



ААНИИ

«ПЯТИМИНУТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ» АТМОСФЕРНОГО И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА КАК СЛЕДСТВИЕ ФЛУКТУАЦИЙ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ UVB-UVA

Шаповалов С.Н.¹, Чернышева М.П.²

¹ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»

²Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)

Спектральные наблюдения солнечного излучения на ст.Новолазаревская (Антарктида) за период с 2008 г. по н.в. показали, что временные характеристики поступающего к земной поверхности солнечного ультрафиолета UVB (297-315 nm) – UVA (315-400 nm) имеют широкий временной диапазон, от солнечных осцилляций до цикла Хейла (~ 22 года) [1]. Учитывая, что излучение UVB участвует в фотохимических реакциях в атмосфере (в т.ч. с образованием озона), и совместно с UVA влияет на температурный режим приземной атмосферы за счет нагрева земной поверхности, следует считать, что практически весь временной диапазон UVB-UVA отражается в параметрах нижней атмосферы. Особое значение имеет высокочастотный диапазон флуктуаций UVB-UVA (~ 5 мин), т.к. они имеют планетарный характер и хорошо выявляются в периодограммах приземной температуре воздуха (T , $^{\circ}\text{C}$) и приповерхностного атмосферного давления (hPa) [2]. О вероятности воздействия солнечных осцилляций на параметры приземной атмосферы следует также отметить выводы в работе [3] о возникновении колебаний g - и p - $modes$ в атмосфере. Практическим подтверждением отмеченных работ является анализ данных по излучению UVB-UVA и метеопараметров на ст.Новолазаревская (Антарктида) и НИС «Ледовая база мыс Баранова» (арх.Северная Земля).

1. S.N.Shapovalov. The Temporal Characteristics of the UVB–UVA Solar Radiation during Seasonal Observation Periods in Antarctica and the Arctic. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2023, Vol. 63, No. 7, pp. 239–247
2. Шаповалов С.Н., Афанасьев А.В., Юдин Г.В. Временная когерентность NUV297-330nm и приповерхностного атмосферного давления (Антарктида-Арктика)//Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2020» Труды конф./Под ред. А.В. Степанова, Ю.А. Наговицына - СПб: 2020, стр.345-348
3. Tetu Makino. On adiabatic oscillations of a stratified atmosphere on the flat earth. *J. Math. Phys.* 61, 091510 (2020)

На рис.1 представлены квадраты спектра когерентности (функции когерентности) UVB и UVA с $T(^{\circ}\text{C})$ и hPa за 24.12.2023 г. по данным спектральных (AvaСпес-2048) и метеонаблюдений на ст.Новолазаревская с дискретностью 1 мин. Квадрат спектра когерентности используется для идентификации корреляции частотного диапазона между двумя временными рядами (1):

$$C_{xy}(f) = |G_{xy}(f)|^2 / G_{xx}(f) \cdot G_{yy}(f) \quad (1)$$

где $G_{xy}(f)$ — кросс-спектральная плотность между x и y , $G_{xx}(f)$ и $G_{yy}(f)$ — спектральная плотность мощности x и y .

Красными прямоугольниками выделены главные гармоники временного диапазона флуктуаций. Как видно на графиках эти гармоники соответствуют диапазону 3-10 мин с максимальной амплитудой ~ 5 мин (~ 3.2 mHz). В интервале 50-200 мин выявляются амплитуды низкочастотных флуктуаций ~ 35 -40 мин, 80-90 мин, 120 и 160 мин, близкие к частотному диапазону g -modes. Известно, что g -modes ограничены радиационной зоной и солнечной атмосферой. В зоне конвекции они исчезают, поэтому их трудно идентифицировать из-за малых амплитуд. До настоящего времени ни одна отдельная g -modes не была измерена, хотя их обнаружения как утверждались, так и оспаривались [4,5].

