

Ангел Петков Манев

**Краткотрайни температурни аномалии
на повърхността на затворени морски басейни
и динамиката на Слънчево-Земните връзки**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд
за присъждане на образователна и научна степен
„ДОКТОР“

научна специалност:
„Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство“

Научен ръководител: доц. д-р Алексей Стоев

София 2023

Настоящото изследване е извършено в рамките на редовна докторантура в секция „Оптични атмосферни излъчвания“ към Института за космически изследвания и технологии при Българската академия на науките (ИКИТ-БАН). Дисертационният труд е обсъден на заседание на еднократно разширен Научен семинар на секция „Оптични атмосферни излъчвания“ при ИКИТ-БАН, проведено на 28.02.2023г., и е разкрита процедура за публична защита с решение на Научния съвет на ИКИТ-БАН пред Научно жури в състав:

Вътрешни членове:

1. Чл.кор. Петър Велинов, ИКИТ БАН
2. Проф. дтн Гаро Мардиросян, ИКИТ-БАН

Външни членове:

3. Проф. Бойко Рангелов , МГУ, София
4. Проф. Заманов, ИА с НАО Рожен – БАН
5. Проф. Явор Чапанов, ИИКАВ - БАН

Дисертационният труд съдържа 191 страници, 16 таблици, 30 фигури, 145 цитирани литературни източника, от които 24 релативни публикации на автора.

Списък на използваните съкращения.....	5
Увод.....	6
Въведение.....	6
Актуалност.....	6
Предмет на изследванията	7
Цел на дисертационния труд.....	7
Задачи за изпълнението на целта	7
Глава 1 Обзор на съвременното състояние на научният проблем.....	7
1.1. Физическо взаимодействие на Слънцено с морската повърхност.....	7
1.1.1. Характеристики на Слънцето и слънчевата активност.....	7
1.1.2. Динамика на повърхнините температури на морето и други физични фактори.....	8
1.2. Спътникови системи и измервателни апаратури.....	10
1.2.1. Спътникови системи за изследване на земната повърхност.....	10
1.2.2. Трансфер, обработка и формати на спътникови данни за температурата на морската повърхност.....	11
Глава 2 Теоретични изследвания	12
2.1. Физични процеси на и над повърхността на морето.....	12
2.1.1. Повърхностни и дълбочинни процеси в морето.....	12
2.1.2. Физични характеристики на Черно и Каспийско море като полигони за изследване на слънчево-земните въздействия.....	15
2.2. Енергийни баланси, свързани със слънчевата константа и температурите на морската повърхност.....	17
2.3. Принципи на дистанционното определяне на температурата на морската повърхност.....	19
Глава 3 Методика на изследванията.....	21
3.1. Характер на използваните спътникови данни за температурата на морските повърхности	21
3.2. Регистрация и характеристики на аномалиите – етапи на обработка	22
3.2.1. Последователост на обработките – програми и стъпки на анализа.....	22
3.2.2. Характеристики на краткотрайните температурни аномалии.....	22
3.2.3. Обусловеност на контролните зони на повърхността на моретата.....	24
3.3. Характеристики на слънчевата активност и динамиката на температурата на повърхността на Черно море.....	25
3.4. Статистически особености на обработка на данните.....	26
3.4.1. Валидност на изходните данни.....	26
3.4.2. Точност на средните температури и градиентните измервания.....	27
3.4.3. Корелационни връзки.....	29
Глава 4 Експериментални изследвания	31
4.1. Характеристики на краткотрайните температурни аномалии.....	31
4.1.1 Характеристики на затворени и полузатворени морски акватории.....	31
4.1.2 Общи характеристики на краткотрайните температурни	

аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море.....	32
4.1.3 Геофизични условия при възникването на температурни аномалии на повърхността на Черно море.....	36
4.1.4 Геофизични условия при възникването на температурни аномалии на повърхността на Каспийско море.....	38
4.2. Сезонни характеристики на градиентите на нарастване на температурата на Черно и Каспийско море.....	39
4.3. Анализ на краткотрайните температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море и връзката им със слънчевата активност.....	40
Заклучение.....	44
Приноси на дисертационния труд.....	44
Благодарности.....	45
Публикации на автора, свързани с дисертационния труд.....	46
Изпалзвани литературни източници.....	49

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ

APT Analog Picture Transmission
ATN Advanced TIROS-N
AVHRR Advanced Very High Resolution Radiometer
BPSK binary phase-shift keying
CHRPT Color high-resolution picture transmissions
CNES Centre National d'Etudes Spatiales
ESA European Space Agency
ETM Enhanced Thematic Mapper
EUMETSAT European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
FTP File Transfer Protocol
GHRSSST-PO International GHRSSST Project Office
GHRSSST-PP The GODAE High Resolution Sea Surface Temperature Pilot Project
GODAE Global Ocean Data Assimilation Experiment
GOES Geostationary Operational Environmental Satellite
GOME Global Ozone Monitoring Experiment
HDF Hierarchical Data Format
HIRS High resolution Infrared Radiation Sounder
HRPT High-resolution picture transmission
JPL Jet Propulsion Laboratory
L2P Level-2 Pre-processed data product
L3 Level 3 data products
L3U Level 3 un-collated data product
L3C Level 3 collated data product
L3S Level 3 super-collated product
L4 Level 4 data product
L4(P) Level 4 Product: Model output or results from analyses of lower level data
LRPT Low-rate picture transmission
NASA National Aeronautics and Space Administration
NCEI National Centers for Environmental Information
NESDIS National Environmental Satellite, Data, and Information Service
NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration
NODC NOAA National Oceanographic Data Center (US)
PO.DAAC Physical Oceanography Distributed Active Archive Centre (US)
QPSK Quadrature phase-shift keying
RAW Сурово, цифрово изображение, което не е обработено от процесора.
RDAC Regional Data Assembly Centre
RSMAS Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami
SST Sea surface temperature
TERRA Earth Observation System
TIFF Tag Image File Format
TIROS Television Infrared Observation Satellite Program
TOMS Total Ozone Mapping Spectrometer
UTC Coordinated Universal Time

УВОД ВЪВЕДЕНИЕ

Слънчево-Земните връзки са в основата на формирането на явленията климат и метеорологично време. Тяхното изследване започва още от времето, когато древният човек е забелязал периодичността на годишната смяна на метеорологичното време. В следствие е започнал да предава опита си в земеделието от поколение на поколение, в началото устно а по-късно и писмено. Човекът е забелязал и промените в температурния режим на моретата и океаните, като следствие от греенето на Слънцето. Така се породила нуждата да се изследва точно влиянието на Слънцето върху климата на Земята.

В началото знанията за Слънцето и промените на климата са били откъслечни и непълни, работело се е на принципа на много грубата прогноза. С появата на технологиите през XIX век става възможно регистрирането на Слънчево-Земните връзки все по-точно и постоянно. Появата на спътниковите системи след 1962 година дава съвсем нови възможности за количествени оценки на енергийното въздействие на Слънцето върху Земята. Става възможно да се моделира системата Слънце-Атмосфера-Океан с все по-голяма точност, съответно да се изграждат все по-адекватни модели на динамиката на тази система. На лице са постоянни спътникови измервания на морските температури от 1984 година.

Болшинството изследвания в тази област са свързани с дългосрочните промени в интензивността на слънчевата радиация и реакциите на Атмосферата на Земята, и тази на самата и повърхност. Обикновено това са изследвания за изменението на климата на Земята и свързаността му с цикличността на промяната на слънчевата инсолация.

При дългосрочното моделиране, обикновено се осредняват и прикриват основните параметри на моделираната система. Намалява се и възможността да се изследва динамиката на краткосрочните процеси, свързани с физиката на Слънцето и Земята. Или да се изследват детайли на „Земното ехо на слънчевите бури“. Такъв детайл е чувствителността на земната температура на бързите промени в излъчената от слънцето енергия. Разбира се, моделирането на Слънчево-Земните връзки включва и промяната на атмосферните параметри.

За продължаване на изследванията в тази област са необходими няколко основни параметъра: наземен полигон на изследването, изчистена от аномалии атмосфера над полигона и адекватни наземни измервания на слънчевата радиация. Предлаганото изследване дискутира и трите изисквания за последващото моделиране.

