

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco689685>

EDN: DGYTEA



Взаимосвязь вариаций нарушения здоровья населения субарктического региона с гелиогеофизическими факторами и кислородным статусом приземного воздуха при различном уровне солнечной активности

О.Н. Рагозин¹, Е.Ю. Шаламова¹, А.Б. Гудков², И.А. Погонышева³, Л. Мутэло⁴,
Э.Р. Рагозина¹, Д.А. Погонышев³

¹ Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия;

² Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия;

³ Нижневартковский государственный университет, Нижневартовск, Россия;

⁴ Университет Лимпопо, Полокване, Южно-Африканская Республика

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Общеизвестно, что здоровье человека зависит от динамики космической погоды. Однако остаются нерешёнными вопросы циклического взаимодействия отдельных групп заболеваний с основными компонентами солнечной радиации и её производными.

Цель. Оценить стабильность временных рядов нарушений здоровья населения Севера, линейную и фазовую синхронизацию с гелиогеофизическими факторами и кислородным статусом в зависимости от уровня солнечной активности.

Методы. Данные о числе солнечных пятен получены из материалов Королевской обсерватории Бельгии. Для оценки уровня солнечной радиации, планетарного и локального индексов магнитной активности использовали материалы Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации. Расчёт парциальной плотности кислорода производили по значениям температуры, атмосферного давления и относительной влажности воздуха. Сведения по обращаемости в службу скорой медицинской помощи получили из базы данных вызовов. Сравнивали показатели 2001 и 2007 гг. (соответственно с высокой и низкой солнечной активностью). Для математической обработки применяли вейвлет-анализ.

Результаты. В общей выборке базы вызовов скорой медицинской помощи степень рассеивания данных в 2001 г. составила 14,69%, в 2007 г. — 15,83%; у мужчин показатель соответственно равнялся 25,78% и 24,40%, у женщин — 23,75% и 23,23% в обеих группах и не зависел от уровня солнечной активности. Временная совокупность в случаях инфекционных заболеваний, нарушений психики, патологии мочеполовой системы, беременности и родов становится неоднородной при росте солнечной активности, а для болезней органов дыхания наблюдается консолидация временного ряда. Линейная синхронизация характеризуется умеренной положительной связью (0,338) между обращаемостью и парциальной плотностью кислорода, которая снижается до уровня слабой (0,177) при повышении солнечной активности; линейная синхронизация вызовов с числом солнечных пятен (0,139), солнечной радиацией (0,278) и локальным индексом магнитной активности (0,119) при росте солнечной активности снижается до уровня статистического шума. В год активного Солнца наблюдается рост индекса синфазности общей обращаемости при увеличении числа солнечных пятен (2001 г. — 57,4%; 2007 г. — 61,1%) и уровня солнечной радиации (2001 г. — 55,6%; 2007 г. — 60,4%), синфазность обращаемости и парциальной плотности кислорода снижается (2001 г. — 77,2%; 2007 г. — 68,5%). При оценке фазового десинхрониза гелиофизических факторов и отдельных нозологических групп обнаруживаются три типа реакции: отсутствие реакции, синхронизация и десинхронизация.

Заключение. При росте солнечной активности временная совокупность вызовов скорой медицинской помощи становится неоднородной в случаях инфекционных заболеваний, нарушений психики, патологии мочеполовой системы, беременности и родов. При болезнях органов дыхания наблюдается обратный эффект в виде консолидации временного ряда. В год спокойного Солнца присутствует умеренная линейная синхронизация между обращаемостью и парциальной плотностью кислорода, которая снижается до уровня слабой при повышении солнечной активности при выраженных межполовых различиях. Взаимосвязь нарушений здоровья с числом солнечных пятен, солнечной радиации, планетарного и локального индексов магнитной активности в год активного Солнца ослабевает до уровня статистического шума. При повышении солнечной активности наблюдается фазовый десинхрониз между колебаниями нарушений здоровья и вариабельностью парциальной плотности кислорода. Десинхронизация ритмов здоровья наблюдается только при оценке их взаимосвязи с общепланетарными параметрами. При сравнении временных рядов обращаемости в службу скорой медицинской помощи, стратифицированной по нозологическим группам, с рассчитанными для данной местности локальным индексом магнитной активности и парциальной плотности кислорода отмечается снижение фазового десинхрониза.

Ключевые слова: солнечная активность; геомагнитная активность; парциальная плотность кислорода; Север; межполовые различия; нозологические группы.

Как цитировать:

Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю., Гудков А.Б., Погонышева И.А., Мутэло Л., Рагозина Э.Р., Погонышев Д.А. Взаимосвязь вариаций нарушения здоровья населения субарктического региона с гелиогеофизическими факторами и кислородным статусом приземного воздуха при различном уровне солнечной активности // Экология человека. 2025. Т. 32, № 9. С. 651–660. DOI: 10.17816/humeco689685 EDN: DGYTEA

Рукопись поступила: 21.08.2025

Рукопись одобрена: 06.09.2025

Опубликована online: 16.09.2025



Relationship Between Variations in Population Health Disorders in a Subarctic Region and Heliogeophysical Factors and Oxygen Status of Surface Air Under Different Levels of Solar Activity

Oleg N. Ragozin¹, Elena Yu. Shalamova¹, Andrei B. Gudkov², Irina A. Pogonysheva³, Livhuwani Muthelo⁴, Elina R. Ragozina¹, Denis A. Pogonyshv³

¹ Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia;

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

³ Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia;

⁴ University of Limpopo, Polokwane, South Africa.

