

В.В. Зуев<sup>1</sup>, Н.Е. Зуева<sup>1</sup>, Ю.И. Зяблов<sup>2</sup>, С.А. Округин<sup>2</sup>

## Связь колебаний озоносферы, модулирующих уровень УФ-В солнечной радиации, и циклов острых инфарктов миокарда

<sup>1</sup> *Институт оптики атмосферы СО РАН,*

<sup>2</sup> *НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН, г. Томск*

Поступила в редакцию 26.10.2004 г.

Рассматривается связь циклов острого инфаркта миокарда (ОИМ) с колебаниями общего содержания озона (ОСО). Приведены результаты корреляционного анализа рядов индексов ОИМ и ОСО за период с 1986 по 2001 г. в Томске. Показано, что уровень острых инфарктов миокарда существенно зависит от колебаний озоносферы, модулирующей уровень УФ-В солнечной радиации, достигающей земной поверхности. Получены значимые коэффициенты положительной корреляции индексов ОИМ и ОСО как для полных рядов помесечных значений за весь рассматриваемый период, особенно для теплого времени года (апрель–сентябрь), так и для среднегодовых значений.

В настоящее время в литературе представлен большой статистический и клинический материал, указывающий на связь заболеваемости, летальных исходов и других нарушений жизнедеятельности человека, включая развитие острого инфаркта миокарда (ОИМ), с рядом периодических и аperiodических изменений солнечной активности, погоды и климата [1–4]. Подобная связь прослеживается не только с отдельными климатообразующими элементами, но и с их совокупностью [5–7].

В данной статье анализируется связь циклов ОИМ с колебаниями общего содержания озона (ОСО) в атмосфере, которые модулируют потоки УФ солнечной радиации в диапазоне 290–320 нм (УФ-В-радиация). В основе этой связи лежит стрессовое воздействие УФ-В-радиации на все живые организмы биосферы, в том числе на человека [8]. Основная часть УФ-В-радиации поглощается в УФ-полосах озона Хартли и Хаггинса уже в стратосфере, где содержание озона максимально. Во всем столбе атмосферы поглощение УФ-В-радиации контролируется ОСО. Следовательно, колебания ОСО, модулирующие изменения УФ-В-радиации, должны отражаться на состоянии здоровья человека, в частности на частоте возникновения ОИМ как стресс-зависимого заболевания.

### Общая характеристика исходных данных

Клинический и эпидемиологический фрагмент ОИМ был взят из базы данных эпидемиологической программы ВОЗ «Регистр острого инфаркта миокарда» [9, 10], которая действует в Томске

с 1984 г. Эпидемиология ОИМ изучается среди постоянных жителей города старше 20 лет.

За период с 1986 по 2002 г. в городе было зарегистрировано 12 787 случаев заболевания ОИМ (по критериям ВОЗ). Максимальное количество случаев заболевания отмечено в январе и мае (1187 и 1174 соответственно), минимальное — в июле и августе (979 и 995).

Помесячное распределение случаев ОИМ в Томске за анализируемый период представлено в табл. 1 и изображено на рис. 1,а. Прямая линейной регрессии на рис. 1,а указывает на систематическое увеличение ОИМ за весь период. Относительно этой прямой видны значительные внутригодовые колебания уровня ОИМ с отсутствием выраженной сезонности.

Среднемесячные значения ОСО за период 1986–2002 гг. взяты из базы данных Сибирской лидарной станции Института оптики атмосферы, на которой организован регулярный мониторинг среднесуточных значений ОСО [11]. Ряд этих значений приведен в табл. 2 и изображен на рис. 1,б.

Он характеризуется значительными внутригодовыми колебаниями на фоне незначительного отрицательного тренда (прямая линейной регрессии). В отличие от внутригодовой изменчивости ОИМ, сезонные колебания ОСО имеют регулярный характер с климатическим максимумом в марте и минимумом в октябре (табл. 2).

