

ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, СОЦИОЛОГИЯ И ИСТОРИЯ МЕДИЦИНЫ/PUBLIC HEALTH AND HEALTHCARE ORGANIZATION, SOCIOLOGY AND HISTORY OF MEDICINEDOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42>**КОЛЕБАНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА КАК СЛЕДСТВИЕ ФЛУКТУАЦИЙ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ UVB-UVA В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА СОЛНЕЧНЫХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ (АРКТИКА-АНТАРКТИДА)**

Научная статья

Шаповалов С.Н.^{1,*}, Чернышева М.П.²¹ ORCID : 0009-0009-2894-5253;² ORCID : 0000-0001-7810-4713;¹ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Российская Федерация² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация² Санкт-Петербургский медико-социальный институт, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (shapovalov[at]aari.ru)

Аннотация

Рассматривается связь колебаний приземного атмосферного давления (hPa) на ст.Новолазаревская (Антарктида) с флуктуациями солнечного излучения на участке 297–330 nm (UVB-UVA). В анализе использовались данные наблюдений на спектрометре AvaSpec-2048 и метеостанции «Новолазаревская» в дни солнцестояний 21.12.2008 г. и 21.12.2018 г. Корреляции частотного диапазона между временными рядами hPa и int.297–330 nm показали максимальные значения квадрата спектра когерентности относительно колебаний 3–10 мин. Подобные колебания наблюдались в измерениях артериального давления человека, проводившихся на арх.Северная Земля с 20.01.2017 г. по 18.04.2017 г. в интервале кульминации Солнца. Отмечалось сопряжение максимальной амплитуды акрофазы hPa и некоторого снижения амплитуды «пятиминутных колебаний» систолического давления (BPs), которую следует связать с локальным ростом сосудорасширяющих эффектов активных кислородных метаболитов, синтез которых в стенках сосудов обусловлен интенсивностью UVB(280–315 nm)–UVA (315–400 nm). Выявлен эффект максимума BPs в момент прохождения Солнца через меридиан (истинная кульминация). Эффект BPs может вызываться солнечным термическим приливом, сопровождаемый нагревом озона и парами воды в стратосфере и, соответственно, в тропосфере через поглощение фотонов UVB. Сделаны выводы, что группа «пятиминутных колебаний» во временных рядах hPa и BPs является следствием влияния механизма солнечных осцилляций на мощность излучения UVB-UVA, воздействующее на приземное температурное поле и формирующее, в свою очередь, приповерхностное барическое поле. С последним связано состояние артериального давления человека.

Ключевые слова: приповерхностное атмосферное давление, солнечное излучение UVB-UVA, солнечные осцилляции, артериальное давление, офтальмотонус.

FLUCTUATIONS IN NEAR-SURFACE ATMOSPHERIC PRESSURE AND HUMAN BLOOD PRESSURE AS A CONSEQUENCE OF FLUCTUATIONS IN UVB-UVA SOLAR RADIATION IN THE FREQUENCY SPECTRUM RANGE OF SOLAR OSCILLATIONS (ARCTIC-ANTARCTIC)

Research article

Shapovalov S.N.^{1,*}, Chernysheva M.P.²¹ ORCID : 0009-0009-2894-5253;² ORCID : 0000-0001-7810-4713;¹ Arctic and Antarctic Research Institute, Saint-Petersburg, Russian Federation² Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russian Federation² Saint-Petersburg Medico-Social Institute, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (shapovalov[at]aari.ru)

Abstract

The correlation between fluctuations in surface atmospheric pressure (hPa) at Novolazarevskaya Station (Antarctica) and fluctuations in solar radiation in the 297–330 nm range (UVB-UVA) is examined. The analysis used data from observations made with the AvaSpec-2048 spectrometer and the Novolazarevskaya weather station on the days of the solstices on 21 December 2008 and 21 December 2018. Frequency range correlations between the hPa and int.297–330 nm time series showed maximum values of the coherence spectrum square relative to fluctuations of 3–10 minutes. Similar oscillations were observed in human blood pressure measurements taken on Severnaya Zemlya from 20 January 2017 to 18 April 2017 during the solar culmination interval. A connection was noted between the maximum amplitude of the hPa acrophase and a slight decrease in the amplitude of the "five-minute fluctuations" of systolic pressure (BPs), which should be associated with a local increase in the vasodilatory effects of active oxygen metabolites, the synthesis of which in the vessel walls is determined by the intensity of UVB (280–315 nm) and UVA (315–400 nm) radiation. The effect of maximum BPs at the moment of the Sun's passage through the meridian (true culmination) has been identified. The BPs effect may be caused by solar thermal influx, accompanied by the heating of ozone and water vapour in the stratosphere and, accordingly, in the troposphere through the

absorption of UVB photons. It has been concluded that the group of "five-minute fluctuations" in the hPa and BPs time series is a consequence of the influence of the solar oscillation mechanism on the power of UVB-UVA radiation, which affects the near-surface temperature field and, in turn, forms the near-surface baric field. The latter is associated with the state of human blood pressure.

Keywords: near-surface atmospheric pressure, solar UVB-UVA radiation, solar oscillations, blood pressure, ophtalmotonous pressure.

