

СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ И ЕНЕРГИЙНИЯТ БАЛАНС НА ПОВЪРХНОСТТА НА ЧЕРНО И КАСПИЙСКО МОРЕТА

Ангел Манев, Веселин Ташев

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: amanev@abv.bg*

Ключови думи: *Слънце, активност, повърхност, температура, Черно, Каспийско море*

Резюме: *Проведено е изследване на чувствителността на повърхностната температура на водата на Черно и Каспийско море към промените в слънчевата радиация по време на нарастваща слънчева активност. Разгледани са два възможни варианта за контакт между слънчевата енергия и повърхността на моретата. Анализирани са само възможните ситуации за такъв тип изследвания в период от 14 години. Използвани са сателитни данни от радиометъра AVHR за NOAA. Обсъждат се възможните причини за различната точност на резултатите.*

SOLAR ACTIVITY AND TEMPERATURE BALANCE ON THE SURFACE OF THE BLACK AND CASPIAN SEAS

Angel Manev, Veselin Tashev

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: amanev@abv.bg*

Keywords: *solar, activity, surface, temperature, Black, Caspian, sea*

Abstract: *A study of the sensitivity of the water surface temperature of the Black and Caspian Sea to changes in solar radiation during increasing solar activity was conducted. Two possible options for contact between solar energy and the surface of the seas are considered. Only the possible situations for this type of research in a period of 14 years have been analyzed. Satellite data from the radiometer AVHR for NOAA were used. The possible reasons for the different accuracy of the results are discussed.*

Черно и Каспийско морета са затворени континентални морета с всички условия за консервативност на хидро-динамичните характеристики на водите им. Двете морета са отделени от океаните и в акваторията им няма значителен приток на външни води. Стокът се осъществява предимно за сметка на втичащите се сладки води от прилежащите им водосборни зони. Басейните са сравнително големи и затворени без да има условия за хоризонтален пренос на водни маси между райони с много различни синоптични условия. Поради тези си особености двете морета са много удобен полигон за изследване на Слънчево-Земните въздействия и за моделиране на енергийните процеси на повърхността на моретата и в атмосферата над тях.

Често се наблюдават краткотрайни, до 3–4 денонощия, аномални изменения на температурата на морската им повърхност. Сравнително малко са изследванията за краткотрайното въздействие на Слънчевата активност върху генерацията на такива кратки температурни аномалии. Причините са в много слабата промяна на Слънчевата константа във времето и трудната откриваемост на синхронни събития на Слънцето и повърхностите на моретата.

В настоящото изследване са използвани ежедневните температурни данни от апаратурата AVHRR на спътниковата система NOAA. При анализите се обхваща водните райони на Черно и Каспийско морета като цяло и с по пет и четири избрани целево характеристични зони. Изследван е годишния времеви период от април до октомври тъй като в

късния есеен, зимния и ранния пролетен период наличието на голяма облачност над моретата не дава възможност да се определя надеждно повърхностните температури. Периодът в който са търсени краткотрайни аномалии е 14 години от 1985 до 2005 година без 1987-ма поради липса на данни.

Изследването е проведено като на повърхностите на двете морета се анализират съответно за Черно море 5446 пикселни температури, а за Каспийско 2811 пикселни температури. Пикселната температура на всеки пиксел представлява осреднената температура, регистрирана от радиометъра, на поле с размери 9x9 km от повърхността на всяко море. Това е приблизително реална „запълненост“ на Черно и Каспийско море.

За целите на изследването са създадени пет критерия за отбор на достоверните аномалии при които едновременно се регистрират повишавания на стойностите на температурите и слънчевата радиация [2]. Изключено е влиянието на антициклоните и локалните повишавания на температурите, дължащи се на макомащабни процеси. На анализ се поставят само аномалии с продължителност до 3–5 денонощия. За всяка аномалия се изследва градиента на нарастване на температурата, нейния максимум и последвалия спад. Общият брой изследвани аномалии е 720. В този брой се включват и всички аномалии, които възникват на повърхността и на характеристичните зони.

След първият етап, когато се определят видимите краткотрайни аномалии, е проведен бинарен корелационен анализ за отделяне само на тези аномалии при които съществува значима корелация между температурния ход на двете морета и на всяко море с временния ред от стойностите на радиацията, регистрирана в диапазон около 10.7 cm. Внимателният анализ определя само три аномалии за които може да се твърди, че отговарят на условията едновременно да се наблюдават и на двете морета и в същото време Слънчевата активност да нараства [2].

В Таблица 1 са представени два вида експериментални резултати. Първо са показани бинарните корелационни коефициенти между за изменението на температурите на Черно и Каспийско морета, после за всяко море и Слънчевата активност. Високите корелационни коефициенти, по-големи от 0.7 гарантират наличието на надеждни аномалии.