АКТУАЛНОСТ

През последните години все повече стават актуални изследванията на процеси от рода на Глобалното затопляне, които касаят цялата планета Земя. Регистрацията на климатичните промени вече не е достатъчна за вземането на управленчески решения в областта на запазването на екологичната чистота на цялата планета Земя. Възниква все по-нарастващата необходимост да се уточняват уж постоянните константи, свързани с реакцията на наземните температури на промените в интензивността на слънчевия енергиен поток. Възниква необходимостта при физико-химичното моделиране на атмосферните процеси да се използват по-чисти откъм смущения физични ситуации. Такива „чисти“ ситуации се характеризират с подходящо избрани морски или наземни полигони, чрез които и над които да се моделира състоянието на атмосферата. Чрез отстраняването на атмосферните нехомогенности при количественото пресмятане на макро параметри като земното аблbedo и малките газове съставки. Поради всички тези причини се налага да се подберат такива ситуации за моделиране, при които е налице

пропорционална връзка между слънчевата активност и температурата на морската повърхност. Резултатът на настоящото изследване, обхващащо 14 годишен период, е откриването на няколкото денонощия, за които може да се проведат количествени изчисления за пряката връзка Слънце-Атмосфера-Земна повърхност. Изследването е чисто евристично и цели допълването на възможностите за изследване на земната реакция на слънчевите събития.

ПРЕДМЕТ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА

Предмет на настоящото изследване са Слънчево-Земните връзки в аспекта им на краткосрочното въздействие на аномалните слънчеви енергийни събития върху температурите на марските обекти на Земята.

ЦЕЛ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Цел: Изясняване на динамиката на връзката между генерацията на краткотрайните температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море и слънчевата активност.

ЗАДАЧИ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕТО НА ЦЕЛТА

1. Подбор, предварителна и първична обработка на спътникови данни от инфрачервени спектрофотометри за температурите на морската повърхност.
2. Да се изготви собствено софтуерно осигуряване на изследванията за манипулиране с два вида данни в рамките на база данни за слънчевата активност и наземните морски температури, определени чрез спътникови измервания.
3. Изследване на затворените и полу затворени морски басейни и реакциите им на преките слънчеви енергийни изменения.
4. Изграждане на критерии за откриване и определяне на краткотрайни температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море.
5. Да се изследва и локализира кратковременните температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море в периода 1985-1999г.
6. Да се определят възможните ситуации, при които се наблюдава пряка зависимост между повишаващата се слънчева активност и повишаване на температурата на моретата.
7. Да се проучат възможностите за използване на откритите температурни аномалии за количествени оценки на температурния баланс на повърхността на морето.

Глава I Обзор на съвременното състояние на научния проблем.

1.1. Физическо взаимодействие на Слънцето с морската повърхност

1.1.1. Характеристики на Слънцето и слънчевата активност.

Слънцето е единствената звезда в нашата планетарна система. Във външните слоеве на Слънцето протичат енергийните процеси, които формират електромагнитното лъчение, чрез което Слънцето въздейства върху Земята. Върху динамиката на това лъчение най-силно влияние оказват промените в магнитното поле на самото Слънце. Промените на енергийното излъчване от недрата на Слънцето и последвалите ефекти в атмосферата на Слънцето се дефинират като „слънчева активност“. В слънчевата активност се проявяват и промените в слънчевия вятър, който пренася материя и енергия през Слънчевата система.

През последните години, въз основа на развитието на спътниковата техника, се развива едно нова направление в областта на интердисциплинарните науки – Слънчевото време. Това обхваща краткосрочни изследвания на процесите, които се развиват на Слънцето и влиянието им върху различните дейности на хората на Земята.

Тези изследвания се развиват в посока краткосрочна (в рамките на няколко денонощия) прогностика на аномални явления на Слънцето, с цел прогностика на катастрофални събития на Земята. Например смущения и разпад на телекомуникационни системи, биологични реакции на човешките жизнени процеси, биодинамични промени. (*Lanzerotti L.J., 2001*), (*Boteler D. A., et al., 2019*), (*Isobe H. et al., 2022*).

Основните физически процеси на Слънцето, чрез които то въздейства върху Земята и повишава температурата и са: Факели и слънчеви петна във Фотосферата, слънчеви избухвания, Протуберанси и влакна. Изброените кратковременни енергийни излъчвания на енергия от Слънцето към Земята, са с продължителност от няколко минути до няколко седмици. По този начин се определят слънчевите процеси, които могат да предизвикат краткотрайните температурни изменения на повърхността на моретата и океаните.

Нивото на потока слънчева радиация, който достига до Земята, е основният индикатор на слънчевата активност. Количественото измерване на слънчевата активност се реализира чрез няколко индекса : брой на слънчевите петна, сумарната им площ, броят на слънчевите избухвания, площта на протуберансите, сумарната площ на слънчевите факели. Всички тези индекси се характеризират с неголямата си точност и са непригодни за точни пресмятания при моделирането на взаимодействието Слънце-Земна атмосфера и повърхност. След като е установена корелационна връзка между броя на слънчевите петна и интензивността на радио излъчването на Слънцето с дължина на вълната 10.7cm, или излъчване с честота 2800MHz, този проблем вече е решен. При малки изменения на другите слънчеви индекси, радиацията в този честотен обхват се променя в най-широк диапазон.

Ежедневните измервания на интегрираната емисия от слънчевия диск с дължина на вълната 10,7 cm се извършват от Националния изследователски съвет на Канада от 14 февруари 1947 г. и радио астрофизичната обсерватория Dominion, близо до Penticton, Британска Колумбия. Характеристиките на наблюденията са изследвани от А.Е.Ковингтън (*Covington A.E., 1969*).

1.1.2. Динамика на повърхнините температури на морето и други физични фактори

Температурата на морската повърхност е най-важната променлива характеристика на морската вода, която се използва за моделиране на взаимодействието Слънце – Океан - Атмосфера. Намирайки се на границата между океана и атмосферата, тя е от решаващо значение за състоянието и на двете системи, както и за обмен на топлина, влага, инерция и газове между тях (*Малинин В.Н. и др., 2013*), (*Bentamy Э, A., et al,2017*). Повърхностната температура на морето е един от първите параметри, които се измерват още в началото на спътниковите дистанционни изследвания на моретата и океаните.

Влиянието на чисто небесно механичните параметри на орбиталното движение на Земята около Слънцето, с въздействието на Луната и другите планети върху климатичните промени са изследвани достатъчно добре (*Миланкович М., 1939*), (*Монин А.С. и др.,2000*) и резултатите показват безспорната връзката между слънчевата активност и климатичните промени в дългосрочен план . Вариациите са в рамките на $\pm 4\%$ през годината и не се отразяват съществено върху стойността на вариациите на слънчевата константата за период от няколко дни, колкото е продължителността на температурните аномалии, предмет на настоящото изследване. Това е и причината, поради която небесно-механичните фактори не се отчитат в настоящото изследване.

Наблюдаваните краткотрайни температурни аномалии на морската им повърхност на повърхността на Черно и Каспийско море са с продължителност от порядъка на 3 до 6

денонощия (Манев А. и др., 2020с). 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. Тази особеност се забелязва едва когато се съпоставят дневните изменения на потока на слънчевата енергия, регистрираната в диапазона на около 10.7 cm с морските повърхнини температури (*International Space Science Institute*), (*World Data Center for Solar-Terrestrial*).

Съществуват възможности генерацията на краткотрайни температурни аномалии да е свързана и с други голямомащабни космически явления като:

- Различните фази на Луната и отклоненията на орбитата и спрямо средната орбита (така наречената Възходяща и Нисходяща Луна (Манев А., и др., 2006).
- Сеизмичната активност. Много слаба, но не добре изучена корелация, се забелязва при съпоставката на възникналите температурни аномалии на повърхността на Черно море и сеизмичните трусове в района на морето (¹Манев А., 2005), (²Манев А., 2005).
- Геомагнитната активност. Изследванията в тази посока не потвърждават наличието на сигурни корелационни връзки между аномалиите и геомагнитния планетарен индекс (¹Манев А., 2005).

Връзката между динамиката на слънчевата активност и появата на краткотрайни повишавания на температурата на повърхността на Черно море е изследвана през 2006г. (Манев А., и др., 2006). Изследването е проведено на базата на 46 краткотрайни аномалии в периода 1989-1999 години. Ако се сумират аномалиите, които възникват при повишаваща и намаляваща се слънчева активност се получава, че те представляват 74% от всички аномалии. Или се налага изводът, че при спокойно Слънце или при пикови стойности на активността му, рядко се появяват условия за възникването на кратковременни температурни аномалии. Такива възникват при силно изразен градиент на слънчевата активност.

Температурни аномалии на повърхността на моретата могат да възникват и поради чисто метеорологични процеси в атмосферата. В предишни изследвания са проследени възникването на температурна аномалия на повърхността на Черно море, нейната динамика по шелфовата зона на Западното Черно море и преместването и на Изток със скорост 13-17 km/h (Манев А., 2003). Дискутирани са процесите на изтъняване на озоновия слой и ролята на циклоналните и антициклонални дейност образувания в атмосферата над морето по време на аномалията. Използвайки данни и от системата TOMS е показано, че температурни аномалии могат да възникват и поради чисто земни енергийни процеси над морето. Обсъдени са ролята на облачността и наличието на аерозоли при генерацията на аномалията (Манев А., 2002). Разгледана е динамиката на атмосферата като причина за възникването на температурна аномалия (Манев А., 2004). По този начин е показано, че за целите на настоящото изследване трябва да се изследват ситуации, продължаващи няколко дни, при които над Черно и Каспийско море не се наблюдава антициклонални движения в атмосферата.