Введение

Практически вся энергия солнечных процессов отражается в спектральной солнечной светимости (Solar Spectral Irradiance, SSI). При этом излучения в диапазоне UVB (297-315 nm) запускают синтез в клетках кожи витамина D (VD) [1], [2], [3], регулирующего содержание Ca^{2+} , а также гормонов ренин-ангиотензиновой системы, оказывающими совместно с кальцием гипертензивный эффект [4], [5], [6]. Излучение диапазона UVA (315–400 nm) также регулируют артериальное давление человека, но, предположительно, через высвобождение оксида азота NO, вызывающего локальную вазодилатацию и системные эффекты [7], [8], [9]. Требования гомеостаза артериального давления включают разновременность действия факторов, оказывающих противоположные (+/-) влияния на сердечно-сосудистую систему, чему способствует ритмичность таких влияний. Роль ритмов солнечной активности (SA), особенно ультрациркадианных, в регуляции функциональной активности физиологических систем организма человека мало изучена. Особенно это относится к солнечным осцилляциям *p-modes* [10], [11], возникающим вследствие наложения большого числа волн в акустической зоне Солнца из-за действия газового давления и силы Архимеда. Наблюдения на спутнике «КОРОНАС-Ф» в 2001 г. показали, что осцилляции *p-modes* проявляются в амплитудном спектре SSI с максимумом на длине волны $\lambda 350$ nm (рис.1) [12]. Остается неясным, могут ли эти осцилляции влиять на приповерхностное атмосферное давление (hPa) и на параметры активности сердечно-сосудистой системы человека. О вероятности существования *p-modes* в земной атмосфере следует отметить выводы в работе [13]. Эти осцилляции могут более четко проявляться в метеопараметрах приземной атмосферы, например, в приповерхностном атмосферном давлении (hPa). Исследование данного вопроса проводилось в Антарктиде на ст.Новолазаревская, а также в Арктике на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» (арх.Северная Земля) [14].

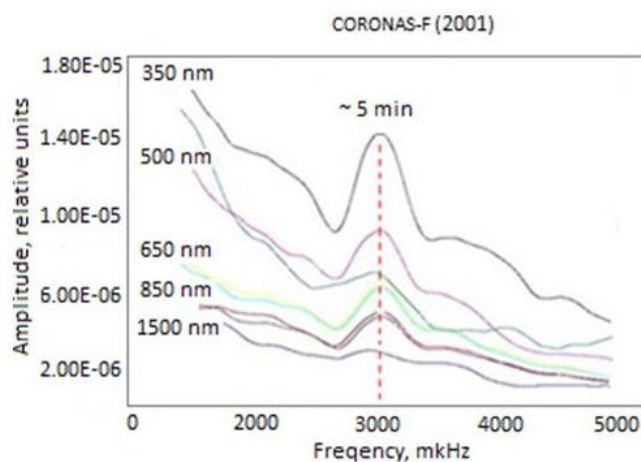


Рисунок 1 - Амплитудный спектр колебаний Солнца на участке SSI 350 nm-1500 nm

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.1>

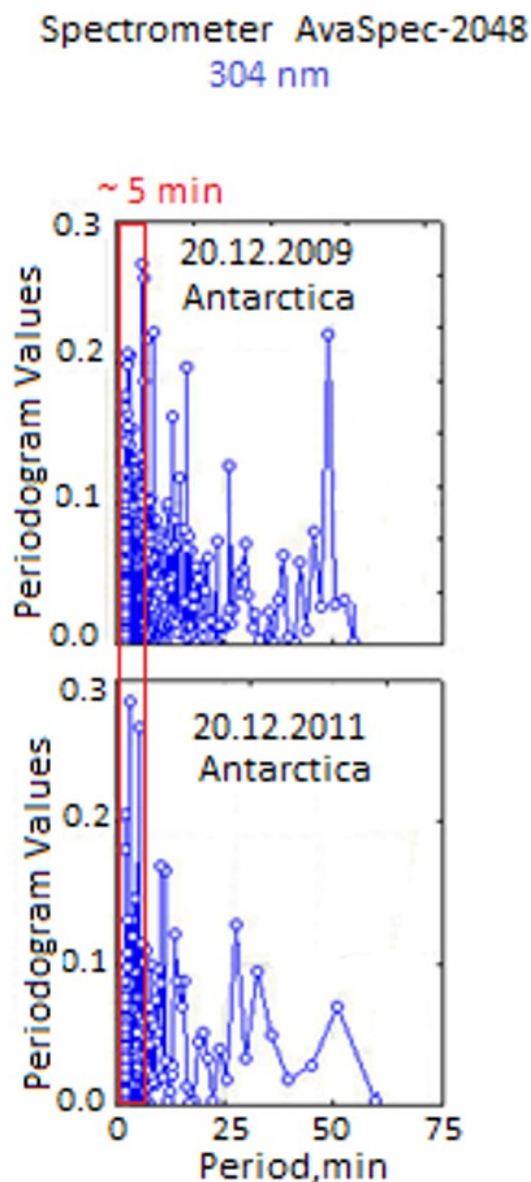


Рисунок 2 - Периодограммы интенсивности $\lambda 304$ nm в дни солнцестояния 20.12.2009 г. и 20.12.2011 г. на ст. Новолазаревская

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.2>

Примечание: AvaSpec-2048

На рис.2 представлены периодограммы интенсивности $\lambda 304$ nm, полученные по данным спектральных наблюдений на ст. Новолазаревская с помощью оптоволоконного спектрометра AvaSpec-2048 (www.avantes.com) в дни солнцестояния 20.12.2009 г. и 20.12.2011 г. На графиках красными прямоугольниками выделены участки с амплитудами «пятиминутных колебаний», которые доминируют на всех стадиях 11-летнего цикла СА, т.е. не зависят от деятельности СА.