ABSTRACT

BACKGROUND: It is generally recognized that human health depends on the changes of space weather. However, the cyclic interactions of specific groups of diseases with the main components of solar radiation and its derivatives remain unresolved.

AIM: The work aimed to assess the stability of time series of health disorders in the northern population, as well as linear and phase synchronization with heliogeophysical factors and oxygen status depending on the level of solar activity.

METHODS: Data on sunspot numbers were obtained from the Royal Observatory of Belgium. To assess the level of solar radiation, as well as planetary and local indices of magnetic activity, materials from the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information were used. Partial oxygen density was calculated from values of temperature, atmospheric pressure, and relative humidity. Data on ambulance calls were retrieved from the emergency service database. Indicators from 2001 and 2007 (years of high and low solar activity, respectively) were compared. Wavelet analysis was applied for mathematical processing.

RESULTS: In the overall ambulance call dataset, the degree of data dispersion in 2001 was 14.69%, compared with 15.83% in 2007; in men, the indicator was 25.78% and 24.40%, respectively, and in women 23.75% and 23.23%, independent of solar activity level. The temporal distribution of cases of infectious diseases, mental disorders, genitourinary pathology, pregnancy, and childbirth became heterogeneous with increasing solar activity, whereas for respiratory diseases a consolidation of the time series was observed. Linear synchronization was characterized by a moderate positive association (0.338) between ambulance calls and partial oxygen density, which decreased to a weak level (0.177) with rising solar activity; linear synchronization with sunspot numbers (0.139), solar radiation (0.278), and the local magnetic activity index (0.119) weakened to the level of statistical noise during high solar activity. In the active Sun year, the in-phase synchronization index of total ambulance calls increased with the number of sunspots (57.4% in 2001; 61.1% in 2007) and solar radiation (55.6% 2001; 60.4% in 2007), whereas synchronization between calls and partial oxygen density declined (77.2% 2001; 68.5% 2007). Assessment of phase desynchronization between heliophysical factors and specific nosological groups revealed three reaction types: absence of reaction, synchronization, and desynchronization.

CONCLUSION: With increasing solar activity, the temporal distribution of ambulance calls becomes heterogeneous for infectious diseases, mental disorders, genitourinary pathology, pregnancy, and childbirth. In the case of respiratory diseases, the opposite effect is observed in the form of time series consolidation. In a year of the quiet Sun, moderate linear synchronization exists between ambulance calls and partial oxygen density, which declines to weak synchronization with increasing solar activity, accompanied by pronounced sex-related differences. Associations of health disorders with sunspot numbers, solar radiation, and planetary and local magnetic activity indices weaken to statistical noise during active Sun periods. With increasing solar activity, phase desynchronization is observed between fluctuations in health disturbances and the variability of oxygen partial density. Desynchronization of health rhythms is observed only in relation to global planetary parameters. When comparing time series of ambulance calls stratified by nosological groups with the locally calculated magnetic activity index and partial oxygen density, phase desynchronization was found to decrease.

Keywords: solar activity; geomagnetic activity; partial oxygen density; North; sex differences; nosological groups.

To cite this article:

Ragozin ON, Shalamova EYu, Gudkov AB, Pogonysheva IA, Muthelo L, Ragozina ER, Pogonyshv DA. Relationship Between Variations in Population Health Disorders in a Subarctic Region and Heliogeophysical Factors and Oxygen Status of Surface Air Under Different Levels of Solar Activity. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):651–660. DOI: 10.17816/humeco689685 EDN: DGYTEA

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco689685>

EDN: DGYTEA

亚北极地区居民健康损害变异与日地物理因素及近地层空气氧状态在不同太阳活动水平下的相关性

Oleg N. Ragozin¹, Elena Yu. Shalamova¹, Andrei B. Gudkov², Irina A. Pogonysheva³,
Livhuwani Muthelo⁴, Elina R. Ragozina¹, Denis A. Pogonyshev³

¹ Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia;

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

³ Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia;

⁴ University of Limpopo, Polokwane, South Africa.

摘要

论证: 人类健康受空间天气动态的影响已得到普遍认可。然而,不同疾病组与太阳辐射主要成分及其衍生物之间的周期性相互作用仍未得到充分阐明。

目的: 评估北方地区居民健康损害时间序列的稳定性,其与日地物理因素及氧状态的线性和相位同步关系,并分析其在不同太阳活动水平下的特征。

方法: 太阳黑子数据信息来自 Royal Observatory of Belgium。为评估太阳辐射、行星和局地磁活动指数的水平,采用All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information的资料。氧分压密度依据气温、大气压和相对湿度计算。居民健康数据来源于急救医疗呼叫数据库。比较2001年和2007年的指标(分别对应高、低太阳活动期)。数学处理采用小波分析。

结果: 在急救医疗呼叫总样本中,数据离散度在2001年为14.69%,2007年为15.83%;男性分别为25.78%和24.40%,女性分别为23.75%和23.23%,不依赖于太阳活动水平。在高太阳活动期,感染性疾病、精神障碍、泌尿生殖系统疾病以及妊娠和分娩的时间序列趋于非均质化,而呼吸系统疾病则表现为序列整合。线性同步性分析显示,健康损害与氧分压密度之间存在中度正相关(0.338),在高太阳活动期下降至弱相关水平(0.177);与太阳黑子数(0.139)、太阳辐射(0.278)及局地磁活动指数(0.119)的线性同步性在高太阳活动期减弱至统计噪声水平。在太阳活动年,健康损害与太阳黑子数的同相指数增加(2001年57.4%;2007年61.1%),与太阳辐射的同相指数亦增加(2001年55.6%;2007年60.4%),而与氧分压密度的同相指数则下降(2001年77.2%;2007年68.5%)。在评估健康损害与日地物理因素的相位不同步性时,发现了三种类型的反应:无反应、同步和不同步。

