

М.А. Черниговская, А.В. Михалев, М.А. Тащилин

## Многолетние вариации эритемной ультрафиолетовой радиации в Иркутске по данным спутниковых измерений

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск*

Поступила в редакцию 12.11.2004 г.

На основе данных спутниковых измерений солнечной эритемной ультрафиолетовой радиации (ЭУФР) прибором TOMS (на борту спутников Nimbus-7, Earth Probe), обработанных с помощью специально подготовленного комплекса программ, проводится анализ временных вариаций ЭУФР за периоды 1979–1992 и 1996–2003 гг. для г. Иркутска. Результаты анализа многолетних однородных рядов измерений, выполненных и обработанных по единым методикам, позволяют установить климатические нормы вариаций различных временных масштабов (межсезонных, межгодовых, внутри цикла солнечной активности). Обсуждаются возможные причины наблюдаемых временных вариаций приземной ЭУФР в г. Иркутске.

### Введение

Ультрафиолетовая радиация (УФР) является климатообразующим фактором, оказывающим прямое воздействие на земную биосферу. Это в равной мере относится как к широтным зонам с избытком УФР, так и к зонам, где в отдельные периоды может отмечаться ее дефицит. К последним обычно относят регион Сибири. Из всего диапазона УФР Солнца, достигающей поверхности Земли, наиболее биологически активной для всего живого (для человека, в том числе) является спектральная область 300–320 нм. Это так называемая область эритемной ультрафиолетовой радиации (ЭУФР) (от лат. «эритема» – покраснение).

Исследование возможной изменчивости приземной ЭУФР является одной из важных задач в области изучения солнечно-земных связей. Вопросы изучения вариаций ЭУФР в Сибирском регионе, их региональных особенностей и тенденций освещены крайне недостаточно. Временные вариации являются важным параметром, определяющим дисперсию месячных и годовых сумм ЭУФР, учет которых необходим при определении трендов ЭУФР. Повышенный интерес к возможно существующим трендам ЭУФР обусловлен ее зависимостью от общего содержания озона (ОСО) в атмосфере Земли. Исследования ОСО интенсивно проводятся в последние десятилетия в связи с регистрируемыми отрицательными трендами ОСО в глобальном масштабе и наблюдениями в отдельные периоды в некоторых регионах кратковременных аномалий ОСО [1–3].

В работах [4, 5] с использованием результатов наземных измерений интенсивности приземной прямой УФР в диапазоне длин волн 295–345 нм с помощью УФ-спектрофотометра, полученных в 1997–2000 гг., было проведено исследование особенностей межсуточных, сезонных (регулярных и нере-

гулярных) вариаций приземной УФР в г. Иркутске. Поскольку спутниковые методы измерения УФР представляются весьма информативными и ценными в плане решения задачи изучения глобальных пространственных и временных вариаций, авторы пошли по пути привлечения этих данных для расширения круга возможных анализируемых вопросов. Проведенный сравнительный анализ результатов наземных измерений интенсивности приземной ЭУФР в г. Иркутске с информацией об ЭУФР, оцениваемой по спутниковым данным TOMS [6], показал их хорошее качественное совпадение с высокими коэффициентами корреляции [7]. Это дало возможность обоснованно использовать данные спутниковых измерений УФР при изучении глобального и регионального (для России) пространственного распределения ЭУФР. В глобальных распределениях месячных и годовых доз ЭУФР проявляются континентальные «структуры» и крупные горные массивы [8]. При рассмотрении распределения ЭУФР на территории России проявляются мезомасштабные неоднородности полей ЭУФР, зависящие от региона и рассматриваемого сезона [9].

Очевидно, что при описании особенностей пространственно-временного распределения (типичного или аномального) приземной ЭУФР, как и любого другого параметра, характеризующего атмосферные процессы, необходимо прежде всего иметь информацию о климатических нормах поведения характеристики. Ведь под аномалией как раз и понимается отклонение характеристик от их средних значений во времени или пространстве.

Климат (от греч. *klima* – наклон, подразумевается наклон земной поверхности к солнечным лучам) – многолетний режим погоды, свойственный той или иной местности на Земле и являющийся одной из ее географических характеристик. С развитием физики верхней атмосферы и ионо-

сферы понятие климата было распространено и на характеристики, изучаемые этими науками о Земле. Для выявления особенностей климата, как типичных, так и редко наблюдаемых, необходимы многолетние ряды наблюдений. Многолетние средние значения метеорологических элементов (годовые, сезонные, месячные, суточные и т.д.), их суммы, повторяемости и прочие носят название климатических норм; соответствующие величины для отдельных дней, месяцев, лет и так далее рассматриваются как отклонение от этих норм.