4.Fossat,E. at. all (2017), "Asymptotic g modes: Evidence for a rapid rotation of the solar core", Astronomy and Astrophysics, 604

5.Christensen-Dalsgaard, J.; Dappen, W.; Ajukov, S. V. "The Current State of Solar Modeling", Science, 1996, 272 (5266): 1286–1292

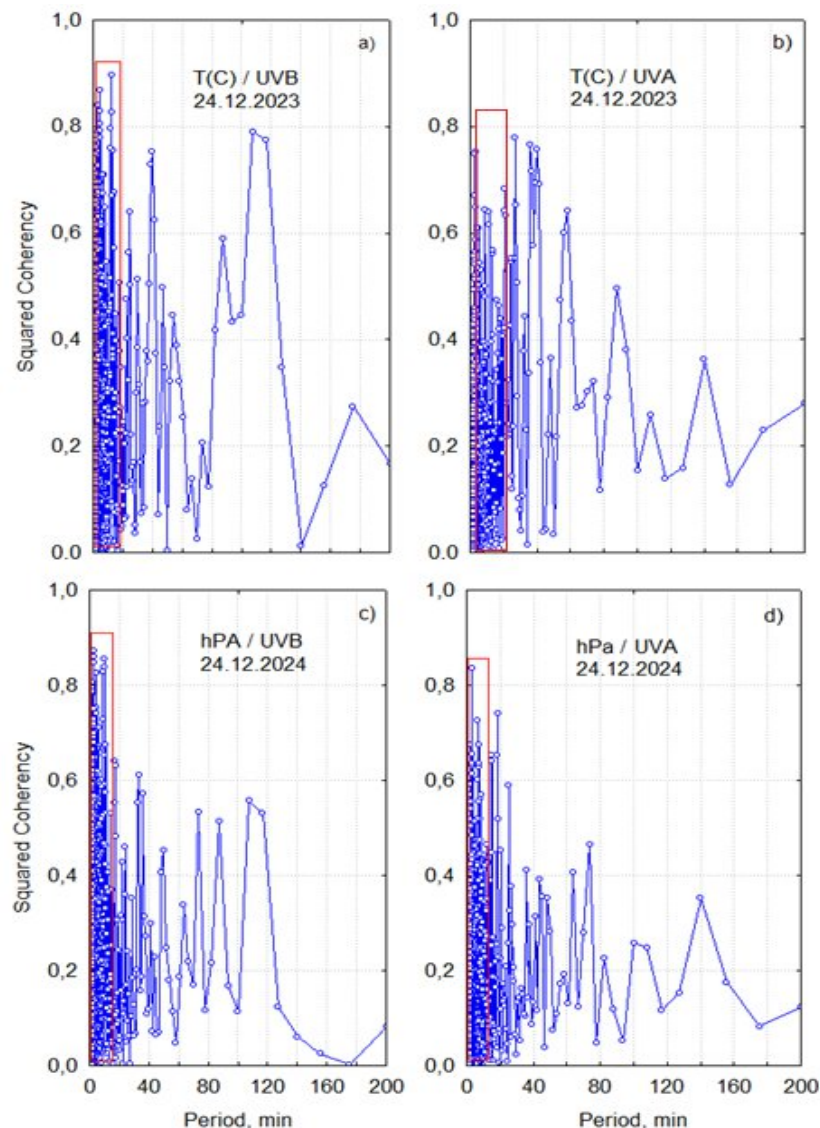


Рисунок 1. Графики квадрата когерентности UVB-UVA с температурой воздуха (T,C) и приповерхностным атмосферным давлением (hPa) на ст.Новолазаревская в ближайший к солнцестоянию ясный солнечный день 24.12.2024 г.