结论: 在高太阳活动期,感染性疾病、精神障碍、泌尿生殖系统疾病以及妊娠和分娩的时间序列趋于非均质化。呼吸系统疾病则表现为时间序列整合效应。在低太阳活动期,健康损害与氧分压密度之间存在中度线性同步,而在高太阳活动期降至弱同步,并呈现显著性别差异。健康损害与太阳黑子数、太阳辐射、行星及局地磁活动指数的相关性在高太阳活动期减弱至统计噪声水平。随太阳活动增强,健康损害波动与氧分压密度变异之间出现相位不同步性。健康节律的去同步化仅在其与全球性参数的关系中观察到。在将按疾病组别分层的急救就诊时间序列与当地磁活动指数和氧分压密度进行比较时,观察到相位不同步性有所减弱。

关键词: 太阳活动;地磁活动;氧分压密度;北方地区;性别差异;疾病组别。

引用本文:

Ragozin ON, Shalamova EYu, Gudkov AB, Pogonysheva IA, Muthelo L, Ragozina ER, Pogonyshev DA. 亚北极地区居民健康损害变异与日地物理因素及近地层空气氧状态在不同太阳活动水平下的相关性. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):651–660.

DOI: 10.17816/humeco689685 EDN: DGYTEA

收到: 21.08.2025

接受: 06.09.2025

发布日期: 16.09.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Организм человека постоянно находится в состоянии внешнего десинхронизации, то есть рассогласования по фазе собственных ритмов жизнедеятельности и ритмов датчиков времени [1]. Этот процесс может развиваться при изменениях гелиоклиматических факторов, при сменной работе, эмоциональном стрессе, развитии соматической и психической патологии [2].

В субарктических регионах в связи с характерным гелиофизическим статусом циркумполярных областей возникают условия для нарушения временной организации психофизиологических функций организма [3].

Во время солнечных вспышек наблюдается усиление волнового электромагнитного излучения во всем спектральном диапазоне, в межпланетное пространство выбрасываются мощные потоки заряженных частиц, энергия и скорость которых намного больше, чем у компонентов солнечного ветра [4], что изменяет световой и тепловой баланс, геомагнитную активность, влияет на погоду, кислородный статус и состояние биосферы [5]. До настоящего времени неясно, насколько длительность периода наблюдений влияет на выявление гелиоклиматических ритмов и вариаций нарушения здоровья при экологическом мониторинге, имеется ли их взаимосвязь. Важно установить, какова чувствительность групп заболеваний к гелиофизическим факторам и специфичность их развития и обострения. Необходимость комплексного анализа взаимодействия гелиоклиматических факторов и нарушений здоровья человека определяет актуальность данного исследования.

Цель исследования. Оценить стабильность временных рядов нарушений здоровья населения Севера, линейную и фазовую синхронизацию с гелиогеофизическими факторами и кислородным статусом в зависимости от уровня солнечной активности.

МЕТОДЫ

Информация об обращениях в службу скорой медицинской помощи (СМП) Ханты-Мансийска получена из электронной базы данных вызовов за 2001 и 2007 гг. в среднем за сутки по следующим классам в соответствии с МКБ-10¹: некоторые инфекционные и паразитарные болезни (АВ); психические расстройства и расстройства поведения (F); болезни нервной системы (G); болезни системы кровообращения (I); болезни органов дыхания (J); болезни органов пищеварения (K); болезни мочеполовой системы (N); беременность, роды и послеродовой период (O);

травмы и другие воздействия от внешних причин (ST). Для анализа ритмов используется абсолютная величина обращаемости в СМП. Относительная величина (на 1 тыс. населения) применяется при анализе процентного вклада нозологий при изменении солнечной активности. Показатель обращаемости также стратифицировали по полу.

Данные об относительном ежедневном числе солнечных пятен (число Вольфа — W) получены из общедоступных материалов Королевской обсерватории Бельгии (Брюссель)². Сравнивали показатели за 2007 г., который является одним из наиболее спокойных периодов 23-го цикла солнечной активности (среднемесячный сглаженный минимум W составляет 2,2), и за 2001 г., характеризующийся высокой активностью Солнца (W — 180,3). Для оценки годовой динамики уровня солнечной радиации (СР, Вт/м²), планетарного магнитного индекса (Аp, нТл), локального индекса геомагнитной активности (К-индекс, баллы) использовали материалы Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных³.

Для расчёта парциальной плотности кислорода (ППК, г/м³), или весового содержания кислорода, использовали ежедневные среднесуточные значения температуры окружающего воздуха (Т, °С), атмосферного давления (Р, мм рт. ст.) и относительной влажности (φ, %). ППК прямо пропорциональна атмосферному давлению за вычетом парциального давления водяного пара и обратно пропорциональна температуре воздуха: $ППК = 83 \times (P - \varphi) / T$. Наблюдается прямая корреляция ППК с парциальным давлением кислорода во вдыхаемом и альвеолярном воздухе в зависимости от физических характеристик [6].

