

УДК 574.3+57.045

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СМЕРТНОСТИ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В г. ТОМСКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

© 2015 г. А.С. Бородин¹, Д.А. Тужилкин¹, М.В. Гудина², Б.М. Владимирский^{3,4}

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

² Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия

³ Крымская астрофизическая обсерватория, пгт. Научный, Республика Крым, Россия

⁴ Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь,
Республика Крым, Россия

На основе региональных данных проведено эпидемиологическое исследование влияния гелиогеофизической активности на заболеваемость и смертность населения г. Томска. Оценена степень биоэффективности факторов гелиогеофизической обстановки, выделенных методом Карунена–Лоэва по эпидемиологическим данным заболеваемости и смертности населения г. Томска за период 1990–2008 гг. Анализ влияния изменений гелиогеофизической активности на показатели заболеваемости и смертности (согласно международной классификации МКБ-10) показал, что в пределах разных нозологических классов можно выявить общие факторы, которые достоверно коррелируют с главными компонентами вариаций характерных показателей гелиогеофизической активности.

Ключевые слова: солнечная активность, рентгеновское излучение, геомагнитная возмущенность, заболеваемость, смертность.

PACS 91.62.Xy (Biosphere/atmosphere interactions)

Введение

Со времен А.Л. Чижевского, впервые обратившего внимание на проблему влияния гелиогеофизических факторов на живую природу как на уровне популяций, так и на индивидуальном уровне [Чижевский, 1976], накоплено достаточное количество фактического материала, подтверждающего наличие связи между событиями на Солнце и состоянием здоровья человека. Термин «космическая погода» прочно вошел в нашу повседневную жизнь. Под космической погодой понимается совокупность гелиогеофизи-

ческих явлений, развивающихся под воздействием солнечной активности в верхних слоях земной атмосферы, в ионосфере и околоземном космическом пространстве, способных активно воздействовать на биосферу Земли и имеющих явно выраженную периодичность [Владимирский и др., 2004]. Экологическая значимость данного фактора окружающей среды была и остается предметом многочисленных исследований. Предполагается, что воздействие солнечной активности и магнитных бурь на живые организмы, в частности на человека, происходит через электромагнитные и инфразвуковые колебания, близкие по частотам к собственной частоте их внутренних органов. Так, частотный диапазон электромагнитных полей, генерируемых головным мозгом человека, достаточно близок частотному диапазону шумановского резонатора (от 0 до 40 Гц) [Блиох и др., 1977]. Электромагнитные поля сердечно-сосудистой системы (от 0.8 до 2.5 Гц) находятся в частотном диапазоне резонансных характеристик электромагнитного фона в полосе частот ионосферного альвеновского резонатора (0.1–7 Гц) [Поляков, Рапопорт, 1981]. Подобные колебания резонансным образом способны воздействовать на состояние компенсаторно-приспособительных процессов живого организма, вызывая нарушения механизмов адаптации к окружающей среде [Колесник и др., 2003; Побаченко и др., 2006; Бинги, 2011].

Среди болезней, особенно остро реагирующих на изменения космической погоды и, в частности, окружающей геомагнитной обстановки, выделяются болезни сердечно-сосудистой системы, а также психофизические расстройства, что хорошо согласуется с представлением о резонансном механизме солнечно-биосферных связей. Так, например, установлено, что электромагнитные поля промышленной частоты, источником которых является сеть линий электропередач, выступают в качестве фактора риска развития различных социально значимых заболеваний населения, в первую очередь острого инфаркта миокарда [Гудина и др., 2009]. Обнаружено, что при нахождении человека в местах с пониженным полным вектором геомагнитного поля наблюдаются изменения в функционировании его сердечно-сосудистой системы [Шитов и др., 2013]. Имеются многочисленные достоверные свидетельства того, что во время сильных геомагнитных бурь значимо увеличивается число инфарктов миокарда и инсультов [Гурфинкель и др., 1998; Бреус и др., 2002; Рапопорт и др., 2006].

Обнаружена обратная корреляция между индексами солнечной активности и числом случаев синдрома Дауна ($r = -0.78$, $p = 0.008$ для числа солнечных пятен и $r = -0.76$, $p = 0.01$ для солнечного радиопотока). Сделан вывод, что космофизические факторы играют важную роль в патогенезе хромосомных aberrаций [Stoupelet et al., 2005]. Отмечается, что среди возможных факторов риска зачатия детей с синдромом Дауна присутствует фактор роста солнечной активности на предыдущей перед неделей зачатия неделе. Кроме того, хромосомные нарушения, выявляемые на ранних стадиях беременности, в том числе приводящие к выкидышам, сопряжены с экстремумами солнечной и геомагнитной активности на 3-й и 2-й неделях перед неделей зачатия [Григорьев и др., 2007]. Обнаружены зависимости распределения мозговых инсультов по полушариям мозга от гелиогеофизических факторов в диапазоне суток и лет. Отмечено, что изменения в доминировании полушарий головного мозга синхронизируются вариациями планетарных гелиогеофизических факторов. Предполагается, что данные факторы могут быть одной из причин периодических изменений в мышлении и поведении людей [Корнетов и др., 1988; Цыганков, Григорьев, 2009]. Обнаружена значимая корреляция вариаций геомагнитной активности и изменений числа зарегистрированных преступлений, а также числа дорожно-транспортных происшествий и аварий самолетов, что также свидетельствует о психотропном действии естественных электромагнитных возму-

щений [Чибрикин и др., 1995; Птицина и др., 1998; Вишневская и др., 2004; Зенченко, Мерзлый, 2008].

Остались еще спорные вопросы о влиянии гелиогеофизических факторов на заболеваемость человека. В первую очередь это вопросы, связанные с неопределенностью величины и направленности оценок сопряженности факторов, отражающих гелиогеофизическую активность, и биомедицинских параметров. Возможные причины этого обусловлены отсутствием учета первичности временного отклика биомедицинских параметров на особенности проявления механизмов, связанных с солнечной активностью, а также некритичностью статистического анализа экспериментальных данных ввиду эффектов мультиколлинеарности.

В рамках представленной работы решалась проблема временной оценки степени биоэффективности космофизических параметров, в числе которых использованы числа Вольфа в качестве интегральной характеристики процессов солнечной активности, Ар-индекс как один из наиболее адекватных планетарных показателей геомагнитной активности в условиях средних широт, поток электромагнитных излучений в окне прозрачности, а также рентгеновское излучение Солнца в диапазоне от 1 до 8 Å, которое не доходит до поверхности Земли, поглощаясь в верхней атмосфере. Анализировались эпидемиологические данные заболеваемости и смертности (согласно Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, МКБ-10) населения г. Томска за 1990–2008 гг.

Использованные данные и методы исследования

Исходным материалом для исследования послужили данные о динамике заболеваемости по основным классам болезней и смертности населения г. Томска за период с 01.01.1990 г. по 31.12.2008 г., предоставленные Томским областным комитетом по статистике. Данные о параметрах солнечной активности и магнитной возмущенности взяты из базы данных открытого доступа Space Physics Interactive Data Resource (режим доступа: <http://spidr.ngdc.noaa.gov>) и базы данных комплексного мониторинга параметров окружающей среды в г. Томске (режим доступа: <http://sosrff.tsu.ru>).

За соответствующие годы рассчитаны показатели максимальных, средних значений и стандартных отклонений рентгеновского излучения ($\lambda = 1-8 \text{ \AA}$), Ар-индекса геомагнитной возмущенности, чисел Вольфа, потока электромагнитных излучений в окне прозрачности (соответственно показатели XX, XM, XS, AX, AM, AS, SX, SM, SS, FX, FM, FS, см. табл. 1) по их суточным оценкам. Поскольку данные величины имеют разные исходные размерности, проведена их стандартизация с целью исключения влияния неоднородности размерностей анализируемых переменных на результаты сравнения их динамики.

Учитывая, что количество анализируемых данных достаточно большое и увидеть общую тенденцию хода процессов с ярко выраженными экстремумами вариаций сложно, использовалась низкочастотная фильтрация исходных данных на основе фильтра Хемминга [Хемминг, 1980].

Далее, в связи с предположением о существовании общих факторов анализируемых переменных, проведен анализ всей совокупности переменных с помощью метода главных компонент. Исследование взаимосвязей между переменными в методе главных компонент происходит посредством выделения общих факторов. Основная цель выделения первичных факторов – определение минимального числа общих факторов, которые удовлетворительно воспроизводят корреляции между наблюдаемыми переменными.

ми. Следовательно, критерий определения минимального числа общих факторов заключается в определении момента, когда расхождение между вычисленными и наблюдаемыми корреляциями может быть приписано случайности выборки. С помощью метода главных компонент достигается также сжатие данных (выделение только нескольких первых компонент). Задача – не только установить корреляцию между переменными в соответствии с критерием величины собственных чисел матриц, близких к единице, но и объяснить максимальную долю дисперсии наблюдений. Число выделяемых факторов обычно определяется числом собственных значений, больших единицы либо приблизительно равных единице [Факторный..., 1989].

Первый шаг в методе главных компонент – определение минимального числа факторов, адекватно воспроизводящих наблюдаемые корреляции, и значений общностей каждой переменной. Следующий шаг – нахождение с помощью процедуры вращения легко интерпретируемых факторов. При этом число факторов и значения общностей переменных фиксируются. Существует три подхода к проблеме вращения: 1) графический; 2) связанный с аналитическими методами; 3) путем задания априорной целевой матрицы.

