DOI: https://doi.org/10.17816/humeco648668 EDN: JVEJYU

Цирканнуальные вариации парциальной плотности кислорода в зависимости от уровня солнечной активности и климатического пояса

О.Н. Рагозин[1], L. Muthelo[2], Е.Ю. Шаламова[1], А.Б. Гудков[3], И.В. Радыш[4], Э.Р. Рагозина[1], И.А. Погонышева[5]

[1] Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия;
[2] Университет Лимпопо, Полокване, Южно-Африканская Республика;
[3] Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия;
[4] Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия;
[5] Нижневартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Существуют медицинские классификации погоды, где определяющим параметром, влияющим на самочувствие человека, является снижение в воздухе парциальной плотности кислорода, которая может модулироваться не только метеофакторами, но и гелиогеофизической обстановкой. Необходимо отметить, что среди типов погод не рассматриваются синоптические комбинации с повышенным содержанием кислорода, хотя в ряде исследований установлено негативное воздействие гипероксии на здоровье.

Цель. Оценить влияние окологодовых вариаций солнечной активности на динамику парциальной плотности кислорода атмосферного воздуха в субарктическом и субтропическом регионах.

Материалы и методы. Для расчёта парциальной плотности кислорода использовали ежедневные среднесуточные значения температуры, атмосферного давления и относительной влажности окружающего воздуха. Данные о числе солнечных пятен получены из общедоступных материалов Королевской обсерватории Бельгии. Сравнивали данные за 2007 г., как наиболее спокойный год 23-го цикла солнечной активности, и за 2001 г., когда активность солнца была высокой. Для математической обработки применяли вейвлет-анализ.

Результаты. В годы спокойного (2007 г.) и активного (2001 г.) солнца значимо отличаются мезоры числа солнечных пятен, амплитуда их колебаний, коэффициент вариации и спектр ритмов. В 2001 г. наиболее мощным являлся ритм, близкий к полугодовому. В 2007 г. динамика числа солнечных пятен составляла 27,27 сут. В Ханты-Мансийске размах сезонных колебаний парциальной плотности кислорода в 2001 г. был ~147 г/м^3, в 2007 ~70 г/м^3. В годовом цикле превалирует гипероксия с верхней границей 395 г/м^3 (норма 285 г/м^3). В Полокване в 2001 г. зимне-летняя вариация парциальной плотности кислорода составляет ~24 г/м^3 (практически не отличается от 2007 г. — 30 г/м^3), что попадает в разряд неблагоприятной гипоксической погоды. В год активного солнца (2001 г.) обнаруживается полиритмия постоянных и вставочных ритмов парциальной плотности кислорода как в субарктическом, так и в субтропическом регионах.

Заключение. В субарктическом регионе в зимний период наблюдаются высокие значения парциальной плотности кислорода в год спокойного солнца и очень высокие — в год активного солнца. Сезонная вариативность состояния «гипероксия/гипоксия» выходит далеко за рамки благоприятного типа погоды. Для субтропического климата характерны колебания парциальной плотности кислорода в пределах гипоксического статуса вне зависимости от уровня солнечной активности. В год высокой солнечной активности в обоих исследованных регионах выявлена полиритмия парциальной плотности кислорода как признак десинхроноза. Медицинские классификации погод рекомендуем дополнить такими пунктами, как «гипероксический день» и «гипероксический тип погоды».

Ключевые слова: экстремальные погодные условия; кислород; гипоксия; гипероксия; Север.

Как цитировать:
Рагозин О.Н., Мутэло Л., Шаламова Е.Ю., Гудков А.Б., Радыш И.В., Рагозина Э.Р., Погонышева И.А. Цирканнуальные вариации парциальной плотности кислорода в зависимости от уровня солнечной активности и климатического пояса // Экология человека. 2025. Т. 32, № 1. С. 32–41. DOI: 10.17816/humeco648668 EDN: JVEJYU

Рукопись поступила: 29.01.2025 **Рукопись одобрена:** 26.03.2025 **Опубликована online:** 02.06.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco648668 EDN: JVEJYU

Circannual Variations in Partial Oxygen Density Depending on Solar Activity Level and Climatic Zone

Oleg N. Ragozin[1], Livhuwani Muthelo[2], Elena Yu. Shalamova[1], Andrei B. Gudkov[3], Ivan V. Radysh[4], Elina R. Ragozina[1], Irina A. Pogonysheva[5]

[1] Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia;
[2] University of Limpopo, Polokwane, South Africa;
[3] Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;
[4] Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;
[5] Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Some medical weather classifications identify reduced partial oxygen density in the air as a key parameter affecting human well-being. This parameter can be modulated not only by meteorological factors but also by the helio-geophysical environment. It should be noted that synoptic combinations with elevated oxygen content are not considered among the weather types, although several studies have shown that hyperoxia can have adverse effects on health.

AIM: To assess the influence of circannual variations in solar activity on the changes of atmospheric partial oxygen density in subarctic and subtropical regions.

METHODS: Calculations of partial oxygen density were based on daily average values of air temperature, atmospheric pressure, and relative humidity of the ambient air. Sunspot number data were obtained from publicly available sources provided by the Royal Observatory of Belgium. Data from 2007 (a year of low solar activity in the 23rd solar cycle) and 2001 (a year of high solar activity) were compared. Wavelet analysis was used for mathematical processing.

RESULTS: The mesor, amplitude, coefficient of variation, and rhythm spectrum of sunspot numbers differed significantly between the years of low (2007) and high (2001) solar activity. In 2001, the dominant rhythm was close to a semiannual cycle. In 2007, the rhythm of sunspot numbers was 27.27 days. In Khanty-Mansiysk, the seasonal range of partial oxygen density was ~147 g/m^3 in 2001 and ~70 g/m^3 in 2007. The annual cycle was characterized by prevailing hyperoxia, with upper values reaching 395 g/m^3 (normal: 285 g/m^3). In Polokwane, the winter–summer variation in partial oxygen density in 2001 was approximately 24 g/m^3 (virtually the same as in 2007, 30 g/m^3), which falls into the category of unfavorable hypoxic weather. In the year of high solar activity (2001), a polyrhythmic pattern of both stable and transient rhythms of partial oxygen density was observed in both subarctic and subtropical regions.

CONCLUSION: In the subarctic region, wintertime values of partial oxygen density were high in the year of low solar activity and very high in the year of high activity. Seasonal fluctuations between hyperoxia and hypoxia extended far beyond the range of favorable weather types. Fluctuations in partial oxygen density characteristic of the subtropical climate consistently remained within hypoxic ranges, regardless of solar activity levels. During the year of elevated solar activity, both examined regions exhibited polyrhythmic patterns of partial oxygen density, indicative of desynchronosis. It is recommended that medical weather classifications be expanded to include "hyperoxic day" and "hyperoxic weather type."

Keywords: extreme weather conditions; oxygen; hypoxia; hyperoxia; North.

To cite this article:
Ragozin ON, Muthelo L, Shalamova EYu, Gudkov AB, Radysh IV, Ragozina ER, Pogonysheva IA. Circannual variations in partial oxygen density depending on solar activity level and climatic zone. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(1):32–41. DOI: 10.17816/humeco648668 EDN: JVEJYU

Received: 29.01.2025 **Accepted:** 26.03.2025 **Published online:** 02.06.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco648668 EDN: JVEJYU

日光活动水平与气候带对氧密度年周期变化的影响

Oleg N. Ragozin[1], Livhuwani Muthelo[2], Elena Yu. Shalamova[1],
Andrei B. Gudkov[3], Ivan V. Radysh[4], Elina R. Ragozina[1], Irina A. Pogonysheva[5]

[1] Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia;
[2] University of Limpopo, Polokwane, South Africa;
[3] Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;
[4] Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;
[5] Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia

摘要

论证。在医学气象分类中，影响人体舒适感受的一个关键因素是空气中氧密度的下降，而该参数不仅受气象条件的调节，还可能受到太阳地球物理环境的影响。值得指出的是，在这些天气类型中尚未纳入富氧的天气组合，尽管已有研究证实高氧状态可能对健康产生不利影响。

目的。评估太阳活动的近年周期变化对亚北极和亚热带地区大气氧密度动态的影响。

材料与方法。为计算氧密度，使用了每日的平均气温、大气压和相对湿度值。关于太阳黑子数的数据来自Royal Observatory of Belgium公开发布的资料。比较了第23太阳活动周期中最为平静的年份2007年和太阳活动最为活跃的年份2001年的数据。数学分析采用小波分析法。

结果。在太阳活动平静（2007年）和活跃（2001年）年份，太阳黑子数的中值、波动幅度、变异系数和节律谱存在显著差异。2001年最显著的节律接近半年周期。2007年太阳黑子数的变化节律为27.27天。在Khanty-Mansiysk，2001年氧密度的季节波动幅度约为147 g/m^3，2007年约为70 g/m3。全年周期内以高氧状态为主，其上限为395 g/m3（正常值为285 g/m^3）。在Polokwane，2001年冬夏季节的氧密度变化约为 24 g/m3（与2007年的30 g/m3 差异不大），均被归为不利的低氧型天气条件。在太阳活动活跃年（2001年），在亚北极和亚热带地区均发现氧密度存在主节律与插入节律共存的多节律现象。

结论。在亚北极地区的冬季，太阳活动平静年份的氧密度水平较高，而在太阳活动活跃年份则达到非常高的水平。“高氧/低氧”状态的季节性变异明显超出有利天气类型的范围。亚热带地区的氧密度波动始终处于低氧状态，且不受太阳活动水平的影响。在太阳活动旺盛年份，两个地区均观察到氧密度节律的多样性，可作为生物节律失调（desynchronosis）的一个指征。建议将“高氧日”和“高氧型天气”纳入医学气象分类体系。

关键词：极端气象条件；氧；低氧；高氧；北方地区。

引用本文：
Ragozin ON, Muthelo L, Shalamova EYu, Gudkov AB, Radysh IV, Ragozina ER, Pogonysheva IA. 日光活动水平与气候带对氧密度年周期变化的影响. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(1):32–41. DOI: 10.17816/humeco648668 EDN: JVEJYU

收到: 29.01.2025 **接受:** 26.03.2025 **发布日期:** 02.06.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

Накоплен достаточно обширный материал о влиянии геофизических и погодных факторов на здоровье человека [1–3].

Серьёзный вклад в изучение гелиометеотропных реакций организма внесли российские учёные [4]. Метеотропные реакции наблюдаются при заболеваниях сердца, сосудов, бронхов и лёгких, органов пищеварения, суставов, кожи, при нервной и психической патологии [5, 6].

В северном регионе возникают условия для нарушения временно́й организации психофизиологических функций организма, обусловленные характерным гелиофизическим статусом циркумполярных областей [7].

В настоящее время интерес специалистов различного профиля сосредоточен на влиянии экзогенных факторов на динамику содержания кислорода в приземном воздухе [8]. Существует несколько классификаций погод, где определяющим фактором, влияющим на здоровье человека, является величина парциальной плотности кислорода (ППК), или весового содержания кислорода. Различают гипоксический, спастический, индифферентный, гипотензивный типы погоды, требующие или не требующие медицинского контроля [9, 10].

Необходимо отметить, что имеющиеся классификации не учитывают варианты погод с повышенным содержанием кислорода, хотя в ряде исследований установлено негативное воздействие гипероксии на здоровье и самочувствие человека [11–15]. Представляется актуальным оценить влияние активного и спокойного солнца на формирование цирканнуальных ритмов ППК в приземном слое воздуха в разных климатических поясах.

Цель исследования. Оценить влияние окологодовых вариаций солнечной активности на сезонную динамику ППК атмосферного воздуха в субарктическом и субтропическом регионах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для расчёта ППК (г/м^3) использовали ежедневные среднесуточные значения температуры окружающего воздуха (T, °C), атмосферного давления (P, мм рт. ст.) и относительной влажности (φ, %). ППК прямо пропорциональна атмосферному давлению за вычетом парциального давления водяного пара и обратно пропорциональна температуре воздуха: O_2=83×(P–φ)/T. Наблюдается прямая корреляция ППК с парциальным давлением кислорода во вдыхаемом и альвеолярном воздухе в зависимости от физических характеристик [16].

Данные об относительном ежедневном числе солнечных пятен (число Вольфа — W) получены из общедоступных материалов Королевской обсерватории Бельгии (Брюссель)[1]. исследование проводили в 2024 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» (заключение № 214 от 15 октября 2024 г.).

Сравнивали 2007 г., как наиболее спокойный год 23-го цикла солнечной активности (среднемесячный сглаженный минимум W — 2,2), и 2001 г. — год активного солнца (W — 180,3). Для оценки временны́х рядов применяли вейвлет-анализ[2]. По результатам вейвлетного преобразования можно судить, как со временем меняется спектральный состав временно́го ряда.

Определяли средний уровень показателя (мезор, M±m), амплитуду ритма (A, усл. ед.), периоды постоянных и вставочных (квантованных) ритмов (сут), коэффициент вариации (c_v, %) анализируемых временны́х рядов. Статистическую значимость ритмов оценивали путём многократной (5000) случайной перестановки уровней исходного временно́го ряда. Приведённое в статье *p*-значение показывает долю случаев, когда энергия выделенной частотной составляющей в исходном ряду превышала соответствующую энергию в случайной перестановке.

Город Ханты-Мансийск — столица Ханты-Мансийского автономного округа — Югры; координаты: 61° с.ш. 69° в.д. Климат в регионе резко континентальный: зима суровая, продолжительная, с сильными ветрами и метелями, весенними возвратами холодов, поздними весенними и ранними осенними заморозками. В течение года наблюдаются выраженные изменения фотопериода: минимальная продолжительность светового дня отмечена 22 декабря и достигает 5 ч 32 мин, летом во время белых ночей светлое время суток составляет 19 ч 17 мин[3].

Город Полокване — административный центр муниципалитета Полокване, района имени Тропика Козерога и провинции Лимпопо (ЮАР); координаты: 23° ю.ш. 29° в.д. Лето в Лимпопо продолжается с ноября по март (~5 мес.). В этот сезон выпадает большая часть ежегодных осадков. Зима длится с июня по август (~3 мес.), осадки практически не выпадают. В провинции обильное солнечное освещение в течение всего года, особенно зимой. Сезонные вариации фотопериода незначительны, градиент в пределах 3 ч (22 июня продолжительность светового дня 10 ч 39 мин, 22 декабря — 13 ч 36 мин)[4].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Описательные статистики W (усл. ед.) и внутригодовые ритмы солнечной активности за 2001 и 2007 гг.

[1] WDC-SILSO. Royal Observatory of Belgium, Brussels. Режим доступа: http://www.sidc.be/silso/datafiles Дата обращения: 07.11.2024.

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

[3] Ханты-Мансийский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Режим доступа: http://www.ugrameteo.ru Дата обращения: 07.11.2024.

[4] Green Book: Adapting South African Settlements to Climate Change. Режим доступа: https://greenbook.co.za Дата обращения: 07.11.2024.

Таблица 1. Внутригодовые ритмы солнечной активности за 2001 и 2007 гг.

Table 1. Intra-annual rhythms of solar activity in 2001 and 2007

Год Year	Период, сут Period, days	Энергия ритма, усл. ед. Rhythm energy, arb. units	*p*
2001	165,3	4,55	0,001
	105,1	2,33	0,001
	59,7	1,08	0,024
	9,8	0,87	0,012
2007	27,0	4,08	0,001
	13,7	1,43	0,001
	8,7	1,04	0,001

представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Среднегодовые уровни W (усл. ед.), A (усл. ед.) и c_v (%) в годы спокойного (2007 г.) и активного (2001 г.) солнца значимо отличаются (см. рис. 1). Спектр ритмов также различен (см. табл. 1).

В 2001 г. наиболее мощным является ритм, близкий к полугодовому (165,3 сут), и ритмы, близкие по периоду к трём, двум месяцам и неделе (табл. 1, рис. 2). В 2007 г. динамика W подчиняется ритму с периодом 27,0 сут с наибольшей амплитудой весной и осенью и низкоамплитудными двух- и околонедельными всплесками в зимний период (см. табл. 1, рис. 2).

По среднегодовым величинам ППК и амплитуде окологодовых колебаний в исследуемых климатических поясах в различные годы солнечного цикла достоверной

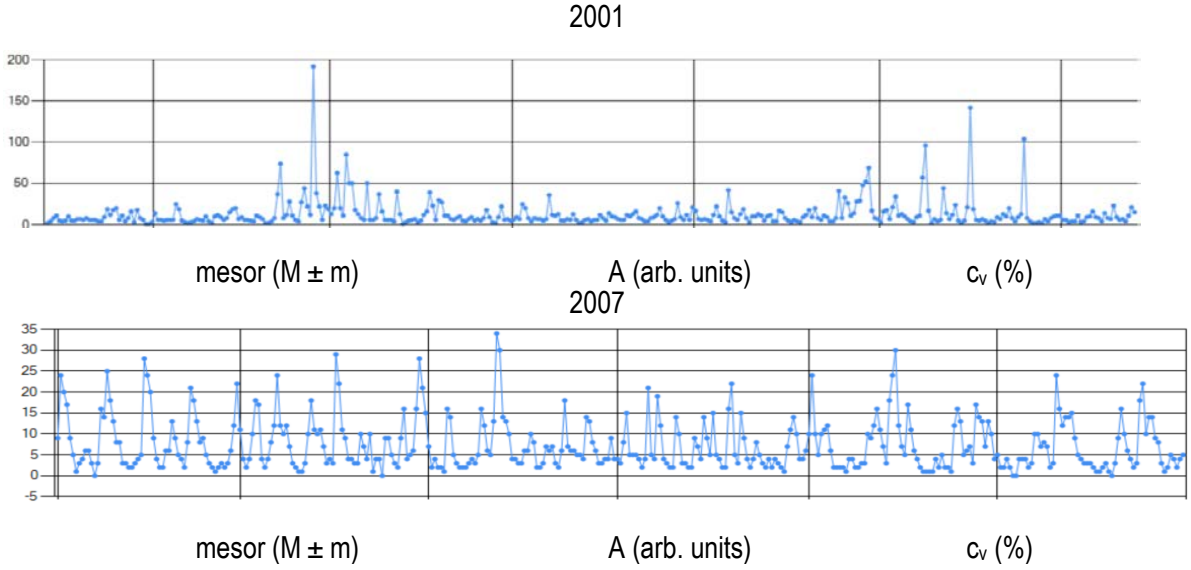

Рис. 1. Описательные статистики числа солнечных пятен (усл. ед.), 2001 и 2007 гг.: A — амплитуда; c_v — коэффициент вариации.
Fig. 1. Descriptive statistics of sunspot numbers (arb. units), 2001 and 2007: A, amplitude; c_v, coefficient of variation.

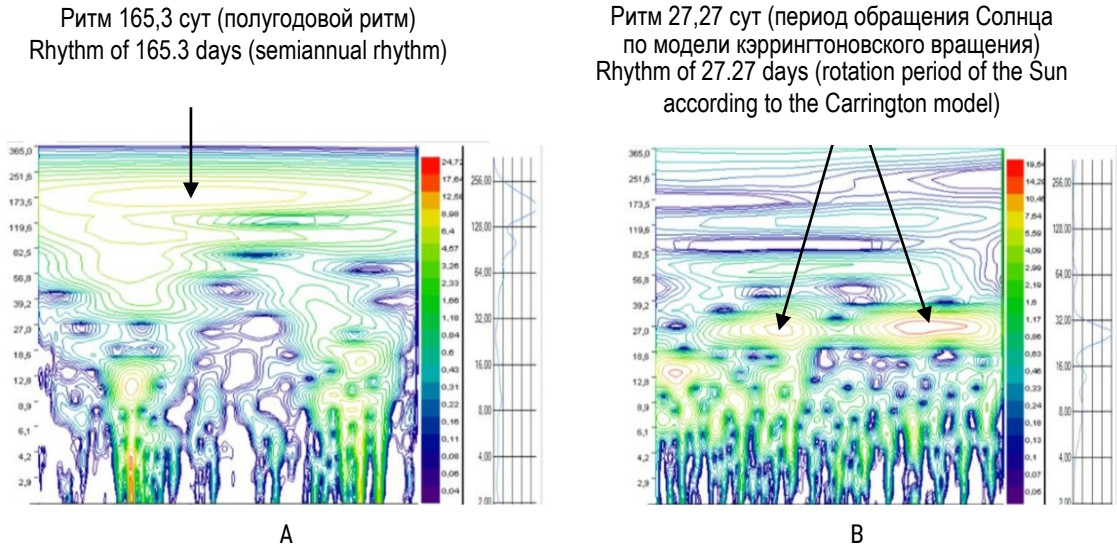

Рис. 2. Вейвлет-спектрограммы вариаций солнечной активности: A — 2001 г.; B — 2007 г.
Fig. 2. Wavelet spectrograms of solar activity variations: A, 2001; B, 2007

Таблица 2. Описательные статистики парциальной плотности кислорода в Ханты-Мансийске и Полокване в 2001 и 2007 гг.
Table 2. Descriptive statistics of partial oxygen density in Khanty-Mansiysk and Polokwane in 2001 and 2007

Показатели Indicator	Ханты-Мансийск | Khanty-Mansiysk		Полокване | Polokwane	
	2001	2007	2001	2007
Мезор, M±m | Mesor, M±m	278,23±50,10	283,24±14,79	272,59±6,19	274,22±6,55
Амплитуда, усл. ед. | Amplitude, arb. units	79964,45	80445,13	74341,42	75237,27
Коэффициент вариации, % | Coefficient of variation, %	18,15*	5,22**	2,27	2,39

Примечание. *p=0,022; **p=0,058.
Note: *p = 0.022; **p = 0.058.

разницы не обнаружено. Однако выявляются значимые отличия коэффициента вариации ППК в субарктическом регионе в годы с различным уровнем солнечной активности (табл. 2, рис. 3). Обнаруживается также выраженная тенденция к различиям коэффициента вариации ППК между субарктическим и субтропическим регионами в год спокойного солнца. Сезонные колебания ППК в Ханты-Мансийске в 2001 г. выше и составляют от 148 г/м^3 летом до 395 г/м^3 зимой (2007 г. — 260 г/м^3 летом и 330 г/м^3 зимой). Вариативность состояния «гипероксия/гипоксия» выходит далеко за рамки медицинской классификации погоды.

В Полокване в 2001 г. зимне-летняя вариация ППК (см. табл. 2) изменяется от 262 г/м^3 летом до 286 г/м^3 зимой и практически не отличается от 2007 г. (260 г/м^3 летом, 290 г/м^3 зимой), хотя и попадает в разряд неблагоприятной кислородной погоды [17].

В год активного солнца (2001 г.) обнаруживается полиритмия постоянных и вставочных ритмов ППК как в субарктическом, так и в субтропическом регионах [18]. Полиритмичность ППК (2001 г.) в Ханты-Мансийске равна 5, в Полокване — 4 (табл. 3).

В Ханты-Мансийске (субарктический регион) в год активного солнца (2001 г.) выявляется 5 значимых ритмов ППК, в Полокване (субтропики) в этом же году — 4 значимых ритма (см. табл. 3). В год спокойного солнца (2007 г.) в обоих регионах обнаруживается по 3 значимых внутригодовых ритма ППК.

ОБСУЖДЕНИЕ

Спокойное солнце характеризуется постоянством во времени электромагнитного излучения во всём его спектральном диапазоне и так называемого солнечного ветра — слабого потока электронов, протонов, ядер гелия, представляющего собой радиальное истечение плазмы солнечной короны в межпланетное пространство. Периодически, приблизительно каждые

Таблица 3. Структура окологодовых ритмов парциальной плотности кислорода в Ханты-Мансийске и Полокване в 2001 и 2007 гг.
Table 3. Structure of circannual rhythms of partial oxygen density in Khanty-Mansiysk and Polokwane in 2001 and 2007

Город | City	Год | Year	Период, сут | Period, days	Амплитуда, усл. ед. | Amplitude, arb. units	*p*
Ханты-Мансийск Khanty-Mansiysk	2001	325,9	35,51	0,001
		147,6	3,899	0,001
		83,8	1,604	0,001
		105,1	1,477	0,005
		27,0	1,059	0,003
	2007	291,1	35,52	0,001
		93,8	4,395	0,001
		147,6	3,081	0,002
Полокване Polokwane	2001	291,1	45,67	0,001
		83,8	1,088	0,010
		59,7	1,024	0,012
		131,8	0,998	0,015
	2007	291,1	44,30	0,001
		83,8	2,068	0,002
		24,1	0,692	0,042

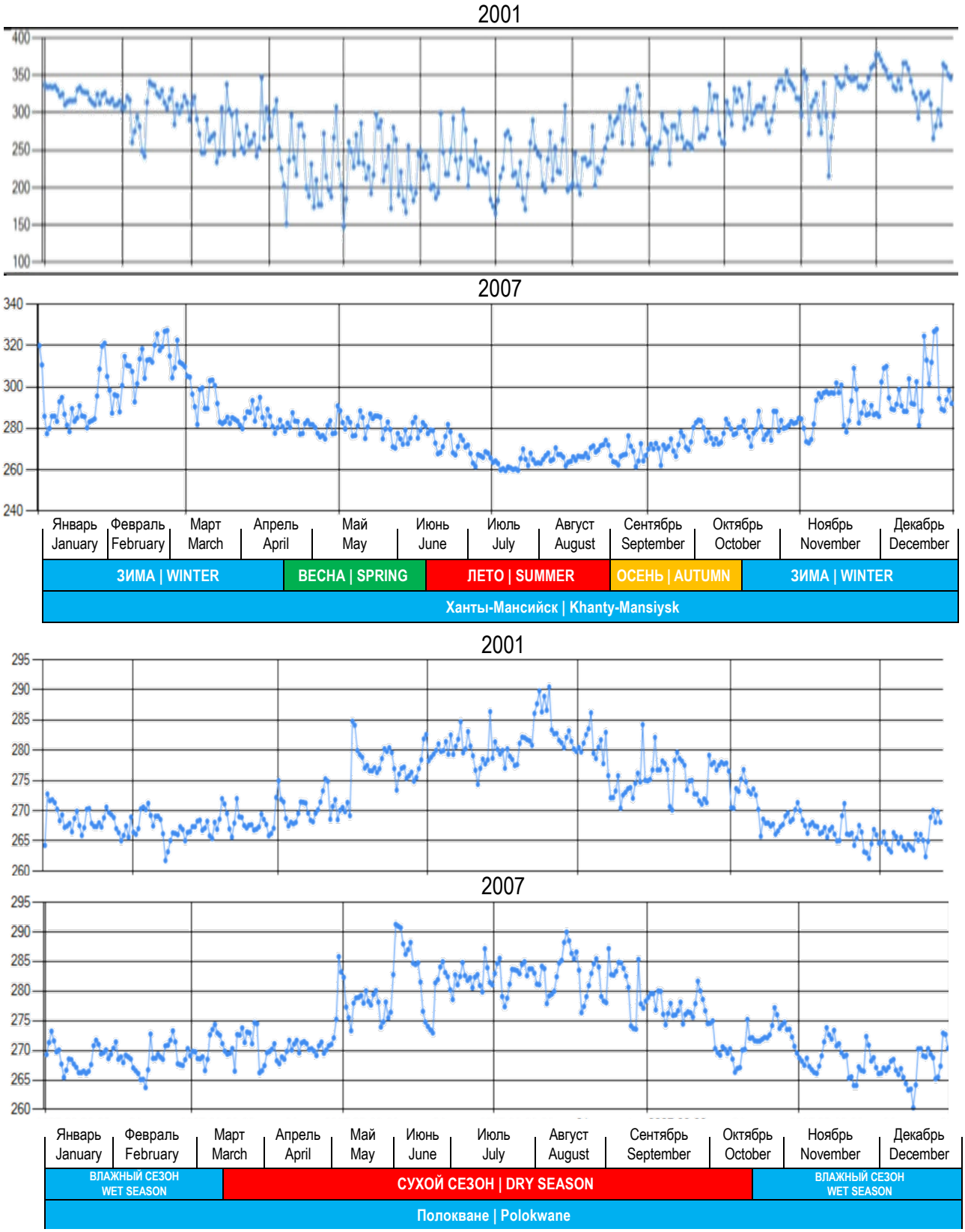

Рис. 3. Окологодовая динамика парциальной плотности кислорода в Ханты-Мансийске и Полокване в годы активного (2001 г.) и спокойного (2007 г.) солнца.

Fig. 3. Circannual changes of partial oxygen density in Khanty-Mansiysk and Polokwane during years of high (2001) and low (2007) solar activity.

11 лет, происходит увеличение солнечной активности (возникают солнечные пятна, хромосферные вспышки, протуберанцы в короне Солнца). В это время усиливается волновое солнечное излучение на разных частотах, из солнечной атмосферы выбрасываются в межпланетное пространство потоки электронов, протонов, ядер гелия, энергия и скорость которых намного больше, чем у частиц солнечного ветра. Этот поток частиц распространяется в межпланетном пространстве и через определённое время (12–24 ч) достигает орбиты Земли. [19]. Магнитное поле Земли служит защитой от солнечного ветра, но часть заряженных частиц способна проникать внутрь магнитосферы Земли. Это происходит в основном в высоких широтах, где имеются две так называемые воронки (каспы), одна в северном, другая в южном полушарии [20], для которых характерны особенности, обусловленные сезоном года (зимне-летние) и уровнем солнечной активности.

Реакции на гелиогеофизические факторы у человека варьируют от простых к системным, отягощаются антропогенными факторами риска и оказывают биоритмотропное десинхронизирующее влияние на функциональные системы организма [21].

Некоторые авторы выдвигают гипотезу о чувствительности биологических объектов к слабым электромагнитным полям искусственного и природного происхождения, влиянии магнитных пульсаций, частота колебаний которых лежит в диапазоне низкочастотных биологических ритмов [22]. Обнаружена термосферная реакция, обусловленная магнитными бурями, которая проявляется в виде уменьшения отношения концентраций атомарного кислорода и молекулярного азота в высокоширотных областях более чем в десять раз, в сравнении со спокойным уровнем магнитного поля. При этом в северном полушарии выраженность термосферной реакции в 1,5 раза больше, чем в южном [23].

В нашем исследовании получены данные о гелиометеотропном влиянии уровня солнечной активности на кислородный статус. Оно проявляется патологическим десинхронозом окологодовой вариабельности ППК с гипероксическим акцентом в субарктическом регионе и гипоксическим — в субтропиках.

Исходя из этого, необходимо осуществлять мониторинг ППК во вдыхаемом воздухе для оценки гипоксии/гипероксии и включать её показатели в прогноз погоды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В субарктическом регионе наблюдаются высокие значения ППК в год спокойного солнца и очень высокие в год с высокой солнечной активностью. На Севере окологодовая вариативность состояния «гипероксия/гипоксия» выходит далеко за рамки благоприятного типа погоды. В субтропическом климате фиксируется гипоксический вариант колебаний ППК вне зависимости от уровня солнечной активности. Показатель полиритмии как критерий десинхроноза ритмов ППК в приземном слое воздуха можно использовать для диагностики гелиометеотропных реакций при флюктуациях солнечной активности. Для прогнозирования возникновения неотложных состояний необходим мониторинг ППК.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. О.Н. Рагозин — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование и окончательное утверждение рукописи; Л. Мутэло — анализ данных; Е.Ю. Шаламова — подготовка первого варианта статьи; А.Б. Гудков — редактирование и окончательное утверждение рукописи; И.В. Радыш — редактирование первого варианта статьи; Э.Р. Рагозина — набор первичного материала; И.А. Погонышева — анализ данных. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

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, study design, writing—review & editing; L. Muthelo: formal analysis; E.Yu. Shalamova: writing—original draft; A.B. Gudkov, I.V. Radysh: writing—review & editing; E.R. Ragozina: investigation; I.A. Pogonysheva: formal analysis. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors made substantial contributions to the conceptualization, investigation, and manuscript preparation, and reviewed and approved the final version prior to publication).

Ethics approval: The study was approved by the Local Ethics Committee of the Budgetary Institution 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 published material (text, images, or data) was used in this work.

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

1. Otradnova MI, Rogacheva SM, Zhutov AS, Kozlitin AM. Influence of solar activity on the human's cardiac rhythm under stress. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(7):4–10. doi: 10.33396/1728-0869-2019-7-4-10 EDN: XZTGYO
2. Dzyuban VV. Historical background in the development of natural and climatic factors in the organization of treatment and recreation in Russia. *Bulletin Social-Economic and Humanitarian Research*. 2021;(10):40–49. doi: 10.5281/zenodo.4560114 EDN: QJNFGU
3. Noskov SN, Borisova DS, Yeremin GB, et al. The impact of space weather on human health. Analytical review. *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*. 2024;19(1):54–74. doi: 10.21638/spbu11.2024.105 EDN: VEFPKL
4. Bobrovnitskiy IP, Yakovlev MYu, Fesyun OA, Evseev SM. Main aspects of the influence of meteorological and heliogeophysical factors on the human body. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021;(2):40–46. EDN: OKPRST
5. Mikhaylis AA, Mikulyak NI, Vershinina OD. Influence of solar flare activity and geomagnetic storms on the manifestation cyclicity of cerebral and coronary vascular catastrophes. *University proceedings. Volga region. Medical sciences*. 2019;(2):152–163. doi: 10.21685/2072-3032-2019-2-14 EDN: AEWKDS
6. Tyultyaeva 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
7. Karpin VA, Gudkov AB, Usinin AF, Stolyarov VV. Analysis of the heliogeomagnetic anomaly influence on the inhabitants of the Northern urbanized area. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(11):10–15. doi: 10.33396/1728-0869-2018-11-10-15 EDN: YNWBTV
8. Ginzburg AS, Vinogradova AA, Fedorova EI, et al. Oxygen in the atmosphere of large cities and people breath problems. *Geophysical Processes and Biosphere*. 2014;13(2):5–19. EDN: SCKXXN
9. Grigoriev II, Paramonov IG, Ten MM. ***A quick guide to making medical weather forecasts***. Moscow: Gidrometeoizdat; 1974. 12 p. (In Russ.) URL: https://rusneb.ru/catalog/ 000199_000009_007418025
10. Petrov VN. Features of the influence of the partial gradient of oxygen density in the atmospheric air on the health of the population living in the Arctic zone of the Russian Federation. *Herald of the Kola Science Center of the RAS*. 2015;(3):82–92. EDN: VBAYNZ
11. Aghajanyan NA, Chizhov AYa. *Hypoxic, hypocapnic, hypercapnic conditions*. Moscow: Medicine; 2003. 93 p. (In Russ.) EDN: QLEQMZ
12. Zhuravlev AI. *Quantum biophysics of animals and humans*. Moscow: BINOM; 2011. 398 p. (In Russ.) EDN: QKTOKZ
13. Berezovsky VA, Yanko RV, Chaka EG, Litovka IG. The influence of intermittent hypoxia and hyperoxia on the respiratory part of the lungs. *Pulmonologiya*. 2013;(2):57–60. doi: 10.18093/0869-0189-2013-0-2-57-60 EDN: QIKWYJ
14. Dolgikh VT, Govorova NV, Orlov YuP, et al. Pathophysiological aspects of hyperoxia in anesthesiologist-reanimatologist''s practice. *General Reanimatology*. 2017;13(3):83–93. doi: 10.15360/1813-9779-2017-3-83-93 EDN: YYVPHX
15. Orlov YuP, Govorova NV, Lukach VN, et al. Hyperoxia in the ICU and what has changed after 100 years in the tactics of using oxygen in medicine: areview. *Annals of Critical Care*. 2022;(2):80–94. (In Russ). doi: 10.21320/1818-474X-2022-2-80-94 EDN: CRDEJI
16. Ovcharova VF, Butyeva IV, Shveinova TG, Aleshina TP. Specialized weather forecast for medical purposes and prevention of meteopathic reactions. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 1974;(2):109–119. (In Russ.)
17. Nikberg II, Revutsky EL, Sakali LI. Human heliometeotropic reactions. Kiev: Zdorov'e; 1986. 144 p. (In Russ.) URL: https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_db70c1d25937e2a5877fbc87235da9d0
18. Ragozin ON, Tatarinzev PB, Pogonysheva IA, et al. Corrections for geographical differences in photoperiod in time-series analysis. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(2):139–149. doi: 10.17816/humeco117532 EDN: VVYOJA
19. Vladimirsky BM, Temuryants NA, Martynyuk VS. *Space weather and our life*. Moscow: DMK Press; 2022. 220 p. (In Russ.) ISBN: 5-85099-146-8
20. Belisheva NK, Martynova AA, Pryanichnikov SV, et al. Linkage of parameters of the interplanetary magnetic fieldand the solar wind in the polar cusp with the psychophysiological state of the residents of Spitzbergen archipelago. *Herald of the Kola Science Center of the RAS*. 2018;10(4):5–24. doi: 10.25702/KSC.2307-5228.2018.10.4.5-24 EDN: YYSRUD
21. Vishnevskii VV, Rogacheva SM. *Biotropic impact of space weather* (based on the materials of the Russian-Ukrainian monitoring "Geliomed" 2003-2010). St. Petersburg: VVM; 2010. 312 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-9651-0548-9
22. Vladimirsky BM, Narmansky VYa, Temuryants NA. *Cosmic rhythms in the magnetosphere, atmosphere, habitat, bio-, noospheres, in the earth's crust*. Simferopol; 1994. 176 p. (In Russ.) EDN: XVSYPD
23. Martynyuk VS, Temuryants NA. The experimental verification of electromagnetic hypothesis of solarbiosphere connections. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2007;20(1):8–27.

ОБ АВТОРАХ

***Погонышева 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

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

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

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

Радыш Иван Васильевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-0939-6411;
eLibrary SPIN: 4780-5985;
e-mail: iradysh@mail.ru

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

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

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

Ivan V. Radysh, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0003-0939-6411;
eLibrary SPIN: 4780-5985;
e-mail: iradysh@mail.ru

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

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author