

## ГЕОФИЗИЧНИ УСЛОВИЯ ПРИ ВЪЗНИКВАНЕТО НА ТЕМПЕРАТУРНИ АНОМАЛИИ НА ПОВЪРХНОСТТА НА ЧЕРНО МОРЕ

Ангел Манев<sup>1</sup>, Любомира Янкова<sup>1</sup>, Мирослав Костов<sup>2</sup>, Веселин Ташев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

<sup>2</sup>Астрономическа Обсерватория „ЮРИЙ ГАГАРИН“ гр.Стара Загора

e-mail: amanev@abv.bg

**Ключови думи:** температура, аномалии, спътник, Черно море

**Резюме:** В настоящата статия се изследват краткосрочните температурни аномалии на морската повърхност на Черно море за периода 1988-1999 години. Изследването се основава на ежедневни сателитни данни за температурни зони. Разглеждат се някои геофизични особености на възникването на краткосрочните аномалии на повърхността.

## GEOPHYSICAL CONDITIONS IN THE FORMATION OF TEMPERATURE ANOMALIES OF THE BLACK SEA

Angel Manev<sup>1</sup>, Lyubomira Yankova<sup>1</sup>, Miroslav Kostov<sup>2</sup>, Veselin Tashev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

<sup>2</sup>Yuri Gagarin Astronomical Observatory Stara Zagora

e-mail: amanev@abv.bg

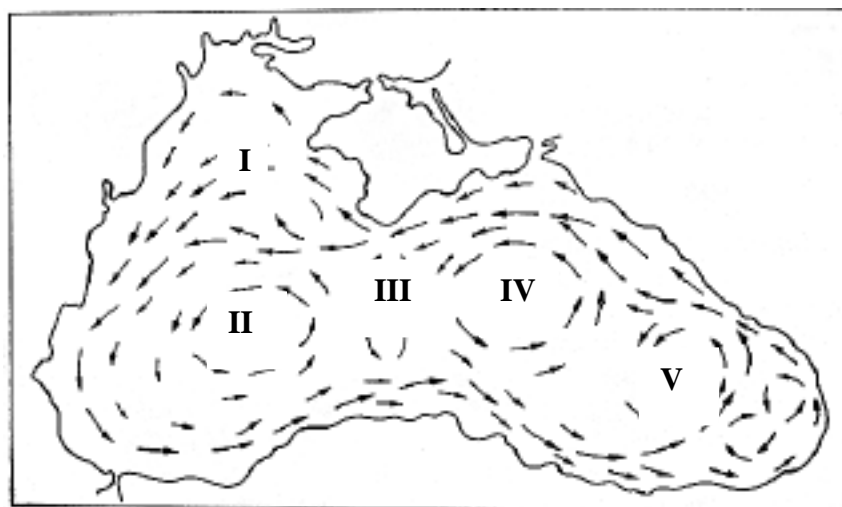
**Keywords:** temperature, anomaly, satellite, Black Sea

**Abstract:** This article explores the short-term temperature anomalies of the Black Sea surface for the period 1988-1999 years. The study is based on daily satellite data for temperature zones. Some geophysical features of the occurrence of short-term surface anomalies are considered

Температурните аномалии на повърхността на Черно море имат пространствени и времеви характеристики. Детайлното им изследване стана възможно едва след прилагането на спътниковите методи за дистанционно изследване на Земята след 1980 година. Комбинирането на ежедневни инфрачервени температурни карти на цялата повърхност на морето с данните за геофизичната обстановка около и над морето дава възможност да се изследва генезиса на възникването на аномалиите. Вече е възможно да се оценят степените на влияние на различни фактори върху повърхността на морето и да се анализират слънчево-земните въздействия при възникването на кратковременни температурни аномалии. Изследването на връзката между динамиката на слънчевата активност и температурните процеси на Земята включва изследване на краткосрочните, до 10 дни, повишавания и спад на температурите на повърхността както на целия басейн, така и на отделни участъци от него.

За основа на настоящото изследване са използвани данни от спътниковата система NOAA [7] за температурно картиране на водните повърхности на Земята. Параметрите на данните са следните : пространствена разделителна способност на спътниковите данни 9X9 км, времево отстояние – едно денонощие между две «температурни» снимки на една и съща повърхност. Точност на абсолютните температури – не по-лоша от 0.5<sup>o</sup> C след процедури за възстановяване на полетата [5]. За целите на изследването са избрани 5 характеристични зони на повърхността на Черно море показани на фиг.1. Размерът на всяка от зоните е 117x117 км. Първата зона се характеризира с плитководие и голям приток на сладководни води от реките Днепър и Дунав. Втората и четвъртата зони са в центъра на циклоналните вихри на

повърхността на водата. Третата зона е междинна и се очаква там да се наблюдават по-динамични процеси в сравнение с другите зони. Петата зона е дълбоководната зона, в която също се формира стабилен циклонален вихър.