Для удобства корреляционного анализа данные, представленные на рис. 1, были стандартизованы путем вычитания трендов и перевода их в безразмерные индексы  $I_i(t)$  по формуле

$$I_i(t) = \frac{X_i(t) - \bar{X}}{SD}, \quad (1)$$

где  $X_i(t)$  – текущее значение ряда;  $\bar{X}$  – среднее значение ряда;  $SD$  – стандартное (среднеквадрати-

ческое) отклонение. Стандартизованные таким образом ряды исходных данных сведены на рис. 2.

Таблица 1

Распределение случаев острых инфарктов миокарда в г. Томске за 1986–2002 гг.

Год	Месяц												Всего
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1986	53	56	55	54	56	55	52	46	54	54	53	48	636
1987	70	69	63	44	79	76	54	59	63	60	73	64	774
1988	76	58	60	65	79	61	47	56	47	63	63	61	736
1989	60	59	64	64	85	71	62	58	42	56	60	62	743
1990	73	63	74	50	55	54	44	60	64	67	68	51	723
1991	55	56	60	60	57	65	46	56	57	55	70	47	684
1992	63	50	52	54	45	55	61	59	51	53	55	77	675
1993	53	57	58	52	59	54	47	61	58	70	69	54	692
1994	72	46	63	64	55	55	59	35	56	64	59	58	686
1995	72	50	58	50	69	57	71	55	49	62	61	66	720
1996	79	79	65	63	81	71	58	50	74	62	67	56	805
1997	68	68	68	59	76	78	71	68	61	60	55	63	795
1998	80	59	79	64	70	58	59	57	78	83	78	66	831
1999	72	61	80	66	72	60	52	56	80	82	77	57	815
2000	87	60	72	60	83	74	65	69	61	79	62	69	814
2001	70	63	63	68	77	64	64	69	61	61	65	61	786
2002	84	78	62	72	76	66	67	81	69	72	65	89	881
Всего	1187	1032	1096	1009	1174	1074	979	995	1025	1103	1100	1013	12787

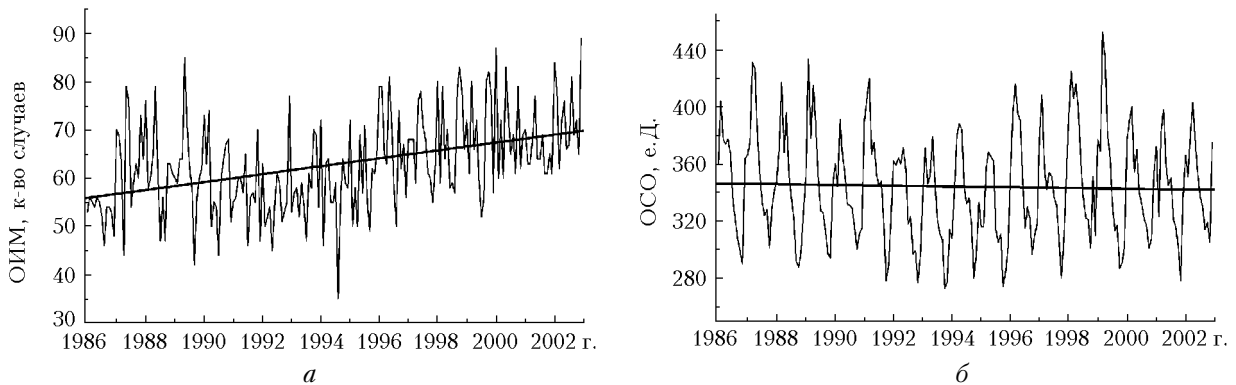


Рис. 1. Распределение количества случаев острых инфарктов миокарда за месяц (а) и среднемесячных значений общего содержания озона (б) в Томске за период 1986–2002 гг. (прямые линии – линейные тренды)