1.2. Спътникови системи и измервателни апаратури

1.2.1. Спътникови системи за изследване на земната повърхност.

Най-оптималният метод за решаване на проблемите на океана при дистанционните изследвания от космоса е използването и тематичният анализ на изображения, получени от инструментални комплекси от различни честотни обхвати, инсталирани на

космически платформи. За тази цел те са оборудвани с устройства за дистанционно наблюдение (радари, скатерометри, радиометри и оптично оборудване) и са поставени в орбити, специално предназначени за получаване на гъвкава геофизична информация, необходима за оценка на състоянието на околната среда и за проучвания на природни ресурси.

Особеностите на монтираните на спътниците апаратури и задачите, които се решават с тях, изискват специален подбор на разположението и динамиката на спътниковите системи. Съществуват два вида спътници: полярни и геостационарни. В Дисертационния труд са описани основните характеристики на двата вида спътникови системи. Показани са особеностите на пространствената и времева разделителна способност, които се постигат при двата вида спътникови платформи (*Choate M.J., et al, 2022*).

Първите изображения на Земята от Космоса в термичния инфрачервен диапазон са получени от американския метеорологичен спътник TIROS-1 през 1960-та година (*NASA The Television Infrared Observation Satellite Program*). По това време все още има съмнения за ефективността на спътниковите наблюдения на Земята. Макар, че данните, получени от сензорите на спътниците TIROS-1 и 2, се характеризират с ниска пространствена разделителна способност, за пръв път е показано, че е възможно да се използват термични данни от дистанционното наблюдение за решаване на различни метеорологични, климатични и океаноложки проблеми. С течение на времето космическите технологии за получаване на сателитни данни в температурния обхват са подобрени както по отношение на пространствената разделителна способност, така и по отношение на точността на измерваните наземни температури.

В Дисертационния труд са описани основните характеристики на следните спътникови системи за дистанционно изследване на Земята и земната повърхност от Космоса и техните апаратури, използвани за изследване на повърхнинните температури на моретата: Руска спътникова океанографска система „ОКЕАН“, Руска метеорологическа орбитална групировка „Метеор-3М“, Програма EOS на NASA, Програма LANDSAT (САЩ), GOES Европейска космическа система за дистанционно сондиране на земята ESA, Европейска космическа система за дистанционно сондиране на земята Envisat, Международна глобална система за наблюдение на океаните, Проект TOPEX/Poseidon на NASA и CNES , Проект ARGO. Описани са и основните спектрометрични системи, чрез които се получават изображения на земната повърхност за целите на океанологията и метеорологията. Основно внимание е обърнато на системата на NOAA и основните и радиометри. Описани са характеристиките и на спектрофотометъра AVHRR с помощта на който са получени температурните карти, злегли в изследването.

NOAA е спътникова система на Американската администрация по океани и атмосфера, базирана на няколко полярни и геостационални спътника (*Hall R.C., 2001*), (*NASA Comprehensive Large Array-data Stewardship System*). Системата работи от 1960г. като във времето използва различни космически апарати. Сега NOAA използва космически апарати от серията ATN (*Advanced Tiros-N*). Системата NOAA е единствената, която поддържа архив на всички наблюдения на спътниците си от 1985 година до сега. Базата данни е отворена и се попълва ежедневно (*Полонский А.Б. и др.,2007*).

Научната апаратура, монтирана на спътниците на NOAA , която се използва в океанологията, е следната (¹*Манев А., 2019*) :

1. **Радиометър AVHRR** - е предназначен да измерва температурата на сушата и морето, да наблюдава облаци, снега и ледената покривка, валежите, почвената влага и

да измерва вегетационния индекс. Радиометърът осигурява два пъти на ден изследване на почти цялата повърхност на Земята.

Разделителната способност в предметната равнина е 1x1 и 9x9 км.

Спектралните канали на AVHRR са центрирани в три инфрачервени дължини на вълната: 3.55–3.99 μm , 10.3–11.3 μm , и 11.5–12.5 μm ; един в близката инфрачервена област: 0.725–1.10 μm ; и един във видима област 0.55–0.90 μm . Двата канала, с данни за интензивността на регистрираните изображения в диапазон 10.8 μm и 12.0 μm се използват за определяне на повърхнината температура през деня. Тези два канала са най-характерното за радиометъра AVHRR.

2. Радиометър HIRS - Инфрачервен спектрофотометър с голяма разделителна способност (Zhang, B., et al., 2021). Сканира подспътниковото пространство в направление перпендикулярно на движението на спътника. Различните модификации на радиометъра предават изображения в 20 спектрални области. Данните от него се използват основно при построяването на атмосферни височинни, влажностни профили и при детайлизирането на изображенията, получени и от AVHRR (Shi L., et all, 2011) .

Данните от AVHRR представляват непосредствено регистрираната, достигнала до орбитата топлинна радиация, излъчена от повърхността на океана, претърпяла поглъщане и разсейване от атмосферата. Данните от HIRS са преди всичко данни, касаещи състоянието на атмосферата. Те позволяват да се строят атмосферни профили и да се отчита количествено влиянието на атмосферата при многоканалните методи за определяне температурата на морската повърхност. Синхронната работа на тези два радиометъра е уникална. Като се има предвид и регулярността на построяваните изображения и профили, може да се заключи, че тази система е най-добрата за изследване на температурите на морската повърхност на Земята.

1.2.2. Трансфер, обработка и формати на спътниковите данни за температурата на морската повърхност

Информацията, събрана от апаратурата на спътниците се предава на Земята или директно или пакетирани и след обработка на борда. Обемът на предаваните данни зависи от апаратното екипиране на спътника. Ограничението на телеметричните канали води до ограничаване на апаратурите, които се монтират на спътниците и техните режими на работа.

Изображенията с по-малка разделителна способност, съответно и с по-малък обем се предават на честоти 137-138 MHz в обособен аналогов формат **APT**. Този формат в последно време бе заменен с усъвършенствания аналогов формат **LRPT**. По-големият обем данни се изпраща на земята във формат **HRPT**, на честоти от гигахерцовия обхват.

Процесът на получаване на информация за космоса има стъпаловидна надграждаща се структура. Под егидата на създадения през 1981г. Комитет по спътникови наблюдения на Земята, 28 космически агенции са приели единен набор от нива на обработка на космическото заснемане. Йерархичната стандартна структура за обработка на данни от занемане на земната повърхност съдържа 4 нива, със своите под нива. Започвайки от ниво 1А, всяко следващо ниво се основава на предходното, с добавяне на определена радиометрия или геометрични трансформации. В Дисертационния труд са описани особеностите различните нива на обработка на данните.

През 1997г. в международен мащаб е създадена група GODAE (Bell M., et al., 2009), която признава нуждата от по-добри океански наблюдения и прогнози. През 2002 г. в рамките на GODAE се създава друга по-специализирана група GHRSSST-PP – Пилотен проект за справяне с възникващата нужда от по-голяма разделителна

способност на картите на повърхнинната морската температура, получени от сателитни данни. GODAE приключва през 2008 г. а GHRSSST-PP продължава като група за температура на морската повърхност с висока разделителна способност GHRSSST (*Group for High Resolution Sea Surface Temperature*).

Основната цел на GHRSSST е „да предостави, чрез международно сътрудничество най-рентабилните и ефективни научни иновации, най-качествените данни за температурата на морската повърхност за приложения в кратки, средни и десетилетни времеви интервали". Това се достига чрез разработването на система, която осигурява данни и карти с глобално покритие за SST с висока разделителна способност (по-добра от 10 km и ~ 6 часа), годни за разнообразните нужди на GHRSSST потребители и по-широката научна общност. Предлагат се ново поколение продукти за SST данни за обслужване на потребителската общност чрез комбиниране на допълнителен сателит и in situ SST наблюдения в почти реално време.

Същественото е, че GHRSSST SST продуктите с данни са с глобален обхват, съчетаващи данни, получени от множество сензори и множество сателитни платформи. GHRSSST използва разпределена система от данни които се споделят от международна група от регионални центрове за събиране на данни - RDACs. Продуктите с данни на GHRSSST от ниво L2P до нива L5 са описани в Дисертационния труд. Описани са и особеностите на нивото L4 от където са взети данните за SST в последващото изследване (*Martin M., 2011*), (²*NASA Jet Propulsion Laboratory California Institute Technology*).