Фиг. 1

Времевия период от 1.05 до 20.10 е разделен на 17 интервала от по 10 дни всеки. Така е получено хистограмното разпределение на аномалиите във всеки от десетдневните интервали за всяка зона и за целия басейн.. Разпределението на аномалиите за цялата акватория на морето е показано, като пример за характера на хистограмите, на фигура 2. През целият изследван период, броят на аномалиите с продължителност до 10 денонощия е следния: I зона - 84, II зона - 99, III зона - 126, IV зона - 119, V зона - 119. Върху графиките с хода на температурата на цялата акватория могат да се локализируют 51. По малкият брой, регистрирани аномалии на цялата повърхност се обяснява със замазващия ефект на осредняването. При анализа на зоните се осредняват само 169 пикселови стойности, докато при цялата акватория осредняването се прави по около 8000 точки. Така върху , чистите от влиянието на крайбрежните полета, изследвани 5 зони, се налага въздействието и на сушата, и като плитководие, и като метеорологичен фактор.

Разпределението на аномалиите има характерни особености за които може да се съди по най-близките регресионни криви на появата им във времето. Изследването на регресионния коефициент  $r^2$  при различни регресионни зависимости за зоните и цялата акватория е показано в Таблица 2.

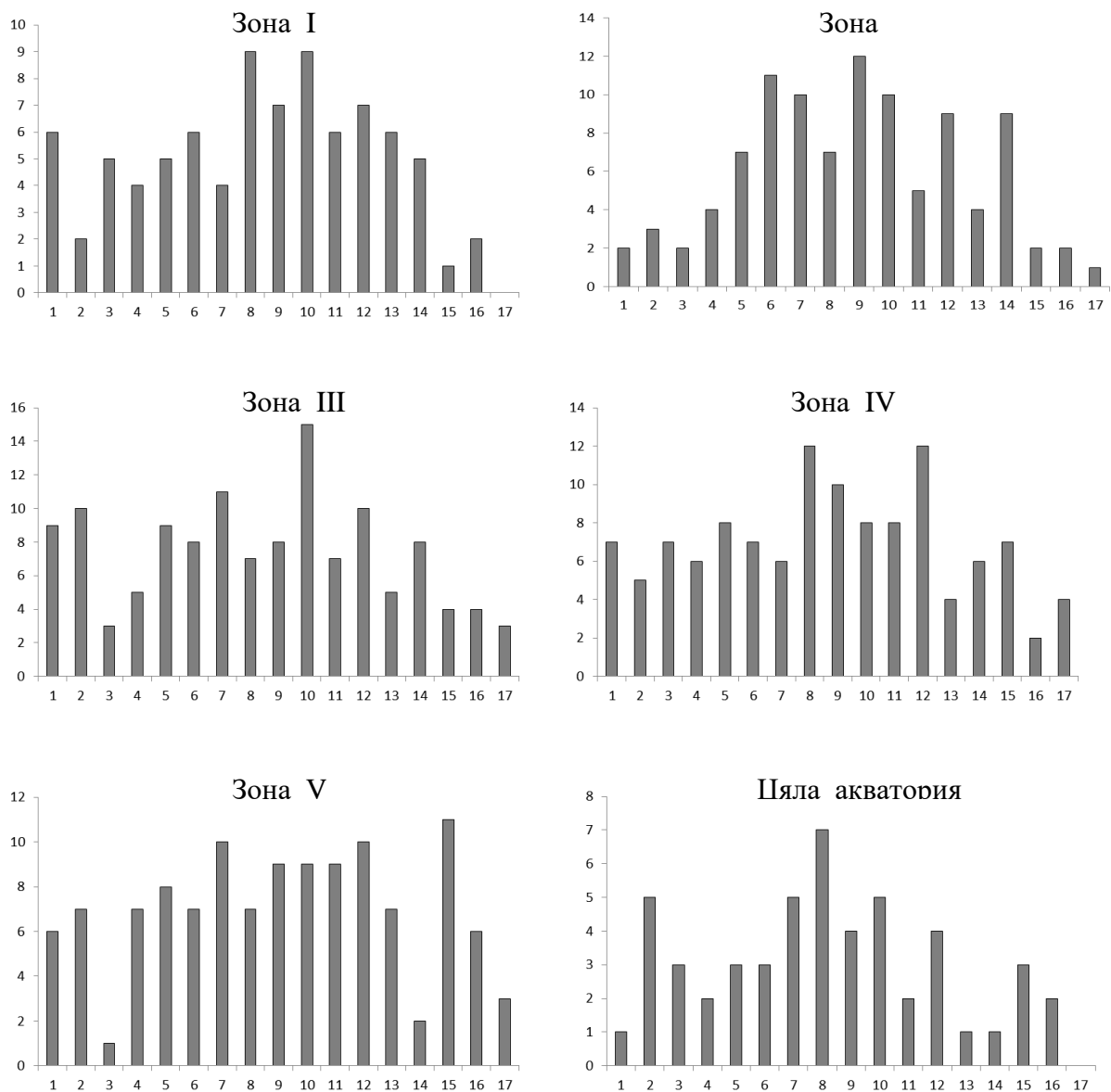
Таблица 1

| Зона \ формула | Линейна | Квадратична  | Кубична      |
|----------------|---------|--------------|--------------|
| I              | 0.073   | 0.583        | <b>0.698</b> |
| II             | 0.003   | <b>0.663</b> | <b>0.664</b> |
| III            | 0.090   | 0.300        | 0.382        |
| IV             | 0.046   | 0.415        | 0.446        |
| V              | 0.002   | 0.259        | 0.228        |
| Цяла акватория | 0.100   | 0.408        | 0.415        |

Интерпретацията на регресионния коефициент  $r^2$  е следната [4] :  $0.95 < r$  – голяма точност на апроксимацията ,  $0.80 < r < 0.95$  - задоволителна апроксимация,  $0.60 < r < 0.8$  - проблемна апроксимация,  $r < 0.6$  - недостатъчно адекватна апроксимация.

От Таблица 1 се вижда, че вида на разпределението на аномалиите може да се оподоби на квадратично или кубично. Линейната динамика явно се отхвърля от анализа. Квадратична и кубична апроксимация се регистрира само в I и II зони. Там възникването на аномалиите във времето ще има камбановидна форма с връх на камбаната около средата на изследвания период – средата на лятото. Такова разпределение е очаквано с оглед годишния ход на температурите на повърхността на морето – той е подобен и е с максимум около средата на лятото.

