

## Пространственно-временная изменчивость суммарной солнечной радиации на территории Западной Сибири

М.Ю. Аршинов<sup>1</sup>, Б.Д. Белан<sup>1</sup>, Д.К. Давыдов<sup>1</sup>, Т.К. Складнева<sup>1</sup>,  
А.В. Фофонов<sup>1</sup>, Т. Machida<sup>2</sup>, М. Sasakawa<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1, Россия

<sup>2</sup>Национальный институт исследования окружающей среды  
г. Цукуба, Япония

Поступила в редакцию 29.04.2013 г.

Представлены результаты анализа пространственно-временной изменчивости суммарной солнечной радиации на территории Западной Сибири. Показано, что на юге и юго-востоке Западной Сибири отмечена тенденция отрицательного тренда приходящей солнечной радиации. На юге Западной Сибири максимальное поступление суммарной радиации зарегистрировано в июне—июле в зависимости от года измерений, а на севере — в июле. Минимальные вариации месячных сумм суммарной радиации наблюдаются в летний период (2–15%).

*Ключевые слова:* солнечная радиация, мониторинг, Западная Сибирь; solar radiation, monitoring, Western Siberia.

### Введение

Приходящая солнечная радиация играет важную роль во многих фотохимических и химико-биологических процессах, происходящих в атмосфере Земли и на ее поверхности, участвует в формировании климата.

Уровень и вариации суммарной и приземной ультрафиолетовой радиации могут быть различны в зависимости от физико-географических и климатических особенностей региона. В разных точках планеты постоянно ведется мониторинг солнечной радиации и проводится анализ не только многолетних [1–11], но и краткосрочных, региональных изменений приходящей радиации [12–16 и др.]. В работе [9] проанализированы данные измерений суммарной, прямой и рассеянной радиации на 13 станциях на территории Германии за 11- и 48-летний периоды (до 2000 г.). Показано, что рост суммарной и прямой радиации наблюдается преимущественно на станциях, расположенных на юго-западе Германии, а уменьшение суммарной радиации — в юго-восточной части страны. Автор отмечает, что в целом имеет место рост суммарной

радиации на 1,83% за 10 лет. В то же время в работе [11] показано, что за период 1961–2000 гг. на большей территории Китая зарегистрирован отрицательный тренд суммарной и прямой радиации. Данная тенденция наиболее выражена на юге и востоке страны.

По данным работы [7], на территории США за 10-летний период межгодовые вариации приземной ультрафиолетовой радиации составили от 2 до 5% от среднего значения (по данным 8 станций). Авторы работы [17] показали, что на юго-востоке Испании колебания суммарной радиации ( $\lambda = 310\text{--}2800$  нм) в течение дня составили 0,16–1,66% в минуту в зависимости от сезона. При этом колебания суммарной радиации были больше, чем ультрафиолетовой эритемной радиации во все месяцы, кроме летнего периода.

Наиболее полный анализ многолетней изменчивости солнечной радиации до 1990 г. на территории Западной Сибири дан в работах [18, 19]. Среди основных выводов отмечены уменьшение годовых сумм суммарной и прямой радиации и увеличение рассеянной. В нашей работе [20] показано, что на территории Западной Сибири за период 1958–1995 гг. многолетняя изменчивость суммарной радиации не отличается единообразием тенденций в разных частях территории. Коэффициент вариации годовых сумм на разных станциях менялся от 3,5 до 6,7%, а среднегодовая сумма суммарной радиации — в диапазоне 3495–4506 МДж/м<sup>2</sup>. Однако в период глобального изменения климата в отдельных районах

\* Михаил Юрьевич Аршинов (michael@iao.ru); Борис Денисович Белан (bbd@iao.ru); Денис Константинович Давыдов (denic@iao.ru); Татьяна Константиновна Складнева (tatyana@iao.ru); Александр Владиславович Фофонов (alenfo@iao.ru); Toshinobu Machida; Motoki Sasakawa.

Сибирского региона распределение компонент, определяющих процесс переноса солнечного излучения в системе «атмосфера–подстилающая поверхность», претерпевает некоторые изменения [21–23]. Поэтому в настоящей статье на основе современных данных (2004–2011 гг.) анализируется пространственно-временная изменчивость суммарной солнечной радиации на территории Западной Сибири.