Основные результаты

2.1. Временная характеристика NUV297-330 nm и приповерхностного атмосферного давления на ст.Новолазаревская (Антарктида) в дни солнцестояний с 2008 г. по 2018 г

Анализ спектров квадрата когерентности NUV297-330nm и приповерхностного атмосферного давления (hPa) на ст.Новолазаревская (Антарктида) проводился по данным наблюдений на спектрометре AvaSpec-2048 в дни солнцестояний 21.12. [15], [16]. Формат обработки данных:

- преобразование данных в среднeminутные значения стандартных отклонений (SD);
- спектральный и гармонический анализ;
- кросс-преобразование Фурье-методом квадрата когерентности;
- кросс-спектр, включающий кросс-периодограмму, кросс-амплитуду, фазу и квадрат когерентности (C_{xy}):

$$C_{xy}(t) = \frac{|A_{xy}(t)|}{G_x(t)G_y(t)} \quad (1)$$

где A_{xy} — кросс-амплитуда, $G_x G_y$ — уравнения гармоник.

Для устранения гармоник, снижающих амплитуду спектральной плотности высокочастотных вариаций, проводилось дифференцирование стандартных отклонений (SD). Погашение случайных шумов, влияющих на периодические циклы в Фурье, проводилось методом косинус-сглаживания. На рис.3 представлены спектры квадратов когерентности int297-330nm и hPa, полученные в дни солнцестояния 21.12.2008 г. (minSA), 21.12.2014 г. (maxSA) и 21.12.2018 г. (minSA). На графиках видно, что структура $C_{xy}(t)$ характеризуется высокой амплитудой гармоник в интервале 3–10 мин. В меньшей степени выделяется категория флуктуаций 20–35 мин, возможно, генерируемая осцилляциями *g-modes* за счет внутренних гравитационных волн в недрах Солнца. На графиках выделена «пятиминутная» группа (желтый сектор), соответствующая максимальной амплитуде на частоте ~3.5mHz. На рисунке также видно, что в максимуме СА (2013–2015г.г.) значения C_{xy} составляют меньшие величины, чем в минимуме и на стадиях подъема-спада. Картина спектра когерентности UVB-UVA в Антарктиде схожа с Арктикой, что указывает на глобальный характер флуктуаций UVB-UVA. Например, на рис.4 представлены квадраты когерентности UVB и UVA с hPa на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» (арх. Северная Земля) в летнее солнцестояние 21.06.2025 г. На графиках хорошо просматривается «пятиминутная группа», соответствующая флуктуациям на ст. Новолазаревская.

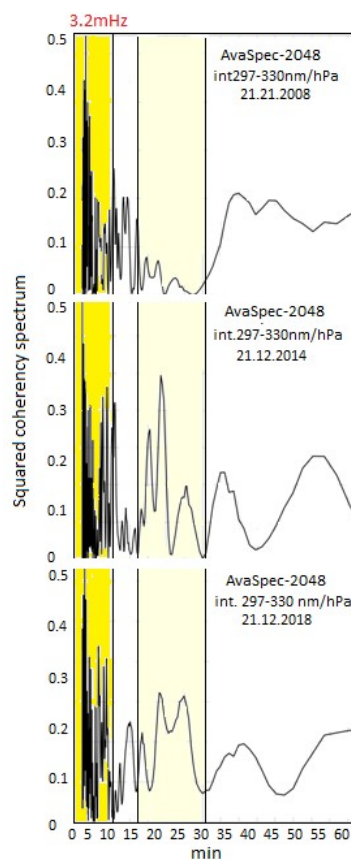


Рисунок 3 - Спектры квадрата когерентности int297-330nm (спектрометр AvaSpec-2048) и приповерхностного атмосферного давления (hPa) на метеостанции «Новолазаревская» за 21.12.2008 (минимум СА), 21.12.2014 (максимум СА) и 21.12.2018 (минимум СА)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.3>