Интерес представлява наличието на стабилен локален максимум, в появата на аномалии, в 12-ти времеви период във всички зони. Това е времето между 18 и 28 юли.



Фиг. 2

В Таблица 2 е показана стойността на корелационният коефициент на Пирсън за паралелност в динамиката на появата на аномалии за петте зони и за цялата акватория.

Таблица 2

|                | I            | II           | III          | IV           | V     | Цяла акватория |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|----------------|
| I              | 1            | <b>0.631</b> | <b>0.544</b> | <b>0.701</b> | 0.200 | 0.452          |
| II             | <b>0.631</b> | 1            | <b>0.657</b> | <b>0.535</b> | 0.367 | 0.468          |
| III            | <b>0.544</b> | <b>0.657</b> | 1            | 0.384        | 0.452 | <b>0.521</b>   |
| IV             | <b>0.707</b> | <b>0.535</b> | 0.384        | 1            | 0.379 | <b>0.591</b>   |
| V              | 0.200        | 0.367        | 0.452        | 0.379        | 1     | 0.461          |
| Цяла акватория | 0.452        | 0.468        | <b>0.521</b> | <b>0.591</b> | 0.461 | 1              |

Интерпретацията на коефициента на Пирсън е следната [1]:  $0.90 < r$  - много голяма корелация,  $0.70 < r < 0.90$  - висока корелация,  $0.50 < r < 0.70$  - средна корелация,  $0.20 < r < 0.50$  - слаба корелация,  $r < 0.20$  - много слаба корелация.

От матрицата е видно, че не съществува корелация, или тя е много слаба между възникването на аномалии в V-та зона и останалите зони на морето. Причината най-вероятно е

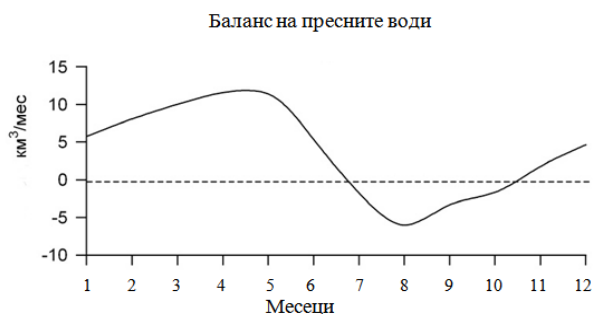
в отдалечеността на зона V от зона I и подложеността им на различни метеорологични процеси. Което не означава, че е задължително механизмите за възникването на аномалиите да са различни за зони I, от една страна, и зона V от друга. Ако се предположи, че съществува глобална причина за възникването на температурните аномалии, е необходимо да се разгледат причините за ниската корелация на V зона с останалите зони. Това ще бъдат най-вероятно климатично обособени местни фактори в южната част на морето.