Таблица 2

Значения общего содержания озона (е.Д.) за период 1986–2000 гг. над г. Томском

Год	Месяц												Среднее
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1986	360	404	377	374	377	367	334	321	307	298	290	364	348
1987	366	375	431	427	384	354	333	324	328	301	328	341	358
1988	348	370	417	368	396	353	336	322	292	288	298	326	343
1989	352	433	378	415	389	352	327	326	313	297	224	345	352
1990	360	344	391	367	353	332	331	329	315	300	311	315	337
1991	389	405	420	367	375	352	345	348	317	278	289	324	351
1992	362	359	364	360	371	356	318	323	297	299	277	296	332
1993	336	371	346	352	579	345	321	311	307	273	277	314	328
1994	308	341	380	388	384	343	332	336	316	280	297	333	336
1995	316	316	357	368	365	362	314	305	311	274	284	302	323
1996	351	396	416	396	390	347	315	330	322	297	310	318	349
1997	377	408	357	342	354	351	337	331	307	280	306	352	342
1998	390	425	406	416	398	360	337	322	321	301	351	310	361
1999	377	369	452	435	380	367	331	313	317	287	291	302	352
2000	377	391	400	354	370	340	332	321	317	301	308	352	347
2001	372	383	382	398	358	345	350	321	316	302	278	335	340
2002	366	351	379	403	375	355	337	330	314	319	305	375	351
Среднее	359	375	391	384	376	352	331	324	313	293	300	330	344

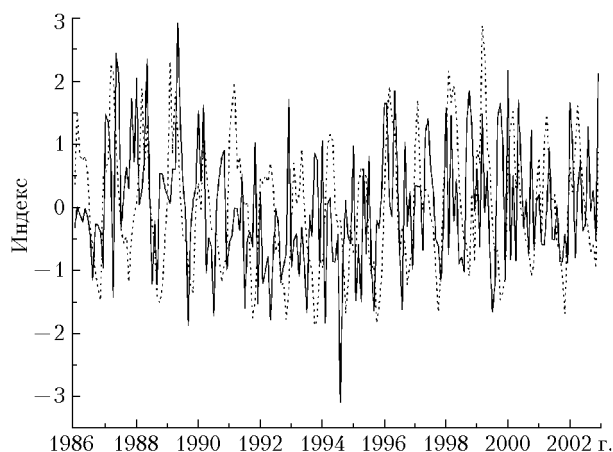


Рис. 2. Временной ход стандартизованных индексов острого инфаркта миокарда (сплошная линия) и общего содержания озона (точки) в Томске за период 1986–2002 гг.

## Результаты корреляционного анализа

Результаты корреляционного анализа рядов индексов ОИМ и ОСО за период 1986–2002 гг. в Томске приведены в табл. 3.

Таблица 3  
Коэффициенты корреляции ( $r \pm \Delta r$ ) индексов ОИМ – ОСО за период 1986–2002 гг. в г. Томске

Выборка	Коэффициент корреляции
Все месяцы, 204 точки	<b><math>0,180 \pm 0,113</math></b>
Холодные месяцы, 96 точек	$0,141 \pm 0,197$
Теплые месяцы, 102 точки	<b><math>0,270 \pm 0,181</math></b>
Май–август, 68 точек	<b><math>0,427 \pm 0,196</math></b>
Среднегодовые значения, 17 точек	<b><math>0,705 \pm 0,062</math></b>

Значимость коэффициента  $r$  оценивалась из условия  $|r| \geq \Delta r$ , в котором доверительный интервал ( $\Delta r$ ) определялся с доверительной вероятностью 95% по известной формуле [12]:

$$\Delta r = 1,96 \frac{1 - r^2}{\sqrt{N - 1}}, \quad (2)$$

где  $N$  – объем выборки. Значения коэффициентов корреляции, удовлетворяющие условию значимости, выделены в табл. 3 жирным шрифтом. Как видно из табл. 3, связь индексов ОИМ и ОСО является значимой ( $0,180 \pm 0,133$ ) для полных рядов помесечных распределений, состоящих из 204 точек значений.