## Исходные данные

Сотрудники Института оптики атмосферы СО РАН и Национального института исследования окружающей среды (Япония) с 2004 г. проводят совместные работы по созданию сети мониторинга парниковых и окисляющих атмосферу компонентов на территории Западной Сибири [24, 25]. Координаты пунктов и период измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Координаты пунктов измерений и период измерений

Пункт	Координаты	Период
Карасеовое	58°15' с.ш. 82°25' в.д.	июнь 2004–2011
Игрим	63°11' с.ш. 64°25' в.д.	сентябрь 2004–2011
Демьянское	59°47' с.ш. 70°52' в.д.	июнь 2005–2011
Ноябрьск	63°26' с.ш. 75°47' в.д.	июнь 2005–2011
Саввушка	51°20' с.ш. 82°08' в.д.	декабрь 2006–2011
Азово	54°44' с.ш. 73°02' в.д.	январь 2008–2011
Ваганово	54°30' с.ш. 62°19' в.д.	июнь 2008–2011

Наряду с измерениями газовых компонентов атмосферы, в данных пунктах проводятся измерения суммарной солнечной радиации. Пункты наблюдения расположены в разных ландшафтных зонах: от зоны северной тайги (станции Ноябрьск, Демьянское) до лесостепи (Саввушка, Азово) на южных границах России.

Измерения суммарной солнечной радиации проводятся пиранометром KIPP&Zonen Model CM3 (спектральный диапазон измерения 305–2800 нм). Прибор установлен на мачте на высоте 5 м. Предварительно была проведена интеркалибровка всех пиранометров. Измерения ведутся непрерывно и в автономном режиме.

## Характеристика периода наблюдений

Количество облаков, общее содержание озона, аэрозольная оптическая толща – факторы, влияющие на приходящую солнечную радиацию. За рассматриваемый период в районе постов количество общей облачности  $N_{\text{общ}}$  изменялось от 4 до 9 баллов, а распределение  $N_{\text{общ}}$  над Западной Сибирью имело широтную зависимость.

В зимний период повторяемость общей облачности 7–8 баллов составила 54% в районе всех постов за исключением пгт Игрим ( $N_{\text{общ}} = 5\div 7$  баллов). В летний период в районе южных постов  $N_{\text{общ}}$  изменялось от 5 до 6 баллов ( $P = 36\%$ ), а в районе северных постов от 6 до 7 баллов ( $P = 47\%$ ). В осенний период практически на всей территории Западной Сибири наблюдалась облачность более 7 баллов.

Анализ пространственно-временной изменчивости общего содержания озона (ОСО) над территорией Западной Сибири по спутниковым данным показал, что амплитуда годового хода ОСО для Западной Сибири составила 110 е.Д. с весенним максимумом в марте–апреле (390 е.Д.) и минимумом в октябре (280 е.Д.). Общее содержание озона над Западной Сибирью изменялось в диапазоне 266–420 е.Д. [22].

Согласно данным [23], пространственное распределение аэрозольного замутнения на территории Западной Сибири характеризуется уменьшением аэрозольной оптической толщи (АОТ) с ростом широты, а изменения с долготой невелики. В рассматриваемый период максимум АОТ отмечен в 2010 г. (лесные пожары), а минимум в 2005 и 2011 гг. Многолетний средний уровень АОТ в период с мая по ноябрь составил 0,132 и 0,125 (без пожаров 2002 и 2010 гг.).

## Результаты измерения

Ряды измерений на каждом из постов различны: самый длинный – 8 лет, ст. Карасеовое, самый короткий – 4 года, д. Ваганово. На рис. 1 показана временная динамика суммарной радиации на станциях Игрим, Карасеовое и Саввушка.