Корелация се наблюдава при развитието на аномалиите в I, II и III зони, това е Източното и Централно черноморие. В динамичната III зона възникването на аномалии не може да се свърже с това в съседната и IV зона. Първата причина за тези особености може да се потърси в наличието на сладководния приток на води в Източното черноморие.

На фигурите от 3 до 7 е показан ходът на основните хидро метеорологически и енергийни процеси, които могат да влияят върху генезиса на температурните аномалии [2,3]. А в Таблица 3 са корелационните коефициенти между всеки един от тези формиращи елементи и наличието на аномалии във всяка една от петте области и цялата акватория.



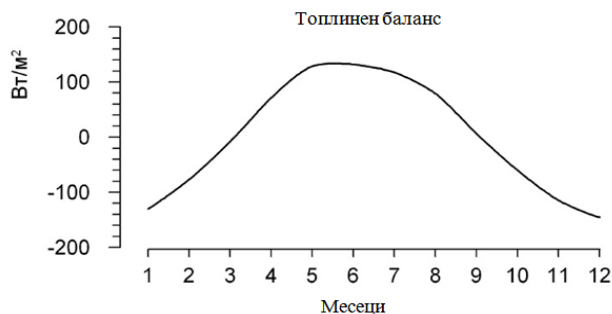
Фиг. 3



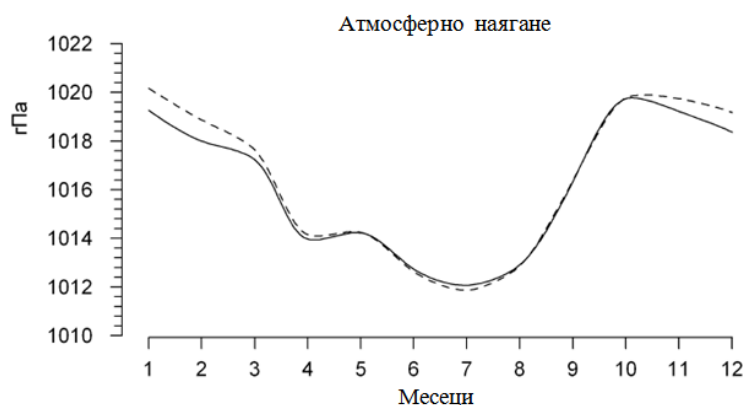
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

Топлинният баланс е представен със сезонния ход на скоростта на изменение на топлосъдържанието на слоя от 0 до 100 м от повърхността на морето. Сезонният ход на приземното атмосферно налягане над Черно море е построен на базата на синоптични карти и

спътникови данни (пунктираната линия) за периода от 1961 до 1990 години и включва годините през които се анализират аномалиите. Водният баланс и елементите му са определени пак за период до 1991г. [3,6]. Сезонният сток на прясна вода от реките Дунав и Днепър е определен на наблюденията от 1950 до 2000 година.

Таблица 3

|                                | I             | II            | III    | IV           | V      | Цяла акватория |
|--------------------------------|---------------|---------------|--------|--------------|--------|----------------|
| <b>Топлинен баланс</b>         | <b>0.714</b>  | <b>0.818</b>  | 0.472  | <b>0.614</b> | 0.536  | 0.542          |
| <b>Атмосферно налягане</b>     | -0.130        | -0.246        | -0.165 | -0.169       | -0.016 | -0.467         |
| <b>Баланс на пресните води</b> | 0.420         | 0.091         | 0.186  | 0.145        | 0.133  | -0.056         |
| <b>Валежи</b>                  | <b>-0.780</b> | <b>-0.636</b> | -0.563 | -0.595       | -0.520 | -0.288         |
| <b>Испарение</b>               | 0.130         | 0.246         | 0.165  | 0.169        | 0.016  | -0.467         |
| <b>Сток на р.Дунав</b>         | 0.579         | <b>0.659</b>  | 0.495  | 0.531        | 0.379  | <b>0.635</b>   |
| <b>Сток на р.Днепър</b>        | 0.182         | 0.292         | 0.202  | 0.232        | 0.086  | 0.517          |