В настоящей работе приводятся результаты анализа многолетних однородных рядов измерений приземной ЭУФР, выполненных и обработанных по единым методикам, с целью установления климатических норм вариаций ЭУФР различных временных масштабов (межсезонных, межгодовых, внутри цикла солнечной активности) в г. Иркутске ( $52^\circ$  с.ш.,  $104^\circ$  в.д.).

## Данные и результаты

Использовались данные спутниковых измерений приземной суммарной ЭУФР с помощью сканирующего спектрометра TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer), установленного на борту ИСЗ Nimbus-7 (период 1979–1992 гг.), затем на ИСЗ Earth Probe (период 1996–2003 гг.). Таким образом, с учетом перерыва в измерениях продолжительностью 3,5 года (с 1993 по август 1996 г.) анализировался временной интервал почти 22 года. Этот временной период охватывает 21-, 22- и 23-летние циклы солнечной активности.

Спутниковые данные представлены суточными (дневными) глобальными распределениями экспозиции ЭУФР поверхности Земли с угловым разрешением  $1 \times 1,25^\circ$  по широте и долготе соответственно. Они восстанавливаются путем совместного анализа данных измерений ОСО прибором TOMS, информации о состоянии облачности атмосферы, альbedo подстилающей поверхности, а также данных о внеатмосферном солнечном потоке УФР [10, 11].

Для извлечения значений из массивов данных измерений ЭУФР прибором TOMS и их последующей обработки разработан комплекс программ [12]. Этот комплекс состоит из набора модулей и позволяет получать ежедневные данные распределения суммарной ЭУФР, создавать собственную базу данных значений ЭУФР, строить карты глобального распределения значений интенсивности УФР как для земной поверхности в целом, так и для территории Евразийского континента, полученных усреднением за выбранные интервалы наблюдений. Для анализа ЭУФР в г. Иркутске были выбраны данные TOMS с ближайшими к городу координатами ( $52,5^\circ$  с.ш.,  $103,75^\circ$  в.д.).

На рис. 1,а представлены ежедневные значения ЭУФР, полученные наложением измерений за каждый день для всего анализируемого периода наблюдений.

Как и в предыдущих работах, отмечается сильная межсуточная изменчивость ЭУФР, на величину

которой, в первую очередь, влияют вариации облачности, а также вариации ОСО и аэрозольное состояние атмосферы [4, 5, 13]. Здесь же сплошной линией приведена среднегодовая вариация, полученная усреднением по всем годам ежедневных данных для каждого месяца. Точки центрированы относительно середины каждого месяца.

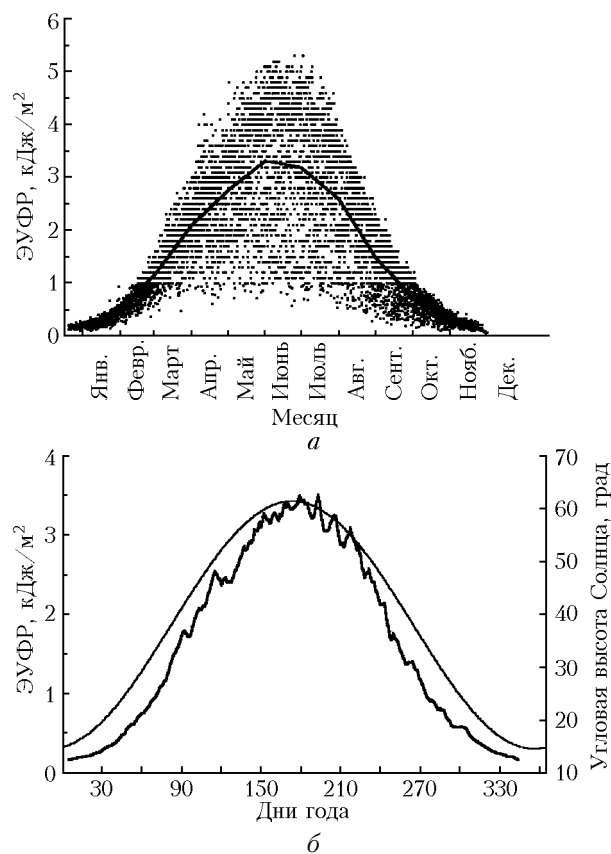


Рис. 1. Ежедневные значения ЭУФР для периода наблюдений 1979–1992 и 1996–2003 гг. и среднегодовая вариация ЭУФР, полученная по среднемесячным данным (а); среднегодовая вариация ЭУФР, полученная по среднесуточным данным по всем годам (толстая линия), и кривая для угловой высоты Солнца для г. Иркутска (тонкая линия) (б)