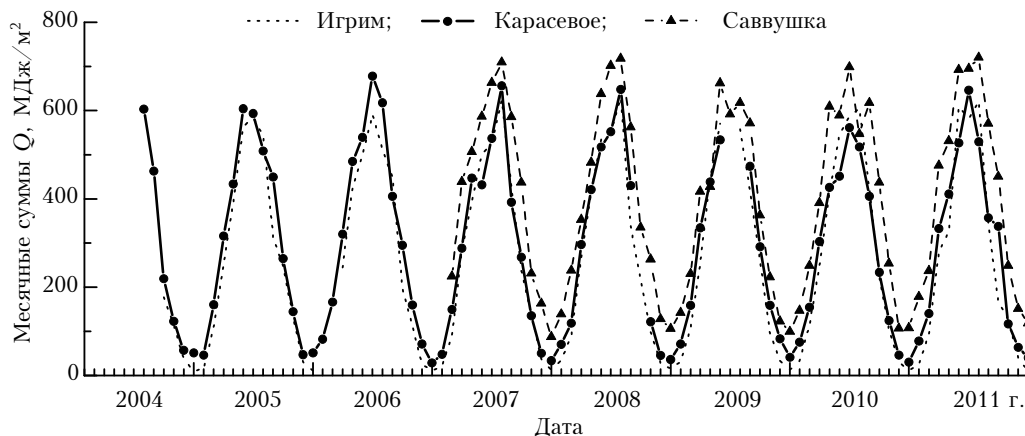


Рис. 1. Временная динамика суммарной солнечной радиации на станциях Игрим, Карасеовое и Саввушка

В районах станций Карасево и Саввушка отмечена тенденция отрицательного тренда приходящей солнечной радиации (относительная интенсивность тренда составила  $-1,2\%$ ), а на ст. Игрим — незначительный положительный тренд. Короткие ряды наблюдений не позволяют нам провести анализ долговременных изменений суммарной солнечной радиации  $Q$  на территории Западной Сибири, поэтому проанализированы только годовые и суточные изменения  $Q$  за 2004–2011 гг., а также рассмотрено пространственное распределение по среднемесячным значениям для центральных месяцев сезонов года.

На рис. 2 представлен среднегодовой ход суммарной солнечной радиации во всех пунктах измерений.

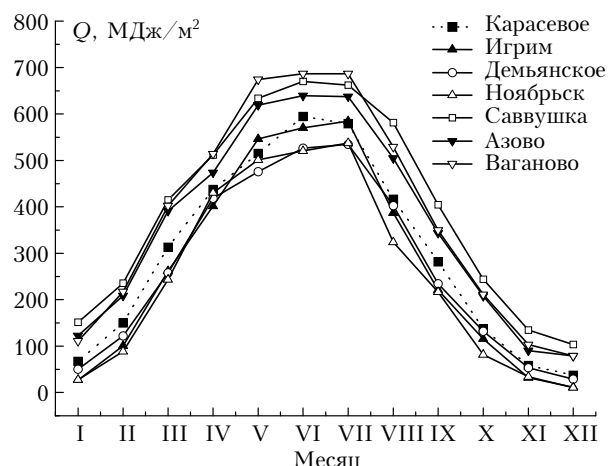


Рис. 2. Среднегодовой ход суммарной солнечной радиации (2004–2011 гг.) в семи пунктах измерений

Видна широтная зависимость распределения  $Q$ . Максимальный годовой ход получен в п. Саввушка, а минимальный — в п. Ноябрьск (самая южная и самая северная точки наблюдения).

Основной вклад в  $Q$  вносит теплый период (май–сентябрь). За рассматриваемое время он со-

ставлял примерно 71 и 63% от годового значения на севере и юге Западной Сибири соответственно, а в районе поста Карасево — 66,5%. В южной части Западной Сибири максимальное поступление суммарной радиации зарегистрировано в июне–июле в зависимости от года измерений, а в северной — в июле. Максимум суммарной солнечной радиации в летний период отмечен в районе д. Ваганово (но говорить, что это закономерность, рано, так как в этом районе ряд наблюдений короткий — всего 4 года).

Для оценки вариабельности месячных сумм  $Q$  проведено сравнение относительной величины изменения суммарной радиации — коэффициента вариации  $V$  (табл. 2).

Видно, что минимальные вариации месячных сумм суммарной радиации наблюдаются в летний период. Внутри сезона на севере Западной Сибири наиболее устойчивым оказался июнь, а на юге — минимальные вариации месячных сумм  $Q$  отмечены в июле в районе д. Ваганово ( $V = 2,4\%$ ). В зимний период наблюдаются максимальные вариации месячных сумм суммарной радиации ( $V = 25\div 40\%$ ) на всех постах наблюдения.