Когато се анализират параметрите, които могат да влияят на температурните аномалии е коректно да се съпоставят с данните за цялата акватория на морето, защото факторите в Таблица 3 са осреднени за цялото море. Въпреки това изложените данни в Таблица 3 за петте зони може да даде не толкова количествена оценка, колкото да подсказва наличието на тенденции за влиянието на параметрите върху аномалиите територията на морето. Основните геофизични фактори, характеризиращи повърхността на морето, са топлинния баланс, приземното атмосферно налягане и водния баланс на водите в морето. Корелационните коефициенти при съпоставката на генезиса на аномалиите, проявили се на цялата акватория на морето, със сезонното изменение на тези три фактора са недостатъчни за да се твърди, че има надеждно регистрирана корелация. Единствено при топлинния баланс може да се говори за евентуална средна корелация на границата с нищожна корелация  $r = 0.542$ .

Разпределението на резултатния топлинен баланс има съществена особеност – средно за годината морето получава топлина в южната си част а я отдава в северната. Цялата западна част на морето има отрицателен температурен баланс. Точно този пренос на топлина е възможната причина за високите корелационни коефициенти за I и II зони. Той е предпоставка да се проявяват температурните аномалии, чиито генезис може да е съвсем друга причина. Тази връзка трябва да се изследва детайлно за да се оцени количественото влияние на във връзка с амплитудите на генерираните аномалии в северната част, зони I и II, и тези в зона V.

При водния баланс е естествено да се очаква, че влиянието на река Дунав ще е значително точно върху II зона. Но доколко водите на реката ще влияят на температурата на II зона е също дискуссионен въпрос, който трябва да се оцени количествено. Влиянието на другата голяма река Днепър е изключено върху възникването на температурните аномалии.

Испарението превишава валежите на по-голямата част от повърхността на Черно море, освен прибрежието на Грузия и източна Турция. Там освен падането на максимално количество атмосферни валежи, е разположена и така наречената област на минимално изпарение, обусловена от зона на слаби ветрове [3]. От друга страна изследвания период от май до октомври е период през който падат най-малко валежи над морето. Следователно средната корелация на валежите с температурните аномалии за зони I и II не може да бъде указание за причинно следствена връзка между възникването на аномалиите и валежите над морето. По-малкото валежи над зони I и II през лятото предполага повече безоблачно небе, или това е предпоставка за възникването на температурни аномалии. По този начин е възможно да се обясни средната отрицателна корелация между валежите и появата на температурните аномалии. Когато има валежи, над определени части от морето небето е облачно или не възникват аномалии в температурата на повърхността му или не могат да се регистрират.

В заключение могат да се направят следните изводи:

1. Генерацията на кратковременните температурни аномалии на повърхността на Каспийско море не могат да се свържат с процеси характеризиращи се с линейно, квадратично или кубично изменение в продължителността на края на пролетта, лятото и началото на есента.
2. Аномалиите не винаги възникват едновременно на цялата акватория на морето.е подчиняват на е еднаква и едновременна върху цялата повърхност на морето.
3. Изследваните процеси : валежи, изпарение, воден сток и динамика на атмосферното налягане на повърхността не са сред главните причини за възникването на температурните аномалии. Остава открит въпросът за връзката на динамиката на слънчевата активност, като активен фактор, за възникването на аномалиите.

#### **Литература:**

1. Ганева, З., Да преоткрием статистиката с IBM SPSS STATISTICS, 2016, Печат Елестра ЕООД, ISBN 978-619-7292-01-5
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IV. Черное море. Выпуск 1. Гидрохимические условия, Справочник, Проект Моря, Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1991. 430 стр.
3. Иванов, В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря, Севастополь 2011, с. 212, УДК 551.465 (262.5), ISBN 978-966-022-6165-5
4. Курзаева, Л. В. Регрессионный анализ в электронных таблицах// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12-7. С. 1234–1238; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11019> (валидность: 04.11.2020).
5. Манев, А., Иванов В., Райков С. Възстановяване на температурните полета на повърхността на Черно море по данни от оперативни спътникови наблюдения, "Юбилейна научна сесия 2001 "40 години от първия полет на човек в Космоса" , 12-13 април 2001г, гр, Долна Митрополия, Сб. докл. том II, стр. 186–191.
6. Симонов, А. И., Альтман Э. Н. (ред.) Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. – С.Пб: Гидрометеоиздат, 1991. – Т. 4: Черное море, вып.1. Гидрометеорологические условия. 429 с. <http://ncdc.noaa.gov>