На рис. 1,б представлена среднегодовая (сезонная) вариация ЭУФР, полученная в результате усреднения измерений для каждого дня года по всем годам с последующим сглаживанием скользящим средним по 5 дням, и кривая для угловой высоты Солнца. Обнаруженная ранее [13, 14] несимметричность сезонного хода ЭУФР относительно летнего солнцестояния, которая заключалась в превышении ЭУФР во втором полугодии по сравнению с первым при одинаковых угловых высотах Солнца и связывалась с выраженной сезонным ходом ОСО над Иркутском с максимумом весной, в среднегодовом ходе выражена слабо. Это связано, по-видимому, с тем, что анализировались данные ЭУФР по всем дням наблюдений без разделения на ясные и облачные дни. Эффект несимметричности в работах [13, 14] ярко проявлялся только при использовании дней с ясной погодой. Наличие же

облачности сильно компенсировало величину сезонной асимметрии.

В среднегодовом ходе в летний сезон (особенно вблизи периода летнего солнцестояния) отмечаются колебания с периодами порядка 10–14 дней (т.е. определяются временами жизни (и их комбинациями) основных синоптических объектов — циклонов и антициклонов) с характерными пиками, соответствующими 17 и 29 июня, 13 и 24 июля, 7 августа (см. рис. 1,б). Выделяется также весенний всплеск ЭУФР в конце апреля с последующим спадом в начале мая, который отмечался ранее при анализе данных наземных измерений УФР в коротковолновой области спектра [4]. Эти особенности, возможно, связаны с метеорологическим и климатическим режимом исследуемого региона Восточной Сибири, характеризующегося отличиями в динамике ОСО и в поведении облачного и аэрозольного режима атмосферы в различные сезоны года.

После получения среднегодовой кривой ЭУФР по среднесуточным данным за все годы (см. рис. 1,б) был проведен анализ многолетних вариаций относительных отклонений ежедневных значений ЭУФР от среднегодового хода. Сглаженная скользящим средним за трехмесячный интервал кривая относительных отклонений приведена на рис. 2. Верхней кривой представлена сглаженная подобным образом многолетняя вариация потока солнечного радионизлучения на длине волны 10,7 см.

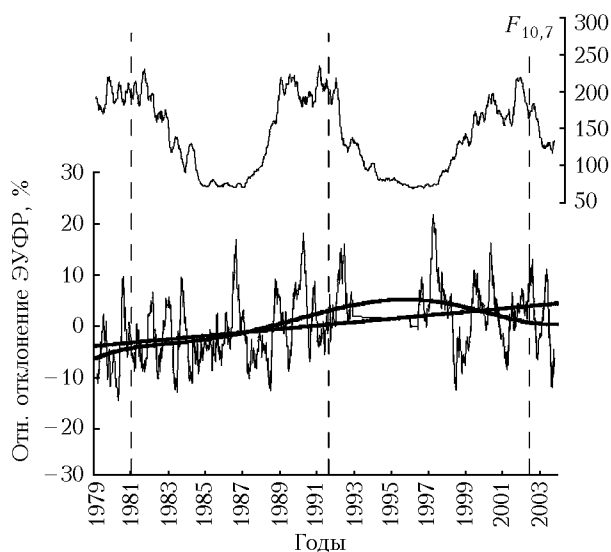


Рис. 2. Многолетние вариации относительных отклонений ежедневных значений ЭУФР от среднегодового хода (нижняя кривая), потока солнечного радионизлучения на длине волны 10,7 см (верхняя кривая), сглаженные скользящим средним за трехмесячный интервал. Толстыми линиями на нижнем графике показаны тренды вариаций относительных отклонений ЭУФР, полученные двумя разными методами

