного УФВ для території України не спостерігалось ($UVI_{2003-2007} = 4,0 \pm 0,20$ ум. од.; $100,0 \pm 5,00$ мВт/м²), а у період 2008-2011 рр. зафіксоване незначне підвищення середньорічного рівня та підсилення міжрічної флуктуації характеристик природного УФВ ($UVI_{2008-2011} = 4,15 \pm 0,48$ ум. од.; $103,75 \pm 12,0$ мВт/м²) (рис. 3), що можна пояснити 11-річним циклом сонячної активності Швабе-Вольфа. Так, 24-й сонячний цикл почався 2008 року (з його мінімуму) і характеризується 4-річним стрімким збільшенням сонячної активності (2008-2011) з наступним повільним 7-річним зниженням геліофізичних показників (2001-2007; 2012-2018). Відповідно спостерігається і динаміка дозових характеристик природного УФВ — UVDEF, UVDD, UVDV ($r = 0,98$, $p < 10^{-6}$).

Річний цикл енергетичних характеристик природного УФВ (за UVI) для території України має параболічну залежність з досягненням максимальних показників UVI (E) у червні-липні та має мінімальні значення у грудні-січні ($p < 10^{-4}$) (рис. 4; форм. 5 а-б).

$$UVI [\text{ум. од.}] = -2,6718 + 2,9229 * y - 0,2272 * y^2; \quad (5a)$$

$$E [\text{мВт/м}^2] = -66,7950 + 73,0725 * y - 5,6800 * y^2, \quad (5b)$$

де: y — порядковий номер місяця року.

Відповідно відбувається зміна показників добової дози УФВ: еритемної (UVDEF) (форм. 6), генотоксичної (UVDD) (форм. 7), D₃-вітамін-

синтезуючої (UVDV) (форм. 8) ($p < 10^{-4}$) (рис. 4):

$$UVDEF = -1,8422 + 1,7767 * y - 0,1385 * y^2; \quad (6)$$

$$UVDD = -0,9351 + 0,7333 * y - 0,0566 * y^2; \quad (7)$$

$$UVDV = -1,5623 + 1,2619 * y - 0,0976 * y^2, \quad (8)$$

де y — порядковий номер місяця року.

Регресійним аналізом визначено, що залежність між показником UVI та еритемною добовою дозою УФВ (UVDEF) більш вірогідно описується лінійною функцією ($R^2 = 0,99$, $p < 10^{-4}$) (рис. 5, форм. 9). Тобто існує пряма залежність еритемної

дози від інтенсивності УФВ, яке надходить на Землю.

$$UVDEF_{UVI} = -0,2637 + 0,6127 * UVI. \quad (9)$$

Також встановлено наявність залежності між показником UVI та генотоксичною добовою дозою УФВ (UVDD), яке більш вірогідно описується гіперболічною функцією ($R^2 = 0,96$, $p < 10^{-4}$) (рис. 5, форм. 10).

$$UVDD_{UVI} = -0,2913 + 0,2636 * UVI. \quad (10)$$

Існує гіперболічна залежність між показником UVI та добовою D₃-вітамінсинтезуючою дозою (UVDV) ($R^2 = 0,96$, $p < 10^{-4}$) (рис. 5, форм. 11).

Рисунок 4

Міжмісячна динаміка енергетичних та дозових характеристик природного УФВ для території України

