



HIERARCHY OF MODERN CLIMATIC PROCESSES AND HEAT EXCHANGE IN THE KARST IN SYSTEM „CAVE - ADJACENT ATMOSPHERIC LAYER“

Abstract: A number of indicators are usually used to describe the main characteristics of climate, which are subject to significant spatiotemporal variability. This applies to both the ambient air and the air contained in karst caves and arrays. It also takes into account the complex structure of the Karst cave - adjacent atmospheric air-conditioning system, consisting of the following components: heat and humidity transfer through air exchange, dynamics of barrier fields in the adjacent territory, lithospheric heat and chaos exchange, influence of the cryosphere and the biota outside the cave, the effects of feedback in the system. The report presents the results of using a heat and moisture exchange model to describe the interaction of the air environment in karst volumes and the ground atmosphere. The time changes of the main indices of the cave microclimate for the period 1968 - 2020 are considered. The adjacent vegetation layer, the presence in the cave of large masses of warm-blooded mammals (mainly bats) and waste therefrom. The trend of temperature change in the "constant temperature zone" of selected caves of large sizes and volumes is analyzed. The characteristic slow fluctuations and a significant (0.74) correlation with the 11-year were noted. solar cycle.

Author information:

Lubomira Raykova

PhD Student

Space Research and Tehnology Institute –
Bulgarian academy of Sciences, Sofia

✉ heiti456@gmail.com

🌐 Bulgaria

Keywords:

climate, heat exchange, microclimate of
caves, ground atmosphere, heat and mass
transfer

Въведение

Проблема за хелиоклиматичните връзки е интересен и актуален, въпреки огромното количество статии, посветени на тяхното изучаване. Извода, направен от тези проучвания показва, че ако слънчево – земни взаимодействия съществуват, то те се характеризират със силна регионалност и нестабилност по време [1,3]. Регионалното проявление на слънчево – земните връзки в климатичните промени се обясняват със сложния характер на циркулацията на въздушните маси в атмосферата на Земята. Много от тези изследвания показват, че в някои райони се наблюдават положителни корелации между индексите на слънчевата активност и метеорологичните параметри [4,7]. В други – корелацията е отрицателна [7,8], а в трети – въобще отсъства [9]. Освен това, отклика на метеорологичните параметри на промяната на слънчевата активност се променя в зависимост от годишния сезон [6] и се проявява различно в четни и нечетни 11 годишни цикли на слънчев активност [5]. В повечето случаи се откриват фазови премествания, които са разнообразни не само спрямо метеопараметрите, но и при едни и същи такива при прехода от цикъл в цикъл или от един географски регион към друг.

Съществен принос към изучаването на тези проблеми имат серията от работи на различни изследователски групи [1]. В тях е показано, че отклика на атмосферните параметри на промяната на слънчевата активност (както в стратосферата, така и в тропосферата) става добре изразена, ако се разглеждат отделно годините с различни фази на квазидвугодишните вариации на западните и източните ветрове, съществуващи в екваториалната стратосфера на нива 10 - 40 хектопаскала.

Целта на настоящата работа е да се изследват връзките между вариациите на приземните температури на въздуха на локални територии, разположена близо до входа на четири благоустроени пещери – Съева дупка, Леденика, Снежанка и Ухловица за периода 1968 – 2014 г. Данните са получени от термометрията на приземния въздух, правени в рамките на детайлен микроклиматичен мониторинг на пещерите и карстовите масиви в който те са развити. В качеството на индекс на слънчевата активност бяха използвани средногодишни стойности на числото на Волф - W.

Получени и обработени данни за температурата на приземния въздух

В работата се използват получените данни за метеорологичните параметри от климатични станции, разположени близо до входа на четири благоустроени пещери – Съева дупка, Леденика, Снежанка и Ухловица за периода 1968 – 2014 г. При обработка от тях са получени средногодишни и средно месечни стойности на температурата на въздуха на тези локални карстови територии. Данните са взети от метеорологичните ежемесечни журналы, съхранени в управленията на благоустроените пещери. Данните за температурите на въздуха почти не съдържат прекъсвания на метеорологичните наблюдения. От изходните криви на средногодишните и средно сезонните температурните вариации бяха отстранени трендове, свързани с общото затопляне на климата на територията на България. Също така, бяха изключени:

- вариациите с период по-кратък от слънчевия цикъл,
- периоди, за които температурните отклонения бяха изглаждани по метода на пълзящото средно (с интервал на усредняване 4 години).

И доколкото локалния климат в топлите и студени месеци реагира различно на вариациите на слънчевата активност, бяха разгледани температурните отклонения както за цялата година, така и отделно – за всеки сезон.