Глава II Теоретични изследвания

2.1. Физични процеси на и над повърхността на морето.

2.1.1. Повърхностни и дълбочинни процеси в морето.

Има три източника, които зареждат океанската вода с енергия: Слънцето, приливо образуващите и геотермалните източници, разположени на дъното на водните басейни. Приливо образуващите сили предизвикват приливите, а геотермалните източници са с вулканичен произход. Основният най-значим източник, който захранва всички геофизични процеси това е Слънцето.

В най-горният 10-метров слой на океанската вода, съдържа повече топлина от цялата атмосфера чиято ефективна височина е 10 км. В дълбините на океана топлината е стотици пъти повече, отколкото в този горен слой, следователно дори с лека промяна в температурата на океана в атмосферата настъпват големи температурни промени. Доколкото температурата на течността е непостоянна, то тя не може да се намира в термодинамично равновесие. Следователно, може да се говори за Стратифицирана течност, при която термодинамични параметри зависят само от вертикалната координата z (нарастваща надолу), само за моментното състояние на тази течност или когато тя се намира в механично устойчиво равновесие когато не съществува пренос на топлина – конвекция.

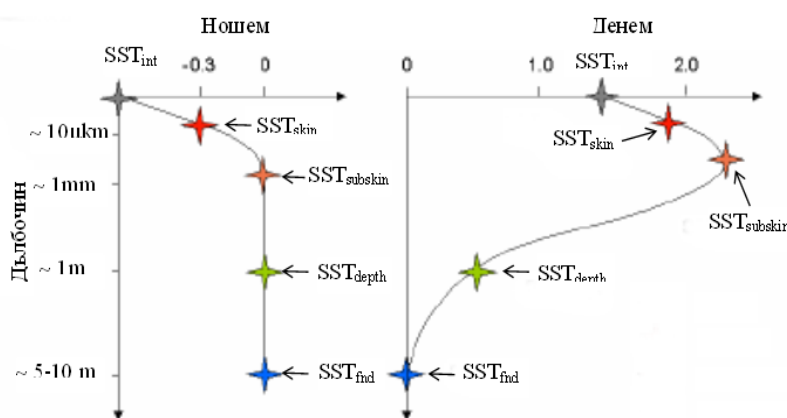
В стратифицираната морска среда се формират хоризонтални слоеви структури, които са много устойчиви във времето – до месеци, а в някои зони на океана - дори години. За да се наруши стабилността на плътностното разпределение на водите са необходими мощни външни източници на енергия. Но колкото и да са мощни тези източници, тяхната сила в най-добрия случай е достатъчна само за разбъркване на Горния квазихомогенен слой и увеличаване на дебелината му. Така се създават слоеви структури, ограничени от слоеве с голям градиент, с дебелина от няколко сантиметра до десетки метри и площ до няколко стотин километра. Тези термоклинални слоеве са

много устойчиви и даже мощни циклони, щормове и вълнения не могат да ги разрушат. На практика само в най-горният слой, наречен Горен квази еднороден слой, в рамките на до няколко десетки метра дълбочина, водата е добре разбъркан и хомогенизиран.

Многообразните видове разрушаване на стратификацията могат да се обобщят в два основни типа: „миктичен“ и „хорически“. Първият тип се предизвиква от тип, при който се издигат студени водни маси от дъното към повърхността на водоема, предизвикано от постоянни приземни ветрове – явлението „апфелинг“. Вторият тип са случаите при които водната маса променя своето местоположение и под влиянието на други съчетания на въздействия на външни фактори. Такива са случаите, при които в атмосферата се образуват низходящи въздушни потоци. При това движение на въздуха той се загрева адиабатично и представлява приток на топлинна енергия към самата повърхност на водните басейни. Обикновено това става в центъра на антициклонални образувания, които са съществен фактор при изследванията на прякото въздействие на слънчевата активност върху температурата на повърхността. В настоящото изследване от анализа са отстранени ситуациите, при които са налични вертикални и хоризонтални движения на въздушните маси.

Чрез отстраняването на земните причини, довели до повишаване на повърхностните температури се цели да се отсеят само случаите, при които краткотрайна повишена слънчева радиация директно повишава повърхностната температура на морето. Възможни са ситуации, при които температурата на повърхността на морета се повишава при намаляне на слънчевата активност. В такива случаи, в магнитосферата на Земята, се създават условия за „врата“ на космическите лъчи с висока енергия да достигнат до повърхността на Земята, да отдадат енергията си и да повишат повърхностната температура (Лонгейр М.,1983), (Hillas A.M.,1972). Тези положителни температурни аномалии не са предмет на настоящото изследване и не се дискутират по-нататък.

Общото понятие „температура на морската вода на повърхността“ не е точно и не отразява характерното разпределение на температурата на водата от границата и с атмосферата и по-надолу. На Фигура 1 е показано изменението на температурата на морската вода спрямо избраната за базова температура на дълбочина 10m (The GHRSSST-PP,2005), (Xu Li, 2018).



Фигура 1.

Дълбочинно, разностно разпределение на температурата в дълбочина.

Източник (Monaldo F., 1997).

За целите на дистанционните изследвания на океаните се въвеждат още няколко понятия, чрез които се охарактеризират специфичните качества на водата непосредствено до повърхността. Такива са обозначените на Фигура 1 температури на съответните слоеве: „SST_{int}“ – интерфейсна температура, „SST_{skin}“ – температура на много тънкия „скин“ слой, „SST_{subskin}“ – температура на „субскина“, „SST_{depth}“ – дълбочинна температура и „SST_{fn}“ – температура на големите дълбочини.

Понятието „Интерфейсна температура“ е чисто теоретично понятие и отразява температурата на водата точно на границата с атмосферата. Тази температура е хипотетична и няма практическо използване, защото не може да се измери със съществуващите технологии и определянето и става чрез прилагане на различни модели. Това е температурата на равномерната смес от газове и водни молекули точно на самата граница между въздухообразната и водната среда. При тази температура си взаимодействат въздуха и водата.

Под този слой се намира така нареченият „скин слой“. Този слой се състои от статистическа смес от вода и микро въздушни мехурчета и се формира под ципата на повърхностното налягане, на границата въздух-вода. Неговата температура се измерва с инфрачервени радиометри, работещи в диапазон на вълните с дължина 3.7-12μ. Тя представлява температурата вътре в проводящия дифузионно доминиран слой, на дълбочина до около 10-20 μm под границата въздух-вода. Температурата на този слой се определя главно от процеса на изпарение на морската вода и е със силно изразена денонощна цикличност. Тази температура се интерпретира като действителната температура на водата на много малка дълбочина - около 20 μm. Спадът на Интерфейсната температура спрямо температурата на скин слоя се дължи на абсорбирането на топлина при изпарението на водата от повърхността на границата с атмосферата.

Под скин слоя се намира ламинарен слой наречен „субскин“. Той се простира до дълбочини 1-1.5mm. За практически цели неговата температура може да се приведе към измерваната повърхнинна температура чрез микровълнови радиометри, работещи на честоти 6-10 Ghz. Но връзката не е нито директна нито инвариантна на променящите се физически условия на измерването и на средата. Температурата на субслоя представлява температурата в основата на скин слоя. Разликата между Интерфейсната температура и тази на субскина е свързана с чистия пренос на топлина през скин слоя. Самата температура на субскина е всъщност температурата на водния слой на дълбочина 1 mm.

Под „субскин“ слоя започва слой с дебелина до около 10 m, в който температурата на морската вода спада до слой в който денонощните влияния почти не се забелязват. В него температурата се измерва чрез конвенционални измервателни средства и се различава от тази, измерена дистанционно.

Основните проблеми, възникващи при обработката и интерпретацията на радиометричната информация, са проблемите за елиминиране на атмосферните смущения и проблемите с намаляването на информацията до форма, която е удобна и позната на океанолозите. Факт е, че океанолозите приемат термодинамичната температура на водата, измерена с помощта на живак или друг контактен термометър на добре дефинирана дълбочина (0.5m), като температурата на повърхностния слой на океана. Инфрачервените радиометри измерват температурата на излъчване на тънък филм с излъчваща повърхност „скин“ слой с дебелина десетки микрона. Поради изпарението на водата в този слой температурата е по-ниска от тази на дълбочините, на които може да се мери директно, контактно с термометър.

Често тази природна температурна разлика погрешно се приема за грешка в метода и се говори за ниската точност на космическата инфрачервена радиометрия. Радиометрите в космоса дават възможност да се измери температурата на радиацията на подлежащата повърхност с точност от $0,1^{\circ}\text{K}$ и тази стойност трябва да се разглежда като мярка за точност на космическите инфрачервени методи за измерване на температурата на океана. Влиянието на атмосферата и облаците може да се вземе предвид чрез калибриране на данни за измерване на местата за изпитване, както и чрез използване на специални методи за обработка на резултатите от дистанционното наблюдение, като се уточнява втория коефициент в регресионното уравнение за връзката между измерените от спътникови платформи инфрачервени излъчвания и температурата на океана.