На рис.2 представлены квадраты когерентности UVB-UVA с $T(^{\circ}\text{C})$ и hPa по данным наблюдений на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база мыс Баранова» (BRN) (арх.Северная Земля) в летнее солнцестояние 21.06.2025 г. На графиках видно, что структура функции характеризуется высокой амплитудой «пятиминутных колебаний» со снижением к 50 мин. Подобные флуктуации наблюдались также на НИС в 2017 г. при измерениях биомаркеров артериальной системы человека по программе медико-геофизических наблюдений с 20.01.2017 г. по 18.04.2017 г. [6]. В качестве параметров системы были выбраны систолическое (BP_s) и диастолическое (BP_d) артериальное давление, артериальный пульс (PS) и офальмотонус (IOP). Для проверки версии о воздействии солнечного термического прилива на АД человека наблюдения проводились ежедневно в полуденном интервале Солнца с 13ч 05 м до 13ч 45 м.

6. Шаповалов С.Н., Соколов В.Т. Бакаленко Б.И. Исследование чувствительности биомаркеров человека к прохождению Солнца через небесный меридиан в высоких широтах Арктики//Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2018» Труды конф./Под ред. А.В. Степанова, Ю.А. Наговицына - СПб: 2018. С.413-416

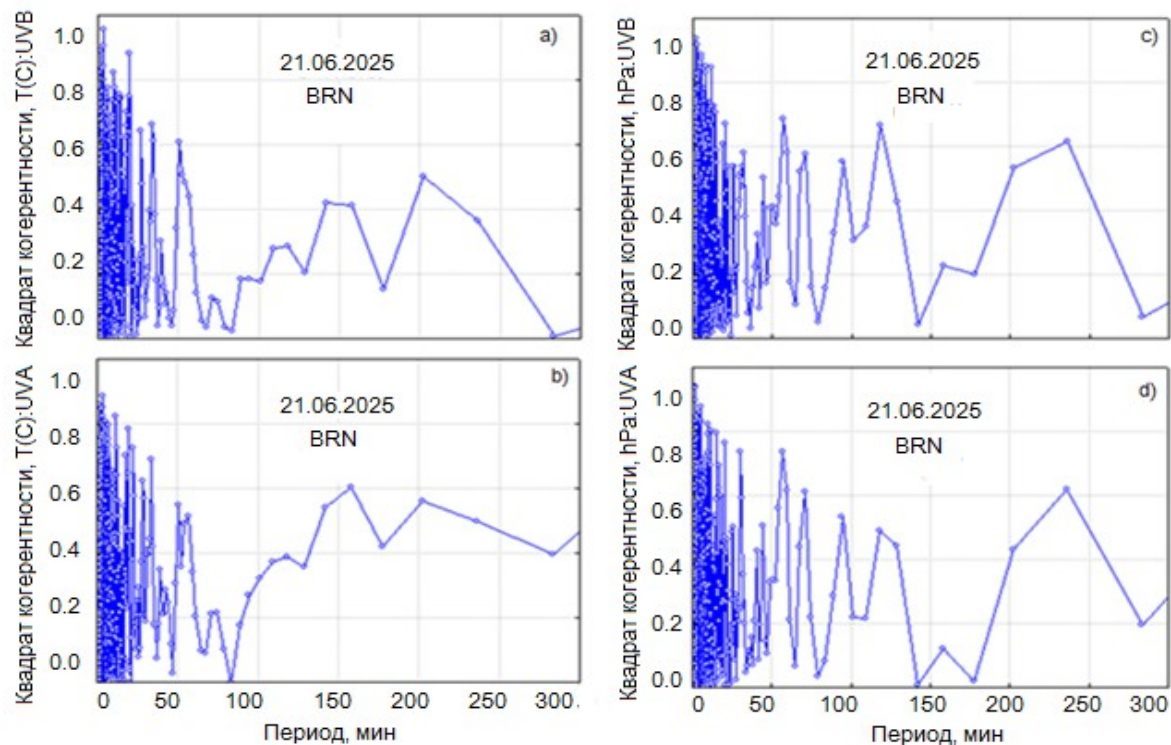


Рисунок 2. Графики квадрата спектра когерентности UVB-UVA с температурой воздуха $T(^{\circ}\text{C})$ и приповерхностным атмосферным давлением (hPa) на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» 21.06.2025 г.