Изследователски метод

За да определим има ли връзка между промените на приземната температура на въздуха и слънчевата активност, бе използван метода на съпоставяне на епохите (метода, често използван в хелиофизиката). Той позволява да се отдели приноса на интересуващите ни събития в приземната атмосфера, получени на фона на големи шумове със случаен произход и вариации на температурата на тропосферата наблюдавани близо до изследваните от нас периоди.

По принцип се знае, че слънчевите цикли са с различна абсолютна продължителност. Също така, те имат и различната дължина на възходящата и низходяща част на кривата, която се променя при прехода от цикъл в цикъл. Всичко това усложнява операцията по сравняването на периоди от един цикъл с други такива. Това налага да се направи изкуствено привеждане на 11 годишните цикли към един стандарт, като за реперни точки бяха взети точките на годините на техните максимуми и минимуми. Бяха разгледани пет слънчеви цикли – от 20 до 24 включително. Пресмятанията бяха направени по метода на съпоставяне на епохите по два начина:

Първия начин отдели в качеството на реперни точки годините на минимуми, всички цикли бяха приведени към една дължина и бяха разбити на 10 фазови интервала. Някои от по-дългите цикли (напр. цикъл №20) се наложи да бъдат „свити“.

При съпоставянето на слънчевите цикли по вторият начин [2], бяха съвместени всички минимуми -от една страна, и всички максимуми от друга, като на удължаване или свиване бяха подложени възходящите и низходящи части от кривата. За стандартна дължина на възходящата част на кривата бе приета дължината на 4 фазови интервала, за низходящата – 7 фазови интервала. Всички данни бяха нормирани по такъв начин, че в продължение на всеки 11 годишен слънчев цикъл максималната по модул стойност на изследваната величина бе приета

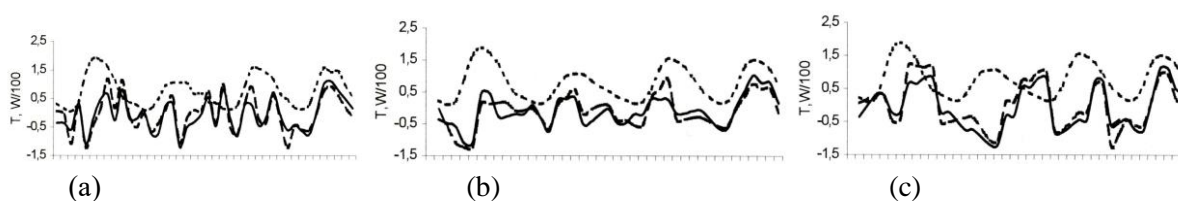
за единица. При усредняването бяха взети данните за всичките пет слънчеви цикъла в периода 1968 – 2014 г.

Резултатите, получени по двата начина добре се съгласуват по между си, затова в работата по-нататък ще бъдат разгледани резултатите от анализа само по единият начин (вторият!).

Основни резултати

За повишаване достоверността на получените резултати бе сравняван само хода на температурните отклонения Δt за две климатични станции, тези намиращи се пред входовете на пещерите Снежанка и Ухловица които имат сходен характер и се намират в един климатичен район. Коефициента на корелация между промените на средногодишните температури там за тези станции е равен на 0.9 ($p = 99\%$). Достоверността p на коефициента на корелация бе определен по критерия на Стюдент. При непосредствено съпоставяне на числото на Волф W и средногодишните отклонения на температурите $\Delta t_{\text{год}}$. Трудно се открива зависимост между тези величини (виж Фиг. 1 - а). Коефициентите на корелация са малки ($r_{\text{Снежанка}} = 0,32$, $r_{\text{Ухловица}} = 0,30$, $p = 95\%$), връзки между $\Delta t_{\text{год}}$ и W практически не се откриват. Съгласно изследванията на групата на Лабички, при разделянето на всички данни по фази на квазидвугодишни вариации (КДВ) на стратосферните ветрове на екватора, би трябвало да се получи значима корелация за двата масива [1]. Автора разполагаше с данни за фазите на квазидвугодишните вариации за периода 1964 – 2010 год., затова бе разгледан периода за който имаше температурни данни от локалните карстови терени и КДВ (продължителност на периода 42 години). Изследванията показват, че ако за години със западна фаза на КДВ съществува връзка между $\Delta t_{\text{год}}$ и W (вж Фиг. 1 - б) и пресметнатите коефициенти на корелация са $r_{\text{Снежанка}} = 0,55$ и $r_{\text{Ухловица}} = 0,59$ ($p = 98\%$), то за години с източна фаза (вж Фиг. 1 - с) може да се наблюдава промяна на характера на слънчево-земните връзки от цикъл към цикъл.