В данной работе использовался второй подход, когда выбирается некоторый объективный критерий, которым надо руководствоваться при выполнении вращения. Различают два вида вращения – ортогональное и косоугольное. Нами использовано ортогональное вращение при выбранном критерии вращения «варимакс нормализованный». Обычно нормированные факторные нагрузки применяют, чтобы избавиться от нежелательного влияния на результат вращения переменных с большей общностью.

Результаты исследования и их обсуждение

С целью подробного анализа причинно-следственных отношений была сформирована база данных (БД), содержащая совокупность анализируемых гелиогеофизических параметров (XX, XM, XS, AX, AM, AS, SX, SM, SS, FX, FM, FS) и показателей заболеваемости (классы Z1–Z3, Z5–Z12, Z14–Z15) и смертности (классы S1–S3, S8–S12, S14, S17–S20), согласованных между собой по времени.

Чтобы оценить диапазон изменчивости всех анализируемых показателей за выбранный период, рассчитаны среднее, максимальное и минимальное значения переменных. В табл. 1–3 приведены значения исследуемых величин с 1990 по 2008 г.

Для определения возможного взаимного соответствия между анализируемыми эпидемиологическими данными и вариациями гелиогеофизических показателей была построена корреляционная матрица, которая позволяет проводить предварительную сравнительную оценку величины отклика анализируемых процессов и демонстрирует динамику показателей заболеваемости и смертности населения в зависимости от изменения показателей гелиогеофизических факторов (табл. 4, 5). В таблицах достоверные значения выделены жирным шрифтом (уровень доверительной вероятности – 95 %).

Положительная корреляционная связь проявляется между показателями XM, XS, XX, ApM, ApS, ApX, SM, SS, SX, FM, FS, FX и частотой встречаемости болезней органов дыхания (Z7) и болезней органов пищеварения (Z8). Также положительно коррелированы гелиогеофизические показатели со смертностью от болезней эндокринной системы, расстройств питания, нарушения обмена веществ и иммунитета (S3), со смертностью от врожденных аномалий (S17) и частотой смертностей от состояний, возникающих в перинатальном периоде (S18).

Таблица 1. Годовые значения компонент базы данных по гелиогеофизическим параметрам за 1990–2008 гг.

Индекс компоненты	Гелиогеофизический параметр	Значение компоненты		
		Среднее	Минимальное	Максимальное
XM	Среднее значение мощности потока рентгеновского излучения, Вт/м ²	$1.02 \cdot 10^{-6}$	$7.6 \cdot 10^{-9}$	$3.7 \cdot 10^{-7}$
XS	Стандартное отклонение значений мощности потока рентгеновского излучения, Вт/м ²	$1.6 \cdot 10^{-6}$	$3.03 \cdot 10^{-8}$	$5.4 \cdot 10^{-6}$
XX	Максимальное значение мощности потока рентгеновского излучения, Вт/м ²	$1.9 \cdot 10^{-5}$	$5.2 \cdot 10^{-7}$	$6.2 \cdot 10^{-5}$
ApM	Среднее значение Ap-индекса геомагнитной возмущенности, нТл	13.5	6.91	23.4
ApS	Стандартное отклонение Ap-индекса геомагнитной возмущенности, нТл	13.4	5.8	25.6
ApX	Максимальное значение Ap-индекса геомагнитной возмущенности, нТл	113.5	34.2	203.8
SM	Среднее значение чисел Вольфа	68.3	2.8	176.5
SS	Стандартное отклонение чисел Вольфа	28.15	5.67	56.46
SX	Максимальное значение чисел Вольфа	160.63	36	352
F10.7M	Среднее значение потока электромагнитных излучений, с.е.п.*	122.8	68.6	208.03
F10.7S	Стандартное отклонение потока электромагнитных излучений, с.е.п.	21.4	5.2	42
F10.7X	Максимальное значение потока электромагнитных излучений, с.е.п.	201	88.2	359.2

Примечание. M – среднее значение компоненты за период 1990–2008 гг. по суточным оценкам параметров; S – стандартное отклонение компоненты за тот же период; X – максимальное значение компоненты за тот же период.

* с.е.п. – солнечные единицы потока. 1 с.е.п. = 1^{-22} Вт/(м²·Гц).

Отрицательно коррелированы гелиогеофизические показатели и частота болезней эндокринной системы, расстройств питания, нарушения обмена веществ и иммунитета (Z3), болезней системы кровообращения (Z6), болезней мочеполовой системы (Z9). Отрицательная связь также наблюдается между анализируемыми показателями и частотой смертностей от инфекционных и паразитарных болезней (S1), от новообразований (S2), болезней системы кровообращения (S8), острого инфаркта миокарда (S10), болезней органов дыхания (S11), болезней мочеполовой системы (S14), от несчастных случаев, отравлений и травм (S20). Следует отметить, что корреляционные матрицы строились на основе исходных данных без применения к ним низкочастотной фильтрации. При дальнейшем анализе использовались сглаженные значения.

Таблица 2. Годовые значения компонент базы данных по эпидемиологии (количество заболевших на 1000 населения) за 1990–2008 гг.

Индекс компоненты	Компонента	Количество человек		
		Среднее	Минимальное	Максимальное
SUM_Z	Сумма всех заболевших за период	1116	789	1233
Z1	Инфекционные и паразитарные болезни	49	29	68
Z2	Заболеваемость от новообразований	9	4	15
Z3	Болезни эндокринной системы, расстройств питания, нарушения обмена веществ и иммунитета	9	5	14
Z5	Болезни нервной системы и органов чувств	88	67	102
Z6	Болезни системы кровообращения	16	9	21
Z7	Болезни органов дыхания	326	280	356
Z8	Болезни органов пищеварения	45	26	87
Z9	Болезни мочеполовой системы	53	24	75
Z10	Осложнения беременности, родов и послеродового периода	35	3	66
Z11	Болезни кожи и подкожной клетчатки	39	16	72
Z12	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	33	24	40
Z14	Травмы и отравления	76	64	89
Z15	Злокачественные новообразования (на 100 000 населения)	283	209	343

Таблица 3. Годовые значения компонент базы данных по эпидемиологии (количество умерших на 100 000 населения) за 1990–2008 гг.

Индекс компоненты	Компонента	Количество человек		
		Среднее	Минимальное	Максимальное
SUM_S	Сумма всех умерших за период	1141	859	1257
S1	Смертность от инфекционных и паразитарных болезней	22	15	27
S2	Смертность от новообразований	191	165	214
S3	Смертность от болезней эндокринной системы, расстройств питания, нарушения обмена веществ и иммунитета	9	7	13
S8	Смертность от болезней системы кровообращения	493	388	537
S9	Смертность от гипертонической болезни	11	6	21
S10	Смертность от острого инфаркта миокарда	42	17	72
S11	Смертность от болезней органов дыхания	50	34	62
S12	Смертность от болезней органов пищеварения	48	26	61
S14	Смертность от болезней мочеполовой системы	9	7	10

Таблица 3 (окончание)

Индекс компоненты	Компонента	Количество человек		
		Среднее	Минимальное	Максимальное
S17	Смертность от врожденных аномалий	4	2	6
S18	Смертность от состояний, возникающих в перинатальном периоде	9	7	10
S19	Смертность от симптомов и не точно обозначенных состояний	119	47	187
S20	Смертность от несчастных случаев, отравлений и травм	158	117	191

Таблица 4. Сопряженность показателей заболеваемости населения и гелиогеофизических параметров

Гелио-геофизические параметры	Классы заболеваемости												
	Z1	Z2	Z3	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z14	Z15
XM	-0.15	-0.02	-0.32	-0.30	-0.44	0.50	0.14	-0.55	-0.13	-0.15	0.06	-0.28	-0.38
XS	-0.16	0.10	-0.20	-0.09	-0.24	0.10	-0.01	-0.22	0.10	-0.16	-0.03	-0.23	-0.06
XX	-0.16	0.07	-0.20	-0.13	-0.24	0.10	0.03	-0.22	0.08	-0.19	-0.04	-0.23	-0.09
ApM	-0.17	-0.27	-0.49	-0.22	-0.50	0.34	0.45	-0.51	-0.35	-0.24	0.28	-0.02	-0.43
ApS	-0.19	-0.12	-0.41	-0.13	-0.39	0.17	0.31	-0.38	-0.28	-0.20	0.17	-0.12	-0.30
ApX	-0.04	0.08	-0.24	0.00	-0.24	0.16	0.17	-0.25	-0.11	-0.06	0.14	-0.09	-0.17
SM	0.01	0.08	-0.19	-0.20	-0.36	0.69	0.07	-0.53	-0.05	0.00	0.12	-0.15	-0.36
SS	0.05	0.05	-0.20	-0.17	-0.35	0.70	0.14	-0.56	-0.13	0.04	0.21	-0.10	-0.41
SX	0.00	0.03	-0.22	-0.22	-0.38	0.70	0.13	-0.56	-0.11	-0.02	0.16	-0.14	-0.41
FM	-0.05	0.04	-0.27	-0.26	-0.43	0.67	0.13	-0.60	-0.14	-0.04	0.09	-0.24	-0.42
FS	-0.06	0.02	-0.29	-0.24	-0.42	0.60	0.20	-0.61	-0.18	-0.05	0.12	-0.23	-0.44
FX	-0.09	0.01	-0.32	-0.25	-0.45	0.61	0.19	-0.61	-0.19	-0.07	0.12	-0.24	-0.44