Из рис. 2 видно, что средние относительные вариации ЭУФР достигают величины  $\pm 15\text{--}20\%$ , хотя межсуточные изменения в отдельные дни могут составлять до  $\pm 90\%$  (сильная межсуточная из-

менчивость видна из рис. 1,а). Интересен и актуален вопрос о долговременном тренде относительных вариаций ЭУФР, поскольку таким образом можно оценить тенденцию поведения значений изучаемой величины в будущем. Линейный тренд определялся методом наименьших квадратов, а криволинейный — сглаживанием полиномом пятой степени. Результаты таких аппроксимаций приведены на рис. 2 (толстые линии), из которого видно, что разные способы аппроксимации могут указывать на противоположные тенденции поведения ЭУФР в будущем. Например, линейный тренд показывает постепенное возрастание ЭУФР. Если принять существование такого положительного тренда, то вариации ЭУФР могут быть связаны с наблюдаемым в некоторых регионах земного шара и широко обсуждаемым в последние десятилетия отрицательным временным трендом атмосферного озона [1–3]. Применив же полиномиальную аппроксимацию, мы получим тенденцию к уменьшению ЭУФР в последние годы.

Наличие отрицательного тренда можно связать, например, с существованием положительной корреляции со сдвигом 2 года между солнечной активностью и концентрацией аэрозоля в приземном слое [15] и, как следствие, отрицательной корреляции солнечной активности с прозрачностью атмосферы [16]. В соответствии с этими выводами к периоду 2003–2004 гг. (см. верхнюю кривую на рис. 2 о временном ходе  $F_{10,7}$ ) концентрация аэрозоля в приземном слое должна достичь максимума, следовательно, прозрачность атмосферы должна уменьшаться. Это, в свою очередь, означает возможность тенденции к снижению приземной ЭУФР, что и получено при полиномиальном сглаживании относительных вариаций ЭУФР. Но оба полученных тренда дают постепенный рост ЭУФР в 21- и 22-летнем циклах солнечной активности. Одной из причин такого многолетнего временного хода может быть существование более длительных периодов (к примеру, 22-летнего).

В текущем 23-летнем солнечном цикле ситуация может быть оценена по-разному в зависимости от способа аппроксимации. Противоречивы мнения в научной литературе относительно долговременных трендов в приземной УФР. Приведенный выше пример, свидетельствующий о возможности получения противоположных временных трендов при аппроксимации временных рядов разными методами, подтверждает спорность разрешения данной проблемы в настоящее время. Очевидно, что для получения обоснованных выводов по этому вопросу необходимо анализировать еще более длинные временные ряды, иметь возможно более полную информацию о поведении всего сложного комплекса факторов, определяющих уровень ЭУФР на поверхности Земли, а также с большой осторожностью подходить к интерпретации результатов статистической обработки данных.

Были проанализированы многолетние временные вариации средних значений ежедневных экспозиций ЭУФР для каждого месяца (рис. 3).

