

ОСОБЕННОСТЬ ВАРИАЦИЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД В СРЕДНИХ ШИРОТАХ

А.А. Косторная

THE PECULIARITY OF UV-RADIATION VARIATIONS IN SPRING AT MID-LATITUDES

А.А. Kostornaya

Поток солнечной УФР, проходя через атмосферу Земли, претерпевает ряд изменений, в результате которых он может поглощаться, ослабляться или рассеиваться. Множество факторов влияет на это, в том числе угловая высота Солнца. В годовом ходе УФР имеется небольшая «ложбина» после локального максимума, приходящаяся на 60–100 день года (март–апрель). Это так называемая весенняя особенность в вариациях приземной УФР. Многие авторы объясняют это сходом снежного покрова, приводящим к падению альбедо и, следовательно, снижению прихода УФР. При снеготаянии происходит резкое увеличение содержания водяного пара в нижнем слое тропосферы, что приводит к дополнительному поглощению.

Были обработаны ежеминутные данные УФР в трех диапазонах за весенние месяцы (март–апрель) 2006–2012 гг., что соответствует весенней особенности вариаций.

Solar UVR flux passing through the Earth's atmosphere varies considerably. As a result, it can be absorbed, attenuated or dissipated. Many factors contribute to this, including the angle height of the Sun. The UVR annual variation has a small «depression» after a local maximum, attributable to the 60–100 day of the year (March–April). This is the so-called spring peculiarity in the surface UVR variation. Many authors explained this by a loss of snow cover, leading to a drop in albedo and thus to reduction of UVR coming. When there is a sharp increase in vapor content in the lower troposphere it results in additional absorption.

The minute UVR data were processed in three ranges for spring months of 2006–2012. (March–April) that corresponds to the spring peculiarity.

Описание поля значений УФ-радиации, достигающей поверхности Земли, представляет интерес с точки зрения дальнейшего прогнозирования уровня, опасного для человека, животных и растений. Наиболее часто прогнозирование происходит на основе модельных расчетов.

Например, в Гидрометцентре России от 26 октября 2010 г. утвержден метод суточного прогноза общего содержания озона и УФ-индекса на территории РФ. Индекс УФР характеризует ее уровень на поверхности Земли и определяет степень риска для человека [Васильев и др., 2013].

Авторы статьи [Галкина и др., 2010] приводят несколько математических моделей прогнозирования уровня биологически активной дозы УФР, достигающей поверхности Земли, в том числе модель Макс-98, которая была скорректирована для широты Томска (56.29° N, 84.57° E). После пересчета коэффициентов для заданной широты было получено выражение

$$Q_{\max} = 3077 \exp\{-[(D-176)/84]^2\}.$$

Сопоставление модельных и наблюдаемых значений происходило с использованием данных по УФР, полученных с прибора NILU-UV, установленного на метеостанции лаборатории физики климатических систем ИМКЭС СО РАН.

В настоящей работе были обработаны средне-суточные данные интегральной (накопленной) УФР (Дж/м²) за 2006–2012 гг. Апробация модели внутрисуточных вариаций биологически активной УФР показала в 2006–2008 гг. достаточно большой процент несовпадений с модельными данными, тогда как в 2009–2011 гг. ежедневные вариации хорошо описаны моделью (с небольшими флуктуациями).

По аналогии с [Lindfors et al., 2006] исследу-

емые периоды были разбиты на сезоны: весна (61–152 день года, продолжительность 92 дня), лето (153–244, 92 дня), осень (245–321, 76 дней) для сравнения с модельными данными. Коэффициенты корреляции между модельными данными и данными для отдельного года составляют: 0.84 – 2006, 0.8 – 2007, 0.89 – 2008, 0.88 – 2009, 2010, 2011 и 0.85 – 2012 г., что говорит о высокой степени связи между модельными данными и измеренными значениями. При делении ряда на сезоны мы получили уточнение корреляционной связи между величинами. Корреляция увеличивается весной до 0.91, осенью до 0.95 и уменьшается летом до 0.66. Наиболее востребованным для прогноза является именно летний интервал, но подобный коэффициент корреляции может быть связан с повышенным влагосодержанием и запыленностью. В целом модель хорошо согласуется с приходом УФР за отдельные годы.

Далее в работе модельные данные принимаются за ожидаемые значения УФР. Между ожидаемыми и измеренными значениями было рассчитано отклонение (в процентах). Нужно отметить, что отклонения значений от ожидаемых в меньшую сторону не так опасны. Для нас интерес представляют значения с превышениями над ожидаемыми значениями, их количество в процентах дано в табл. 1.

В основном значения, приводимые в таблице, находятся в пределах ожидаемых. Отметим, что наибольшие отклонения наблюдаются в зимний период (в таблице не приведены). В целом ошибка модели не превышает 13 % за отдельные годы. В сезонной повторяемости величина ошибки мала (не более 4 %) – таким образом, для описания сезонного хода УФР модель можно признать корректной. Стоит отметить, что количество

Таблица 1

Повторяемость дней с отклонениями УФР от ожидаемых значений (>121 %), %

Период	Годы						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
весна	0	0	4	1	0	2	0
лето	2	4	1	0	0	0	0
осень	1	3	0	0	0	4	–
за год	4	10	10	3	2	13	5

Таблица 2

Повторяемость прозрачности атмосферы по градациям, %

Период	Интервал					
	0–10	11–30	31–50	51–70	71–90	91–100
год	0	5	60	34	0.3	0
весна	0	1.1	67.4	31.5	0.0	0
лето	0	4	75	21	0	0
осень	0	17	79	4	0	0

Таблица 3

Повторяемость числа дней с 9-балльной облачностью в дневные сроки наблюдения, %

Период	Месяц	Годы					Среднее
		2007	2008	2009	2010	2011	
весна	март	26	29	14	91	67	45
	апрель	24	27	24	84	79	48
	май	46	24	30	76	65	48
лето	июнь	66	29	38	22	56	42
	июль	53	15	9	78	67	44
	август	60	20	20	74	69	49
осень	сентябрь	76	48	25	85	43	55
	октябрь	78	48	47	89	86	70
	ноябрь (до 15)	79	61	17	89	57	61

Таблица 4

Повторяемость дней с аномалиями в весенний период, %

Аномалии	Год							среднегодовое
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Значения с отклонениями <80 %	25	48	37	29	47	37	41	38
Аномальные значения <50 %	12	20	15	22	26	16	25	19

дней с превышениями УФР над ожидаемыми значениями составляет в среднем 24 дня за год.