Для оценки временных рядов применяли вейвлет-анализ, по результатам которого можно судить, как меняется спектральный состав анализируемого ряда со временем⁴. Определяли средний уровень показателя (мезор, $M \pm SD$), энергию ритма (эквивалент амплитуды, усл. ед.), коэффициент вариации (C_v , %), коэффициент линейной синхронизации (r_s , усл. ед.), индекс синфазности (ИСФ, %).

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» (заключение № 214 от 15.10.2024).

РЕЗУЛЬТАТЫ

С 2001 по 2007 г. выявлен прирост среднегодового уровня (мезора), обращаемости в СМП, энергии колебаний

¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 170 от 27 мая 1997 г. «О переходе органов и учреждений здравоохранения Российской Федерации на Международную статистическую классификацию болезней и проблем, связанных со здоровьем, X пересмотра». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115103 Дата обращения: 17.03.2025.

² WDC-SILSO. Royal Observatory of Belgium, Brussels. Режим доступа: <http://www.sidc.be/silso/datafiles> Дата обращения: 17.03.2025.

³ Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных. Режим доступа: <http://mete.ru> Дата обращения: 17.03.2025.

⁴ Программа исследования биологических ритмов методом вейвлет-анализа. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611398 от 03.02.2014.

Таблица 1. Мезор, энергия ритмов и коэффициент вариации обращаемости в службу скорой медицинской помощи в годы с разной солнечной активностью**Table 1.** Mesor, rhythm energy, and coefficient of variation of ambulance service utilization during years of different solar activity

Обращаемость, случаи	Мезор, M±SD		Энергия, усл. ед.		Коэффициент вариации, %	
	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.
Общие	65,77±9,66	80,37±12,72	4418,33	6621,02	14,69	15,83
Мужчины	22,06±5,69	26,42±6,45	518,87	739,60	25,78	24,40
Женщины	25,36±6,02	34,58±8,03	679,62	1260,20	23,75	23,23
AB	1,04±1,66	2,22±1,71	3,83	7,86	160,32	76,71
F	3,78±2,09	4,60±2,30	18,65	26,49	55,30	49,95
G	4,38±2,28	4,33±2,38	24,42	24,41	52,07	55,10
I	10,04±3,58	12,70±4,11	113,54	178,27	35,68	33,36
J	7,19±3,05	11,34±7,48	61,06	184,69	42,43	65,98
K	5,17±2,41	6,19±2,71	32,58	45,62	46,63	43,81
N	1,96±1,49	2,80±1,77	6,04	10,95	76,04	63,19
O	1,07±1,06	1,75±1,42	2,26	5,07	99,37	80,86
ST	9,01±3,55	8,99±3,65	93,73	94,22	39,46	40,57

Примечание. AB — инфекционные и паразитарные болезни; F — психические расстройства и расстройства поведения; G — болезни нервной системы; I — болезни системы кровообращения; J — болезни органов дыхания; K — болезни органов пищеварения; N — болезни мочеполовой системы; O — беременность, роды и послеродовой период; ST — травмы и другие воздействия от внешних причин.

общего показателя и по группам заболеваний. Вероятно, что подобная динамика объясняется больше социально-демографическими причинами, чем влиянием космофизических факторов (табл. 1). Так, прирост населения Ханты-Мансийска с 2001 по 2007 г. составил 56,2% (с 40 455 до 63 200 населения), обращаемость в СМП выросла на 26%. В абсолютных числах отмечен рост обращаемости в СМП с 15 924 (2001 г.) до 20 141 (2007 г.) вызовов в год, тогда как относительный уровень (случаи на тыс. населения) несколько снизился — с 393,6 (2001 г.) до 318,6 (2007 г.).

В общей выборке степень рассеивания данных, выражаемая C_v (см. табл. 1), является средней (10–20%), у мужчин и женщин — значительной (больше 20% и меньше 33%) и не зависит от уровня солнечной активности. Согласно анализу обращений в СМП с учётом отдельных нозологических групп, временная совокупность числа вызовов становится неоднородной при росте солнечной активности в случаях инфекционных и паразитарных заболеваний, при нарушениях психики, патологии мочеполовой системы, беременности, родов и их осложнений. Для некоторых групп болезней наблюдается обратный эффект в виде консолидации временного ряда (болезни органов дыхания). Отчётливой реакции на изменение уровня солнечной активности временных рядов болезней нервной системы, пищеварительного тракта и сердечно-сосудистых заболеваний, а также частоты травм различной этиологии не наблюдается, хотя многие исследователи отмечают влияние активного солнца на эти кластеры нарушений здоровья [7–10].

На следующем этапе исследования оценили линейную синхронизацию временных рядов общей и межполовой обращаемости в СМП с гелиогеофизическими показателями и ППК в годы с разной солнечной активностью. В 2007 г. выявляется умеренная положительная связь между обращаемостью (случаи) и величиной ППК, которая соответствовала слабому уровню при повышении солнечной активности. Межполовые различия характеризуются снижением взаимосвязей обращаемости и ППК у женщин с умеренного до слабого (0,318–0,186) при росте солнечной активности. Изменение коэффициента линейной корреляции «случаи/ППК» у мужчин при увеличении солнечной активности незначительно. В год активного Солнца ослабевает взаимосвязь колебаний обращаемости с динамикой количества W , уровнем CP и K -индексом до уровня статистического шума — 0,01–0,09 (табл. 2).