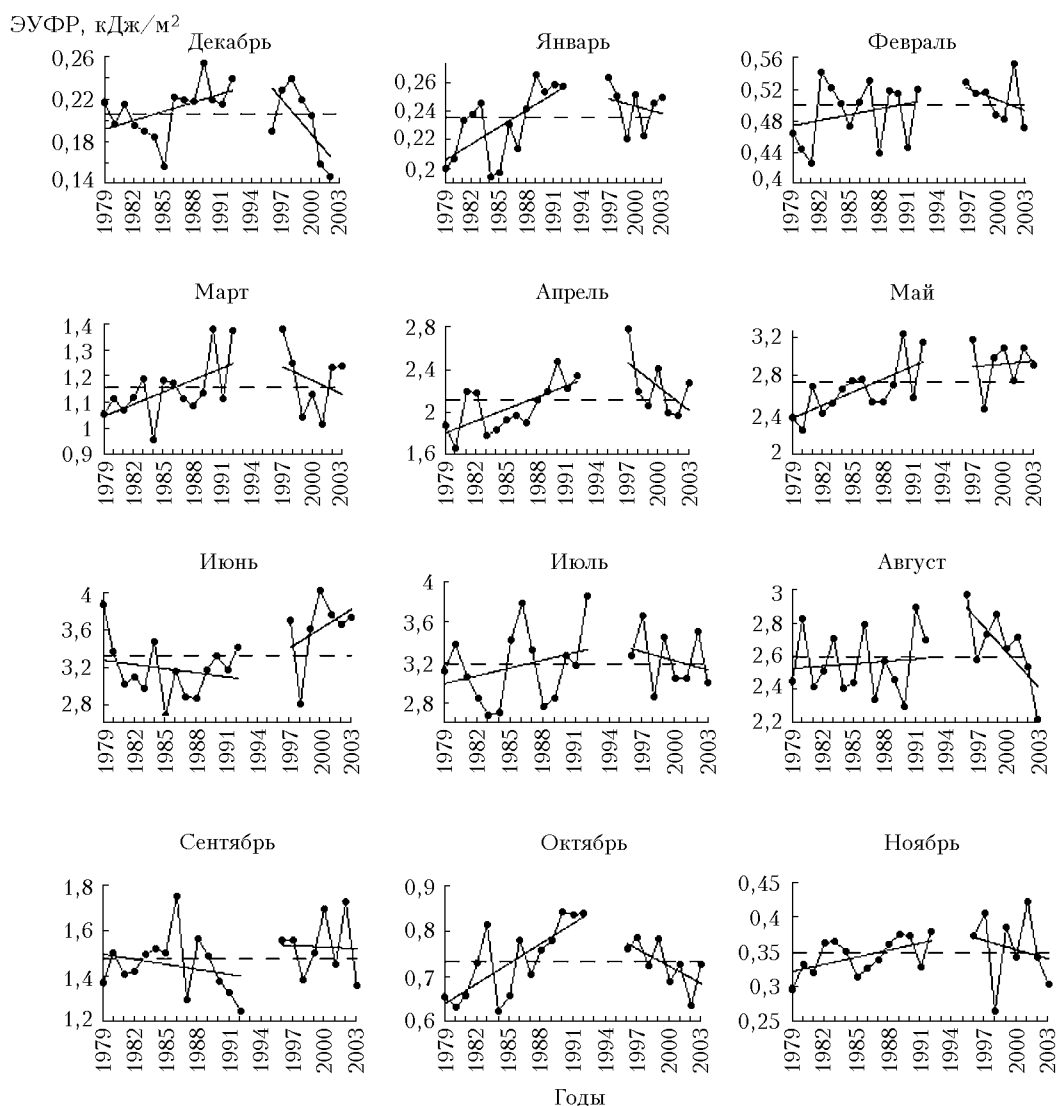


Рис. 3. Многолетние вариации среднемесячных значений ЭУФР: пунктирные линии – среднемесячные значения ЭУФР, полученные усреднением по всем годам; сплошные линии – линейные тренды, полученные методом наименьших квадратов

На графиках точками представлены среднемесячные значения ЭУФР для разных лет, пунктирными линиями – среднемесячные значения ЭУФР, полученные усреднением по всем годам (табл. 1).

Эти же значения использовались для построения среднегодовой вариации на рис. 1, а. Сплошными линиями (см. рис. 3) обозначены линейные тренды, полученные методом наименьших квадратов. Видно, что характер вариаций среднемесячных значений ЭУФР от года к году для разных месяцев различен.

Для большинства месяцев (декабрь–апрель, июль, август, октябрь, ноябрь) характер поведения временных трендов аналогичен: рост ЭУФР в период 1979–1992 и спад в период 1996–2003 гг. Для июня картина тренда обратная. В мае отмечается рост ЭУФР с 1996–2003 гг., а для сентября характерен спад в период 1979–1992 гг.

Таблица 1

**Климатические месячные нормы ЭУФР и меры изменчивости**

Месяц	Среднее, кДж/м <sup>2</sup>	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %
Январь	0,24	0,001	0,2
Февраль	0,50	0,001	0,3
Март	1,16	0,014	1,2
Апрель	2,12	0,069	3,2
Май	2,75	0,081	2,9
Июнь	3,33	0,146	4,4
Июль	3,19	0,116	3,6
Август	2,60	0,042	1,6
Сентябрь	1,48	0,018	1,2
Октябрь	0,74	0,005	0,7
Ноябрь	0,35	0,001	0,4
Декабрь	0,21	0,001	0,4

Особый интерес представляют временные вариации в мае, в летние месяцы и в сентябре, когда значения экспозиции ЭУФР, а также их изменчивость, максимальны (см. табл. 1). Как видно из рис. 3, единого характера поведения приземной ЭУФР для этих месяцев не наблюдается.