В наблюдениях участвовал сотрудник стационара (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 (без контакта с роговицей). В итоге проведения наблюдений средние значения параметров составили: $BP_s \sim 125$ мм.рт.ст., $BP_d \sim 78$ мм.рт.ст., $PS \sim 75$ уд./мин, $IOP \sim 14$ мм.рт.ст. Временные ряды параметров представлены на рис.3.

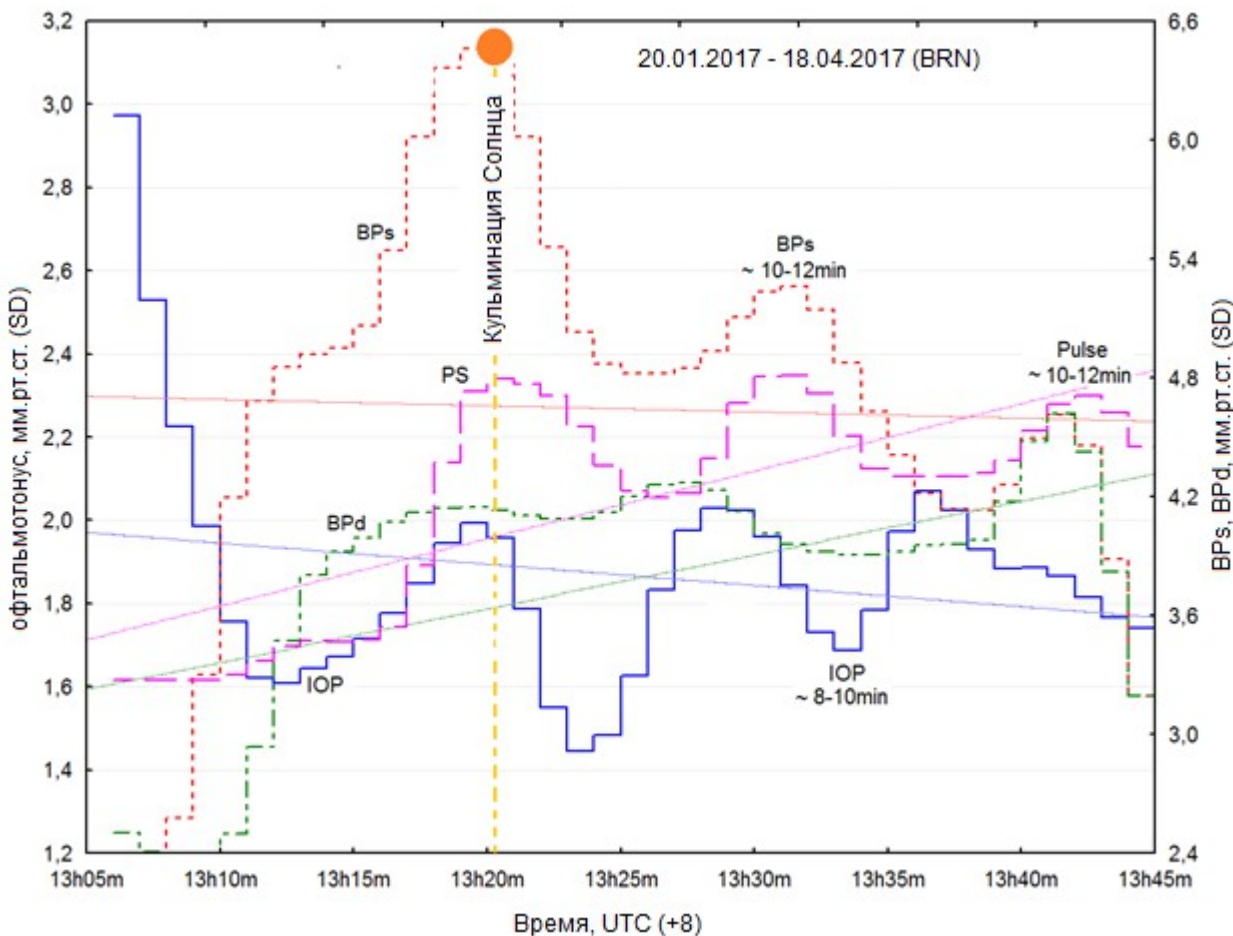


Рисунок 3. Временные распределения параметров артериальной системы IOP , BP_s , BP_d , и PS (пульс) у муж.35 лет в полуденном интервале с 13ч 00м по 13ч 50 м за общий период наблюдений с 20.01.2017 г. по 18.04.2017 г. на НИС «Ледовая база Мыс Баранова»

Чувствительность *BP*s к кульминации Солнца выделяется из всех параметров. По нашему предположению, «эффект *BP*s» может быть обусловлен солнечным термическим приливом в атмосфере, который сопровождается нагревом стратосферного озона 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). Кроме того, существует два вида солнечного термического прилива: мигрирующий и немигрирующий. Первый следует за Солнцем на запад, а второй может стоять на месте, или следовать на запад или на восток. Так как момент истинной кульминации Солнца в любой географической точке изменяется по *уравнению времени*, амплитуда *BP*s может варьировать в пределах +14 м / –16 м.

В полуденном интервале изучалась также зависимость *BP*s от *hPa*. Результаты наблюдений представлены на рис.4 в виде сопоставления рядов. На рисунке отмечен участок кульминации Солнца с 20.01.2017 г. по 18.04.2017 г., в котором отмечаются максимальные амплитуды *BP*s. На протяжении всего полуденного интервала видно четкое соответствие хода рядов с ритмом «пятиминутных» колебаний.