2.1.2. Физически характеристики на Черно и Каспийско море като полигони за изследване на слънчево-земните въздействия.

Когато се правят количествени съпоставки за регистрацията на слънчевата инсолация на повърхността на морето е необходимо да са изяснени степените на влияние, които различните фактори оказват на загряването на морската вода. Един от подходите е да се усредни ежедневната температура на цялата повърхност на морето и да се изследва нейния ход, паралелно с процесите, които протичат на Слънцето. В този процес на усредняване се усредняват всички стойности на измерените пикселни температури без да се отчитат локалните особености на морския басейн. Тогава разделителната способност на измервателната апаратура не е от голямо значение, важното е да се отделят само пикселите на морската повърхност от тези на сушата. Този подход е груб и може да се използва само за приблизителни оценки. Високата разделителна способност на съвременните спектрофотометри на спътниците позволява да се използват локалните особености на изследваната област и така да се избягнат изкривявания на резултатите поради чисто хидрологични причини.

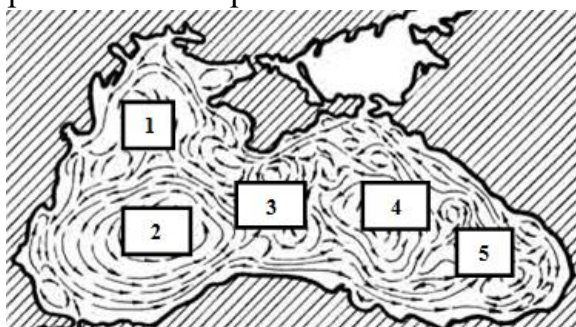
Изборът на морски басейн за полигон за изследване на слънчево-земните въздействия изисква басейнът да отговаря на няколко много важни условия, чрез отхвърляне на земни фактори, изкривяващи преките слънчево-земни въздействия. Например : 1. Не е желателно в изследвания водоем да има голям приток на сладки води от реките, тъй като това води до промяна на солеността на водата и от там до промени в температурата, породени от земни фактори. 2. Не е желателно да има голям приток на вълнини за водоема води, с обособени на друго място термодинамични характеристики. 3. Не е желателно над водоема да се формират кратковременни метеорологични прености явления, които да модифицират повърхностните температури. 4. Не е желателно и над морският басейн да присъствуват много дълго облачни структури. Така формулираните изисквания към земните фактори, естествено насочват към използването само на затворени или полу затворени морски обекти.

В почти всеки затворен морски обем възникват циклонални движения на водите, предизвикани от кориолисовите сили и/или от промяна на силни ветрови полета, над части от морската акватория. И в двата случая в центъра на циклоналните потоци се получава подем на водните маси от дъното към повърхността. Поради това повърхностната температура може да спадне локално с до $15\text{-}20^{\circ}\text{K}$ през лятото. Тези процеси могат да се отчитат само ако на повърхността на морето се изберат поредица от няколко изследвани полета, разположени в зоните с устойчива водна циркулация.

Затворените и полузатворени морски басейни на повърхността на Земята не са много: Мексикански залив, Балтийско море, Средиземно море, Черно море, Каспийско море, Червено море, Персийски залив. След обстоен анализ на посочените морета, при

прилагане на изискванията за устойчивост, посочени по-горе, единствените удобни морски басейни се оказват Черно и Каспийско море.

Географското разположение Черно и Каспийско море ги прави много удобни за изследване точно на топлинното въздействие на Слънцето върху Земята. Двете морета са разположени на средни географски ширини. Протяжността на Черно море е по паралела а на Каспийско по меридиана. И двата басейна са затворени, няма големи течения, които да пренасят водни маси от далечни зони, където атмосферните условия са силно изменени. За двете морета е проведен анализ на базата на литературни данни за: метеорологична динамика, слънчево греење и облачност и морски течения. Вътрешната циркулация на водните маси е добре изучена и може да се проследи лесно. Стокът на речни води не е толкова значим, че да влияе силно на температурните полета на повърхността на басейните. Всички тези особености на динамичните процеси над и под повърхността на Черно и Каспийско море трябва да се отчитат когато се определят контролните полета на повърхността на морето.



Фигура 2.

Формираните пет специфични зони на повърхността на Черно море.

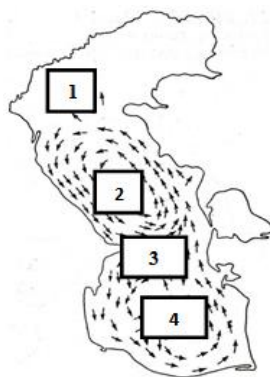
Климатичните особености на Черно море, метеорологичните условия, които формират синоптичното време и циркулационните потоци в морето позволяват да се формират пет специфични зони, далеч от бреговата ивица, показани на Фигура 2. В определените зони се отчитат дълбочинните особености на басейна и влиянието на брега, а движението на водите е изключено. Три от зоните - западна, централна и източна, се разполагат по цялото протежение на басейна от запад на изток по протежението на един и същ паралел. Една зона се определя в плитководната западна част на морето и една в дълбоководната югоизточна част.

По този начин, чрез съпоставяне на изследваните температурни полета е възможно да се отстрани въздействието на локални метеорологични явления и да се получат точни данни за топлинното въздействие на Слънцето върху морската повърхност.

Метеорологичните условия ясно очертават трите зони на Каспийско море в които те са достатъчно добре детерминирани, стабилни и добре изучени. Особеностите на циркулационните движения позволяват да се определят по една контролна зона в трите части на морето, в които е изключено влиянието на крайбрежните движения. Следователно, чрез три централни контролни зони в Каспийско море, могат се изчистят локалните земни въздействия през летния сезон и те да се използват за полигонни площадки за изследване на слънчево-земните топлинни въздействия. За северната част на морето е наложително да се оформят две контролни зони и поради плитководието на най-северната част и силното влияние на стока от река Волга. Така се формирани 4 контролни зони на повърхността на Каспийско море, показани на Фигура 3.

Метеорологичните условия в областта и на двете морета позволяват да се провеждат дистанционни измервания на температурата на морската повърхност през периода май-септември. Тогава са високи и стабилни температурите над трите области

на морето. Ниската облачност е най-малка и е възможно пряко нагриване на повърхността от Слънцето.



Фигура 3.
Контрални зони на повърхността на Каспийско море.

2.2. Енергийни баланси, свързани със слънчевата константа и температурите на морската повърхност

Много рядко, в областта на Слънчево-Земните въздействия, се правят модели за връзката точно на слънчевата константа, като отражение на слънчевата активност, и конкретни параметри от гео физиката на Земята в кратък, от порядъка на дни, времеви диапазон. Причините са няколко: Първо наличието на атмосфера, която играе много важна роля като акумулатор и преобразувател на слънчевата енергия. Второ – характерът на измерваната наземна величина.

До повърхността на Земята достига слънчева енергия, която повишава температурата и. Постъпващата на границата на атмосферата слънчева енергия търпи редица преобразувания през атмосферата докато част от нея достигне до повърхността на Земята и повишава температурата и. Относителното разпределение на постъпващата на границата на атмосферата на Земята слънчева енергия в проценти спрямо цялата късовълнова радиация (от 0.17 до 4 μm), приета за 100%, в следствие с взаимодействието и с земните фактори е показано описано в «Журнал о погоде и климат» (Метеорология, 2014). Посочените там проценти са ориентировъчни, тъй като различните автори на модели дават различни отношения, но все около посочените стойности.

Радиационният баланс на повърхността на морето се определя като разлика между потока на ефективното излъчване на повърхността и попадналата там пряка и разсеяна слънчева радиация.

В проведеното изследване са разгледани два вида енергийни баланси, които включват връзката между изменението на стойността на слънчевата константа и температурите на океанската повърхност с цел да се изясни характера на тази връзка и възможностите за определянето и така, че да може да се използва за моделирането на системата Слънце-Атмосфера-Земна повърхност.

На границата на атмосферата, за оценка на енергийния баланс, може да се приложи опростен 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 (Kravitz V., Rasch P., 2018). Отношението на изменението на земната температура dT_s към динамиката на промяната на постъпващата в атмосферата слънчева енергия dS (промяната на слънчевата константа) се изразява със следното уравнение:

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

където:

- S е тоталната слънчева радиация достигнала до горната част на земната атмосфера;

- A е албедото на Земята;

- Ts е температурата на земната повърхност;

- σ е канстантата на Стефан-Болцман;

- ε е дълговълновата излъчвателна способност на атмосферата.