На рис. 4 представлено статистическое распределение (гистограмма) ежедневных значений ЭУФР за весь исследуемый временной интервал. Оно указывает, что наиболее вероятные значения лежат в диапазоне минимальных значений ЭУФР 0–1 кДж/м<sup>2</sup>.

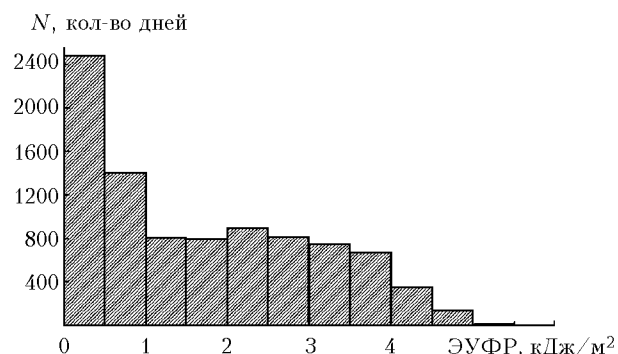


Рис. 4. Гистограмма ежедневных значений ЭУФР за весь исследуемый временной период

Это видно также из наложения ежедневных значений ЭУФР на рис. 1, а. Наименьшая изменчивость ЭУФР (т.е. наибольшая скученность точек) находится как раз в области минимальных значений ЭУФР и приходится на зимние месяцы: ноябрь — февраль. В остальные месяцы точки с равной вероятностью могут принимать значения, лежащие практически во всей области возможных значений — от 1 до 4 кДж/м<sup>2</sup>. Объяснить подобное распределение возможно таким образом, что в зимние месяцы уровень приземной ЭУФР определяется, в основном, изменением угловой высоты Солнца.

В холодное время года в Иркутске обычно наблюдается ясная безоблачная погода, так как регион Восточной Сибири характеризуется наличием Азиатского антициклона в зимние месяцы (этому периоду будут соответствовать ~1–80-й дни года на рис. 1, где и наблюдается самая большая концентрация точек). Затем отмечается весеннее усиление циклонической деятельности. Конец весны и первая половина лета характеризуются засушливой погодой с большим количеством ясных дней и высокими температурами. Второй половине лета свойственны обильные осадки и, следовательно, облачная погода, связанная с активизацией циклонической деятельности над Монголией. Осенний период характеризуется активизацией циклонической деятельности с запада с относительно коротким периодом устойчивой погоды [17].

Наличие облачности, как отмечалось ранее, очень сильно влияет на уровень приземной ЭУФР, внося сильную межсуточную изменчивость. Кроме этого влияние на ЭУФР оказывают ОСО, характе-

ризующееся выраженным годовым ходом с максимумом весной и минимумом осенью, а также аэрозольное содержание атмосферы. Воздействие этих конкурирующих факторов и приводит, по-видимому, к такому сложному распределению значений ЭУФР (рис. 4).

Нами был проведен спектральный анализ временного ряда ежедневных значений экспозиции приземной ЭУФР по всем 22 годам, сглаженного скользящим средним по 30 дням. Для статистического анализа временных рядов использовался программный пакет Statistica for Windows. Результаты спектрального анализа данных измерений ЭУФР показаны на рис. 5.

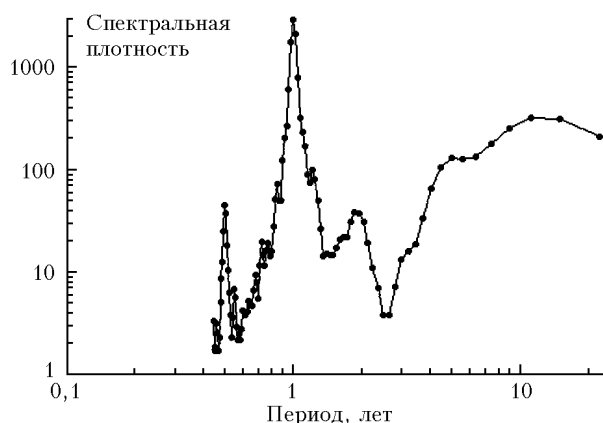


Рис. 5. Результаты спектрального анализа временного ряда ежедневных значений экспозиции приземной ЭУФР по всем годам, сглаженного скользящим средним по 30 дням

В спектре анализируемого временного ряда присутствует широкий диапазон колебаний с различными периодами. Самый большой максимум соответствует периоду 1 год (и близким к этому). Этот результат совершенно естествен, поскольку наибольшие по амплитуде вариации УФР связаны с изменением угловой высоты Солнца (сезонные вариации) и этот период является основным. Интерес представляют периоды, связанные с солнечной активностью. В спектре временного ряда ЭУФР выделяются периоды, близкие к 11, 22, 5, 2 годам (т.е. периоды проявления солнечной активности, с которыми часто коррелируют многие геофизические и метеорологические параметры) и другие периоды (табл. 2).