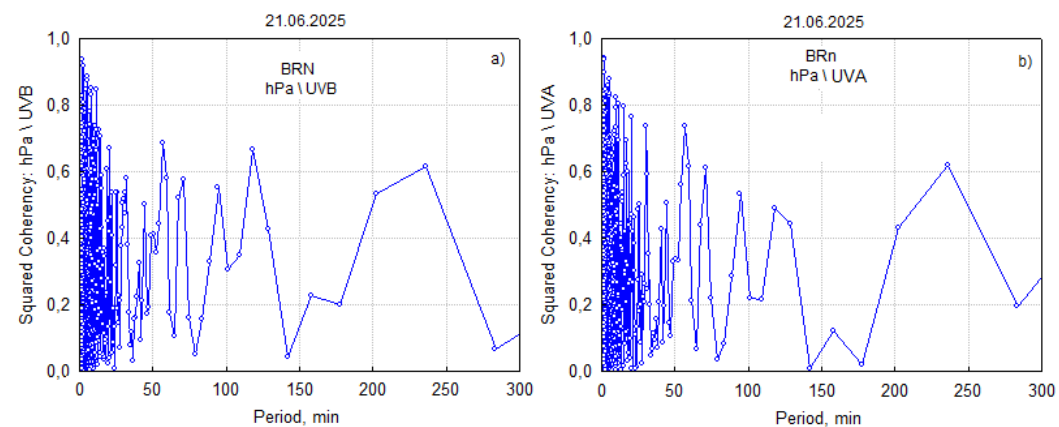


Рисунок 4 - Квадрат когерентности интенсивности UVB (a) и UVA (b) с приповерхностным атмосферным давлением на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» за 21.06.2025 г
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.4>

В оценке связи UVB-UVA с hPa в летнее солнцестояние 21.06.2025 г. также установлена высокая отрицательная корреляция суточного хода. На рис.5 можно видеть идентичность распределений и детальное соответствие рядов экстремуме (сектор полудня).

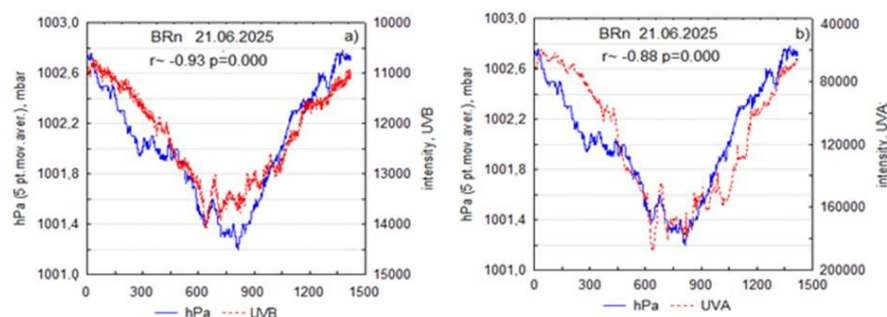


Рисунок 5 - Сравнение временных распределений интенсивности UVB и UVA с приповерхностным атмосферным давлением в летнее солнцестояние 21.06.2025 г

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.5>

Примечание: НИС «Ледовая база Мыс Баранова»

2.2. Влияние солнечных осцилляций, опосредованных приповерхностным атмосферным давлением, на параметры артериального давления и офтальмотонуса по данным наблюдений на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» (арх. Северная Земля)

Учитывая роль силы тяжести в кровяном давлении и движении крови по сосудам, в качестве биомаркеров процессов, обусловленных колебаниями hPa, были выбраны параметры активности сердечно-сосудистой системы. Среди них систолическое (BPs) и диастолическое (BPd) артериальное давление, артериальный пульс (PS), а также зависящее от BPs внутриглазное давление (офтальмотонус, IOP). В измерениях принимал участие мужчина 35 лет без хронических заболеваний и вредных привычек. Измерения выполнялись с помощью тонометра A&D Medical UA и индикатора внутриглазного давления ИГД-02 ПРА diathera, позволяющего проводить неинвазивное измерение без контакта с роговицей. Измерения проводились с 20.01. по 18.04. 2017 г. в полуденном секторе с 13ч 00мин по 13ч 50мин с дискретностью 3-5 мин. Следовательно, ежедневно каждый параметр измерялся не менее 10 раз, что в итоге составило не менее 880 измерений. Для анализа облака данных применялась фильтрация методом T4253H (Statistica 6.0). В результате анализа средние значения биомаркеров составили: BPs~125мм.рт.ст., BPd~78мм.рт.ст., PS~75уд./мин, IOP~14 мм.рт.ст. Для определения чувствительности биомаркеров к интервалу кульминации данные измерений преобразовывались в стандартные отклонения (SD). На рис.6 показаны распределения SDс применением фильтра T4253H.