Чтобы проанализировать взаимосвязь гелиофизических факторов и нарушений здоровья, необходимо обозначить, что такое синхронность и синфазность временных рядов. Под синхронными колебаниями понимаются два процесса, при которых в каждый момент времени происходят одинаковые изменения, но присутствует определённый фазовый сдвиг. У синфазных процессов в каждый момент времени фазы совпадают. Синфазность 100% свидетельствует об одномоментности изменений, нулевое значение говорит о том, что колебания происходят в противофазе. В более сложных процессах, где присутствуют несколько колебаний (в нашем случае это постоянные и вставочные ритмы изучаемых показателей), можно вычислить долю синфазных компонент. Далее обозначим её как ИСФ (%).

Таблица 2. Линейная синхронизация (усл. ед.) общей и межполовой обращаемости в службу скорой медицинской помощи с гелиогеофизическими факторами и парциальной плотностью кислорода в годы с разной солнечной активностью

Table 2. Linear synchronization (arb. units) of total and sex-specific ambulance service utilization with heliogeophysical factors and partial oxygen density during years of different solar activity

2001 г.	Случаи	Мужчины	Женщины	Ар	W	СР	К-индекс	ППК
Случаи	1,000	0,534	0,576	0,049	0,054	0,080	0,022	0,177
Мужчины	0,534	1,000	0,114	0,075	0,066	0,067	0,025	0,119
Женщины	0,576	0,114	1,000	0,090	0,089	0,143	0,073	0,186
Ар, нТл	0,049	0,075	0,090	1,000	0,150	0,088	0,029	0,034
W	0,054	0,066	0,089	0,150	1,000	0,058	0,045	0,073
СР, Вт/м ²	0,080	0,067	0,143	0,088	0,058	1,000	0,052	0,587
К-индекс, баллы	0,022	0,025	0,073	0,029	0,045	0,052	1,000	0,103
ППК, г/м ³	0,177	0,119	0,186	0,034	0,073	0,587	0,103	1,000
2007 г.	Случаи	Мужчины	Женщины	Ар	W	СР	К-индекс	ППК
Случаи	1,000	0,500	0,648	0,052	0,139	0,278	0,119	0,338
Мужчины	0,500	1,000	0,077	0,044	0,118	0,107	0,079	0,150
Женщины	0,648	0,077	1,000	0,088	0,080	0,299	0,050	0,318
Ар, нТл	0,052	0,044	0,088	1,000	0,081	0,049	0,108	0,027
W	0,139	0,118	0,080	0,081	1,000	0,132	0,242	0,105
СР, Вт/м ²	0,278	0,107	0,299	0,049	0,132	1,000	0,214	0,603
К-индекс, баллы	0,119	0,079	0,050	0,108	0,242	0,214	1,000	0,280
ППК, г/м ³	0,338	0,150	0,318	0,027	0,105	0,603	0,280	1,000

Примечание. Ар — планетарный магнитный индекс; W — число солнечных пятен; СР — солнечная радиация; К-индекс — локальный индекс геомагнитной активности; ППК — парциальная плотность кислорода.

При повышении солнечной активности наблюдается увеличение фазовой синхронизации общего показателя обращаемости в СМП (случаи) при увеличении числа солнечных пятен (W) и уровня СР; при этом синфазность обращаемости в СМП с параметрами общепланетарной, локальной магнитной и ППК снижается (табл. 3).

Наблюдается выраженная синхронизация обращаемости в СМП с W и уровнем СР и десинхронизация нарушений здоровья и величины ППК с ростом солнечной активности с менее отчётливой реакцией изменения общепланетарной и локальной магнитной активности.

Обнаруженная динамика показателя общей обращаемости в СМП недостаточна для предметного прогнозирования ухудшения состояния здоровья населения. Исходя из этого, следующим этапом исследования явилась

оценка фазового десинхроноза по динамике ИСФ гелиофизических факторов и отдельных нозологических групп.

При таком подходе выявлены три типа реагирования: отсутствие реакции, повышение и снижение синфазности. Как оказалось, величина ИСФ нозологических групп, характеризующих психическую патологию и разнообразный спектр патологических состояний при беременности, родах и в послеродовом периоде, не реагирует на изменения основных гелиофизических параметров (W и уровень СР) и их производных — Ар, К-индекс, ППК (табл. 4).

Было обнаружено, что десинхронизация нарастает в группах нервных заболеваний и патологии органов дыхания при увеличении числа W, в группах с патологией сердечно-сосудистой системы и органов дыхания

Таблица 3. Динамика индекса синфазности (%) гелиогеофизических факторов и обращаемости в службу скорой медицинской помощи в годы с разной солнечной активностью

Table 3. Changes of the in-phase index (%) of heliogeophysical factors and ambulance service utilization during years of different solar activity

Год	Случаи/W	Случаи/СР	Случаи/Ар	Случаи/К-индекс	Случаи/ППК
2001	61,1	60,4	61,3	64,9	68,5
2007	57,4	55,6	64,3	66,2	77,2

Примечание. W — число солнечных пятен; СР — солнечная радиация; Ар — планетарный магнитный индекс; К-индекс — локальный индекс геомагнитной активности; ППК — парциальная плотность кислорода.