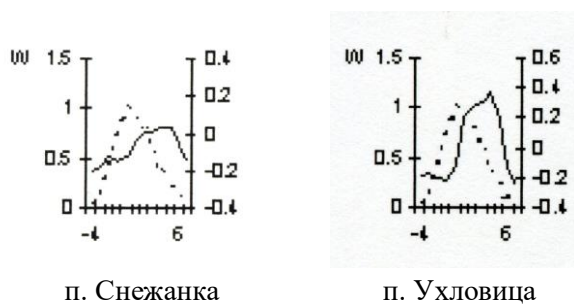
При разделяне по фази на квазидвугодишни вариации на температурите поотделно за всеки годишен сезон, през лятото и есента се наблюдава положителна корелация - (лято= 0,46; гесен= 0,52 за пещерата Снежанка и глято = 0,41; гесен = 0,58 за пещерата Ухловица) със значимост 95% в период на западна фаза. Корелацията практически не се открива за всеки сезон в периоди на източна фаза на квазидвугодишни вариации на температурите.



Фиг. 1 / а_б_с. Отклонение на средногодишните температури от климатичните станции на локалните територии, намиращи се пред входовете на пещерите Снежанка и Ухловица (плътната линия) и намалените 100 пъти нива на числото на Волф (линията от точки) за периода 1964 – 2010 год.: а – за всички години във времеви интервал, б – за всички години със западна фаза на квазидвугодишните вариации, с – за годините с източна фаза на квазидвугодишните вариации.

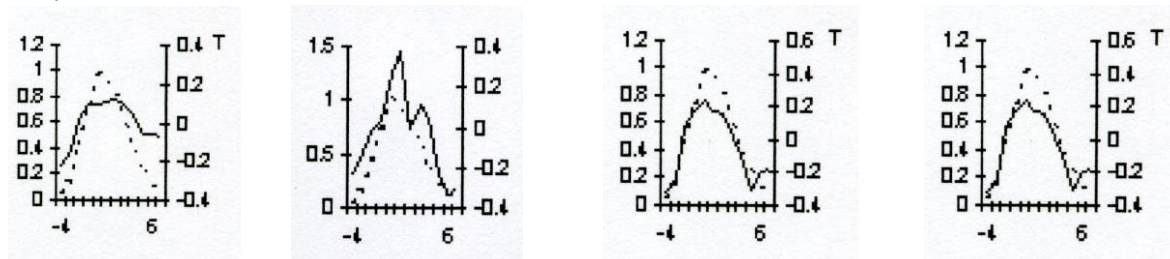
Резултатите от анализа на приземните температури на въздуха по годишни сезони по метода на съпоставяне на епохите са представени на Фиг. 2. Може да се види, че максимумите на кривите на средногодишните температури за двете климатични станции (п. Снежанка и п. Ухловица) са отместени спрямо максимумите на числото на Волф с четири години. При

преместване на кривите една спрямо друга с 2 – 3 години се получават значими коефициенти на корелация (виж Табл. 1).



Фиг. 2 Нормирани вариации на годишните температури Т (плътната линия) и числото на Волф (пунктирната линия) за пещерите Снежанка и Ухловица

Анализа на вариациите на индекса на температурите през лятото и есента предполага, че най-високите температури в тези сезони за двете станции се наблюдават в епохата на максимум на слънчевата активност (вж Фиг. 3). Най – високите и значими коефициенти на корелация се получават именно за летните и есенни сезони.



Есен п. Снежанка

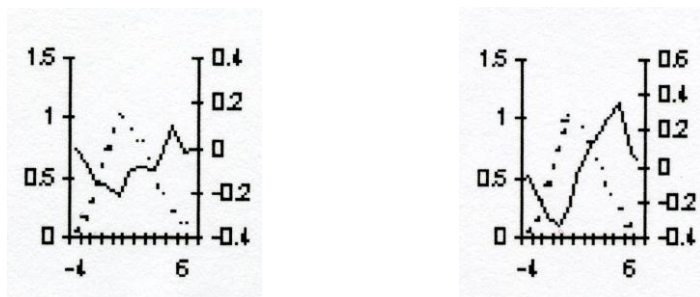
Лято п. Снежанка

Есен п. Ухловица

Лято п. Ухловица

Фиг. 3 Нормирани вариации на сезонни температури Т (плътната линия) и числото на Волф (пунктирната линия) за пещерите Снежанка (лято и есен) и Ухловица (лято и есен)

През пролетта за територията на двете пещери може да се отбележи понижаване на температурите по време на фазата на увеличаване на слънчевата активност (СА) и повишаване – по време на фазата на намаляване на СА (вж Фиг. 4).



Сезон Пролет п. Снежанка

Сезон Пролет п. Ухловица

Фиг. 4 Нормирани вариации на сезонни температури Т (плътната линия) и числото на Волф (пунктирната линия) за пещерите Снежанка (пролет) и Ухловица (пролет). Наблюдава се

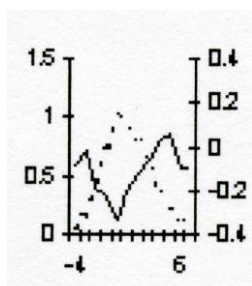
понижаване на температурите по време на фазата на увеличаване на слънчевата активност (СА) и повишаване – по време на фазата на намаляване на СА.