Таблица 5. Сопряженность показателей смертности населения и гелиогеофизических параметров

Гелио-геофизические параметры	Классы смертности												
	S1	S2	S3	S8	S9	S10	S11	S12	S14	S17	S18	S19	S20
XM	-0.74	-0.40	0.13	-0.52	-0.24	-0.25	-0.67	-0.32	-0.59	0.60	0.32	0.02	-0.72
XS	-0.61	-0.17	-0.01	-0.21	-0.30	0.02	-0.28	-0.08	-0.53	0.56	0.25	0.19	-0.44
XX	-0.56	-0.17	-0.00	-0.21	-0.26	0.01	-0.27	-0.09	-0.51	0.50	0.20	0.15	-0.42
ApM	-0.58	-0.61	0.52	-0.38	0.20	-0.47	-0.41	-0.43	-0.60	0.23	0.55	0.32	-0.33
ApS	-0.58	-0.48	0.36	-0.39	0.05	-0.31	-0.39	-0.38	-0.65	0.29	0.35	0.23	-0.41
ApX	-0.53	-0.33	0.17	-0.31	-0.09	-0.19	-0.37	-0.22	-0.52	0.36	0.30	0.30	-0.42
SM	-0.66	-0.35	0.06	-0.41	-0.25	-0.27	-0.67	-0.18	-0.43	0.58	0.44	0.14	-0.65
SS	-0.64	-0.42	0.11	-0.46	-0.19	-0.34	-0.70	-0.24	-0.45	0.52	0.43	0.20	-0.66
SX	-0.66	-0.40	0.11	-0.45	-0.21	-0.32	-0.69	-0.23	-0.45	0.55	0.44	0.15	-0.67
FM	-0.69	-0.40	0.10	-0.53	-0.24	-0.30	-0.75	-0.30	-0.52	0.59	0.39	0.04	-0.75
FS	-0.68	-0.44	0.14	-0.53	-0.20	-0.33	-0.74	-0.33	-0.52	0.54	0.38	0.10	-0.71
FX	-0.71	-0.45	0.16	-0.55	-0.20	-0.34	-0.75	-0.35	-0.54	0.57	0.42	0.09	-0.74

Полученные результаты выявили некоторые высоко сопряженные вариации исследуемых переменных, например солнечной активности и смертности от врожденных аномалий (S17) либо геомагнитной возмущенности и смертности от состояний, возникающих в перинатальном периоде (S18) (рис. 1–3).

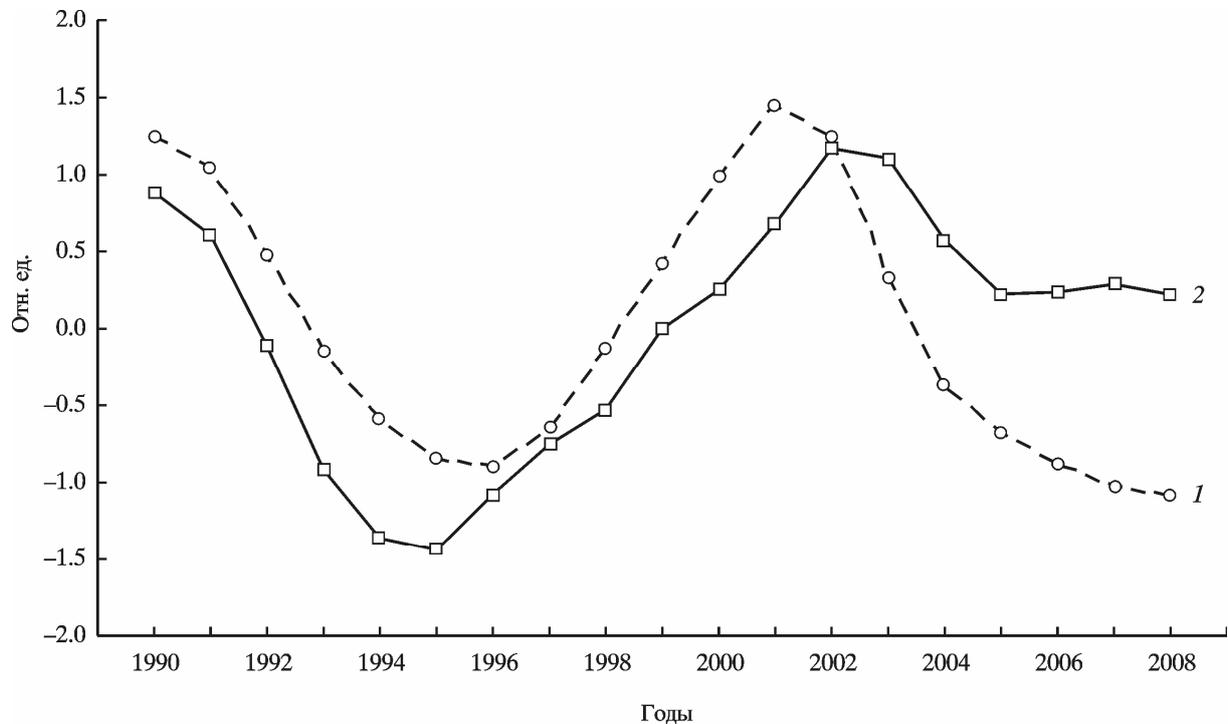


Рис. 1. Динамика показателей среднего значения чисел Вольфа (1) и смертности от врожденных аномалий (2) в г. Томске за исследуемый период

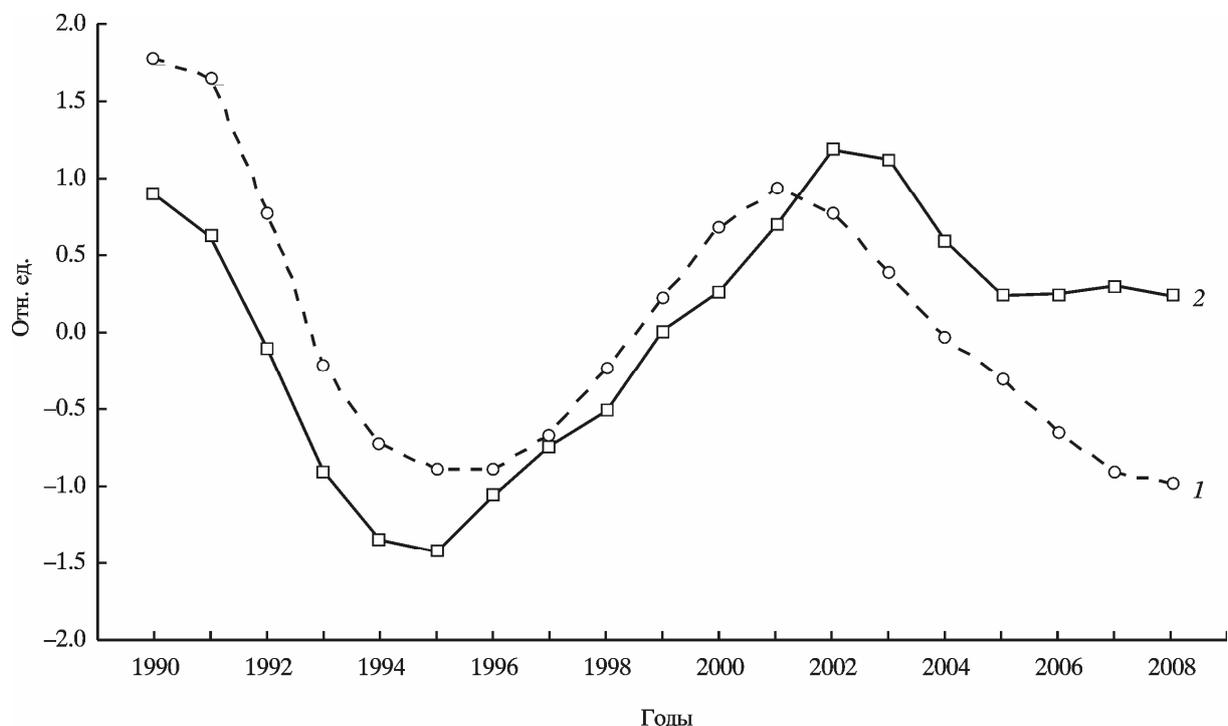


Рис. 2. Динамика показателей среднего значения мощности потока рентгеновского излучения (1) и смертности от врожденных аномалий (2) в г. Томске за исследуемый период