Как известно, изменчивость ежедневных сумм включает в себя колебания радиации внутри месяца каждого года, обусловленные сменой синоптических процессов, и колебания от года к году, связанные с изменением преобладающих форм общей циркуляции в отдельные годы. За рассматриваемый период в суточном ходе максимальные значения суммарной радиации наблюдались в околополуденное время в течение года, при этом в зимний полдень поступление суммарной радиации сопоставимо с летним в ранние утренние часы. Максимальная дневная амплитуда изменений  $Q$  отмечена в июле, а минимальная — в декабре на всех мачтах. На рис. 3, а показан средний суточный ход суммарной радиации в июле в районах постов измерений (при сравнении данных мы использовали время по Гринвичу).

Таблица 2

Коэффициент вариации месячных сумм суммарной радиации (%) в 2004–2011 гг.

Месяц	Станция						
	Карасево	Игрим	Демьянское	Ноябрьск	Саввушка	Азово	Ваганово
I	21,72	26,61	22,26	17,00	12,00	4,09	13,66
II	10,69	11,08	10,77	36,98	3,26	4,97	2,66
III	5,66	6,06	13,19	12,67	12,38	3,72	7,01
IV	5,51	9,50	12,17	16,51	13,07	3,51	10,79
V	11,23	7,20	15,16	6,24	7,25	4,11	2,16
VI	9,47	4,54	17,14	6,88	6,94	5,78	9,84
VII	11,80	7,94	7,52	5,03	11,64	5,01	2,41
VIII	9,28	13,87	—	18,17	3,77	2,05	8,03
IX	12,44	14,24	8,23	16,54	12,76	2,49	12,34
X	12,89	14,94	7,50	14,50	6,72	3,29	10,96
XI	25,60	16,51	21,42	28,29	16,98	2,80	10,31
XII	20,76	17,90	17,10	22,46	11,10	9,23	7,55

Наблюдается асимметрия суточного хода относительно полудня: дополуночное поступление суммарной радиации меньше послеполуденного. Наибольшая изменчивость суммарной солнечной радиации отмечена в утренние и вечерние часы, наименьшая — в дневное и околополуночное время (рис. 3, б).

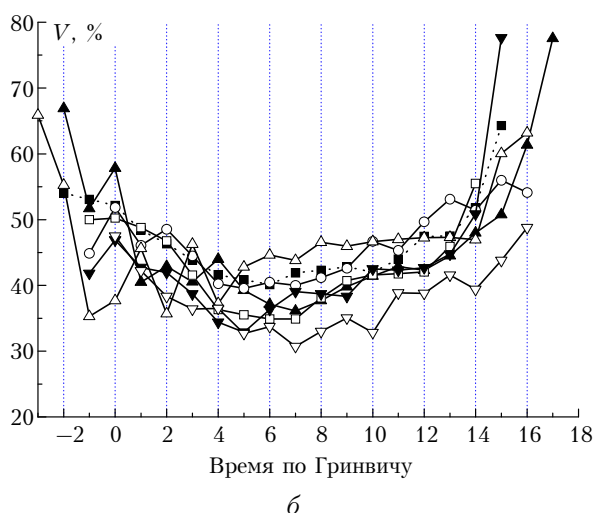
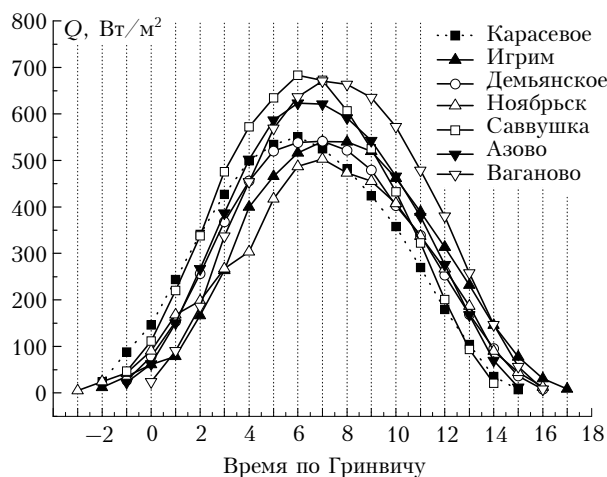


Рис. 3. Среднесуточный ход и коэффициент вариации суммарной радиации в июле 2004–2011 гг.