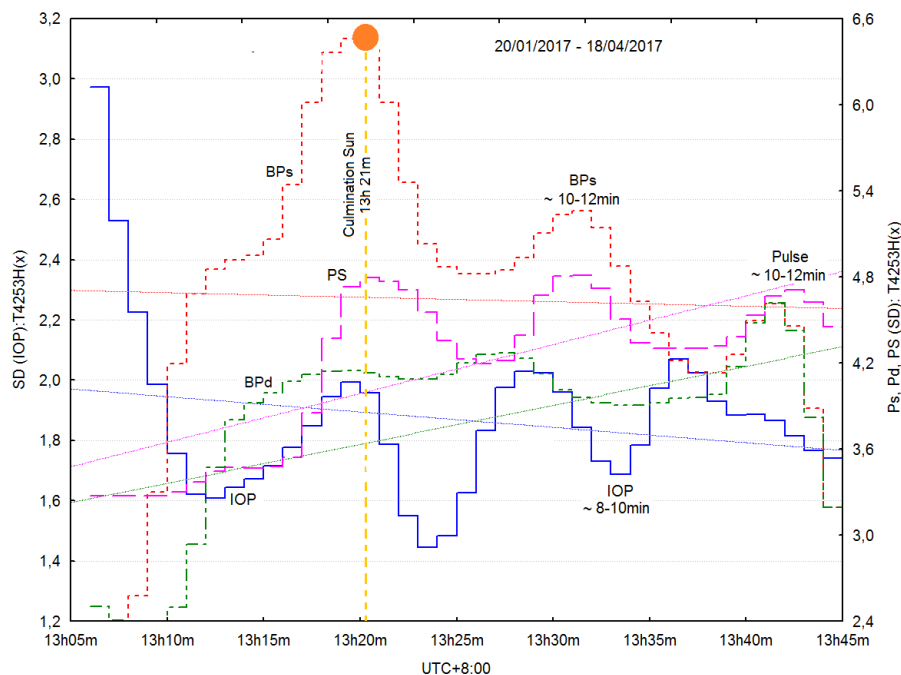


Рисунок 6 - Колебания параметров IOP, BPs, BPd, и Pulse у мужчины 35 лет в интервале кульминации Солнца за период с 20.01.2017 г. по 18.04.2017 г
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.6>

Примечание: НИС «Ледовая база Мыс Баранова»

Как видно на рисунке колебания Ps, Pd, и Pulse составляют ~10–12 мин, а IOP ~8–10 мин. На рис.7 представлено сопоставление IOP и BPs после исключения трендов, возможно обусловленных циркадным ритмом. Реакция Ps на кульминацию Солнца, как видно, проявляется выраженным эффектом – максимальной амплитудой со снижением к концу интервала. В заданном интервале суток также рассматривалось изменение hPa и BPs. На рис.8 представлено сравнение хода hPa и BPs. Можно допустить, что максимальное увеличение BPs в кульминации Солнца запускает ритмические изменения офтальмотонуса как следствие роста секреции внутриглазной жидкости и последующего её оттока. В период кульминации Солнца сопряжение максимальной амплитуды акрофазы ритма hPa и некоторого снижения амплитуды пятиминутных колебаний BPs предположительно связано с локальным ростом сосудорасширяющих эффектов NO и активных кислородных метаболитов, синтез которых в стенках сосудов обусловлен преимущественно UVA. Сохранение сниженной амплитуды по окончании периода кульминации Солнца указывает на справедливость такого предположения.

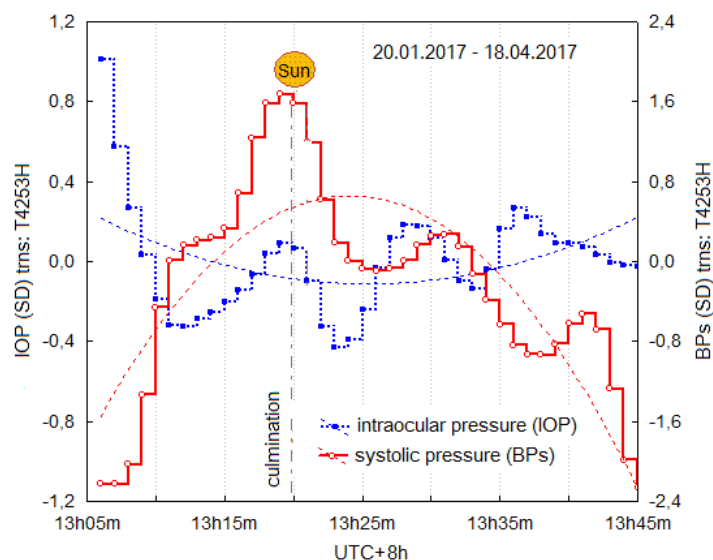


Рисунок 7 - Колебания офтальмотонуса (IOP) и систолического артериального давления (BPs) у мужчины 35 лет в интервале кульминации Солнца за период с 20.01.2017 г. по 18.04.2017 г
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.7>

Примечание: НИС «Ледовая база Мыс Баранова»