Кроме того, в работе использовались данные по прозрачности атмосферы, значения которой также были разбиты на сезоны. Исследовались значения в интервалах 0–10, 11–30, 31–50, 51–70, 71–90 и 91–100 % для нахождения интервала с наибольшей повторяемостью (табл. 2). Видно, что вне зависимости от сезона наибольшая повторяемость соответствует интервалу 31–50, и составляет от 79 % случаев осенью до 75 % случаев летом (всего за год 60 %). Вторым по частоте является интервал 51–70 (34 % случаев в год). Значения в данном интервале имеют наибольшую повторяемость в зимний период, вероятно, из-за частого выхода на территорию арктических воздушных масс, как из-

вестно, обладающих высокой прозрачностью. Реже всего встречается прозрачность, значения которой находятся в интервале 71–90 (всего 0.3 % случаев). Значения в интервалах 0–10 (низкая степень прозрачности) и 91–100 (высокая степень прозрачности) не встречаются за исследуемый период. Таким образом, наблюдаемые значения прозрачности атмосферы близки 50 %.

Как было сказано, модель не совсем точно описывает летний период, что может объясняться количеством облачности. Для проверки этого предположения были обработаны ежечасные данные по облачности в сроки от 09 до 17 ч, заимствованные с АМСГ Томск. К сожалению, данные за 2006 и 2012 г. отсутствуют. Известно, что облачность верхнего яруса почти полностью пропус-

кает УФР. Пропускаемость облачности среднего яруса по разным оценкам варьирует от 25 до 33 %, наибольшее поглощение и отражение эритемной УФР дает облачность нижнего яруса (90 %). Различные сочетания облачности разных ярусов также приводят к большому поглощению УФР, например, Сi, Ас и Сu являют собой в сумме 10-балльную облачность, так же как и Сu в сочетании с Сb. Поэтому была рассчитана повторяемость случаев облачности балла 9 и более в исследуемые сроки (табл. 3).

По результатам исследования повторяемости облачности можно сделать следующие выводы: среднегодовое количество случаев высокого балла облачности в весенний период составило 47, в летний 45, максимальное количество высокого балла облачности наблюдается осенью (62 % случаев). В среднем чаще всего высокий балл облачности наблюдается в осенний период, несмотря на его меньшую продолжительность по сравнению с другими периодами (76 дней против 92). В летний и весенний периоды среднее число повторяемостей облачности балла 9 и более меньше. Можно сказать, что отклонения модели от реальных значений невозможно полностью объяснить облачностью. Для полного анализа отклонений необходимы данные о барических полях по сезонам, степени запыленности атмосферы, застое грязного воздуха в городе и т. д.

Особый интерес для нас составил весенний прогиб в годовом ходе УФР, поэтому весенний период был исследован на низкие и аномальные отклонения от ожидаемых значений, связанные с весенней особенностью вариации УФР. Получены следующие результаты.

Как правило, весной отклонения находятся в пределах от 80 до 50 % от ожидаемых значений, в 2007 и 2010 гг. повторяемость аномалий составила почти 50 %, т. е. практически половину весеннего периода. Величины отклонений <50 % (экстремально низкие значения УФР) весной встречаются довольно часто (20–25 % случаев), при этом среднегодовое их количество составляет 19 %. При учете продолжительности весеннего периода (92 дня) аномальные значения занимают от 18 до 23 дней. Пониженные значения весенних отклонений связаны с изменением естественного хода УФР в период снеготаяния, т. е. с резким увеличением количества водяного пара в нижней тропосфере, приводящим к дополнительному поглощению.

Подведя итог, можно сказать, что модель в целом хорошо согласуется с приходом УФР – ошибка модели не превышает 13 % за отдельные годы, по сезонам она составляет не более 4 %. Наименьшим коэффициентом корреляции обладает летний участок во все годы, что может быть связано с прозрачностью атмосферы, облачностью и т. д. Для полного анализа наименьшей связи модельных и реальных значений в летний период необходимы данные о барических полях по сезонам, степени запыленности атмосферы, застое грязного воздуха в городе и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Васильев В.И., Галкина И.В., Кальсин А.В., Ишов А.Г. Вариации озона в атмосфере по данным станции г. Обнинска // Труды ИЭМ. 1997. Вып. 28 (163). С. 56–61. Электронный ресурс <http://meteoinfo.ru/uvi>. Гидрометцентр России, дата обращения 24.05. 2013.

Галкина И.В., Васильев В.И., Козина Т.В., Тихонов В.Н. Экспериментальная проверка различных методов прогнозирования уровня биологически активной ультрафиолетовой радиации, достигающей поверхности Земли (на примере Калужской области) // Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук. Науки о Земле. 2010. Вып. 2. С. 545–551.

Lindfors A.V., Holmgren B., Hansenc G. Long-term erythematous UV at Abisko and Helsinki estimated using total ozone, sunshine duration, and snow depth. SPIE Proc. Stockholm, 2006. 12 p.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия