

УДК 551.521.17

**ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ  
РАДИАЦИИ ПО ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА**

Е.Е. Петрова

*В статье рассмотрены возможности вычисления индекса ультрафиолетовой радиации и сделан анализ пространственно-временного распределения среднесезонных значений УФ индекса при средних условиях облачности и при ясном небе*

Известно, что всю ультрафиолетовую (УФ) часть спектра разделяют на три области. Область С (длина волны  $\lambda < 280$  нм) обладает мощным бактерицидным действием и характеризуется летальными эффектами, но до земной поверхности она не доходит. Область В ( $280 < \lambda < 315$  нм) характеризуется антираhitным действием, связанным с преобразованием в подкожных клетках провитамина в витамин Д. Область А ( $315 < \lambda < 400$  нм) гораздо менее биологически активна, чем область В, хотя и обладает загарным и благотворным действием. Рассмотренное деление спектра на три области А, В, С является условным, так как ряд свойств УФ радиации, характерных для одной области, проявляется, хотя и в меньшей мере, в других областях [1].

Для человека результирующий биологический эффект облучения УФ излучением зависит от его количества и спектрального распределения. Биологическая или взвешенная опасная облучённость (эффективные Вт/м<sup>2</sup>), порождающая фотобиологический отклик (ультрафиолетовую эритему или «солнечный удар», пигментацию, рак кожи и т.д.), может быть определена путём умножения спектральной облучённости при каждой длине волны на биологический коэффициент и суммирования по всем длинам волн. Биологический коэффициент или взвешенный коэффициент опасности количественно оценивает относительную эффективность каждой длины волны при возникающем эффекте. Эти коэффициенты получают из спектров действия. Спектр действия представляет собой график обратной величины энергетической экспозиции, необходимой для получения данного эффекта при каждой длине волны. Все данные на таких кривых нормализованы к результатам для наиболее эффективных длин волн [2].

Так как любое биологическое действие УФ радиации на человека начинается, главным образом, с кожи, то определение спектров с различным действием на человеческую кожу было предметом многих экспериментальных и теоретических исследований в течение пятидесяти последних лет. Основной и единодушно принятый вывод из этих работ говорит, что эритемный спектр действия, определенный МакКинлей А.Ф. и Диффей Б.Л. [5], наилучшим образом характеризует отклик человеческой кожи. Кривая 1 (рис. 1) получена путем статистического анализа результатов научных исследований минимальной энергетической экспозиции УФ облучения, необходимой для возникновения эритемы (покраснения кожи), при разных длинах волн. Преимуществом этого подхода является то, что он учитывает УФ область спектра между 320 и 400 нм – интервал, особенно важный для эритемной пороговой величины (порога «солнечного удара»). Другие отклики человеческой кожи на ультрафиолетовое облучение, такие как мелангез, оптически вызванный эластозис или фотоканцерогенез, сходны. Эритемный спектр действия был принят Международной комиссией по защите от неионизирующей радиации, Международной комиссией по освещению, Международной электротехнической комиссией и различными странами на национальном уровне [2]. Отношение эритемного спектра действия к солнечной УФ радиации, достигаемой земной поверхности при разных солнечных зенитных углах (СЗУ – угол, измеренный на поверхности Земли между Солнцем и зенитом) и при общем содержании озона (ОСО) 300 ед.Д. приведено на рисунке 1 [4]. Эритемный спектр действия ( $S_{er}$ ) для  $\lambda \leq 298$  нм равен 1, для интервала  $298 \text{ нм} \leq \lambda \leq 328 \text{ нм}$  определяется как  $S_{er} = 10^{0,094(298-\lambda)}$ , и для  $328 \text{ нм} \leq \lambda \leq 400 \text{ нм}$   $S_{er} = 10^{0,015(139-\lambda)}$ .

Эритемный спектр действия лежит в основе вычисления эритемной ультрафиолетовой радиации (1) и, соответственно, индекса ультрафиолетовой радиации (УФ индекса).

$$U\Phi_{\text{эри}} = \int_{280}^{400} E(\lambda) \cdot S_{er}(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

где  $U\Phi_{\text{эри}}$  – эритемная ультрафиолетовая радиация ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ),  $\lambda$  – длина волны (нм),  $E(\lambda)$  – интенсивность излучения ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ),  $S_{er}(\lambda)$  – эритемный спектр действия.