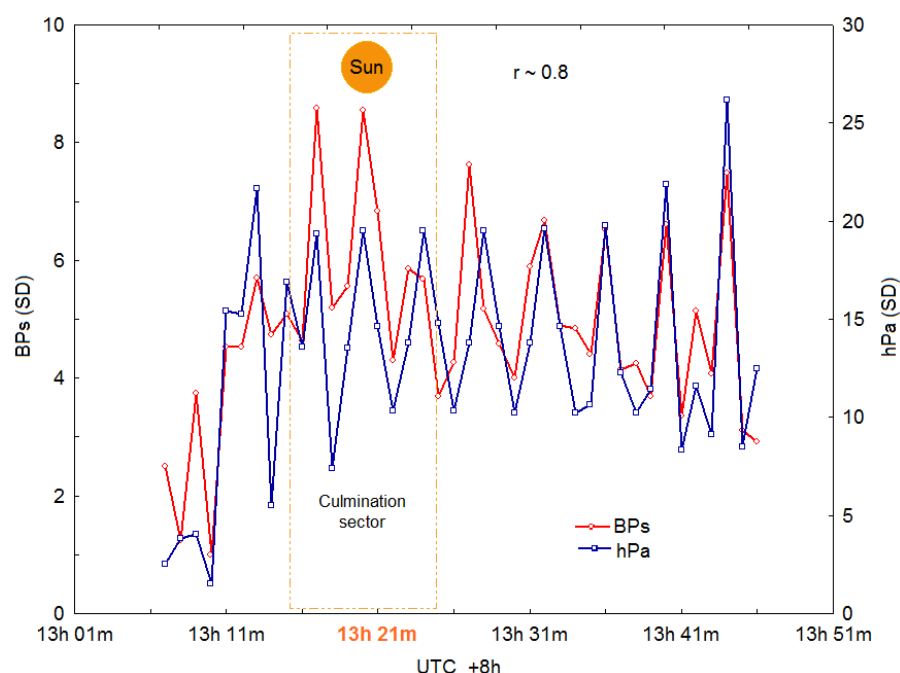


Рисунок 8 - Сравнение хода SD систолического артериального давления (BPs) у мужчины 35 лет и приповерхностного атмосферного давления (hPa) в интервале кульминации Солнца за период с 20.01.2017 г. по 18.04.2017 г

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.8>

Примечание: НИС «Ледовая база Мыс Баранова»

Заключение

Максимальная амплитуда систолического артериального давления на рис.6-8 соответствует моменту кульминации Солнца, что может быть обусловлено солнечным термическим приливом в атмосфере, который сопровождается нагревом озона (O_3) в стратосфере и парами воды в тропосфере через поглощение фотонов UVB. Солнечный термический прилив определяет суточный и полусуточный ход приземной температуры воздуха, а также приземного атмосферного давления и имеет две основные гармоники — суточную (24 ч) и полусуточную (12 ч). Фаза суточной гармоники меняется с высотой. Из-за этого сдвига происходит быстрое затухание амплитуды. Полусуточная гармоника движется с возбуждающим нагревом синфазно и усиливается. Кроме того, существует два вида солнечного термического прилива: мигрирующий и немигрирующий. Первый следует за Солнцем на запад, а второй может стоять на месте, или может следовать на запад или на восток. Так как момент истинной кульминации Солнца в любой географической точке изменяется по *уравнению времени*, то максимальная амплитуда BPs может варьировать от +14 до -16 мин.

Большинство биоритмов после запуска достаточно быстро угасают, поэтому в механизмах многих ритмов присутствуют компоненты, направленные на сохранение и усиление соответствующего ритма. В наиболее важных для жизнедеятельности механизмах биоритмов, например, фотосинтезе, циркадианных ритмах жизнедеятельности и др., энергия колебаний UVB-UVA, в том числе *p-mods*, выполняет функции такого усилителя (рис.8) [17]. Кроме того, верхняя и нижняя кульминации Солнца (зенит и надир) через светочувствительные белки и другие вещества кожи [18], [19] могут служить репером — точкой отсчета для полупериодов циркадианного ритма.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Позднякова М.А., Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии, Нижний Новгород Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.9>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Pozdnyakova M.A., Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology, Nizhny Novgorod Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.42.9>