Уравнение (1) свързва измеряемите величини S, dS, Ts и dTs с параметри на земната повърхност и атмосферата. В уравнение (1) почти всички компоненти от дясната страна подлежат на количествени оценки като отношението dS/S е определено от Kravitz и колектив (Kravitz B., Rasch P., 2013). По този начин става възможно да се моделира земното алbedo и дълговълновата излъчвателна способност на атмосферата при конкретните измерени стойности на S, dS, Ts и dTs.

Непосредствено на повърхността на Земята енергийният баланс е малко по-друг (Жеребцов Г.А., 2013). Ако се приеме, че достигналата до земята слънчева радиационна енергия L₀ изцяло се е погълнала от земната повърхност и после се е излъчила като излъчване на абсолютно черно тяло с температура Ts, енергийният баланс на повърхността на Земята в най-общ вид може да се запише така :

$$L_0 = \delta \sigma T_e^4 \quad (2)$$

където:

- L₀ = 239.2W/m² е радиационната енергия приета от земната повърхност;

- T_e = 258⁰K е ефективната температура на излъчване на земната повърхност;

- σ е канстантата на Стефан-Болцман;

- δ е коефициентът на чернота на земната повърхност.

Диференцирайки уравнението (2) и решавайки спрямо dT_e се получава:

$$dT_e = \frac{T_e}{4 \times L_0} dL_0 \quad (3)$$

При този опростен модел, без участието на атмосферата, изменението на земната температура е свързано линейно с изменението на слънчевата активност чрез коефициента β:

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

Величината β представлява чувствителността на температурата на земната повърхност без атмосферата към изменението на слънчевата радиация. За тази величината β Международният комитет по изменението на климата препоръчва да се използва стойността 0.625 K.W⁻¹.m⁻² (Intergovernmental Panel on climate change, 1995). По този начин, чрез измерването на и е възможно да се правят оценки за въздействието на изменението на слънчевата константа върху климата на Земята.

2.3. Принципи на инфрачервените многоканални методи за дистанционното определяне на температурата на морската повърхност.

Определянето на температурата на повърхността на океана чрез измерването на неговото собствено излъчване в инфрачервения диапазон е едно от най-развитите направления в областта на дистанционните методи. При прилагането на метода на ИЧ-

радиометрия от Космоса има и съществени проблеми, заложили от самата природа, като влиянието на атмосферата, на аерозолите, на „скин“ слоя и още няколко.

В основата на многоканалните методи на измерване за определяне на температурата на морската повърхност от спътникови платформи е заложила чувствителността на пропускателната способност на атмосферата от дължината на инфрачервеното лъчение, което преминава през нея. Теорията на двуканалния инфрачервен метод за спътниковото определяне на температурата на морската повърхност е изложена от F. Monaldo (Monaldo F., 1997).

Същността на двуканалния метод, заложен в работата на инфрачервения радиометър AVHRR на NOAA, е да се измери инфрачервената радиация, излъчена от един и същи участък от морската повърхност в два различни, умело подбрани, спектрални диапазона. Измерената от радиометъра радиация представлява сума от три вида енергийни потоци, достигнали до спътника:

1. Собствена топлинна радиация на повърхността на океана;
2. Радиация, излъчена от атмосферата;
3. Отражена от повърхността слънчева радиация.

Тези три потока се представят чрез трите члена в уравнение (4) :

$$N_m(T_m) = \tau_a \varepsilon_w N(T_s) + \varepsilon_a N(T_a) + \tau_a r_w N_{sky} \quad (4)$$

$N_m(T_m)$ - радиация, която достига до спътника;

τ_a – пропускане на атмосферата;

ε_a - излъчваща способност на повърхността на атмосферата;

ε_w - излъчваща способност на повърхността на океана;

$N(T_s)$ - радиация, излъчена от повърхността на океана при температура T_s ;

r_w - отразяваща способност на водата на повърхността на океана;

$N(T_n)$ – спускащата се от Космоса радиация;

Индексите m , s , a и sky обозначават съответно принадлежност към – радиометъра, повърхността, атмосферата и космоса.

Уравнение (4) се решава спрямо енергийния поток който се измерва от радиометъра $N_m(T_m)$, монтиран на спътниковата платформа. Правят се определени математически пресмятания като $N_m(T_m)$ се развива в ред на Тейлор и се оценява незначителността на коефициента на отражение на водата. В крайна сметка се получава универсалното уравнение (5) , свързващо температурите на морската повърхност и тази на атмосферата с температурата на лъчението което е достигнало до радиометъра.

$$T_m = \tau_a \times T_s + (1 - \tau_a) \times T_a \quad (5)$$

Това уравнение е валидно за всяка дължина на вълната. Двуканалният метод използва регистрация на радиацията постъпваща в радиометъра, в два тесни спектрални диапазона, обозначени в случая с i и j . Тогава се решава системата от две уравнения за T_s за всяка дължина на вълната. Резултат е следният, уравнение (6) :

$$T_s = T_j + \frac{1 - \tau_{ai}}{\tau_{ai} - \tau_{aj}} \times (T_i - T_j) - \frac{(1 - \tau_{ai}) \times (1 - \tau_{aj})}{\tau_{ai} - \tau_{aj}} \times (T_{ai} - T_{aj}) \quad (6)$$

Крайният резултат при направените предположения за отсъствие на облачност и измервания в надир, е :

$$T_s = a_0 T_i + a_1 \times (T_i - T_j) + a_2 \quad (7)$$

Регресионните коефициентите a_0 , a_1 и a_2 се определят чрез използването на множество емпирични данни и модели за поглъщането на водните пари в зоната, където се получава лъчението от повърхността.

Коефициентът a_0 е близък до 1, което предполага, че инфрачервената температурата, измерена във всеки един от тези канали, е близка до температурата на повърхността на морето. Температурната разлика, отразена в коефициента a_1 , прави малка корекция на тази температура за атмосферни предавателни процеси, свързана със състоянието и. Голямо влияние оказва наличието на облачност и вида на тази облачност. Коефициентът a_2 определя нивото на грешката при неправилно отчитане на “скин“ слоя.

Повечето радиометрични апаратури, включително радиометрите AVHRR, използват спектралните диапазони 10,5-11,5 μm и 11,5-12,5 μm . Основният източник на грешки на многоканалните методи е зависимостта на регресионните коефициенти от променливостта на цялата оптична дебелина в тези диапазони. Тя от своя страна е свързана с измененията на аерозолната оптична дебелина, абсорбцията на водите пари и другите парникови газове в атмосферата. Решаването на проблема се усложнява и от факта, че описаните физически причини на поглъщане на радиацията не са изяснени подробно.

Въз основа на емпиричните сравнения на данните от AVHRR и измерванията на буйове, McClain (McClain, E. P., 1985) и Бърнстейн (Bernstein, R. L., 1982) са намерили два комплекта алгоритми за комбиниране на измерванията в три канала, регистриращи лъчението в три инфрачервени прозорци - един комплект за нощно време и един комплект за деня. Алгоритмите, използвани през нощта, могат да използват канала $T_{3.7}$. За дневните алгоритми, $T_{3.7}$ каналът съдържа отразена слънчева светлина и тогава могат да се използват само комбинациите от канали T_{11} и T_{12} (Monaldo F., 1997).

Глава 3 Методика на изследванията

3.1. Характер на използваните спътникови данни за температурата на морските повърхности

Администрацията на NOAA предоставя данни от апаратурите, монтирани на спътниковите си платформи чрез Система от данни и информационни Системи за наблюдение на Земята (*Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS)*) на Центъра за управление на физична океанографска информация на Лабораторията по реактивно движение на NASA (*Physical Oceanography Distributed Active Archive Center at the Jet Propulsion Laboratory*). Данните се разпространяват безплатно за научни цели и обхващат времеви диапазон след 1985 година. Голяма част от информацията е достъпна през анонимен FTP (*File Transfer Protocol*) сървър. Данните са достъпни чрез Системата за управление на информацията EOSDIS Информационна потребителска система (*Earth Observing System Data and Information System*).

Данните за температурата на морската повърхност, получени от радиометъра AVHRR, се предоставят на потребителите след предварителна първична обработка на нива 4.0 и 4.1 (Vazquez J., 1998). Тези обработки включват различни филтации и калибровки, както и алгоритми за изчистване на влиянието на водните пари и облаците. Потребителите имат достъп до първичните данни от всяка апаратура и до данните след всеки етап на обработките. На това ниво са формирани ежедневни и месечни карти на морската повърхност с различна пространствена разделителна способност – 9x9, 18x18, 54x54 км.

Данните са в „байтов формат“ – на всяко пространствено поле, формирано от пиксели, се съпоставя байт. Температурата в Целзиеви градуси се получава чрез линейно преобразуване. Так се получава температурен диапазон от -2.85°C до 35.40°C , в който се намират реалните, измерени температури на морската повърхност.