За територията на п. Ухловица при преместването на температурната крива с три години спрямо кривата на слънчевата активност, се получава изключително висок коефициент на корелация (виж Таблица 1).

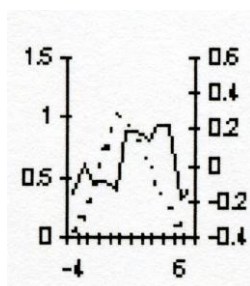
	п. Снежанка	п. Снежанка	п. Ухловица	п. Ухловица
Сезон	R	p	R	p
Годишни	0.34	-	0.42	-
Преместване с 2 год.	-	-	0.92	99%
Преместване с 3 год.	0.96	99%	0.86	99%
Зима	-0.77	98%	0.31	-
Преместване с 2 год.	-	98%	0.84	99%
Пролет	-0.75	98%	-0.31	-
Преместване с 3 год.	-	-	0.95	99%
Лято	0.88	99%	0.65	96%
Есен	0.85	99%	0.95	99%

Най-противоречиви са слънчево-земните връзки през зимата (виж Фиг. 5). Ако за станцията пред п. Снежанка може да се предположи, че най-студените зими съответстват на епохата на максимум на слънчевата активност, то за п. Ухловица това не се потвърждава. При това трябва да се отбележи, че положителни корелации между слънчевата активност и средно зимните температури се наблюдават при преместване на кривите с две години. Въпроса за причината за такива различия остава открит.

Таблица 1. Коефициенти на корелация R между вариациите на температурите и числото на Волф, както и тяхната достоверност p



Сезон Зима п. Снежанка



Сезон Зима п. Ухловица

Фиг. 5 Нормирани вариации на сезонни температури T (плътната линия) и числото на Волф (пунктирната линия) за пещерите Снежанка (зима) и Ухловица (зима). Най-противоречиви са данните за слънчево-земните връзки през зимата за двете пещери.

Изводи

1. В работата е показано, че съществува положителна корелация между отклоненията на средногодишните, летни и есенни температури и слънчевата активност при западна фаза на квазидвугодишните вариации. За години с източна фаза на квазидвугодишните вариации корелацията практически отсъства във всеки годишен сезон.

2. Средногодишните температури на територията на пещерите Снежанка и Ухловица, намиращи се на различна надморска височина в планината Родопи, България достигат своя максимум 4 години след максимума на слънчевата активност.

3. Характера на вариациите на приземната температура на въздуха около входовете на двете пещери се променя в зависимост от годишните сезони. Резултатите от анализа направен чрез метода на съпоставяне на епохите позволява да се предположи, че в епохите на максимум на слънчевата активност през лятото и есента в локалните територии около пещерите се регистрират най-високите температури в сравнение с епохите на минимум.

4. През зимата и пролетта се наблюдават отрицателни корелации между стойностите на температурите и числото на Волф.

References:

1. Avdyushin S.I., Danilov A.D. Sun, weather and climate: today's perspective on the problem. (Review) // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2000. Vol. 40, No. 5. P.3-14. Avdyushin S., Danilov A., Solnce, pogoda
2. Vitels L.A. Synoptic meteorology and heliogeophysics. L.: Gidrometeoizdat, 1977.p.255
3. Vitinsky Yu.I., Ol A.I., Sazonov B.I. Sun and Earth's atmosphere. L.: Gidrometeoizdat, 1976.351 p.
4. Herman J.R., Goldberg R.A. Sun, weather, climate. L.: Gidrometeoizdat, 1981.319 p.
5. Pudovkin M.I., Lyublich A.A. Manifestation of solar and magnetic activity cycles in air temperature variations in Leningrad // *Geomagnetism and Aeronomy*. 1989. Vol. 29, No. 3. S.359-363.
6. Pudovkin M.I., Morozova A.L. 11-year climate variations in Switzerland from 1700 to 1989 and solar activity // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2000. T. 40, No. 3. S.3-8.
7. Chistyakov V.F. Solar cycles and climate fluctuations. Vladivostok: Dalnauka, 1997. (Tr. UAFO; Vol. 1, issue 1). 154 s
8. Yugov V.A., Nikolashkin S.V., Ignatiev V.M. Relationship of the temperature of the subauroral lower thermosphere with solar activity and phases of quasi-biennial oscillations // *Geomagnetism and Aeronomy*. 1997. Vol. 37, No. 6. P.108-112.
9. Elling W., Schwentek H. No dependence of the temperature of the troposphere at Berlin on the solar activity cycle // *Sol.Phys*. 1992. V.137, N.2. P.401 - 402.