Суточное поступление суммарной радиации за рассматриваемый период изменялось в диапазоне 0,3–32 на юге и 0,04–31 МДж/м<sup>2</sup> на севере Западной Сибири. В табл. 3 в качестве примера приведены средние суточные суммы суммарной радиации на станциях Игрім, Карасевое и Саввушка. Максимум среднего суточного поступления  $Q$  наблюдался на ст. Игрім в июне и июле, а на станциях Карасевое и Саввушка — в июне. Смещение максимума с июля на июнь в районе ст. Саввушка обусловлено холодным, дождливым, с большим количеством дней со сплошной облачностью июлем 2010 г.

За период измерений наблюдались резкие перепады в суточном приходе  $Q$ . Например, на

ст. Саввушка с 16 по 18 сентября 2010 г. различия составили 14 МДж/м<sup>2</sup>, а максимальная суточная сумма за теплый период этого же года, отмеченная 31 июня, была почти в 14 раз больше минимальной, приходящейся на 22 июля.

Таблица 3

Средние суточные суммы суммарной радиации (МДж/м<sup>2</sup>) за 2004–2011 гг.

Месяц	Станция		
	Игрім	Карасевое	Саввушка
I	0,84 ± 0,61	2,24 ± 1,13	4,77 ± 1,71
II	3,59 ± 1,79	5,44 ± 2,08	8,38 ± 2,86
III	8,56 ± 3,03	10,10 ± 3,31	13,38 ± 4,53
IV	13,46 ± 5,13	14,77 ± 5,09	17,13 ± 5,91
V	17,61 ± 6,2	16,62 ± 6,81	20,37 ± 6,64
VI	18,97 ± 6,87	20,24 ± 6,16	22,35 ± 6,74
VII	18,85 ± 6,04	18,84 ± 6,26	21,32 ± 6,44
VIII	12,67 ± 5,31	13,59 ± 5,60	18,75 ± 5,76
IX	7,19 ± 3,69	9,11 ± 4,21	13,56 ± 5,32
X	3,69 ± 2,01	4,38 ± 2,51	7,92 ± 3,93
XI	1,10 ± 0,78	1,95 ± 1,19	4,48 ± 2,33
XII	0,36 ± 0,24	1,29 ± 0,65	3,34 ± 1,36

На ст. Саввушка коэффициент вариации суточных сумм за теплый период 2007–2011 гг. составил от 34 до 38% в зависимости от года, а в зимний период 46–56%. Однако в эту величину входят изменения, обусловленные астрономическими факторами (годовым ходом высоты Солнца и продолжительностью дня). Чтобы по возможности исключить их влияние, было использовано отношение суточных сумм за каждый день года к средним многолетним значениям за этот же день. Коэффициент вариации этого отношения, характеризующий большую изменчивость суточных сумм за счет погодных условий, по сравнению со средними многолетними значениями составил в районе ст. Саввушка 30–34% в теплый период и 28–33% зимой, а в районе ст. Карасевое 31–40% в летний и зимний периоды. В Игриме коэффициент вариации несколько выше и менялся в диапазоне 32–40% в теплый период, а колебания суточных сумм в зимний период составили 43–55% в зависимости от года измерений.

На рис. 4 приведено пространственное распределение среднемесячных сумм суммарной радиации в центральные месяцы сезонов над Западной Сибирью. Хотя пост Саввушка — самая южная точка измерений, там не во все месяцы зафиксирован максимум солнечной радиации. Так, в апреле и июле максимальное поступление солнечной радиации зарегистрировано в районе д. Ваганово.

Следует отметить, что полученные данные хорошо согласуются с результатами подобных работ, которые представлены в [26–29].