Величина прихода эритемной ультрафиолетовой радиации к поверхности земли зависит от газового состава атмосферы, особенно от ОСО и аэрозоля, СЗУ и широты места. На рисунке 2 представлена кривая распределения эритемной ультрафиолетовой радиации при двух СЗУ, равных  $22,5^\circ$  (высота Солнца,  $h = 67,5^\circ$ ) и  $67,5^\circ$  ( $h = 22,5^\circ$ ). Для южной половины Казахстана в летний период свойственна высота Солнца более  $60^\circ$ .

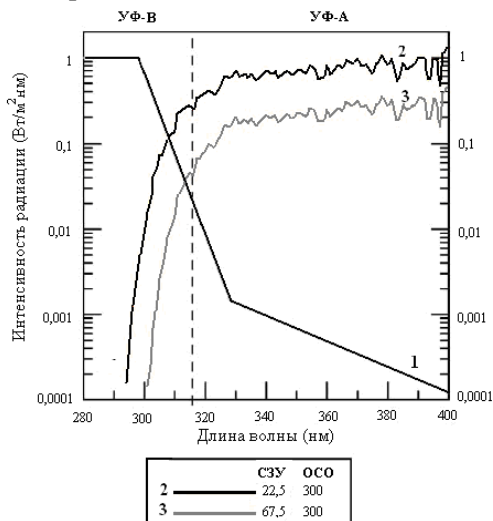


Рис. 1. Эритемный спектр действия и солнечная ультрафиолетовая радиация, достигаемая земной поверхностью (ОСО = 300 ед.Д.) [4].

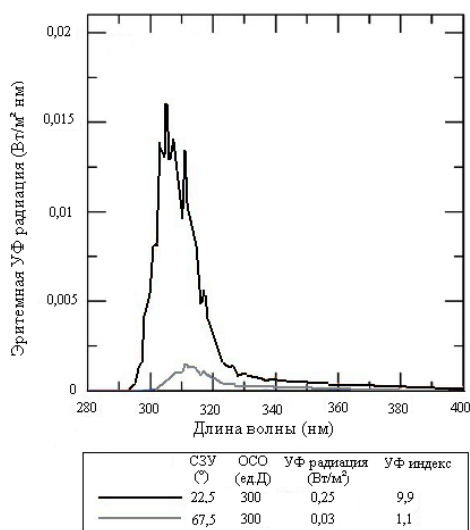


Рис. 2. Кривая распределения эритемной ультрафиолетовой радиации (ОСО = 300 ед.Д.) [4]

В последнее десятилетие одним из широко используемых медико-биологических параметров является индекс ультрафиолетовой радиации (УФ индекс), который показывает уровень опасности ультрафиолетовой радиации, достигаемой земной поверхностью. Для вычисления УФ индекса можно использовать формулы 2, 3, 4:

$$УФ_{индекс} = k_{er} \int_{280nm}^{400nm} E(\lambda) \cdot S_{er}(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

где  $k_{er} - \text{const} = 40 \text{ м}^2/\text{Вт}$ ,

или

$$УФ_{индекс} = 0,4 \cdot УФ_{Эри}, \quad (3)$$

или

$$УФ_{индекс} = 40 \cdot УФ_{Эри}, (\text{мВт}/\text{м}^2). \quad (4)$$

Значения УФ индекса могут колебаться от 0 в полярных широтах до 15 в тропиках. Согласно руководству «Global Solar UV Index: A Practical Guide» («Глобальный солнечный УФ индекс: Практическое руководство») [3], принятому Всемирной метеорологической организацией и Всемирной организацией здравоохранения, критерии опасности УФ индекса описываются следующей шкалой: 0...2 – низкое; 3...5 – среднее; 6...7 – высокое; 8...10 – очень высокое; >11 – экстремальное.

Для исследования распределения УФ индекса по территории Казахстана была использована база данных NASA, которая представляет собой массивы ежедневных данных эритемной ультрафиолетовой радиации, измеренной в полдень прибором TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer), установленным на спутнике Earth Probe за период 1978...2004 гг. Данные хранятся на сайте NASA в закодированном виде (шаг сетки  $1^\circ$  по широте и  $1^\circ$  по долготе). Они репрезентативны, так как прошли сравнительную проверку на достоверность [6, 7]. Из базы NASA были выбраны значения эритемной ультрафиолетовой радиации для 18 городов Казахстана, это позволило охватить всю территорию страны.