Таблица 4. Динамика индекса синфазности гелиогеофизических параметров и нозологических групп в годы с разной солнечной активностью
Table 4. Changes of the in-phase index of heliogeophysical parameters and nosological groups during years of different solar activity

Индекс синфазности, %	W		CP		Ap		К-индекс		ППК	
	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.
AB	61,9	60,9	63,1	62,0	→		64,6	62,1	66,1	65,2
					61,9	68,1				
F	61,7	62,9	66,0	65,8	61,7	63,2	63,4	60,8	62,5	62,9
G			62,5	64,7	→		→		64,3	63,3
	67,0	62,4			67,0	62,3	67,1	62,5		
I	61,5	62,9	→		←		66,8	66,0	68,5	70,5
			63,6	57,5	61,5	66,2				
J	→		→		66,8	66,1	←		←	
	66,8	57,7	59,7	51,2			61,9	71,1	68,3	78,9
K	65,2	64,6	62,2	59,9	65,2	66,8	64,9	63,5	←	
									64,1	69,7
N	66,2	66,1	66,4	63,5	→		63,8	63,9	63,8	65,7
					66,2	61,1				
O	66,6	63,5	66,0	65,0	66,6	63,1	66,4	62,7	65,6	62,1
ST	←		70,9	68,6	←		62,7	62,9	59,9	62,5
	59,3	65,3			59,3	64,2				

Примечание. AB — некоторые инфекционные и паразитарные болезни; F — психические расстройства и расстройства поведения; G — болезни нервной системы; I — болезни системы кровообращения; J — болезни органов дыхания; K — болезни органов пищеварения; N — болезни мочеполовой системы; O — беременность, роды и послеродовой период; ST — травмы и другие воздействия от внешних причин; W — число солнечных пятен; CP — солнечная радиация; Ap — планетарный магнитный индекс; К-индекс — локальный индекс геомагнитной активности; ППК — парциальная плотность кислорода.

при повышении CP, в группах заболеваний нервной системы при изменениях планетарной и локальной активности (Ap и К индекс).

Наблюдается синхронизация колебаний окологодового количества W с обращаемостью в СМП по поводу различного рода травм. Растёт взаимосвязь колебаний общепланетарной магнитной активности с обращаемостью по поводу инфекционных и паразитарных заболеваний, сердечно-сосудистых заболеваний, травм, усиливается согласованность временных рядов локальной магнитной активности и заболеваний органов дыхания. Повышается синхронизация вариабельности ППК и динамики заболеваний органов дыхания и органов пищеварения. Наиболее чувствительной к экзогенным факторам нозологической группой является патология органов дыхания, далее следуют нервные болезни, сердечно-сосудистые заболевания и травматизм.

ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние космофизических факторов на состояние здоровья человека общепризнано [11]. Исследователи связывают возникновение острых и обострение

хронических заболеваний с хромосферными вспышками [12], прохождением солнечных пятен через центральный меридиан [13].

Солнечная активность — процесс циклический, поэтому циклический же характер имеют и связанные с ней биофизические и социальные процессы. Цикличность признаётся важнейшим аспектом проявления биологической целесообразности и физиологической целостности организмов. Синхронность гелио-, гео- и биофизических процессов отражает единство организмов и среды, к изменениям которой они приспосабливаются. Получены сведения об окологодовой динамике физиологических показателей организма человека, которые связывают с колебаниями магнитной активности в различных широтах [14], различных компонентов солнечного ветра [15], о большей чувствительности к изменениям магнитной активности у мужчин [16]. Получены данные о чувствительности определённых нозологий к космофизическим факторам [5].

В нашем исследовании высокой солнечной активности обнаружена неоднородность годовых колебаний обращаемости в СМП по поводу инфекционных заболеваний, психических расстройств, патологии органов дыхания,

мочеполовой системы, вызовов акушерско-гинекологического и педиатрического кластера.

Предлагаются различные гипотезы влияния экзогенных факторов на здоровье, в том числе флуктуации приземного электромагнитного поля [17]. Была предложена концепция влияния гелиомагнитных вариаций на ионы железа, входящие в состав гемоглобина и ферментов, участвующих в процессах окисления и восстановления, синхронизации внешнего магнитного поля и внутреннего диполя человека, участия магнитного поля в формировании и запуске оксидативного стресса и биоэнергетики клетки в цирка- и инфрадианном диапазоне [18]. Однако в обзорах, посвящённых влиянию космофизических факторов на биологические объекты, отсутствуют примеры исследований опосредованного влияния факторов солнечной активности на кислородный статус приземного слоя воздуха.

Полученные нами данные свидетельствуют о выраженных взаимосвязях ППК и космофизических факторов и их динамики при изменении солнечной активности. Выявлена умеренная линейная синхронизация между обращаемостью в СМП по поводу ухудшения состояния здоровья и ППК, которая имела слабый уровень при повышенной солнечной активности. Межполовые различия характеризуются снижением взаимосвязей обращаемости и ППК у женщин с умеренного до слабого при росте солнечной активности.

В год активного Солнца взаимосвязь колебаний обращаемости с динамикой количества W , уровнем CP и локальным геомагнитным K -индексом снижается до уровня статистического шума.

При оценке фазового десинхроноза нозологических групп и экзогенных факторов выделены три типа реагирования. Вариант с отсутствием реакции на динамику солнечной активности наблюдали в отношении таких нозологий, как психопатология, патология беременности, родов. В то же время имеются литературные данные о том, что воздействию гелиогеофизических факторов подвержены 10–15% от общего количества матерей и плодов [19]. Для психопатологии также отмечены выраженные сезонные корреляции с космофизическими факторами [17], в том числе и в высоких широтах [20].

Некоторые авторы [21] описывают феномен «затягивания» циклов биосистемы внешним колебательным процессом, например, 27-суточным ритмом вращения Солнца.