**Список литературы / References**

1. Волков М.М. Фосфорно-кальциевый обмен и его регуляция / М.М. Волков, И.Г. Каюков, А.В. Смирнов [и др.] // Нефрология. — 2010. — Т. 14. — Вып. 1. — С. 91–103. — DOI: 10.24884/1561-6274-2010-14-1-91-103.
2. Shapovalov S.N. Virulent effect of solar radiation at the boundary between the UVB and UVA ranges / S.N. Shapovalov, M.P. Chernysheva // Cifra. Biomedical Sciences. — 2025. — № 4 (7). — DOI: 10.60797/BMED.2025.7.3
3. Ланец И.Е. Современные взгляды на роль витамина D в организме человека / И.Е. Ланец, Е.В. Гостищева // Научное обозрение. Медицинские науки. — 2022. — № 5. — С. 39–45.
4. Patel P. Angiotensin II / P. Patel, D.K. Sanghavi, D.L. Morris [et al.] // StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. — PMID: 29763087.
5. Mohsen I. RAS inhibition in hypertension / I. Mohsen // Journal of Human Hypertension. — 2006. — № 20 (1). — P. 101–108.
6. Claassen J. Regulation of cerebral blood flow in humans: physiology and clinical implications of autoregulation / J. Claassen, D. Thijssen, R. Panerai [et al.] // Physiol Rev. — 2021. — № 101 (4). — P. 1487–559. — DOI: 10.1152/physrev.00022.2020.
7. Oplander C. Whole body UVA irradiation lowers systemic blood pressure by release of nitric oxide from intra cutaneous photolabile nitric oxide derivatives / C. Oplander, C. Volkmar, A. Paunel-Gorgulu [et al.] // Circ Res. — 2009. — № 105 (10). — P. 1031–1040.
8. Liu D. UVA irradiation of human skin vasodilates arterial vasculature and lowers blood pressure independently of nitric oxide synthase / D. Liu, B. Fernandez, A. Hamilton [et al.] // J Invest Dermatol. — 2014. — № 134 (7). — P. 1839–1846. — DOI: 10.1038/jid.2014.27.
9. Veleva B. The effect of ultraviolet irradiation compared to oral vitamin D supplementation on blood pressure of nursing home residents with dementia / B. Veleva, M. Caljouw, A. Muurman [et al.] // BMC Geriatrics. — 2021. — № 21. — Art. 577. — DOI: 10.1186/s12877-021-02538-7.
10. Шаповалов С.Н. Результаты наблюдений солнечного УФ излучения и магнитного поля Земли в высоких широтах Арктики / С.Н. Шаповалов, Ю.Г. Турбин, В.И. Иванов [и др.] // Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2021» / Под ред. А.В. Степанова, Ю.А. Наговицына. — Санкт-Петербург, 2021. — С. 309–312. — DOI: 10.31725/0552-5829-2021-309-312.
11. Shapovalov S.N. The Temporal Characteristics of the UVB—UVA Solar Radiation during Seasonal Observation Periods in Antarctica and the Arctic / S.N. Shapovalov // Geomagn. Aeron. — 2023. — № 63. — P. 1101–1109. — DOI: 10.1134/S0016793223070204.
12. Lebedev N.I. The Helioseismological CORONAS-F Difos Experiment / N.I. Lebedev, V.D. Kuznetsov, V.N. Oraevskii // Astronomy Reports. — 2004. — № 48 (10). — P. 871–875.
13. Makino T. On adiabatic oscillations of a stratified atmosphere on the flat earth / T. Makino // J. Math. Phys. — 2020. — № 61 (9). — P. 1510. — DOI: 10.1063/5.0014743.
14. Шаповалов С.Н. Тенденции солнечного излучения в диапазоне UVB-UVA (арх.Северная Земля) / С.Н. Шаповалов // Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2022» / Под ред. А.В. Степанова, Ю.А. Наговицына. — Санкт-Петербург, 2022. — С. 299–302. — DOI: 10.31725/0552-5829-2022-299-302.
15. Шаповалов С.Н. Анализ данных мониторинга солнечного излучения в диапазонах UVB-UVA (Арктика-Антарктида) / С.Н. Шаповалов // XXVI Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2022». — Санкт-Петербург, 2022. — С. 115.
16. Шаповалов С.Н. Основные результаты наблюдений солнечной УФ радиации на ст. Новолазаревская (Антарктида) в 24 цикле солнечной активности / С.Н. Шаповалов / Природная среда Антарктики: междисциплинарные подходы к изучению. — Минск, 2022. — С. 269–273.
17. Claassen J.A.H.R. Regulation of cerebral blood flow in humans: physiology and clinical implications of autoregulation / J.A.H.R. Claassen, D.H.J. Thijssen, R.B. Panerai [et al.] // Physiological Reviews. — 2021. — Vol. 101. — № 4. — P. 1487–1559.
18. Чернышева М.П. Временная структура биосистем и биологическое время / М.П. Чернышева. — Санкт-Петербург, 2016. — 275 с.
19. Veenman L. Channel-like functions of the 18-kDa translocator protein (TSPO): regulation of apoptosis and steroidogenesis as part of the host-defense response / L. Veenman, V. Papadopoulos, M. Gavish // Current Pharmaceutical Design. — 2007. — № 3 (23). — P. 2385–2405. — DOI: 10.2174/138161207781368710.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Volkov M.M. Fosforno-kaltsievii obmen i yego regulyatsiya [Phosphorus-calcium metabolism and its regulation] / M.M. Volkov, I.G. Kayukov, A.V. Smirnov [et al.] // Nefrologiya [Nephrology]. — 2010. — Vol. 14. — Iss. 1. — P. 91–103. — DOI: 10.24884/1561-6274-2010-14-1-91-103. [in Russian]
2. Shapovalov S.N. Virulent effect of solar radiation at the boundary between the UVB and UVA ranges / S.N. Shapovalov, M.P. Chernysheva // Cifra. Biomedical Sciences. — 2025. — № 4 (7). — DOI: 10.60797/BMED.2025.7.3
3. Lanets I.E. Sovremennye vzglyady na rol vitamina D v organizme cheloveka [Contemporary views on the role of vitamin D in the human body] / I.E. Lanets, Ye.V. Gostishcheva // Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki [Scientific Review. Medical Sciences]. — 2022. — № 5. — P. 39–45. [in Russian]
4. Patel P. Angiotensin II / P. Patel, D.K. Sanghavi, D.L. Morris [et al.] // StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. — PMID: 29763087.