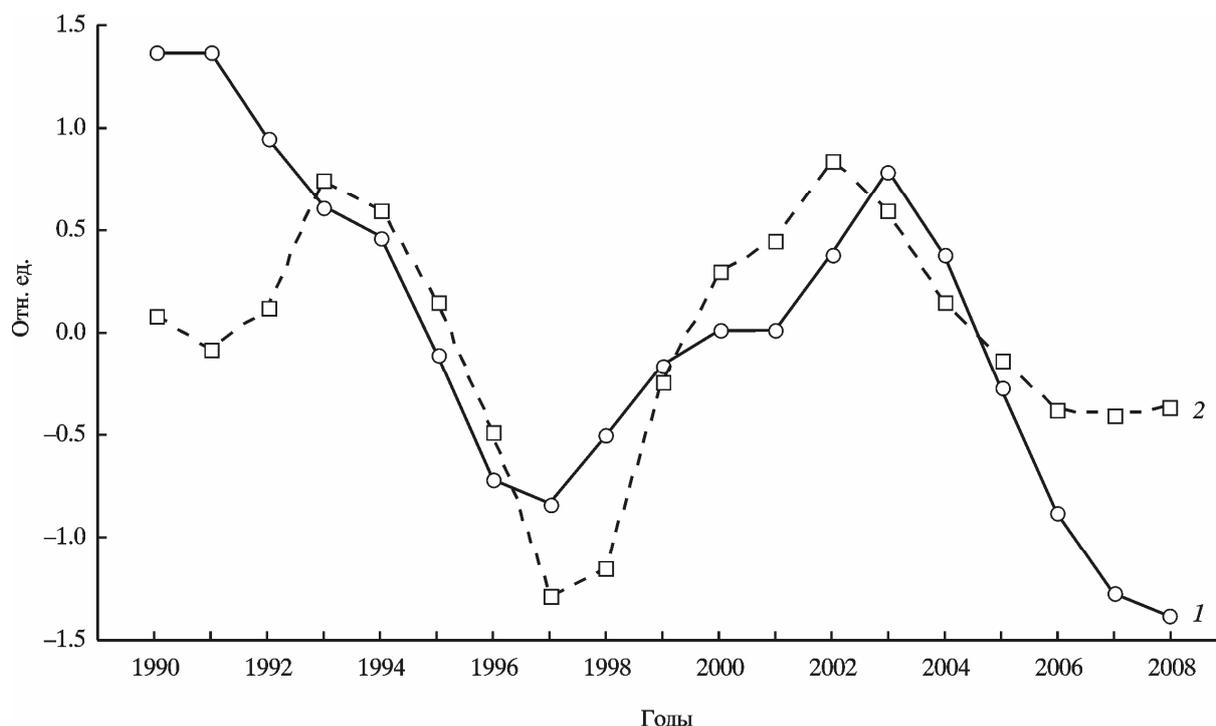


Рис. 3. Динамика показателей среднего значения индекса геомагнитной возмущенности (1) и смертности от состояний, возникающих в перинатальном периоде (2), в г. Томске за исследуемый период

Обнаружена также взаимосвязь между такими показателями, как стандартное отклонение, максимальное значение гелиогеофизических параметров и вариации показателей здоровья.

На основании результатов корреляционного анализа можно было бы сделать заключение о биологической значимости гелиогеомагнитной обстановки. Однако явно выраженные зависимости между эпидемиологическими показателями и внешними гелиогеофизическими факторами проявляются не во всех случаях, т.е. имеет место неоднозначность отклика различных нозологических составляющих (особенно для несглаженных данных), что вызывает необходимость более детального анализа исходных данных. Наиболее приемлемым для этой цели является применение метода главных компонент относительно гелиогеофизических параметров, классов заболеваемости и смертности населения. Данный метод позволяет сократить количество исходных переменных и получить тем самым новую совокупность данных, которая является аддитивной суммой исходных переменных.

В результате факторного анализа гелиогеофизических показателей было выявлено три основных фактора (табл. 6). Из данных табл. 6 видно, что фактор 1 составили переменные, характеризующие интегральную солнечную активность, – это максимальное, среднее значение и стандартное отклонение чисел Вольфа (SX, SM, SS), потока электромагнитных излучений в окне прозрачности (FX, FM, FS), среднее значение рентгеновского излучения (XM); фактор 2 – среднее значение и стандартное отклонение показателя геомагнитной возмущенности – Ap-индекса (ApM, ApS); фактор 3 – стандартное отклонение и максимальное значение рентгеновского излучения (XS, XX). Согласно полученным результатам, доля дисперсии данных по факторам составляет 49.4, 26.4 и 22.5 % соответственно. Накопленная объясняемая дисперсия вариаций этих компонент составляет 98 %, что является достаточно серьезным основанием считать, что полученные результаты адекватны.

Динамика полученных основных факторов представлена на рис. 4. С точки зрения физики явлений, такое разделение вполне естественно, так как солнечная интегральная

Таблица 6. Разделение гелиогеофизических параметров по факторам

Гелиогеофизические параметры	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
XM	0.751188	0.408861	0.489293
XS	0.426124	0.415981	0.800876
XX	0.431747	0.384971	0.811857
ApM	0.413675	0.859303	0.249933
ApS	0.340177	0.827759	0.437899
ApX	0.464902	0.688882	0.512274
SM	0.902610	0.267525	0.324475
SS	0.886097	0.348986	0.284867
SX	0.889963	0.320121	0.314265
FM	0.867003	0.345070	0.348868
FS	0.835176	0.416574	0.339304
FX	0.813275	0.450380	0.356550
Собственные значения	5.937787	3.177844	2.705727
Объясняемая доля дисперсии данных, %	49.4	26.4	22.5

Примечание. Здесь и далее в табл. 7–10 жирным шрифтом выделены коррелированные показатели, попавшие в группу соответствующего фактора.

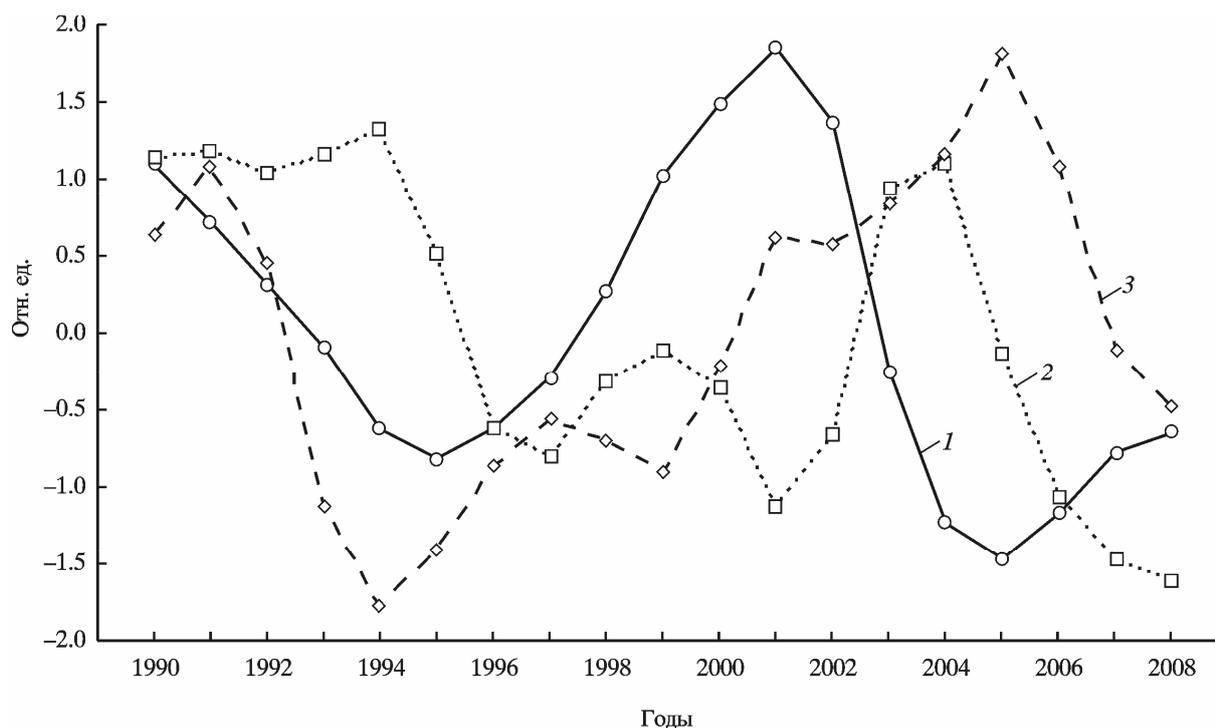


Рис. 4. Вариации трех основных факторов гелиогеофизических параметров (см. табл. 6)
1 – фактор 1; 2 – фактор 2; 3 – фактор 3

активность характеризует происходящие на Солнце нестационарные процессы, которые описываются такими показателями, как рентгеновское излучение, числа Вольфа, поток радиоизлучения, а геомагнитная возмущенность, в свою очередь, напрямую зависит от состояния магнитосферы Земли. Отсюда следует, что ход динамик коррелированных переменных будет полностью повторять ход динамик соответствующих им факторов. Пример данного соответствия представлен на рис. 5.