В нашем исследовании этому соответствовал второй вариант реагирования: наблюдалась синхронизация окологодных вариаций травм и аварий и обострений патологии желудочно-кишечного тракта с гелиомагнитными факторами. Это подтверждают результаты исследований других авторов [22]. При исследовании взаимодействия Солнца и биосистем также выявляются признаки десинхронизации [9].

В нашем исследовании десинхронизация окологодных ритмов здоровья наблюдается только при оценке их взаимосвязи с общепланетарными параметрами, такими как W и Ar . При сравнении временных рядов обращаемости, стратифицированной по нозологическим группам, с K -индексом и ППК, рассчитанными для данных пространственно-временных координат, отмечается снижение фазового десинхроноза в виде увеличения индекса синфазности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При росте солнечной активности временная совокупность вызовов СМП населения северного региона становится неоднородной в случаях инфекционных заболеваний, при нарушениях психики, патологии мочеполовой системы, беременности, родов и их осложнений. При болезнях органов дыхания наблюдается обратный эффект в виде консолидации временного ряда.

В год спокойного Солнца присутствует умеренная линейная синхронизация между обращаемостью в СМП и ППК, которая имеет слабый уровень при повышенной солнечной активности. Межполовые различия характеризуются снижением взаимосвязей обращаемости и ППК у женщин при росте солнечной активности. Взаимосвязь динамики нарушений здоровья с космофизическими факторами W , CP , Ar и K -индекс в год активного Солнца уменьшается до уровня статистического шума.

При анализе доли синфазных компонент отдельных нозологических групп и экзогенных факторов выделены три типа реагирования: синхронизация, десинхронизация и отсутствие реакции. Наиболее чувствительной к изменениям космофизических и погодных факторов нозологической группой у жителей Севера является патология органов дыхания, далее по убывающей: нервные болезни, сердечно-сосудистые заболевания и травматизм. Фазовый десинхроноз при повышении солнечной активности наблюдается между колебаниями общей обращаемости в СМП и вариабельностью ППК в приземном слое воздуха.

При сравнении временных рядов обращаемости, стратифицированной по нозологическим группам, отмечается снижение фазового десинхроноза с локальными (K -индексом и ППК) факторами. Десинхронизация ритмов нарушений здоровья наблюдается при оценке их взаимосвязи с общепланетарными (W и Ar) гелиогеофизическими параметрами.

С учётом цикличности изучаемых процессов информативными величинами для оценки влияния экзогенных факторов на нарушения здоровья могут выступать коэффициенты вариации, степень линейной синхронизации и уровень фазового десинхроноза сравниваемых временных рядов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. О.Н. Рагозин — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование и окончательное утверждение рукописи; Е.Ю. Шаламова — подготовка первого варианта статьи; А.Б. Гудков — редактирование первого варианта статьи; И.А. Погоняшева — анализ данных; Л. Мутэло — анализ данных; Э.Р. Рагозина — набор первичного материала; Д.А. Погоняшев — анализ данных. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» (заключение № 214 от 15.10.2024).

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре.

В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: O.N. Ragozin: conceptualization, methodology, writing—review & editing; E.Yu. Shalamova: writing—original draft; A.B. Gudkov: writing—review & editing; I.A. Pogonysheva: formal analysis; L. Muthelo: formal analysis; E.R. Ragozina: data curation; D.A. Pogonyshchev: formal analysis. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the local Ethics Committee of the Khanty-Mansiysk State Medical Academy (Approval No. 214, dated October 15, 2024).

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the Editorial Board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Datieva FS. Current aspects of human chronoadaptation and desadaptation. *Bashkortostan Medical Journal*. 2021;16(6):71–78. EDN: ZPXWFK
- Gubin DG, Kolomeychuk SN, Markov AA, et al. Spring-summer dynamics of circadian light hygiene and health indicators of Arctic residents. In: *Actual problems of somnology. collection of abstracts of reports of the XIII All-Russian scientific and practical conference*. Tyumen; 2022. P. 23–24. (In Russ.) EDN: WNFVIG
- Nagornev SN, Frolkov VK, Khudov VV. The influence of extreme climatogeographical factors of the arctic zone of the Russian Federation on the functional state of indigenous and newly-arrived population. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022;(2):53–69. EDN: LEUALA
- Vladimirovskiy BM, Temuryants NA, Martynyuk VS. *Space weather and our life*. Moscow: DMK-Press; 2022. 226 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-89818-203-8
- Belyaeva VA, Borisova ON, Botoeva NK, et al. *Heliogeophysical factors in chronopathophysiology and clinical medicine*. Vladikavkaz; Tula: IBMI VSC RAS; 2023. 490 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-00081-596-0
- Ovcharova VF, Butyeva IV, Shveinova TG, et al. Specialized weather forecast for medical purposes and prevention of meteopathic reactions. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy*. 1974;(2):109–119. (In Russ.)
- Botoeva NK, Khetagurova LG, Rapoport SI. A comprehensive analysis of incidence of myocardial infarction in Vladikavkaz depending on solar and geomagnetic activity. *Clinical Medicine*. 2013;91(10):28–34. EDN: RRRSKP
- Martirosyan VV, Krupskaya YuA. Impact analysis of solar activity on incidence and mortality from cerebral stroke in Rostov-on-Don. *Social Aspects of Population Health*. 2013;(4):9. EDN: PJJWXG
- Samoylova NA, Shkilnyuk GG, Goncharova ZA, Stolyarov ID. The influence of solar and geomagnetic activity on the risk of multiple sclerosis (results of correlation and regression analysis). *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2017;117(2-2):42–49. doi: 10.17116/jnevro20171172242-49 EDN: WDJJAS
- Lupov KA. The influence of solar activity on the road safety. *The Siberian State Automobile and Highway University*. 2009;(3):82–85. EDN: PBOJEV
- Bobrovnikskii IP, Nagornev SN, Yakovlev MYU, et al. Perspectives of research of the impact of meteorological and geomagnetic parameters on the incidence and mortality of the population. *Hygiene and Sanitation*. 2018;97(11):1064–1067. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1064-67 EDN: YPXHHW
- Tyultyayeva LA, Denisova TP, Lipatova TE, Shulpina NYu. Heliogeomagnetic parameters and pathology of digestive organs in patients of different ages. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2020;16(1):181–185. EDN: WYKLTL
- Belyayeva VA. Cardiovascular diseases in popular territories population and weather factors. *Hygiene and Sanitation*. 2019;98(10):1148–1154. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1148-1154 EDN: WTNJLZ
- Anisimov SV, Dmitriev EM. Borok geophysical observatory — branch of Schmidt institute of physics of the Earth of RAS. *Earth and the Universe*. 2019;(2):73–84. doi: 10.7868/S0044394819020075 EDN: XRSMU
- Potapov AS, Guglielmi AV, Dovbnya BV. Ultra low frequency emissions ranging from 0.1 to 3 Hz in circumpolar areas. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020;6(3):48–55. doi: 10.12737/szf63202006 EDN: NVDVHJ
- Babaeva MI, Rogacheva SM, Vishnevskiy VV. Human adaptation to heliogeophysical disturbances against the background of precipitating factors. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2013;20(2):35–39. doi: 10.17816/humeco17380 EDN: PXSBWP
- Medenkov AA. On the influence of space weather on human psychophysiology. *Aerospace and Environmental Medicine*. 2018;52(1):24–36. doi: 10.21687/0233-528X-2018-52-1-24-36 EDN: YPWJVY