Таблица 1

Дата	Корелации			C _{A10.7} [10 ⁻²² Wm ⁻² Hz ⁻¹]	ΔC _{A10.7} [10 ⁻²² Wm ⁻² Hz ⁻¹]	C _A [W.m ⁻²]	ΔC _A [W.m ⁻²]
	Ч-К	СА-Ч	СА-К				
12.08.91	0.999	0.923	0.909	146.8	8.2 (5.5%)	1361.940	0.809 (0.059%)
09.08.93	0.910	0.976	0.799	96.5	5.6 (5.8%)	1360.984	0.259 (0.019%)
20.06.99	0.749	0.705	0.998	151.5	12.7 (8.4%)	1361.670	0.063 (0.005%)
					8.83 (6.6%)		0.376 (0.027%)

В последните четири колони на Таблица 1 са показани максималните стойности на регистрираната радиация в диапазона 10.7 cm [6] и тоталната стойност на Слънчевата константа [5], със съответните им изменения спрямо предходния на максимума на аномалията ден. Тоталната слънчева радиация се променя, в рамките на първия ден на аномалиите, в рамките на 0.03%, което е крайно малко за съществени въздействия върху инертни обекти. В същото време радиацията, регистрирана в диапазона 10.7 cm варира около 6.6%. По-голямата изменчивост на радиацията 10.7 cm дава възможност по-детайлно да се регистрира и изследва Слънчевото въздействие.

Откритите три денонощия, които отговарят на условията за наличие на температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско морета, са удобни за моделиране на енергийния баланс на повърхността на моретата само ако атмосферните процеси над тях са хомогенни и устойчиви. За проверка на хипотезата за устойчивост и хомогенност е направено предположение, че атмосферата не влияе върху температурния баланс на повърхността. Направена е проверка за чувствителността на реакцията на моретата за активното въздействие на слънчевата радиация. За целта коефициентът на реакция е пресметнат според два възможни модела на взаимодействие. Първият модел предполага енергиен баланс, пресметнат по формулата [1]:

$$(1) \quad L_0 = \delta \sigma T_e^4$$

където:

- $L_0=239.2 \text{ W/m}^2$ е радиационната енергия приета от земната повърхност;

- $T_e = 2580\text{K}$ е ефективната температура на излъчване на земната повърхност;
 - σ е константата на Стефан-Болцман;
 - δ е коефициентът на чернота на земната повърхност.
- Диференцирайки (1) и после разделяйки го с резултатното уравнение се получава:

$$\text{или :} \quad dT_e = \frac{T_e}{4 \times L_0} dL_0$$

$$\frac{dT_e}{dL_0} = \frac{T_e}{4 \times L_0} = \beta$$

Величината β представлява чувствителността на температурата на земната повърхност без атмосферата към изменението на слънчевата радиация“ е равна на 0.27 K.W-1.m^2 . Тази стойност на β означава, че при повишаване на слънчевата радиация с 1% повърхността на Земята ще се увеличи с 0.650C . Наличието на атмосфера увеличава равновесната температура на повърхността и затова Международният комитет по изменението на климата препоръчва да се използва за стойността 0.625 K.W-1.m^2 [3]. Тогава на промяна с 1% на слънчевата константа повърхността ще отговори с промяна на температурата си с 1°C . Такава връзка на промяната на слънчевата константа, непосредствено свързана със слънчевата активност, с равновесната земна температура е крайно недостатъчно за да предизвика измененията които се наблюдават в енергийната климатична система на Земята.

При Вторият модел за оценка на енергийния баланс [4], може да се приложи упростен модел при който съществува баланс между постъпващата от Слънцето инфрачервена енергия и излъчената от земната повърхност и преминала през атмосферата инфрачервена енергия в близък спектрален диапазон [7]:

$$(2) \quad \frac{S \times (1 - A)}{4} = \left(1 - \frac{\epsilon}{2}\right) \times \sigma \times T_s^4$$

където:

- S е тоталната слънчева радиация достигнала до горната част на земната атмосфера, наричана „слънчева константа“;
- A е албедото на Земята.
- T_s е температурата на земната повърхност;
- σ е константата на Стефан-Болцман;
- ϵ е дълговълновата излъчвателна способност на атмосферата;

Диференцирайки (2) и извършвайки преобразувания получава:

$$(3) \quad \frac{dT_s}{dS} = \frac{(1 - A)}{16 \times \left(1 - \frac{\epsilon}{2}\right) \times \sigma \times T_s^3} - \frac{dA}{16 \times \left(1 - \frac{\epsilon}{2}\right) \times \sigma \times T_s^3} \times \frac{S}{dS} + \frac{\sigma \times T_s^4}{8 \times \left(1 - \frac{\epsilon}{2}\right)} \times \frac{d\epsilon}{dS}$$

Първото събираемо в уравнение (3) е свързано с изменението на Слънчевата константа, второто с изменението на Албедото на Земята, или атмосферната абсорбция а третия член е свързан с изменението на излъчвателна способност на земната повърхност. Такива промени могат да настъпят в следствие на промяна на концентрацията на CO_2 (или други парникови газове), промяна в концентрацията на водните пари в атмосферата или промяна в облачната покривка на Земята.