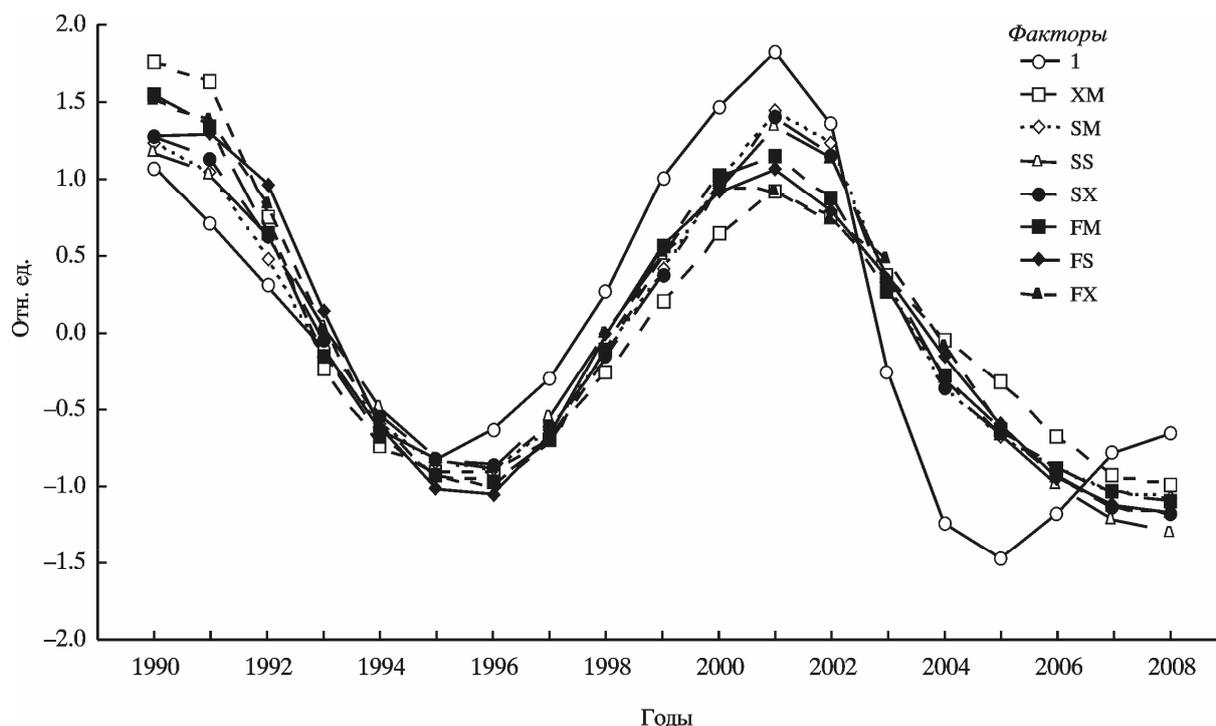


Рис. 5. Пример динамики гелиогеофизических параметров, относящихся к фактору 1

Аналогичным образом проанализированы классы по заболеваемостям (табл. 7, 8). Из данных табл. 7 видно, что группу первого фактора составляют такие классы заболеваемости, как Z2, Z8, Z10, Z15, второго фактора – Z1, Z3, Z5, Z6, Z11, Z12, Z14, третьего фактора – Z7. Доля дисперсии данных по каждому из факторов составила 36,8, 42,5, 14,9 % соответственно. Накопленная объясняемая дисперсия вариаций анализируемых переменных составляет 94 %.

Таблица 7. Разделение динамики классов заболеваемости по факторам

Классы заболеваемости	Фактор 1Z	Фактор 2Z	Фактор 3Z
Z1	0.147395	0.950640	-0.171662
Z2	0.895387	0.359937	0.049113
Z3	0.483074	0.830433	0.086437
Z5	0.477469	0.802803	0.249378
Z6	0.435403	0.828108	0.271684
Z7	-0.244085	0.210945	-0.921257
Z8	-0.951662	-0.149408	-0.166466
Z9	0.562165	0.490332	0.627510
Z10	0.877522	0.048840	0.331640
Z11	0.337088	0.899074	-0.188156
Z12	-0.628733	0.709963	-0.203051
Z14	-0.354750	0.899685	0.076810
Z15	0.791270	0.212897	0.557330
Собственные значения	4.786558	5.529917	1.948680
Объясняемая доля дисперсии данных, %	36.8	42.5	14.9

Таблица 8. Разделение динамики классов смертностей по факторам

Классы смертностей	Фактор 1S	Фактор 2S	Фактор 3S	Фактор 4S	Фактор 5S
S1	-0.146031	0.450613	-0.064101	0.824059	-0.218721
S2	0.802470	0.515752	-0.136455	0.253716	-0.035020
S3	-0.938247	-0.057622	-0.049817	-0.250011	0.198468
S8	0.397702	0.844115	0.182248	0.220368	0.212061
S9	-0.955519	0.155320	0.014434	0.221923	0.043484
S10	0.861264	0.479270	-0.110324	-0.056029	-0.075357
S11	0.164109	0.955793	0.141160	0.129297	-0.051043
S12	0.701640	0.571076	0.229042	0.274326	0.160555
S14	0.227290	0.159760	0.135788	0.915696	-0.075371
S17	0.702011	-0.265806	0.020677	-0.589605	0.281919
S18	-0.169043	0.198374	0.347470	-0.323681	0.836166
S19	-0.028836	0.198514	0.951199	0.072312	0.218465
S20	-0.147521	0.912604	0.074857	0.312551	0.128944
Собственные значения	4.473430	3.686176	1.193174	2.392695	1.018063
Объясняемая доля дисперсии данных, %	34.4	28.3	9.1	18.4	7.8

Анализ динамики классов смертности, в свою очередь, показал, что здесь количество основных факторов составляет 5 (см. табл. 8). В группу первого фактора вошли такие классы смертности, как S2, S3, S9, S10, S12, S17, второй фактор составили S8, S11, S20, третий фактор – S19, четвертый фактор – S1, S14, пятый фактор – S18. Доля дисперсии данных для первого фактора составила 34.4 %, для второго – 28.3 %, для третьего, четвертого и пятого факторов – 9.1, 18.4 и 7.8 % соответственно. Накопленная объясняемая дисперсия вариаций анализируемых переменных составляет 98 %.

Исходя из положения, что такие факторы, как заболеваемость и смертность, взаимосвязаны, было предпринято следующее: эпидемиологические данные объединены и к данной последовательности переменных применен метод главных компонент. Полученные результаты представлены в табл. 9. Видно, что группу первого фактора составили такие классы заболеваемости и смертности, как Z2 (заболеваемость от новообразований), Z8 (болезни органов пищеварения), Z10 (осложнения беременности, родов и послеродового периода), Z15 (злокачественные образования), S2 (смертность от новообразований), S3 (смертность от болезней эндокринной системы, расстройств питания, нарушения обмена веществ и иммунитета), S9 (смертность от гипертонической болезни), S10 (смертность от острого инфаркта миокарда), S12 (смертность от болезней органов пищеварения), S17 (смертность от врожденных аномалий); второй фактор: S19 (смертность от симптомов и неточно обозначенных состояний); группу третьего фактора определили классы Z7 (болезни органов дыхания), S8 (смертность от болезней системы кровообращения), S11 (смертность от болезней органов дыхания), S20 (смертность от несчастных случаев, отравлений и травм); четвертый фактор – S18 (смертность от состояний, возникающих в перинатальном периоде); пятый фактор: Z1 (инфекционные и паразитарные болезни), Z3 (болезни эндокринной системы, расстройств питания, нарушения обмена веществ и иммунитета), Z5 (болезни нервной системы и органов чувств), Z6 (болезни системы кровообращения), Z11 (болезни кожи и подкожной клетчатки), Z12 (болезни костно-мышечной системы), Z14 (травмы и отравления), S1 (смертность от инфекционных и паразитарных болезней), S14 (смертность от болезней мочеполовой системы).

Таблица 9. Разделение по факторам динамики главных факторов заболеваемости и смертностей

Факторы классов заболеваемости и смертностей	Фактор 1ZS	Фактор 2ZS	Фактор 3ZS	Фактор 4ZS	Фактор 5ZS
Фактор 1Z	0.984886	-0.048738	-0.062311	0.089883	0.057554
Фактор 2Z	0.012755	0.648490	0.074137	-0.264508	0.700656
Фактор 3Z	0.001913	0.093051	-0.911345	-0.311304	-0.090659
Фактор 1S	0.991604	0.024748	0.016158	-0.045632	-0.027897
Фактор 2S	0.042372	-0.049503	-0.968663	0.116982	0.027370
Фактор 3S	-0.023666	0.995912	-0.047839	0.030638	0.012310
Фактор 4S	0.020320	-0.016485	0.017474	0.034779	0.993477
Фактор 5S	0.034641	-0.022088	0.100701	0.988157	-0.042598
Собственные значения	1.957413	1.427236	1.791233	1.169322	1.492941
Объясняемая доля дисперсии факторов, %	24.4 %	17.8 %	22.3 %	14.6 %	18.6 %

Доля дисперсии для первого комплексного фактора составила 24.4%, для второго – 17.8%, для третьего, четвертого и пятого факторов – 22.3, 14.6 и 18.6% соответственно. Накопленная объясняемая дисперсия вариаций анализируемых переменных составляет 97%.

Для характеристики сопряженности между пятью полученными факторами и гелиогеофизическими параметрами для данных переменных была построена корреляционная матрица, которая позволяет оценить величину отклика анализируемых переменных: общих факторов по классам заболеваемости, смертности населения и трех выделенных основных факторов по гелиогеофизическим параметрам (табл. 10). Использование корреляции Пирсона в данном случае адекватно, поскольку все факторы ортогональны.