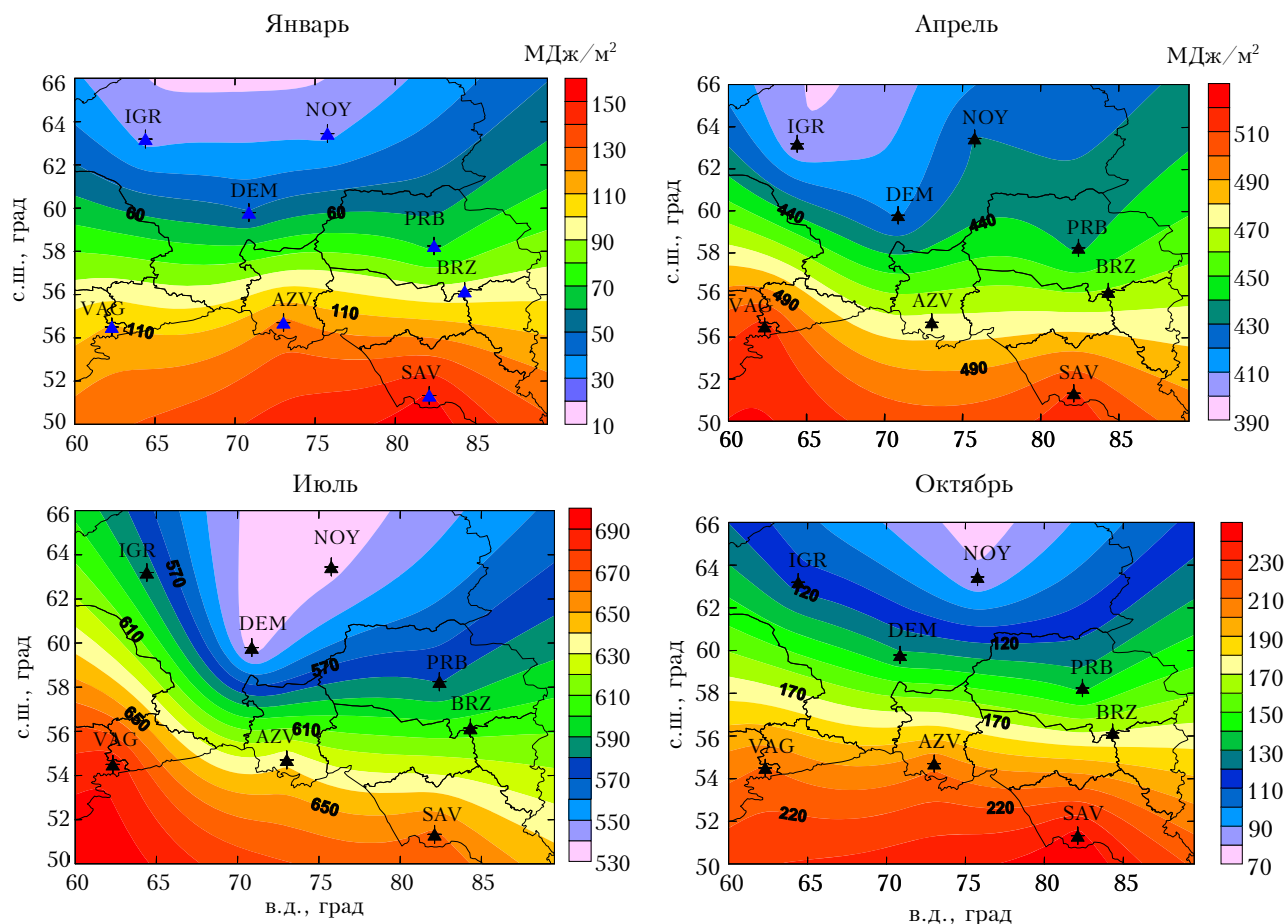


Рис. 4. Пространственное распределение суммарной радиации в январе, апреле, июле и октябре над Западной Сибирью

### Заключение

Анализ пространственно-временной изменчивости приходящей солнечной радиации на территории Западной Сибири выявил следующее:

1. На юге и юго-востоке Западной Сибири отмечена тенденция отрицательного тренда приходящей солнечной радиации, а в северной части – незначительный положительный тренд.

2. Минимальные вариации месячных сумм суммарной радиации наблюдаются в летний период (2–15%). В районе северных мачт наиболее устойчивым оказался июль. На юге Западной Сибири минимальные вариации месячных сумм суммарной радиации отмечены в июле в районе д. Ваганово ( $V = 2,4\%$ ).

3. Суточное поступление суммарной радиации менялось в диапазоне 0,3–32 МДж/м<sup>2</sup> (на юге) и 0,04–31 МДж/м<sup>2</sup> (на севере) Западной Сибири.

Работа выполнена при поддержке программы Президиума РАН № 4, междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН № 35, 70 и 131, грантов РФФИ № 11-05-00470, 11-05-00516, 11-05-93116 и 11-05-93118, госконтрактов Минобрнауки № 11.519.11.5009, 11.518.11.7045, 14.515.11.0030 и 8325, Фонда глобальных исследований окружающей среды для Национальных институтов Министерства окружающей среды Японии.

1. Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф. Радиационный баланс Земли как индикатор глобального экологического равновесия // Исслед. Земли из космоса. 2006. № 1. С. 3–9.
2. Chubarova N.Y., Nezval I.Y. Thirty year variability of UV irradiance in Moscow // J. Geophys. Res. 2000. V. 105, N 10. P. 12529–12539.
3. Chubarova N.Y. UV variability in Moscow according to long-term UV measurements and reconstruction model // Atmos. Chem. Phys. 2008. V. 8, N 12. P. 3025–3031.
4. Lam K.S., Ding A., Chan L.Y., Wang T., Wang T.J. Ground-based measurements of total ozone and UV radiation by the Brewer spectrophotometer #115 at Hong Kong // Atmos. Environ. 2002. V. 36, N 12. P. 2003–2012.
5. Simic S., Weihs P., Vacek A., Kromp-Kolb H., Fitzka M. Spectral UV measurements in Austria from 1994–2006: investigations of short- and long-term changes // Atmos. Chem. Phys. 2008. V. 8, N 23. P. 7033–7043.
6. Zerefos C.S., Eleftheratos K., Meleti C., Kazadzis S., Romanou A. Solar dimming and brightening over Thessaloniki, Greece, and Beijing, China // Tellus. B. 2009. V. 61, N 4. P. 657–665.
7. Hicke J.A., Slusser J., Lantz K., Pascual F.G. Trends and interannual variability in surface UVB radiation over 8 to 11 years observed across the United States // Geophys. Res. 2008. V. 113. D21302, doi:10.1029/2008JD009826.
8. Arefev V.N., Kashin F.V. Measurements of solar UV radiation and total ozone in mountain region of Northern Tien Shan // Proc. Quadren. Ozone Symposium, 1–8 June 2004. Kos, Greece. P. 1148–1149.