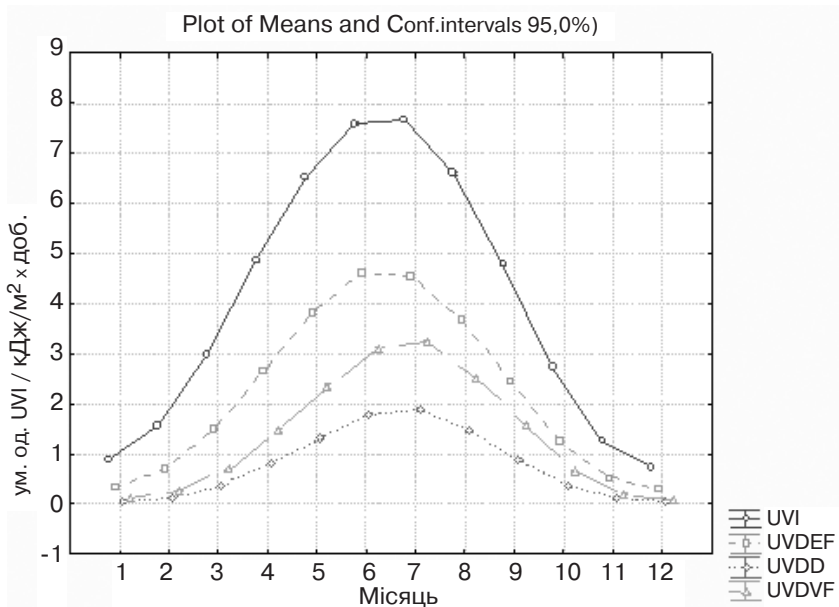
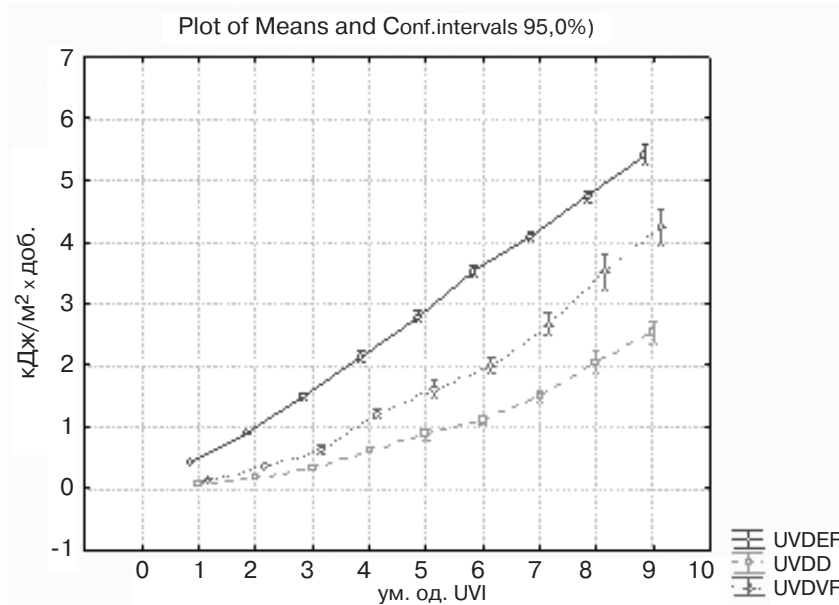


Рисунок 5

Зв'язок між показниками енергетичних та дозових характеристик природного УФВ для території України



$$UVDV_{UVI} y = -0,4548 + 0,4498^* UVI. \quad (11)$$

Тобто показник UVI має високий прогностичний рівень для оцінки неканцерогенного впливу на організм людини, яка знає експозиції природним УФВ. При цьому показник UVI у діапазоні значень 0,0-6,9 ум. од. ("низький", "помірний", "високий" рівні UVI) має найбільш наближену до лінійної моделі кореляційну залежність з генотоксичною (UVDD) та D₃-вітамінсинтезуючою (UVDV) дозами УФВ, а починаючи з 7,0 ум. од. та більше ("дуже високий" та "небезпечний" рівні UVI) — нелінійну залежність, за якої значення UVDD та UVDV є значно вищими, ніж прогнозується лінійною моделлю. Тобто очікуваний канцерогенний ефект УФВ при UVI ≥ 7,0 ум. од. зростає більше, ніж неканцерогенний.

Під час аналізу даних щодо розподілу протягом доби дози УФВ, яка формується спектрами UVA та UVB, було визначено, що

□ з 10.30 до 15.30 год. (за 5 год.) становить для UVA 71% добової дози; для UVB — 84%;

□ з 11.30 до 14.30 год. (за 3 год.) становить для UVA 47% добової дози; для UVB — 68% (рис. 6).