Таблица 10. Сопряженность между выделенными факторами по классам заболеваемости и смертностей и факторами по гелиогеофизическим параметрам

Факторы по гелиогеофизическим параметрам	Фактор 1ZS	Фактор 2ZS	Фактор 3ZS	Фактор 4ZS	Фактор 5ZS
Фактор 1	0.15	0.08	0.84	0.47	0.05
Фактор 2	-0.64	0.34	0.11	0.10	-0.45
Фактор 3	0.46	0.15	0.03	-0.18	-0.78

Из данных табл. 10 видно, что положительно коррелированы такие переменные, как интегральная солнечная активность и третий, четвертый факторы по классам заболеваемости и смертностей ($r = 0.84$, $r = 0.47$ соответственно). Также положительная корреляционная связь наблюдается между вариациями рентгеновского излучения и первым фактором по классам заболеваемости и смертностей ($r = 0.46$). Показатели гео-

магнитной возмущенности, напротив, с данным фактором оказались коррелированы отрицательно ($r = -0.64$). Также отрицательна корреляционная связь между вариациями рентгеновского излучения и пятым фактором по классам заболеваемости и смертностей ($r = -0.78$). Так как земная атмосфера практически полностью поглощает коротковолновую область спектра солнечного электромагнитного излучения, то рентгеновские лучи не достигают земной поверхности и не способны оказывать непосредственное влияние на организм человека. Полученные эффекты можно объяснить наличием посредников между солнечным рентгеновским излучением и живыми организмами, в качестве которых могут выступать околоземные резонаторы, способные реагировать на резкие вариации солнечного коротковолнового излучения. Результаты полученных корреляционных взаимосвязей представлены на рис. 6–10 (на рис. 9, 10 взаимосвязь анализируемых переменных отрицательна).

Можно констатировать, что существует зависимость между вариациями гелиогеофизических параметров и показателями здоровья человека. Большой интерес представляет тот факт, что имеет место согласованная взаимосвязь таких показателей, как стандартное отклонение и максимальное значение рентгеновского излучения (фактор 3), с показателями реакции человеческого организма (факторы 1ZS и 5ZS).

Как уже говорилось выше, рентгеновские лучи не достигают земной поверхности и не способны оказывать непосредственного влияния на организм человека. Наблюдаемые эффекты можно объяснить их опосредованным воздействием, в частности с использованием околоземного шумановского резонатора. Так, группой авторов установлено, что в момент солнечной рентгеновской вспышки (24.03.2000 г.) изменялись характеристики шумановского резонатора – происходило увеличение частоты его первых трех мод [Satori et al, 2005]. Другой группой авторов рассмотрено более 2000 вспышек различных классов (С, М, X), произошедших за период с марта 1997 по 2005 г. В результате анализа реакции частоты и амплитуды первых

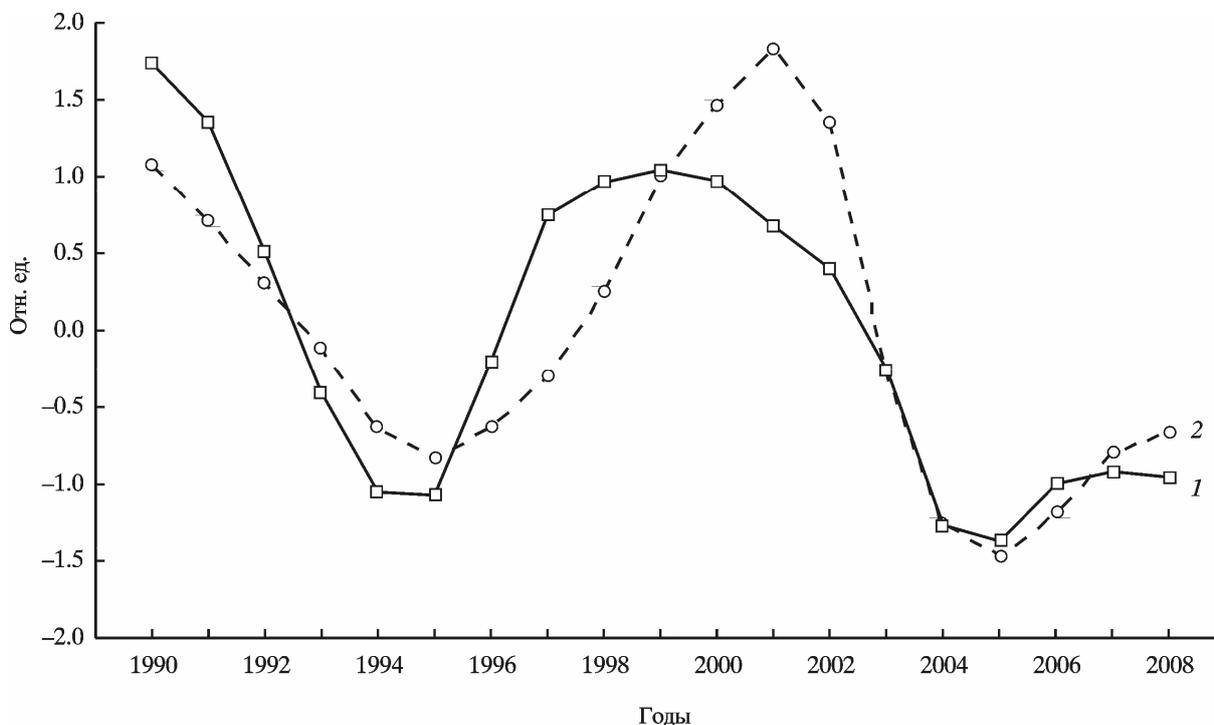


Рис. 6. Динамика факторов 1 (1) и 3ZS (2) за анализируемый период

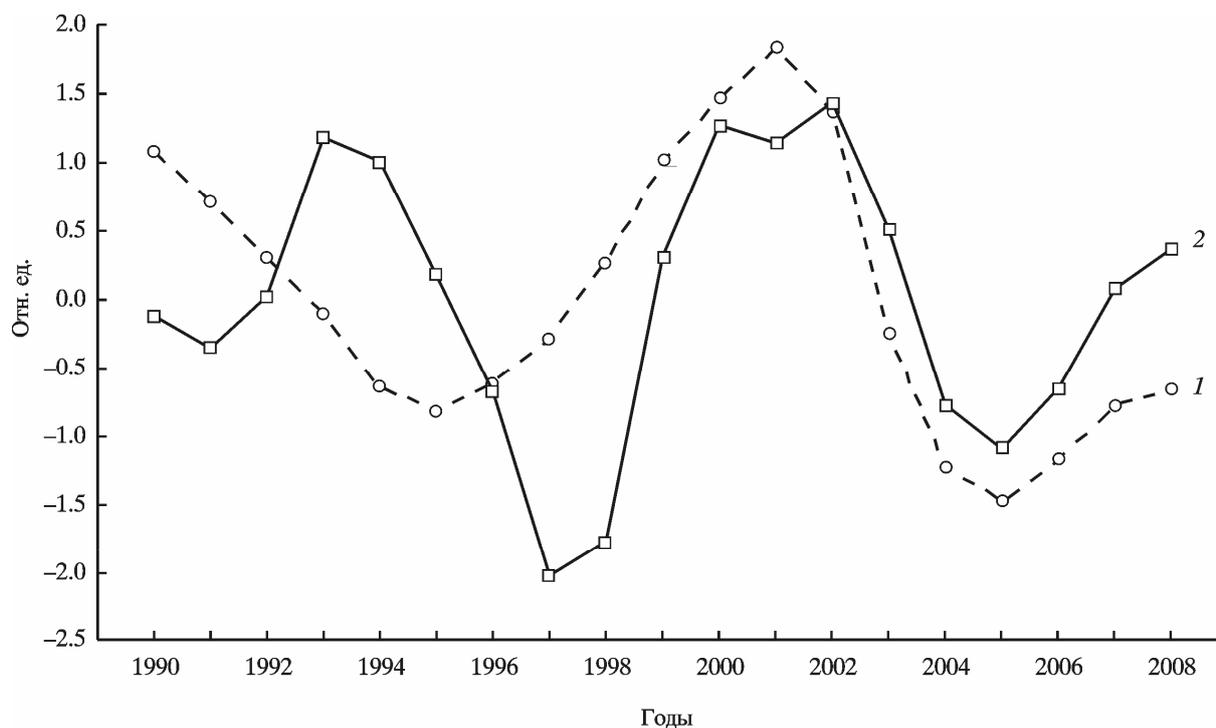


Рис. 7. Динамика факторов 1 (1) и 4ZS (2) за анализируемый период

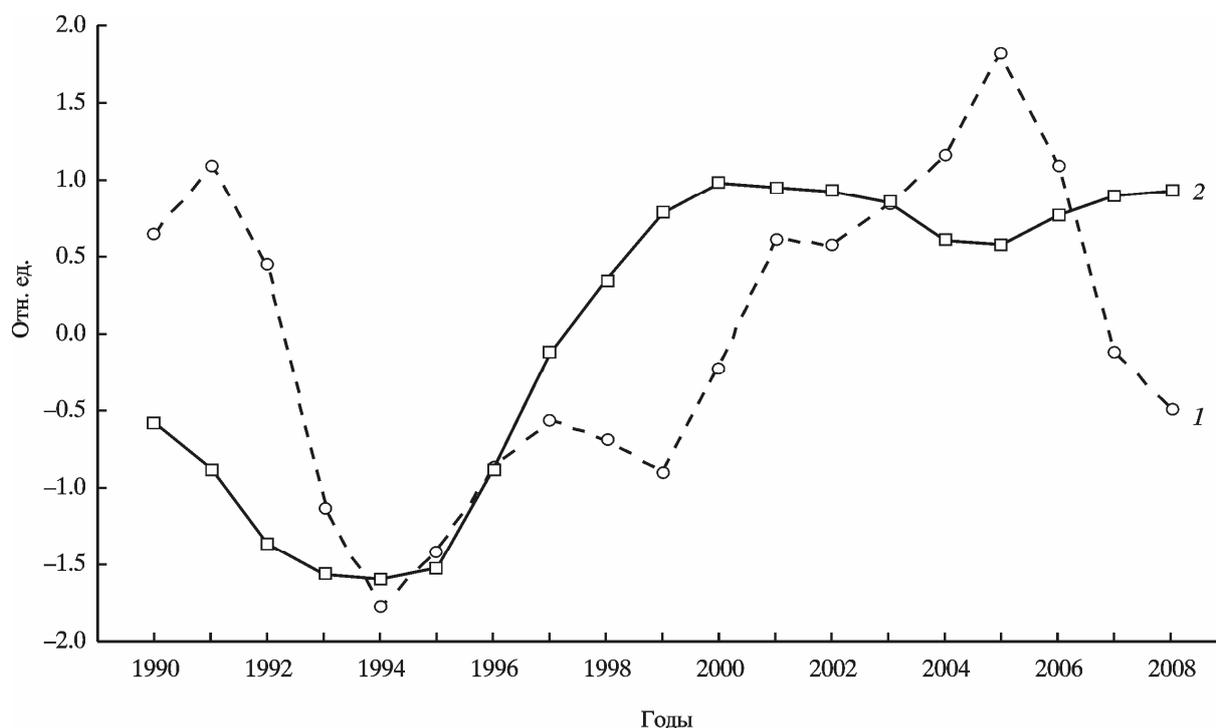


Рис. 8. Динамика факторов 3 (1) и 1ZS (2) за анализируемый период

трех мод шумановского резонатора, непрерывно регистрируемых за это время в г. Томске на Томской ионосферной станции, показано, что вероятность проявления событий, происходящих на Солнце, в том числе всплесков рентгеновского и ультрафиолетового излучения, в параметрах шумановского резонатора достигает 70 % [Башкуев и др., 2008].

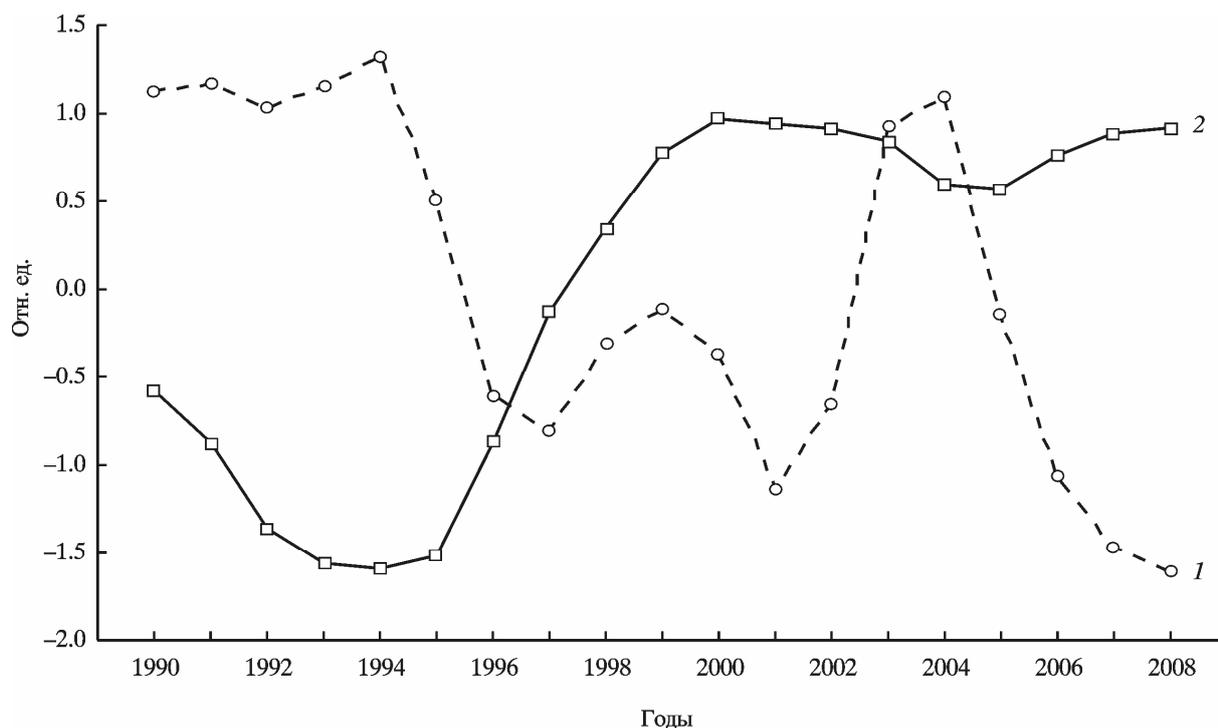


Рис. 9. Динамика факторов 2 (1) и 1ZS (2) за анализируемый период

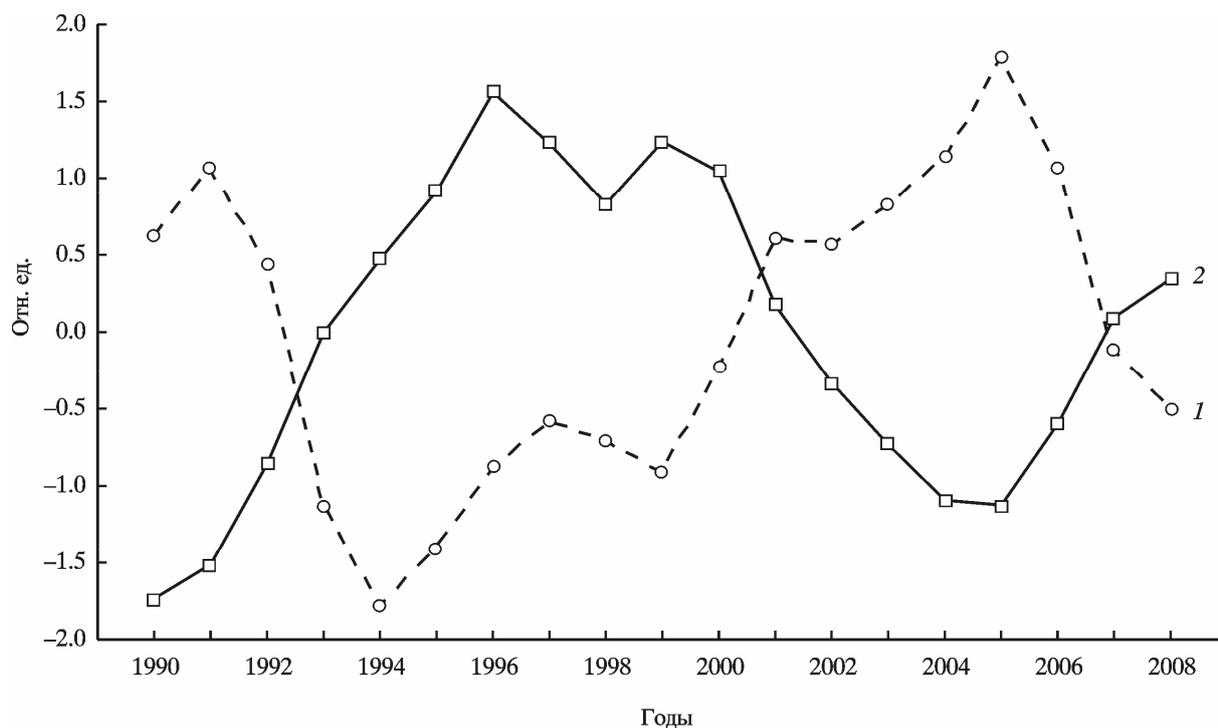


Рис. 10. Динамика факторов 3 (1) и 5ZS (2) за анализируемый период

С другой стороны, имеются убедительные свидетельства, что изменение параметров резонатора Шумана может оказывать влияние на состояние здоровья человека как в норме, так и в патологии. Данные эффекты значительно проявляются у людей с заболеваниями сердечно-сосудистой системы [Бардак и др., 2003, 2004]. Мониторинговые исследования параметров электроэнцефалограммы мозга обнаружили, что его суточная

активность модифицируется электромагнитным полем шумановского резонатора [Побаченко и др., 2006]. Полученные закономерности хорошо согласуются с представлениями о резонансном механизме солнечно-биосферных связей [Колесник и др., 2003]. Кроме того, в полученных нами результатах наблюдается периодичность зависимостей на протяжении 11-летнего солнечного цикла, что подтверждает уже известные литературные данные [Владимирский и др., 2004].

Заключение

В результате исследования влияния параметров гелиогеофизической обстановки на показатели заболеваемости и смертности населения г. Томска из всей совокупности показателей здоровья населения выделены общие факторы, которые достоверно коррелированы с изменчивостью показателей солнечной активности, а также с показателями геомагнитной возмущенности, а именно:

1) фактор, включающий болезни органов дыхания и смертность от болезней органов дыхания, системы кровообращения, несчастных случаев, а также фактор, связанный со смертностью от состояний, возникающих в перинатальном периоде, коррелируют с интегральной солнечной активностью ($r = 0.84$ и $r = 0.47$ соответственно);

2) фактор, включающий новообразования, осложнения беременности и родов, болезни органов пищеварения, смертность от новообразований, врожденных аномалий развития, болезней органов пищеварения, эндокринной системы, гипертонической болезни, острого инфаркта миокарда коррелирует с геомагнитной возмущенностью ($r = -0.64$);

3) фактор, включающий инфекционные болезни, болезни эндокринной, нервной систем, кожи, костно-мышечной системы, системы кровообращения, травмы и отравления, смертность от инфекционных болезней и болезней мочеполовой системы, коррелирует с вариациями рентгеновского излучения ($r = -0.78$).

Следует отметить, что знак корреляции для выделенной совокупности факторов не означает в буквальном смысле направленность соответствующих изменений. Более корректным в данном случае является использование коэффициента детерминации вследствие нелинейности взаимосвязи и характера вращения при выделении главных компонент.

Главным, на наш взгляд, результатом проведенного исследования является подтверждение факта опосредованного влияния рентгеновского излучения Солнца на состояние здоровья человека через, вероятно, модифицирование параметров околоземного шумановского резонатора.

Литература

- Бардак А.Л., Бородин А.С., Калюжин В.В., Колесник А.Г. Влияние вариаций глобальных и региональных параметров гелиогеомагнитной обстановки на состояние сердечно-сосудистой системы человека в норме и патологии // Вестн. Томского гос. ун-та. 2003. № 278. С. 134–140.
- Бардак А.Л., Калюжин В.В., Камаев Д.Ю., Бородин А.С., Побаченко С.В., Колесник Л.И. Механизм биотропного влияния региональных электромагнитных полей у больных с ишемической дисфункцией левого желудочка // Терапевт. архив. 2004. Т. 76, № 2. С. 52–54.

- Башкуев Ю.Б., Деревянных А.А., Колесник А.Г., Колесник С.А. Проявление солнечной активности в параметрах шумановского резонатора // Изв. вузов. Физика. 2008. Т. 51, № 9/3. С. 209–212.
- Бинги В.Н. Принципы электромагнитной биофизики. М.: Физматлит, 2011. 592 с.
- Блиох П.В., Николаенко А.П., Филиппов Ю.Ф. Глобальные электромагнитные резонансы в полости Земля–ионосфера. Киев: Наук. думка, 1977. 198 с.
- Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шебзухов К.В. Хроноструктура ритмов сердца и факторы внешней среды. М.: Изд-во РУДН; Полиграф сервис, 2002. 232 с.
- Вишневская Л.Г., Бородин А.С., Кладов С.Ю. О взаимосвязи гелиогеофизических факторов и криминогенной обстановки в г. Томске // IV Международный симпозиум «Контроль и реабилитация окружающей среды»: Материалы докл. Томск, 2004. С. 169–170.
- Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., Мартынюк В.С. Космическая погода и наша жизнь. Фрязино: Век 2, 2004. 224 с.
- Григорьев П.Е., Афанасьева Н.А., Кодунов Л.А., Столяренко Н.С. Гелиогеофизические факторы риска возникновения хромосомных нарушений // Бюл. ВСНЦ СО РАМН, 2007. № 6. С. 18–25.
- Гудина М.В., Волкотруб Л.П., Бородин А.С. Риск развития инфаркта миокарда на участках территорий с различными уровнями электромагнитных полей // Казан. мед. журн. 2009. Т. 90, № 4. С. 481–484.
- Гурфинкель Ю.И., Кулешова В.П., Ораевский В.Н. Оценка влияния геомагнитных бурь на частоту появления острой сердечно-сосудистой патологии // Биофизика. 1998. Т. 43, № 4. С. 654–658.
- Зенченко Т.А., Мерзлый А.М. Связь динамики авиационных событий с гелиофизическими процессами // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7, № 2. С. 27–38.
- Колесник А.Г., Бородин А.С., Колесник С.А., Побаченко С.В. Резонансный механизм солнечно-земных связей // Изв. вузов. Физика. 2003. № 8. С. 23–30.
- Корнетов А.Н., Самохвалов В.П., Корнетов Н.А. Ритмологические и экологические исследования при психических заболеваниях. Киев: Здоровье, 1988. 256 с.
- Побаченко С.В., Колесник А.Г., Бородин А.С., Калюжин В.В. Сопряженность параметров энцефалограммы мозга человека и электромагнитных полей шумановского резонатора по данным мониторинговых исследований // Биофизика. 2006. Т. 51, № 3. С. 534–538.
- Поляков С.В., Рапопорт В.О. Ионосферный альвеновский резонатор // Геомагнетизм и аэронавигация. 1981. Т. 21, № 5. С. 816–822.
- Птицина Н.Г., Виллорези Дж., Дорман Л.И., Юччи Н., Тясто М.И. Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья // Успехи физ. наук. 1998. Т. 168, № 7. С. 767–791.
- Рапопорт С.И., Бреус Т.К., Козырева О.В., Малиновская Н.К. Геомагнитные пульсации и инфаркт миокарда // Терапевт. архив. 2006. № 78/4. С. 56–60.
- Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Отв. ред. И.С. Енюков. М.: Финансы и статистика, 1989. 215 с.
- Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. М.: Сов. радио, 1980. 224 с.
- Цыганков К.В., Григорьев П.Е. Влияние гелиогеофизических факторов на латерализацию результатов головного мозга // Асимметрия. 2009. Т. 3, № 4. С. 56–79.
- Чибрикин В.М., Самовичев Е.Г., Кашинская И.В., Удальцова Н.В. Динамика социальных процессов и геомагнитная активность. Периодическая составляющая вариаций числа зарегистрированных преступлений в Москве // Биофизика. 1995. Т. 40, № 5. С. 1050–1053.
- Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 367 с.
- Шитов А.В., Бородин А.С., Тужилкин Д.А., Апряткина М.Л. Влияние физических полей активных геологических разломов на сердечно-сосудистую деятельность человека // Геофизические процессы и биосфера. 2013. Т. 12, № 3. С. 56–77.

Satori G., Williams E., Mushtak V. Response of the Earth–ionosphere cavity resonator to the 11-year solar cycle in X-radiation // *J. of Atmosph. and Solar-Terrest. Physics.* 2005. V 67, N 6. P. 553–562.

Stoupel E., Kalediene R., Petrauskiene J. Suicide-homicide temporal interrelationship, links with other fatalities, and environmental physical activity // *Crisis.* 2005. N 26. P. 85–89.

Сведения об авторах

БОРОДИН Александр Семенович – кандидат технических наук, доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет. 634050, г. Томск, ул. Ленина, д. 36. Тел.: +7 (3822) 413-976. E-mail: bas_56@mail.ru

ТУЖИЛКИН Дмитрий Алексеевич – аспирант, Национальный исследовательский Томский государственный университет. 634050, г. Томск, ул. Ленина, д. 36. Тел.: +7 (3822) 413-976. E-mail: dmitry-88@mail.ru

ГУДИНА Маргарита Валентиновна – кандидат медицинских наук, доцент, Сибирский государственный медицинский университет. 634050, г. Томск, ул. Ленина, д. 38. E-mail: mvg38@sibmail.com

ВЛАДИМИРСКИЙ Борис Михайлович – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский институт «Крымская астрофизическая обсерватория». 298409, Республика Крым, Бахчисарайский р-н, пгт. Научный; Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского. 295033, Республика Крым, г. Симферополь, просп. Аккад. Вернадского, д. 4. Тел.: +380 (652) 54-62-50. E-mail: bvlad@yandex.ru

PHENOMENOLOGICAL FEATURES TRENDS IN MORTALITY AND MORBIDITY IN TOMSK, DEPENDING ON THE PARAMETERS HELIOGEOPHYSICAL ACTIVITY

A.S. Borodin¹, D.A. Tuzhilkin¹, M.V. Gudina², B.M. Vladimirsky^{3,4}

¹ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

² Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

³ Crimean Astrophysical Observatory, Nauchny, Republic of Crimea, Russia

⁴ Vernadsky Taurida National University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia

Abstract. On the basis of the regional epidemiological study conducted influence heliogeophysical activity on morbidity and mortality in the city of Tomsk. The study assessed the extent bioeffectiveness factors geophysical conditions, selected on the basis of the Karhunen–Loeve based on epidemiological evidence of morbidity and mortality in Tomsk for the period from 1990 to 2008. Impact analysis heliogeophysical activity on morbidity and mortality (according to the International statistical classification of diseases and related health, ICD-10) showed that among the indicators for different nosological classes can identify common factors that significantly correlated with the major components of variations characteristic indicators heliogeophysical activity.

Keywords: solar activity, X-rays, geomagnetic disturbances, morbidity, mortality.