9. *Power H.C.* Trends in solar radiation over Germany and an assessment of the role of aerosols and sunshine duration // *Theor. Appl. Climatol.* 2003. V. 76, N 1–2. P. 47–63.
10. *Zhang Y.L., Qin B.Q., Chen W.M.* Analysis of 40 year records of solar radiation data in Shanghai, Nanjing and Hangzhou in eastern China // *Theor. Appl. Climatol.* 2004. V. 78, N 4. P. 217–227.
11. *Liang F., Xia X.A.* Long-term trends in solar radiation and the associated climatic factors over China for 1961–2000 // *Ann. Geophys.* 2005. V. 23, N 7. P. 2425–2432.
12. *Bernhard G., Booth C.R., Ebrahimian J.C.* Comparison of UV irradiance measurements at Summit, Greenland; Barrow, Alaska; and South Pole, Antarctica // *Atmos. Chem. Phys.* 2008. V. 8, N 16. P. 4799–4810.
13. *Gustavo G. Palancar, Beatriz M. Toselli.* Effects of meteorology on the annual and interannual cycle of the UV-B and total radiation in Cordoba City, Argentina // *Atmos. Environ.* 2004. V. 38, N 7. P. 1073–1082.
14. *Gutierrez-Marco E., Hernandez E., Camacho J.L., Labajo A.* Analysis of UVB values in the centre of the Iberian Peninsula // *Atmos. Res.* 2007. V. 84, N 4. P. 345–352.
15. *Bo Hu, Yuesi Wang, Gueangren Liu.* Ultraviolet radiation spatio-temporal characteristics derived from the ground-based measurements taken in China // *Atmos. Environ.* 2007. V. 41, N 27. P. 5707–5718.
16. *Акулинин А.А., Смыков В.П.* Изменчивость уровня приходящей солнечной ультрафиолетовой радиации в Кишиневе, Молдова // *Международ. симпоз. «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2011): Сб. тезисов. 21–24 июня 2011. Санкт-Петербург, 2011. С. 168.*
17. *Anton M., Gil J.E., Cazorla A., Fernandez-Galvez J., Foyo-Moreno I., Olmo F.J., Alados-Arboledas L.* Short-term variability of experimental ultraviolet and total solar irradiance in Southeastern Spain // *Atmos. Environ.* 2011. V. 45, N 28. P. 4815–4821.
18. *Житорчук Ю.В., Стадник В.В., Шамина И.Н.* Исследование линейных трендов во временных рядах солнечной радиации // *Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана.* 1994. Т. 30, № 3. С. 389–391.
19. *Байков И.М.* Особенности многолетнего изменения коэффициента прозрачности атмосферы и составляющих солнечной радиации в Сибири и на Дальнем Востоке // *Метеорол. и гидрол.* 1998. № 1. С. 29–35.
20. *Белан Б.Д., Наливайко А.А., Сакерин С.М., Скляднева Т.К.* Особенности многолетней изменчивости характеристик солнечной радиации в Западно-Сибирском регионе // *Оптика атмосф. и океана.* 1999. Т. 12, № 3. С. 275–282.
21. *Комаров В.С., Ломакина Н.Я., Лавриненко А.В., Ильин С.Н.* Изменения климатов пограничного слоя атмосферы Сибири в период глобального потепления. Часть 2. Аномалии и тренды влажности воздуха // *Оптика атмосф. и океана.* 2010. Т. 23, № 11. С. 951–956.
22. *Скляднева Т.К., Ломакина Н.Я., Бедарева Т.В.* Пространственно-временное распределение общего содержания водяного пара и озона в континентальных районах Сибири и переходной зоне «материк–океан» Дальнего Востока // *Оптика атмосф. и океана.* 2012. Т. 25, № 12. С. 1077–1083.
23. *Сакерин С.М., Андреев С.Ю., Бедарева Т.В., Кабанов Д.М., Поддубный В.А., Лужецкая А.П.* Пространственно-временная изменчивость аэрозольной оптической толщи атмосферы на территории Поволжья, Урала и Западной Сибири // *Оптика атмосф. и океана.* 2012. Т. 25, № 11. С. 958–962.
24. *Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Давыдов Д.К., Иноуё Г., Краснов О.А., Мачида Т., Максюттов Ш., Недзэлк Ф., Рамонет М., Сиас Ф., Толмачев Г.Н., Фофанов А.В.* Организация мониторинга парниковых и окисляющих атмосферу компонент над территорией Сибири и некоторые его результаты. 1. Газовый состав // *Оптика атмосф. и океана.* 2006. Т. 19, № 11. С. 948–955.
25. *Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Симоненков Д.В., Толмачев Г.Н., Фофанов А.В.* Организация мониторинга парниковых и окисляющих атмосферу компонент над территорией Сибири и некоторые его результаты. 2. Аэрозольный состав // *Оптика атмосф. и океана.* 2006. Т. 19, № 12. С. 1062–1067.
26. *Белан Б.Д., Ивлев Г.А., Скляднева Т.К.* Многолетний мониторинг суммарной и ультрафиолетовой (В) радиации в районе Томска // *Оптика атмосф. и океана.* 2012. Т. 25, № 1. С. 61–65.
27. *Заяханов А.С., Жамсуева Г.С., Нагуслаев С.А., Цыдыпов В.В., Аюржанаев А.А., Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Азаяа Д., Оюнчимег Д.* Пространственно-временные характеристики АОТ атмосферы в пустыне Гоби по данным наземных наблюдений // *Оптика атмосф. и океана.* 2012. Т. 25, № 4. С. 327–334.
28. *Сакерин С.М., Андреев С.Ю., Бедарева Т.В., Кабанов Д.М.* Особенности пространственного распределения аэрозольной оптической толщи атмосферы в азиатской части России // *Оптика атмосф. и океана.* 2012. Т. 25, № 6. С. 484–490.
29. *Кабанов Д.М., Курбангалеев Т.Р., Рассказчикова Т.М., Сакерин С.М., Хуторова О.Г.* Влияние синоптических факторов на вариации аэрозольной оптической толщи атмосферы в условиях Сибири // *Оптика атмосф. и океана.* 2011. Т. 24, № 8. С. 665–674.

*M.Yu. Arshinov, B.D. Belan, D.K. Davydov, T.K. Sklyadneva, A.V. Fofonov, T. Machida, M. Sasaki.* **Spatial-temporal variability of total solar radiation in West Siberia.**

Results of the analysis of existential variability of total solar radiation in the territory of Western Siberia are presented. It is shown that in the South and the southwest of Western Siberia the tendency of a negative trend of coming solar radiation is noted. In the south of Western Siberia the maximum receipt of total radiation is registered in June–July depending on the year of measurements, and in the north – in July. The minimum variations of the monthly sums of total radiation are observed during the summer period (2–15 of %).