Для анализа информации были построены карты территориального распределения средних многолетних значений УФ индекса при средних условиях облачности и при ясном небе для всех месяцев года. За ясный, был принят день, когда количество общей облачности не превышало 2 баллов, и отсутствовала нижняя облачность. На рисунке 3 представлены карты распределения средних многолетних значений УФ индекса при средних условиях облачности и при ясном небе для центральных месяцев сезонов.

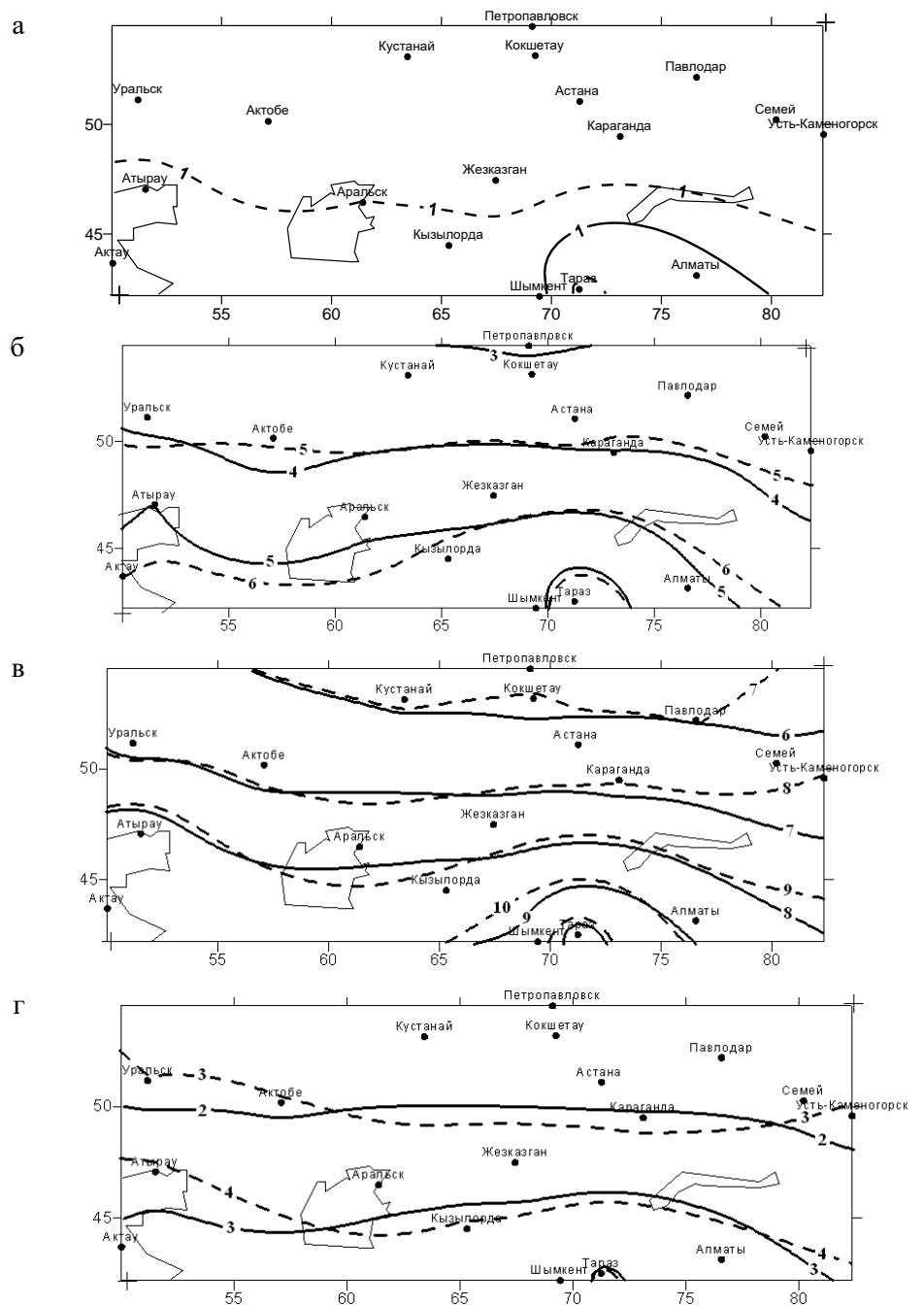


Рис. 3. Пространственное распределение средних многолетних значений УФ индекса при средних условиях облачности (прямая линия) и при ясном небе (пунктирная линия) для центральных месяцев сезонов. а – январь, б – апрель, в – июль, г – октябрь.

**При средних условиях облачности.** В годовом ходе распределения значений УФ индекса отчетливо прослеживается широтное распределение, выраженное в более высоких значениях УФ индекса в южных широтах. При этом годовой ход можно разделить на 2 периода: рост значений УФ индекса с декабря по август и уменьшение значений УФ индекса с августа по декабрь.

С ноября по февраль включительно на всей территории Казахстана значения УФ индекса ниже 2, что согласно шкале соответствует низким значениям. В марте и октябре территория Казахстана делится на две зоны – выше 47° с. ш. зона с низкими значениями, а ниже 47° с. ш. зона со средними значениями УФ индекса. В апреле и сентябре практически вся территория лежит в зоне средних значений УФ индекса, только крайний юг в зоне высоких значений. В мае центральные районы Казахстана имеют высокие значениям УФ индекса, а южные районы – очень высокие. Июнь и июль являются самыми неблагоприятными месяцами, так как центральные районы Казахстана попадают в зону высоких, а вся южная часть – в зону очень высоких значений УФ индекса – 8...10. В августе северные районы Казахстана лежат в зоне средних значений, центральные районы в зоне высоких, а южные районы в зоне очень высоких значений.

**При ясном небе.** При ясном небе границы зон УФ индекса значительно смещаются к югу и значения становятся выше на 1...2. Уже в апреле значения УФ индекса колеблются в пределах 4...7, а в мае, на большей части территории Казахстана, значения становятся высокими. В июне и июле в зону с высокими значениями УФ индекса попадают северные районы Казахстана, а в зону с экстремально высокими значениями (11 и более баллов) – южные.

Из выше сказанного следует, что населению Казахстана крайне необходим прогноз УФ индекса, чтобы принимать необходимые меры защиты от ультрафиолетовой радиации. В результате использования прогноза может значительно снизиться риск возникновения таких заболеваний, как немеланомный рак кожи, катаракта глаз, повреждение генетического кода и многих других заболеваний косвенно и напрямую связанных с ультрафиолетовой радиацией.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультрафиолетовая радиация Солнца и неба / В.А. Белинский, М.П. Гараджа, Л.М. Меженная, Е.И. Незваль // МГУ.М., 1968.-223с.

2. Ультрафиолетовое излучение. Гигиенические критерии состояния окружающей среды, серия 160. М.: Изд-во «Медицина», 1995
3. Global Solar UV Index – A Practical Guide: 2002/WMO, WHO, UNEP
4. McKenzie R., Smale D. and Koktamp M. 2004. Relationship between UVB and erythemally weighted radiation, In Photochemistry Photobiology Science, pp. 252-256
5. McKinlay, A.F. and B.L. Diffey, 1987. A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. In Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risks and Regulations. W.F. Passchier and B.F.M. Bosnjakovich, eds. International Congress Series. pp. 83-87
6. Minschwaner K. New observations of ultraviolet radiation and column ozone from Socorro, New Mexico // Geophys. Res. Lett. 1999. V. 26. P. 1173–1176.
7. Torres O., Bhartia P.K. Impact of tropospheric aerosol absorption on ozone retrieval from backscattered ultraviolet measurements // J. Geophys. Res. 1999. V. 104. P. 21569–21577.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

**ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫ БОЙЫНША УЛЬТРАКҮЛГІН  
РАДИАЦИЯНЫҢ ИНДЕКСІНІҢ КЕҢІСТІК ПЕН УАҚЫТ  
АРАЛЫҒЫНДА ТАРАЛУ ЕРЕКШЕЛІГІ**

Е.Е. Петрова

*Мақалада ультракүлгін радиация индексін есептеп шығару мүмкіндіктері қарастырылып, орташа бұлттылық жағдайында және ашық аспан кезіндегі ультракүлгін индексінің орташа көпжылдық мәнінің кеңістік пен уақыт аралығында таралуына талдау жасалды.*