Этот результат является свидетельством того, что ЭУФР, вероятно, опосредованным образом, через другие атмосферные параметры, например прозрачность атмосферы, ОСО и др., связана с солнечной активностью. В работе [16] отмечается существование зависимости спектральной прозрачности атмосферы от солнечной активности в 11-летнем цикле. В настоящее время высказывается ряд гипотез относительно влияния солнечной активности на прозрачность атмосферы [18], но окончательно механизм этого влияния не определен.

Таблица 2

**Основные наиболее значимые периоды, выявленные  
спектральным анализом**

Период, сут	Период, лет	Спектральная плотность
364	1,0	2901,0
372	1,0	2092,4
356	1,0	1762,8
381	1,0	775,3
349	1,0	596,4
390	1,1	316,9
4096	11,2	315,9
5461	15,0	311,1
8192	22,4	207,1
2731	7,5	179,1
2341	6,4	133,6
1820	5,0	128,6
2048	5,6	123,9
1638	4,5	105,4
1489	4,1	64,5
683	1,9	38,2
712	2,0	37,1
655	1,8	30,7

Ранее нами были выделены 26-дневные вариации по данным наземных измерений коротковолновой УФР, которые, по нашему предположению, также могли быть обусловлены изменениями прозрачности атмосферы при квазипериодических вариациях солнечной активности вблизи характерного времени ~27 сут [19].

### Выводы

Анализ многолетнего однородного ряда данных спутниковых измерений приземной суммарной ЭУФР в г. Иркутске, полученных и обработанных по единым методикам, за временной период, охватывающий более двух циклов солнечной активности, позволил получить следующие результаты.

1. Получены климатические нормы вариаций ЭУФР – многолетние годовые, сезонные, месячные средние значения и их повторяемости. Знание этих норм позволяет соответствующие анализируемые величины для отдельных месяцев, лет и т.д. рассматривать как отклонение от этих норм, т.е. судить о характерном или аномальном поведении ЭУФР.

2. Выявлен сезонный ход ЭУФР для г. Иркутска с характерными чертами (возможно, локальными, отражающими местные особенности климатического режима, физико-географического положения и т.д.).

3. Оценены многолетние тренды приземной ЭУФР, которые дают постепенный рост ЭУФР в 21- и 22-летних циклах солнечной активности. В текущем 23-летнем цикле ситуация может быть оценена по-разному в зависимости от способа аппроксимации. Неоднозначность полученных ре-

зультатов относительности возможных будущих тенденций ЭУФР свидетельствует о необходимости накопления экспериментальных данных для оценки трендов по более длинным рядам наблюдений.

4. Спектральный анализ временного ряда ежедневных значений экспозиции приземной ЭУФР позволил выделить кроме естественной годовой гармоники периоды 11, 22, 5, 2 года, которые могут свидетельствовать о связи ЭУФР с солнечной активностью. Механизмы и каналы этой связи до настоящего времени не установлены и требуют дальнейших исследований.

Авторы выражают благодарность специалистам сайта <http://jwcky.gsfc.nasa.gov/> за предоставленные данные по ЭУФР.

Работа выполнялась при поддержке интеграционных проектов СО РАН № 95 и 130 и гранта № НШ-272.2003.5 государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации.