Промяната на Земното алbedo в рамките на 2–3 денонощия е незначителна и затова може да се пренебрегне в уравнение (3). Тогава директно измерваното отношение dT_s / dS може да участва в различни моделирания, свързани с промяната в състоянието на земната атмосфера в рамките на 2–3 денонощия, повлияни от промените в Слънчевата константа (отношението dT_s / dS).

Резултатите от двата модела са показани в Таблица 2.

Дата	Каспийско море				Черно море			
	T _{max} [C°]	ΔT [C°]	β	ΔT/ΔC _A	T _{max} [C°]	ΔT [C°]	β	ΔT/ΔC _A
12.08.91	26.39	0.270	0.03263	0,045861	26.77	0.325	0.03963	0,045683
09.08.93	26.82	0.276	0.04928	0,045664	25.23	0.293	0.05232	0,046396
20.06.99	23.74	0.480	0.03779	0,047100	23.88	0.420	0.03307	0,047032
			0.04000	0,046208			0.04163	0,046370

В Таблица 2 са показани резултатите от изчисляването на коефициента β и съответното му отношение $\Delta T/\Delta C_A$ според модела на Kravitz [4].

В колоната за $\Delta T/\Delta C_A$ са показани резултати при предположение, че са изключени влиянията на атмосферните газове и промените в излъчвателната способност на атмосферата – изключени са двете последни събираеми в пълното уравнение (3). Получените резултати са близки, независимо, че при пресмятането на β в първия случай се изключва влиянието на атмосферата още в самото начало на разсъжденията, а при пресмятането на отношението $\Delta T_s/\Delta S$ участието на характеристики на атмосферата се изключват влиянието на парниковите газове и аерозолите. Този резултат указва на близки до идеалните атмосферни условия за поставяне на експеримент за точното определяне на отношението $\Delta T_s/\Delta S$ за посочените дати, като се прилагат различни атмосферни модели.

Систематичното отклонение на получените стойности за β и за $\Delta T_s/\Delta S$, спрямо обикновено цитираните в литературата реакции на земната повърхност на измененията на слънчевата радиация, се дължат на реалното участие на атмосферата при транспортирането на слънчевата енергия до повърхността на морето. Обикновено при пресмятанятия на тези две величини се използват идеализирани атмосферни условия, докато в настоящото изследване стойностите на температурите и нивото на радиацията са реално регистрирани и достатъчно конкретни за да се продължат изследванията в тази област..

От друга страна близостта на стойностите на температурната реакция на Черно и Каспийско морета, при повишаващата се слънчева активност, указва на правилността посочените дати да се използват за прилагане на различни атмосферни модели. По този начин, на тези дати, Черно море се явява удобен полигон за изследването и на слънчево-земните въздействия. На посочените дати атмосферните условия са хомогенни и устойчиви. Те са еднакви и над двете морета и ситуацияите могат да се използват за количествени оценки на енергийния баланс на двете морета. Коефициентът на чувствителност може да бъде пресметнат по реални полеви данни.

Литература:

1. Жеребцов, Г. А., Влияние солнечной активности на температуру тропосферы и поверхности океана, *Изв. Иркутского государственного университета*, Серия «Науки о Земле» 2013. Т. 6, № 1. С. 61–79, УДК 551.58:551.590.21.
2. Манев, А., Ташев В., Сезонни характеристики на температурата на морската повърхност на Черно и Каспийско морета, Сборник от доклади на годишна научна конференция на НВУ „Васил Левски“, 30.06-01.07 2022, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISSN 2367-7481
Монин А.С., Шишков Ю.А. Климат как проблема физики // *Успехи физ. наук.* 2000. Т. 170, № 4. С. 419–445.
3. Intergovernmental Panel on climate change. *Climate change*. – Cambridge University Press, 1995.
4. Kravitz, P. Rasch, +16 authors Jinho Yoon, The climate effects of increasing ocean albedo: an idealized representation of solar geoengineering, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Environmental Science, Published 12 September 2018, pp.13097–13113, DOI:10.5194/ACP-18-13097-2018 Corpus ID: 44108327
5. National Geophysical Data Center, Solar Data Service, Sun, solar activity and upper atmo-sphere data, 2013, <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/solar/solardataservices.html>.
6. <http://www.wdcb.ru/stp/data/solar.act/flux10.7/daily/>