5. Mohsen I. RAS inhibition in hypertension / I. Mohsen // *Journal of Human Hypertension*. — 2006. — № 20 (1). — P. 101–108.
6. Claassen J. Regulation of cerebral blood flow in humans: physiology and clinical implications of autoregulation / J. Claassen, D. Thijssen, R. Panerai [et al.] // *Physiol Rev*. — 2021. — № 101 (4). — P. 1487–559. — DOI: 10.1152/physrev.00022.2020.
7. Oplander C. Whole body UVA irradiation lowers systemic blood pressure by release of nitric oxide from intra cutaneous photolabile nitric oxide derivatives / C. Oplander, C. Volkmar, A. Paunel-Gorgulu [et al.] // *Circ Res*. — 2009. — № 105 (10). — P. 1031–1040.
8. Liu D. UVA irradiation of human skin vasodilates arterial vasculature and lowers blood pressure independently of nitric oxide synthase / D. Liu, B. Fernandez, A. Hamilton [et al.] // *J Invest Dermatol*. — 2014. — № 134 (7). — P. 1839–1846. — DOI: 10.1038/jid.2014.27.
9. Veleva B. The effect of ultraviolet irradiation compared to oral vitamin D supplementation on blood pressure of nursing home residents with dementia / B. Veleva, M. Caljouw, A. Muurman [et al.] // *BMC Geriatrics*. — 2021. — № 21. — Art. 577. — DOI: 10.1186/s12877-021-02538-7.
10. Shapovalov S.N. Rezultati nablyudenii solnechnogo UF izlucheniya i magnitnogo polya Zemli v visokikh shirotakh Arktiki [Results of observations of solar UV radiation and the Earth's magnetic field in high Arctic latitudes] / S.N. Shapovalov, Yu.G. Turbin, V.I. Ivanov [et al.] // *Vserossiiskaya yezhegodnaya konferentsiya po fizike Solntsa «Solnechnaya i solnechno-zemnaya fizika [All-Russian Annual Conference on Solar Physics ‘Solar and Solar-Terrestrial Physics’] — 2021»* / Ed. by A.V. Stepanov, Yu.A. Nagovitsin. — St. Petersburg, 2021. — P. 309–312. — DOI: 10.31725/0552-5829-2021-309-312. [in Russian]
11. Shapovalov S.N. The Temporal Characteristics of the UVB—UVA Solar Radiation during Seasonal Observation Periods in Antarctica and the Arctic / S.N. Shapovalov // *Geomagn. Aeron*. — 2023. — № 63. — P. 1101–1109. — DOI: 10.1134/S0016793223070204.
12. Lebedev N.I. The Helioseismological CORONAS-F Difos Experiment / N.I. Lebedev, V.D. Kuznetsov, V.N. Oraevskii // *Astronomy Reports*. — 2004. — № 48 (10). — P. 871–875.
13. Makino T. On adiabatic oscillations of a stratified atmosphere on the flat earth / T. Makino // *J. Math. Phys*. — 2020. — № 61 (9). — P. 1510. — DOI: 10.1063/5.0014743.
14. Shapovalov S.N. Tendentsii solnechnogo izlucheniya v diapazone UVB-UVA (arkh.Severnaya Zemlya) [Trends in solar radiation in the UVB-UVA range (arch. Severnaya Zemlya)] / S.N. Shapovalov // *Vserossiiskaya yezhegodnaya konferentsiya po fizike Solntsa «Solnechnaya i solnechno-zemnaya fizika — 2022» [All-Russian Annual Conference on Solar Physics ‘Solar and Solar-Terrestrial Physics’]* / Ed. by A.V. Stepanov, Yu.A. Nagovitsin. — St. Petersburg, 2022. — P. 299–302. — DOI: 10.31725/0552-5829-2022-299-302. [in Russian]
15. Shapovalov S.N. Analiz danih monitoringa solnechnogo izlucheniya v diapazonakh UVB-UVA (Arktika-Antarktida) [Analysis of solar radiation monitoring data in the UVB-UVA ranges (Arctic-Antarctic)] / S.N. Shapovalov // *XXVI Vserossiiskaya yezhegodnaya konferentsiya po fizike Solntsa «Solnechnaya i solnechno-zemnaya fizika — 2022» [XXVI All-Russian Annual Conference on Solar Physics ‘Solar and Solar-Terrestrial Physics — 2022’]*. — St. Petersburg, 2022. — P. 115. [in Russian]
16. Shapovalov S.N. Osnovnie rezultati nablyudenii solnechnoi UF radiatsii na st. Novolazarevskaya (Antarktida) v 24 tsikle solnechnoi aktivnosti [Main results of observations of solar UV radiation at Novolazarevskaya Station (Antarctica) during the 24th solar cycle] / S.N. Shapovalov // *Prirodnaya sreda Antarktiki: mezhdistsiplinarnie podkhodi k izucheniyu [The natural environment of Antarctica: interdisciplinary approaches to research]*. — Minsk, 2022. — P. 269–273. [in Russian]
17. Claassen J.A.H.R. Regulation of cerebral blood flow in humans: physiology and clinical implications of autoregulation / J.A.H.R. Claassen, D.H.J. Thijssen, R.B. Panerai [et al.] // *Physiological Reviews*. — 2021. — Vol. 101. — № 4. — P. 1487–1559.
18. Chernisheva M.P. Vremennaya struktura biosistem i biologicheskoe vremya [The temporal structure of biosystems and biological time] / M.P. Chernisheva. — St.Petersburg, 2016. — 275 p. [in Russian]
19. Veenman L. Channel-like functions of the 18-kDa translocator protein (TSPO): regulation of apoptosis and steroidogenesis as part of the host-defense response / L. Veenman, V. Papadopoulos, M. Gavish // *Current Pharmaceutical Design*. — 2007. — № 3 (23). — P. 2385–2405. — DOI: 10.2174/138161207781368710.