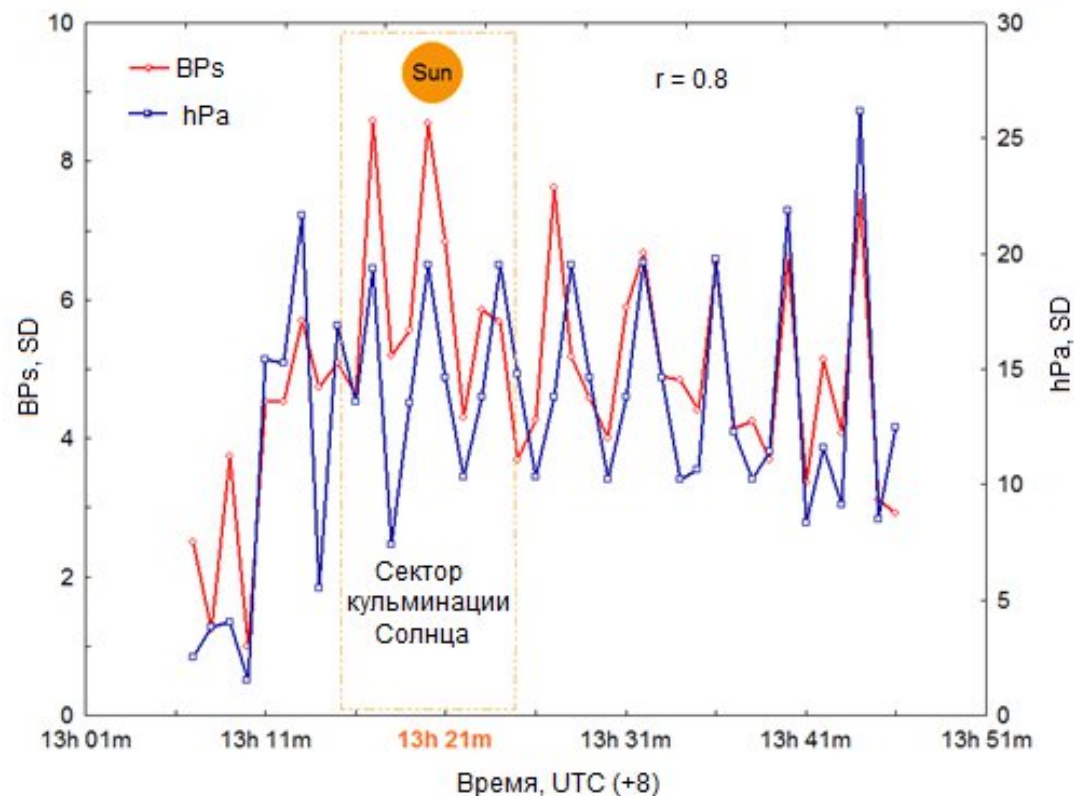


Рисунок 4. Сравнение хода *BP*s (муж. 35 лет) и приповерхностного атмосферного давления (*hPa*) на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» в интервале 13 ч 00 мин до 13 ч 50 мин за общий период наблюдений с 20.01.2017 г. по 18.04.2017 г.

Выводы

Изменения UVB-UVA активно влияют на временные характеристики основных метеопараметров в приземной атмосфере. По совокупности спектральных наблюдений UVB-UVA, выполняемых с 2008 г. по н.в. в Антарктиде и Арктике сформирована схема связи UVB-UVA, а также параметров приземной атмосферы с глобальными механизмами солнечной деятельности (рис.5).

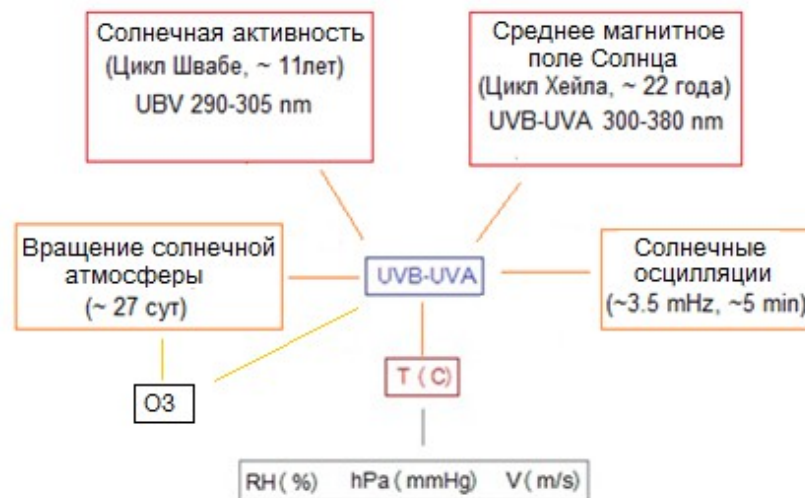


Рисунок 5 Схема связи UVB-UVA и параметров приземной атмосферы с глобальными механизмами солнечной деятельности

В интервале полуденного времени выявлены «пятиминутные колебания» параметров сердечно-сосудистой системы (*BP*s, *BP*d, *PS* и *IOP*), а также реакция *BP*s на момент кульминации Солнца, предположительно вызванная солнечным термическим приливом в атмосфере, который сопровождается нагревом озона в стратосфере и парами воды в тропосфере (через поглощение UVB). Так как кульминация Солнца в любой географической точке изменяется по уравнению времени, «эффект *BP*s» может варьировать в течение года в пределах +14 мин/-16 мин. Сопряжение максимальной амплитуды акрофазы *hPa* и некоторого снижения амплитуды колебаний *BP*s можно связать с локальным ростом сосудорасширяющих эффектов активных кислородных метаболитов, синтез которых в стенках сосудов обусловлен UVB-UVA. Сохранение сниженной амплитуды по окончании периода кульминации Солнца указывает на справедливость такого предположения.

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 и др., колебания UVB-UVA способны выполнять функции такого усилителя.