Естественно, что в теплый период года, когда уровень солнечной радиации выше, связь ОИМ и ОСО, выполняющего роль природного фильтра УФ-В-радиации, должна быть более значима, чем в холодный. В табл. 3 приведены значения коэффициентов корреляции рядов месячных значений индексов ОИМ и ОСО для холодного (октябрь – март) и теплого (апрель – сентябрь) полугодий. При таком разделении полугодий, отличном от

календарного, не только учитываются климатические особенности региона, но и симметризуется сезонный ход ОСО относительно климатического максимума.

Как видно из табл. 3, для холодного полугодия (выборка из 96 точек) коэффициент корреляции ОИМ – ОСО действительно не достигает значимого уровня ( $0,141 \pm 0,197$ ). Для теплого полугодия (выборка из 102 точек) коэффициент корреляции, как и ожидалось, уверенно превышает уровень значимости ( $0,270 \pm 0,181$ ). Теплым временем года для Томска, когда люди находятся под непосредственным воздействием Солнца и отмечается максимальный уровень УФ-В-радиации, правильнее считать период с мая по август. Анализ помесечного распределения индексов ОИМ и ОСО для этих 4 мес (выборка из 68 точек) действительно показал более выраженную корреляционную связь ( $0,427 \pm 0,196$ ).

Связь ОИМ и ОСО прослеживается и для среднегодовых значений индексов (см. табл. 3), ход которых приведен на рис. 3.

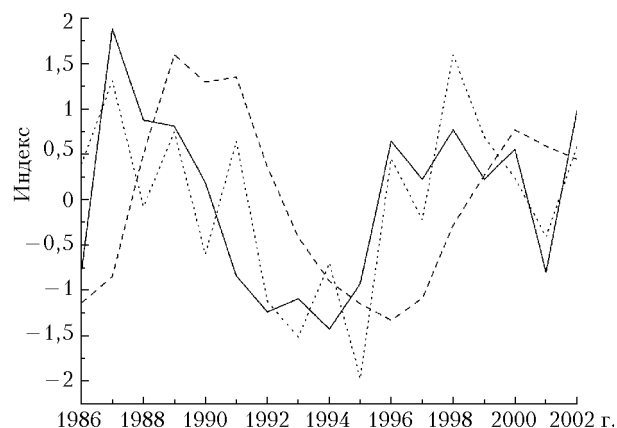


Рис. 3. Временной ход индексов среднегодовых значений острого инфаркта миокарда (сплошная линия), общего содержания озона (точки) и солнечной активности (штриховая линия) в Томске за период 1986–2002 гг.

Долгопериодные колебания ОИМ и ОСО в анализируемый период характеризуются двумя основными максимумами, приходящимися и для ОИМ, и для ОСО на 1987 и 1998 гг. Временной интервал между максимумами 11 лет совпадает с известным циклом солнечной активности (СА), который отображен на рис. 3 в приведенных индексах СА согласно данным [13], представленным в числах Вульфа. Видно, что 11-летние колебания СА, модулирующие долгопериодные колебания ОИМ и ОСО, происходят с ними несинфазно, что, вообще говоря, определяет слабую связь ОИМ – СА или ОСО – СА.

Одиннадцатилетний цикл долгопериодного колебания ОИМ и ОСО, наоборот, хорошо сфазирован. Более того, на рис. 3 выделяются многогодовые колебания как ОСО, так и ОИМ, происходящие в основном синфазно. Для ОСО эти колебания связаны с известным квазидвухлетним циклом (КДЦ), характерным для стратосферной циркуляции [11].