18. Reutov VP, Parshina SS, Samsonov SN, Sorokina EG. Space weather: the relationship between the effects of physical and chemical factors on living organisms. *Eurasian Scientific Association*. 2017;1(9):47–58. (In Russ.) EDN: ZMJEIV
19. Khorseva NI, Grigor'ev YuG, Grigor'ev PE. Influence of Low-Intensity Electromagnetic Fields on the Organism's Antenatal Development. Part 2. Late Effects During the Postnatal Period (Review). *Journal of Medical and Biological Research*. 2018;6(1):41–55. doi: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.41 EDN: YOOVWP
20. Shumilov OI, Kasatkina EA, Kleimenova NG, et al. Suicides and mortality from cardiovascular diseases due to space weather factors in high latitudes. *Geophysical Processes and Biosphere*. 2020;19(2):45–56. doi: 10.21455/gpb2020.2-3 EDN: EMFYWI
21. Schetinina SYu, Iudicheva NV. The influence of geomagnetic activity on human health condition. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2021;(5-1):167–169. doi: 10.24412/2500-1000-2021-5-1-167-169 EDN: VZKOAW
22. Kalinin YuK. Solar-geophysical events and aviation catastrophes in the first part of April 2010. *Science and Technological Developments*. 2012;91(2):3–11. EDN: RNOXMZ

ОБ АВТОРАХ

*** Погонишева Ирина Александровна**, канд. биол. наук, доцент;
адрес: Россия, 628611, Нижневартовск, ул. Дзержинского,
д. 11, каб. 301;
ORCID: 0000-0002-5759-0270;
eLibrary SPIN: 6095-8392;
e-mail: severina.i@bk.ru

Рагозин Олег Николаевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-5318-9623;
eLibrary SPIN: 7132-3844;
e-mail: oragozin@mail.ru

Шаламова Елена Юрьевна, д-р биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-5201-4496;
eLibrary SPIN: 8125-9359;
e-mail: selenzik@mail.ru

Гудков Андрей Борисович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-5923-0941;
eLibrary SPIN: 4369-3372;
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Мутэло Ливувани, PhD;
Researcher ID: AHC-1001-2022;
e-mail: livhuwani.muthelo@ul.ac.za

Рагозина Элина Разифовна;
ORCID: 0000-0003-0199-2948;
eLibrary SPIN: 7335-7635;
e-mail: elinka1000@yandex.ru

Погонисhev Денис Александрович, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-8815-1556;
eLibrary SPIN: 1179-9674;
e-mail: d.pogonyshev@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Irina A. Pogonysheva**, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
address: 11 Dzerzhinsky st, ofc 301, Nizhnevartovsk, Russia,
628611;
ORCID: 0000-0002-5759-0270;
eLibrary SPIN: 6095-8392;
e-mail: severina.i@bk.ru

Oleg N. Ragozin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-5318-9623;
eLibrary SPIN: 7132-3844;
e-mail: oragozin@mail.ru

Elena Yu. Shalamova, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-5201-4496;
eLibrary SPIN: 8125-9359;
e-mail: selenzik@mail.ru

Andrei B. Gudkov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-5923-0941;
eLibrary SPIN: 4369-3372;
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Livhuwani Muthelo, PhD;
Researcher ID: AHC-1001-2022;
e-mail: livhuwani.muthelo@ul.ac.za

Elina R. Ragozina;
ORCID: 0000-0003-0199-2948;
eLibrary SPIN: 7335-7635;
e-mail: elinka1000@yandex.ru

Denis A. Pogonyshev, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-8815-1556;
eLibrary SPIN: 1179-9674;
e-mail: d.pogonyshev@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author