Дослідженням визначено, що хмарність неба незначно знижує добову еритемну дозу УФВ — до 19,3% (-15,4 — -23,1%). Найбільш вираженим є таке зниження на північних територіях країни (47-51° пв.ш.), найменшим — на південних (44-46° пв.ш.). Хмарність неба ще меншою мірою знижує добову D₃-вітамінсинтезуючу дозу УФВ до 14,6% (-11,8 — -16,9%). Також найбільш вираженим є таке зниження на північних територіях країни (47-51° пв.ш.), найменшим — на південних (44-46°

пв.ш.). При цьому хмарність неба майже не знижує генотоксичну добову дозу УФВ (UVDD) — до 8,3% (-6,9 — -9,3%).

Висновки

Таким чином, дослідженням визначено, що на території України існує реальна небезпека експонування населення та робітників, які працюють на відкритому повітрі, природним УФВ. Така небезпека залежить від географічної широти території. Протягом року небезпека виникнення у працівників УФ-зумовленої патології спостерігається з лютого по листопад, з максимальним ризиком — у червні-липні.

Небезпека надлишкового експонування населення та працівників природним УФВ визначається інтенсивністю та часом їх опромінення УФВ. Переважно формування добової УФ-дози спостерігається у період з 10.30 до 15.30 год. (UVA — 71% добової дози; UVB — 84%). Хмарність неба незначно знижує добову еритемну УФ-дозу (до 20,0%) і майже не знижує генотоксичну дозу УФВ (до 9,5%).

Визначено, що приземний рівень природного УФВ залежить від 11-річного циклу сонячної активності і має більш високі рівні та їх значну флуктуацію у перші 4 роки циклу Швабе-Вольфа.

Встановлено лінійну залежність "доза — ефект" між інтенсивністю природного УФВ та еритемною дозою, що визначає неканцерогенні ефекти (ураження шкіри та органа зору).

Встановлено нелінійну (гіперболічну) залежність "доза — ефект" між інтенсивністю природного УФВ (у діапазоні ≥175 мВт/м²; ≥7 ум. од. UVI) та генотоксичною дозою, яка визначає канцерогенні ефекти (ураження шкіри та органа зору раком та меланою).

Результати дослідження дозволили розподілити територію України на три зони за небезпечною експонування працівників (населення) природним УФВ та виникненням у них УФ-зумовленої патології: "помірного ризику" (51,5-49° пв.ш.); "високого ризику" (47-48° пв.ш.), "надвисокого ризику" (44-46° пв.ш.).

Результати представленого дослідження є науковою основою для подальшої розробки заходів первинної профілактики виробничозумовленої і професійної патології, викликаної природним УФВ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ананьев Л.Б. Особенности распределения общего содержания озона на территории России по данным ИСЗ (2005-2009) и их использование для оценки опасности ультрафиолетовой облученности / Л.Б. Ананьев, И.Н. Кузнецова, М.И. Нахаев // Тр. Гидрометцентр. России: Физика атмосферы и прогноз погоды. — 2010. — Вып. 344. — С. 214-226. — Доступ на сайте: http://method.hydromet.ru/publ/tr/tr344/an_kuz.pdf.

2. Борковский Н.Б. Автоматизированная система оперативного прогноза состояния озонового слоя и ультрафиолетового индекса над Республикой Беларусь / Н.Б. Борковский, В.А. Иванюкович // Современные информационные компьютерные технологии. — 2010. — Доступ на сайте: <http://mcit2010.mf.grsu.by/user/199>.

3. Індивідуальні особливості реакцій організму людини на дію ультрафіолетового випромінювання / Л.А. Гвозденко, В.І. Назаренко, І.М. Чередищенко, О.О. Посільський // Укр. журн. пробл. мед. праці. — 2008. — № 1. — С. 3-8.

4. К вопросу определения биодозы солнечного ультрафиолета / В.І. Назаренко, Л.А. Гвозденко [ін.] // Мед. труда и пром. экол. — № 10. — 2004. — С. 31-35.

5. Салюков А.О. Оцінка виробничої канцерогенної небезпеки, спричиненої природним ультрафіолетовим випромінюванням / А.О. Салюков, Д.В. Варивончик // Укр. журн. пробл. мед. праці України. — 2012. — № 1. — С. 8-20.

6. UV radiation / CDC USA; NIOSH. — 2011. — Available at: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/uvradiation>.

Надійшла до редакції 28.10.2012.

Рисунок 6

Розподіл добової дози різних спектрів приземного УФВ