1. Крученицкий Г.М., Кадырова Т.В., Иванова Н.С., Звягинцев М.А. Общее содержание озона над Россией и прилегающими территориями в 1997 г. // Метеорол. и гидрол. 1998. № 2. С. 119–122.
2. Lubin D., Frederick J.E. Column ozone measurement from Palmer Station, Antarctica: Variations during the austral springs of 1988 and 1989 // J. Geophys. Res. D. 1990. V. 95. N 9. P. 13883–13889.
3. Roy C.R., Gies H.P., Elliot G. Ozone depletion // Nature. (Gr. Brit.) 1990. V. 347. P. 235–236.
4. Mikhalev A.V., Chernigovskaya M.A., Shalin A.Yu., Kazimirovsky E.S. Surface ultraviolet radiation over East Siberia. Seasonal variations // Ann. Geophys. 2002. V. 20. N 4. P. 559–564.
5. Mikhalev A.V., Chernigovskaya M.A., Shalin A.Yu. Irregular variations of the ground-level ultraviolet radiation // Proc. SPIE. 2002. V. 4678. P. 654–659.
6. Internet: [http://toms.gsfc.nasa.gov/ery\\_uv/euv.html](http://toms.gsfc.nasa.gov/ery_uv/euv.html)
7. Михалев А.В., Тацилин М.А., Черниговская М.А., Шалин А.Ю. Эритемная ультрафиолетовая радиация по данным наземных и спутниковых измерений // Оптика атмосф. и океана. 2003. Т. 16. № 1. С. 63–67.
8. Михалев А.В., Тацилин М.А., Черниговская М.А. Пространственные и временные вариации эритемной ультрафиолетовой радиации по данным спутника EARTH PROBE // Солнечно-земная физ. 2004. Вып. 5 (в печати).
9. Черниговская М.А., Михалев А.В., Тацилин М.А. Пространственные и временные неоднородности полей эритемной ультрафиолетовой радиации над территорией России // Оптика атмосф. и океана. 2004. Т. 17. № 1. С. 81–85.
10. McPeters R.D., Bhartia P.K., Krueger A.J., Herman J.R. Earth Probe Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Data Products User's Guide. NASA Goddard Space Flight Center. 1998. 70 p.
11. Madronich S. Implications of recent total atmospheric ozone measurements for biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface // Geophys. Res. Lett. 1992. V. 19. N 1. P. 37–40.
12. Тацилин М.А. Комплекс программ по обработке данных эритемной ультрафиолетовой радиации спутника Earth Probe // Солнечно-земная физ. 2004. Вып. 5 (в печати).
13. Михалев А.В., Черниговская М.А., Шалин А.Ю. Нерегулярные вариации приземной ультрафиолетовой

- радиации // Оптика атмосф. и океана. 2002. Т. 15. № 2. С. 189–193.
14. *Mikhalev A.V., Tashchilin M.A., Chernigovskaya M.A., Shalin A.Yu.* Erythemal ultraviolet radiation as deduced from data of ground-based and satellite measurements // Proc. SPIE. 2003. V. 5027. P. 258–265.
  15. *Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Ковалевский В.К., Плотников А.П., Скляднева Т.К., Толмачев Г.Н.* Многолетняя изменчивость тропосферного аэрозоля над Западной Сибирью // Оптика атмосф. и океана. 2000. Т. 13. № 6–7. С. 627–630.
  16. *Ролдугин В.К., Старков Г.В.* Изменение прозрачности атмосферы в 11-летнем цикле солнечной активности // Докл. РАН. 2000. Т. 370. № 5. С. 675–677.
  17. *Швер Ц.А., Форманчук Н.П.* Климат Иркутска. Л.: Гидрометеониздат, 1981. 247 с.
  18. *Веретенко С.В., Пудовкин М.И.* Эффекты фобус-понижений галактических космических лучей в вариациях общей облачности // Геомагнетизм и аэрон. 1994. Т. 34. № 4. С. 38.
  19. *Михалев А.В., Черниговская М.А., Шалин А.Ю.* Сезонные и короткопериодные изменения приземной солнечной ультрафиолетовой радиации в Восточной Сибири // Исследования по геомагнетизму, аэрону и физике Солнца. 2001. Вып. 112. С. 243–252.

*M.A. Chernigovskaya, A.V. Mikhalev, M.A. Tashchilin.* **Long-term variations of erythemal ultraviolet radiation in Irkutsk as deduced from satellite measurements.**

The analysis of temporal variations of erythemal ultraviolet radiation (EUVR) in Irkutsk is given on the basis of satellite data of solar EUR by TOMS (Nimbus-7, Earth Probe) processed with the help of special programs for the periods of 1979–1992 and 1996–2003. The results of analysis of the long-term homogeneous measurements carried out and processed by unified techniques allow us to establish climatic norms of variations of different temporal scales (inter-season, inter-year, in a cycle of solar activity). The possible reasons of the observed temporal variations of near-surface EUR in Irkutsk are discussed.