Форматът на изгражданото изображение чрез сканиране от AVHRR е равноъгълна карта от меркаторен тип. Проекцията „под равен ъгъл“ има равен брой пиксели както по посока на дължината така и напречно по посока на дължината. Най-доброто описание на пространството по отношение на градус/ъгъл при сканирането чрез AVHRR за набора данни с дължина 9 km се постига като данните се структурират в правоъгълна матрица от 4096 реда и 2048 колони. Във времето възникват все по-нови способности за автоматичното привързване на спътниковите изображения при сложни наблюдателни условия (Алексанин А.И., 2006).

В настоящото изследване се използват данни за температурите на повърхността на Черно и Каспийско море, набавени от Лабораторията за реактивно движение на NASA (³NASA Jet Propulsion Laboratory), преминали предварителна и първична обработка в Центъра за управление на физична океанографска информация на ниво 4.1 с пространствена разделителна способност 9x9 km. Разделителната способност от 9x9 е напълно достатъчна за целите на изследването, тъй като изследването е насочено към топлинните реакции на целите морски басейни със значително големи размери. Качеството на пиксела се градира в 8 степенна скала в зависимост от вида на преминалите тестове.

3.2. Регистрация и характеристики на аномалиите – етапи на обработка

3.2.1. Последователост на обработките – програми и стъпки на анализа

Характерът на изменение на двата вида данни, които са използвани в изследването на динамиката на температурите на повърхността на моретата и промените в интензивността на слънчевата радиация, налага определена последователност в обработката на данните. Слънчевата активност се изменя много по-рязко в рамките на няколко денонощия, за които се проявяват температурните аномалии. Поради това анализът започва с обработката на температурните данни за моретата. После се определят се аномалиите и върху тях се „налага“ изменението на слънчевата активност. По този начин се постига оптималност на анализа и не се изследват дори много силни изменения на слънчевата активност, за които обаче не е налично изменение на температурата на моретата.

За настоящото изследване е разработен собствен софтуер, на базата на Borland Turbo Pascal (*SoftPortalTM,a*), за разчитането на данните с температурите на морската повърхност, получени от AVHRR, записани в този формат и последващото манипулиране с данните. Софтуерът позволява да се извличат както целите температурни карти, така и фрагменти от различни области, със съответни размери, за изследване на предварително избрани области от водната земна повърхност. Комуникационният режим на програмите позволява интерактивно изследване на отделни части от изображенията за последваща статистическа обработка. Създадени са няколко типа програми за конкретните нужди на изследването. Създаден е софтуер и за преформатиране на данните за използването им в други програмни системи като Excel на OpenOffice 4(*SoftPortalTM,a*), Statistica 6 (*StaSoft Russia*), Grapher (*SoftPortalTM,b*), TableCurve (*TableCurve 2D*), StatGraph (*Statgraphics*). Програмната обработка на температурните данни е построена на три етапа. При трите етапа на обработка се използват собствени алгоритми и програми, настроени според изискванията на етапа.

Същността на Първия етап на обработката е в това да се разчетат данните за всеки ден, в рамките на 14-те изследвани години, и да се преформатират без да се променя естеството им. Данните се привързват геодезически, възстановяват се температурите на всеки пиксел, и се отделят в отделни файлове, в специфичен формат, само данните за районите около Черно и Каспийско море

На Втория етап се прави оценка на липсващата информация и по-възможност се възстановяват липсващи пикселни стойности на основата на данни от съседни пиксели за съответната дата и два дни преди и след датата. Алгоритъмът е публикуван през 2001 година (*Манев А., и др., 2001*). На този етап са изградени програмите за интерактивна обработка на данните.

На Третия етап от обработките са построени съответни програми за преформатиране на данните за използването им от дълги готови програмни продукти като EXEL, STATISTICA, Grapher, Photoshop. На този етап става синхронната обработка на данните за темпеартурните аномалии и тези за слънчевата активност.

3.2.2. Характеристики на краткотрайните температурни аномалии

В годишната промяна на средната температура на моретата се наблюдават определени особености, характеризиращи географското разположение на моретата. Климатичните характеристики на средните ширини се проявяват като чисто изяви четири сектора на годишната крива на температурите. Ясно се проявяват четирите климатични сезона: зима, пролет, лято и есен, (*Величкова Н., 2002*).

Годишната крива на температурите е с ясно изразена асиметрия. През пролетния сезон нарастването на температурите е по-интензивно от сапада им през лятото и есента. За нуждите на настоящото изследване от анализа отпадат сезоните зима, ранната пролет и ранната есен. През тези части от годината над моретата се формират облачни структури, които затрудняват спътниковата регистрация на повърхностните температури и не позволяват ясно да се проявят кратковременните изменения в слънчевата радиация. Избран е времеви прозорец от 295 денонощия, започвайки от 1 април и приключвайки на 13 октомври за всяка от изследваните години.

На фона на сезонните изменения на повърхностните температури на моретата се открояват краткотрайни резки повишавания и спадове на температурите в рамките на няколко дни. Всяка такава аномалия се характеризира с няколко основни параметъра - началото на аномалията, пиковата стойност на аномалията и крайт на аномалията.

Продължителността на аномалията е параметърът, който се използва при формиране на понятието „краткотрайна температурна аномалия на повърхността на моретата“. Предмет на интерактивното изследване на краткотрайните аномалии са само положителните температурни аномалии с продължителност от 3 до 15 денонощия. От експериментални изследвания, описани в Глава IV 1.1 е видно, че средната продължителност на кратковременните аномалии на Черно море е 6.0 а на Каспийско море – 6.8 денонощия..

От друга страна ежедневните промени в интензивността на слънчевата радиация са много динамични и затова е много малко вероятно, дори невъзможно, слънчева ерупция, с характерните си начало, максимум и край, да се продължи по-дълго от 7 денонощия. В такъв период от време понякога се поместват няколко екстремални слънчеви ерупции. Това е причината поради която се разглеждат само температурни аномалии на повърхността на моретата с продължителност по-малка от 7 денонощия.

На базата на анализ на експерименталните данни, като се изследва градиента на нарастване на температурата, се определя критерий за прага на промяната на градиента на нарастване на температурата, над който се приема, че е започнала температурна

аномалия. Този критерий е определен експериментално интерактивно и е фиксирана ежедневна граница над 0.4°C .

Началото на всяка аномалия е определено след анализ на сезонния ход на температурите за всяка от изследваните години. Сезонният ход се определя експериментално за всяка изследвана година, като линейният му ход се конкретизира само във времеви участъци, където това е възможно.

Относителната пикова стойност на аномалията се формулира като разлика между регистрираната максимална стойност на температурата в рамките на аномалията и евентуалната сезонна стойност, която тя би имала ако нямаше наличие на аномалия. Този параметър на всяка аномалия се определя програмно спрямо температурите в началото и края на аномалията, като се приема, че ако не беше реализирана аномалия, температурата би се променяла линейно, като се прави съпоставка и с изменението на сезонния градиент. Експериментално е определена граница от 0.5°C , над която се приема, че е регистрирана аномалия. Относителната пикова стойност е ориентируващ параметър и се използва само за качествени оценки.

След като са определени дните, в които се регистрират температурните аномалии, е проведен анализ на метеорологичната обстановка на около морските зони за изключване влиянието на антициклонални области. Проверката е проведена на базата на ежедневни метеорологични карти (*Institut für Meteorologie und Klimaforschung Karlsruhe*).

3.2.3. Обусловеност на контролните зони на повърхността на моретата

За да се изключи в максимална степен въздействието на „смушаващите“ изследваните фактори на повърхността на двете морета са определени по няколко контролни зони с размери 116×116 км. Размерът на зоните е достатъчно голям, за да се намали влиянието на малки по-размер, локални, аномални фактори като наличие на разкъсана облачност. Зоните са сравнително далеч от бреговата ивица и така се снижава въздействието на сушата.

За Черно море са определени 5 зони, показани на Фигура 2, Разположението на зоните е избрано така, че Първа зона се намира в района на „плитководието“, в северната част на морето, където притокът на сладководни води от реките Днeпър и Дунав е голям. Втората и Четвъртата зона са в центъра на циклоналните вихри на повърхността на водата. Третата зона е разположена между Втора и Четвърта зона. Тя е най-динамичната и в нея се очаква да се наблюдават най-много изменения в сравнение с останалите зони. Петата зона е в югоизточния район на морето, така наречената дълбоководна част на Черно море. Там се формира и друг циклонален вихър. По този начин се постигат няколко цели. Първо се отчитат атмосферните влияния върху морето при движението на атмосферата от запад на изток чрез 2-ра, 3-та и 4-та зона. Второ, избегва се влиянието на динамични процеси във водата - от дъното към повърхността чрез съпоставка на температурните полета на 1-ва и 5-та зони.