Проявление КДЦ в циклах ОИМ косвенно подтверждает связь ОИМ с УФ-В-радиацией, колебания которой модулируются ОСО. В целом хорошее совпадение фаз и циклов колебаний ОИМ и ОСО обуславливает высокую статистически значимую положительную связь ОИМ — ОСО для выборки среднегодовых значений по 17 точкам ( $0,705 \pm 0,062$ ).

### Заклучение

Таким образом, нами показано, что частота возникновения острых инфарктов миокарда существенно зависит от колебаний озоносферы, особенно при прямом воздействии УФ-В солнечной радиации в теплый период года. Получены значимые коэффициенты положительной корреляции индексов ОИМ и ОСО для полных рядов помесечных значений ( $0,180 \pm 0,133$ ). Причем в холодном полугодии (октябрь — март) существенной корреляции индексов ОИМ и ОСО не наблюдается ( $0,141 \pm 0,197$ ). Она значимо проявляется только в теплое полугодие (апрель — сентябрь), когда коэффициент корреляции индексов ОИМ и ОСО достигает  $0,270 \pm 0,181$ .

С учетом климатических особенностей Томска период, когда люди могут находиться под непосредственным воздействием Солнца, не превышает 4 мес (май — август). В этот период, характеризующийся максимальным уровнем УФ-В солнечной радиации, коэффициент корреляции индексов ОИМ и ОСО значительно возрастает ( $0,427 \pm 0,196$ ). Для среднегодовых значений коэффициент корреляции индексов ОИМ и ОСО составляет  $0,705 \pm 0,062$ .

Поскольку поведение индексов среднемесячных значений УФ-В-радиации представляет собой зеркальное отображение ряда индексов среднемесячных значений ОСО (при вычитании сезонного хода), то полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение уровня УФ-В-радиации в целом уменьшает вероятность ОИМ. Следовательно, профилактическое УФ-облучение в умеренных дозах должно оказывать благотворное влияние на снижение вероятности возникновения острых инфарктов миокарда. Этот вывод, в принципе, согласуется с тем, что минимум среднего распределения случаев ОИМ по году для Томска за анализируемый период (рис. 4,а) совпадает с максимумом среднеклиматического хода эритемной солнечной радиации (ЭР), взятой из базы данных спутниковой аппаратуры TOMS для координат Томска [14] (рис. 4,б).

Косвенным подтверждением этого вывода могут служить также данные международного кооперативного исследования эпидемиологии ОИМ по программе ВОЗ «Регистр острого инфаркта миокарда» [10]. Согласно полученным данным самая низкая заболеваемость инфарктом миокарда была выявлена в странах с теплым климатом и с большим числом солнечных дней в году (Болгария, Румыния), а самая высокая — в Финляндии и Швеции [15].

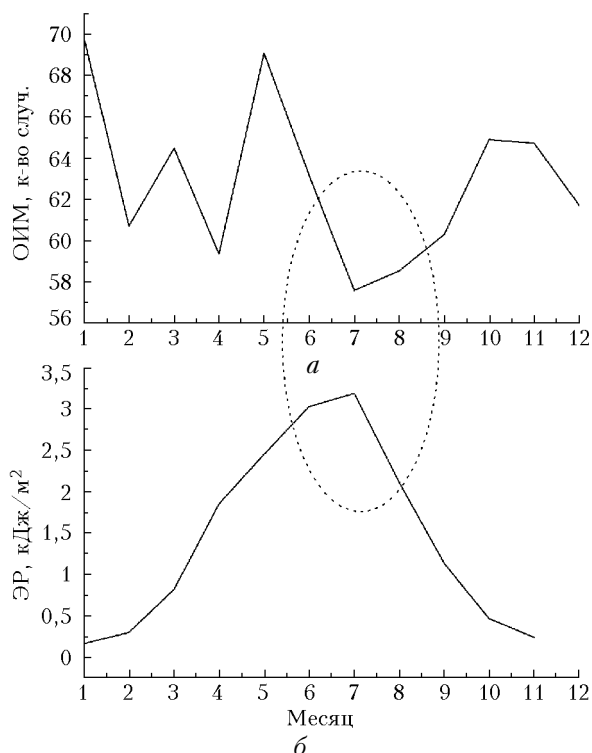


Рис. 4. Климатический годовой ход усредненных за период 1986—2002 гг. случаев острых инфарктов миокарда (а) и значений эритемной радиации (б) в Томске

Авторы признательны академику РАМН Р.С. Карпову за помощь в установлении научных контактов.

Работа выполнена в рамках и при поддержке Интеграционного проекта СО РАН № 95.

1. Никберг И.И., Ревуцкий Е.Л., Сакали Л.И. Гелио-метеотропные реакции человека. Киев: Здоровье, 1986. 96 с.
2. Овчарова В.Ф. Определение содержания кислорода в атмосферном воздухе на основе метеорологических параметров (давления, температуры, влажности) с целью прогнозирования гипоксического эффекта атмосферы // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 1981. № 2. С. 29—30.
3. Русанов В.И. Методология оценки влияния погоды и солнечной активности на здоровье человека // Проблемы солнечно-биосферных связей. Новосибирск: Наука, 1982. 124 с.
4. Саттаева Р.А., Утегалиева Г.И., Багдановская Г.К. и др. Влияние климата на течение сердечно-сосудистых заболеваний. Алма-Ата: Наука, 1983. 140 с.
5. Тимурьянц Н.А., Туткин О.Г. Влияние изменений солнечной активности на динамику заболеваемости и смертности населения. Ташкент: Медицина, 1985. С. 150—151.
6. Юлдашев К.Ю., Хамитов Л.Я. Сезонные и суточные ритмы обострения ишемической болезни сердца и их прогнозирование в условиях региона. Ташкент: Медицина, 1986. С. 43—45.
7. Ruscone T.G., Grosignane P., Micheletti T. et al. Meteorological influences on myocardial infarction in the metropolitan area of Milan // Int. J. Cardiol. 1985. N 9. P. 75—80.

8. *Зуев В.В., Зуева Н.Е., Бондаренко С.Л.* Анализ связей циклов человеческой смертности и колебаний озоносферы с использованием дендрохронологических данных // Сиб. экол. ж. 2004. № 1. С. 63–71.
9. *World Health Organization Myocardial Community Registers.* Copenhagen, 1976.
10. *Бетиг З., Мазур Н.А., Метелица В.И.* Сравнительные данные по регистрам инфаркта миокарда в Москве и Берлине. Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний. М.: Медицина, 1977. С. 166–193.
11. *Зуев В.В.* Дистанционный оптический контроль стратосферных изменений. Томск: МГП «РАСКО», 2000. 140 с.
12. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике. М.: Наука, 1986. 375 с.
13. <http://sidc.oma.be/index.php3-RWC> Belgium World Data Center for the Sunspot Index.
14. [http://toms.gsfc.nasa.gov/very\\_uv/euv.html](http://toms.gsfc.nasa.gov/very_uv/euv.html).
15. *Lamm G.* The cardiovascular disease programmer of WHO/EURO. A critical review of its first 12 years // *Europ. Heart J.* 1981. N 2. P. 269–280.

*V. V. Zuev, N. E. Zueva, Yu. I. Zyablov, S. A. Okrugin.* **The correlation between ozonosphere variations modulating UV-B solar radiation level and cycles of acute myocardial infarctions.**

The paper considers the correlation between cycles of acute cardiac infarction (AMI) and total ozone variations. We present the results of correlation analysis of series of AMI indices and those of total ozone for period from 1986 to 2001 in Tomsk. It is shown that the AMI level depends significantly on variations of the ozonosphere, modulating the level of UV-B solar radiation reaching the earth's surface. Significant coefficients of positive correlation between AMI indices and total ozone are obtained, both for complete series of monthly values over the entire considered time period, especially, for warm half-year (April–September), and for annually mean values.