Контролните зони, с размери 116×116 км, на повърхността на Каспийско море са показани на Фигура 3. Размерът на зоните е както е при Черно море, за да се постигне еднаквост при сравняването на получените резултати. Зоните са избрани в съгласие с приетото делене пре физико-геофизичното райониране. Първата зона е разположена най-северно в областта, където речният приток е най-голям вследствие на стока на рекините Волга и Урал. В Средната част на морето са определени две зони (2 и 3) предвид по-голямата протяжност на района. Разположението на 1-ва и 3-та зона съвпада с географската ширина на Черно море. Четвърта зона е разположена в най-южната част

на морето, където влиянието на атмосферните процеси над по-топлата повърхност на Азия оказват съществено влияние.

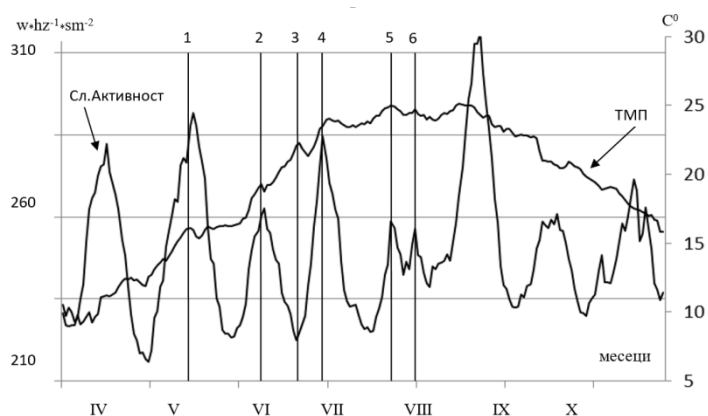
В публикувани експериментални резултати, описани и в Глава IV, са анализирани геофизичните условия, които могат да влияят на повърхностните температури на зоните. Показано е, че валежите, изпарението, водения сток и динамиката на нивото на повърхността не са сред главните причини за възникването на температурните аномалии на целите водни басейни. Отдалечеността на контролните зони от брега гарантира и почти нулевото въздействие на локални метеорологични процеси върху повърхностните температури. От тук и „изчистването“ на влиянието на чисто земните физични причини, при проследяването на слънчевото въздействие върху динамиката на температурните полета, определени чрез контролните зони.

3.3. Характер на слънчевата активност и динамиката на температурите на повърхността на Черно и Каспийско море

Ежедневните измервания на интегрираната емисия от слънчевия диск с дължина на вълната 10,7 cm и честота F10.7 се извършват от Националния изследователски съвет на Канада (NRCC) от 14 февруари 1947 г. До 31 май 1991 г. наблюденията са направени в радио обсерваторията Алгонкин, близо до Отава. През 1990-1991 г. програмата е прехвърлена в радио астрофизичната обсерватория Dominion, близо до Penticton, Британска Колумбия. От 1 юни 1991 г. данните произхождат от това място. Всеки ден нивата се определят в момента на местния обяд. Характеристиките на наблюденията са изследвани от А.Е.Ковингтън (*Covington A.E., 1969*). Ежедневните данни могат да се изтеглят от сайта на Световния център за данни в Русия и Украйна (*World Data Center for Solar-Terrestrial Physics in Moscow*) или от Международния институт за космически науки в Берн (*International Space Science Institute. Bern*).

На Фигура 4 е показан ходът на температурата на цялата повърхност на Черно море в периода април-октомври 1991г., за който се предполага, че влиянието на облачността е по-малко в сравнение със зимния период. Кривата, посочена като ТМП представлява общата температура на морската повърхност, а другата крива е динамиката на слънчевата активност, представена с измененията в радиацията, излъчена на честота F10.7 (Манев А., 2021а).

При първия анализ, визуалния, е видно, че не всяко повишаване на температурата на морската повърхност е синхронно с повишаване на интензивността на слънчевата радиация. С номера в горната част на графиката са номерирани шест температурни аномалии на повърхността на Черно море.



Фигура 4.

Ход на температурата на повърхността на Черно море и слънчевата активност (индекса F10.7) в периода април-октомври 1991г. Източник (⁷Манев А., 2021а).

При 5-та и 6-та аномалия се наблюдава абсолютна корелация между хода на слънчевата активност и повишаването на температурата. При аномалии 1 и 2 синхронно се повишават стойностите и на двете физични величини. По-ранният спад на температурната графика се дължи явно на атмосферни явления над морето, които спират слънчевата радиация – евентуално висока облачност. При четвъртата аномалия се проявява топлинната обемна реактивност на морската вода и въпреки спада на слънчевата радиация морската температура не се променя аномално.

Интересен феномен се наблюдава при аномалия номер 3. Въпреки резкия, дълбок спад на слънчевата инфрачервена радиация, дължаща се на динамиката на слънчевата активност, температурата на морето рязко се повишава. Едно от обясненията, но може би не единственото, е преминаването на атмосферен антициклон над акваторията на Черно море. Разглеждайки последователността на синоптичните карти над Европа действително се наблюдава преминаването на антициклон (*Institut für Meteorologie und Klimaforschung Karlsruhe*).

От проведенния визуален анализ за влиянието на динамиката на слънчевата активност (F10.7) върху температурните аномалии на повърхността на Черно море, могат да се направят следните изводи, които определят последващите синхронни обработки на данните :

1. Има налични данни за последващо статистическо изследване на връзките между краткотрайните температурни аномалии и екстремалните промени в слънчевата активност. На лице е качествена връзка между двете явления.

2. Подходът към установяването на причинно-следствена връзка между процесите протичащи на Слънцето и загряването на водата на повърхността на Земята изисква използването на допълнителни метеорологични данни за изясняването на противоречивите тенденции.

3. Изменението на слънчевата активност е много по-динамично в сравнение с наземните температури. Не винаги Земната повърхност може да реагира на резките, кратковременни изменения на енергините потоци, идващи от Слънцето. Това е особеност, която определя оптималния порядък на обработката на данните.

3.4. Статистически особености на обработка на данните

3.4.1. Валидност на изходните данни

Естеството на получаваните ежедневни инфрачервени изображения на моретата е такова, че то е повлияно от редица нежелателни за настоящото изследвания фактори. Първият такъв е липсата на данни за определен брой пикселни полета. Под „пикселни полета“ се разбира едно поле от земната повърхност с размери 9x9 км или 81км², което се регистрира от сътниковия инфрачервен спектрофотометър като един пиксел от картината, която спектрометъра строи.

Липсата на данни за някои полета от повърхността може да се дължи на два типа причини. Едната причина е чисто техническа, породена от режима на работа на апаратурата на спътника, и другата причина може да са физическите процеси в атмосферата, които не позволяват свободния пренос на енергията от повърхността до регистриращата атмосфера. В настоящото изследване не се дискутират детайлно техническите причини, довели да липсата на данни.

Вторият вид фактори, които водят до липсата или изкривяването на данните са процесите в атмосферата. „Най-неприятният“ фактор за изследователите е наличието на облачност над изследваните водни райони. На изображенията тези райони се проявяват като проста липса на данни - на изображението на изследваните морски райони се

появяват зони, за които няма информация за съответното денонощие. Липсата на данни води до формулирането на понятието “процент на запълненост“ на инфрачервеното изображение.

След множество изследвания на наличните данни за Черно и Каспийско море, в рамките на условията на експеримента, се определи максимум на наличните пикселни данни за едно денонощие и за двете морета. Например за Черно море този максимум е равен на 5447 пиксела а за Каспийско море – 4804. В изследването се дискутират причините поради които площта на моретете, определена от пикселните изображения, превишава иситската площ на съответните морета. Предвид малкото отклонение от реално излъчващата повърхност на морето, тези разлики не се възприемта като грешка в последващите пресмятания. Количествената оценка на параметъра „запълненост“ на данните се определя като за 100% налични данни се приемат двете стойности за съответните морета, за които има максимален брой регистрирани пикселни стойности и спрямо тях се отчитат съответните отклонения в проценти. Приема се, че са валидни само изображения, за които достоверните пикселни данни, необходими за последващи изследвания, е по-голям от 75%. Това ограничение гарантира валидността на последвалите изследвания.

3.4.2. Точност на средните температури и градиентните изменения

В дисертационния труд се разглеждат характера и източниците на грешки при определяне на стойностите на измерваните величини – температури на морската повърхност. Обсъждат се и източниците на грешките.

Точността на използваните в анализа температури на морската повърхност се определя от няколко фактора. Първо от апаратната точност на радиометъра AVHRR и последвалата първична обработка в Центъра за разпределение на данни на NOAA. Тази точност е индивидуална за всяко едно пикселно измерване на радиациата от площадка 9x9 км от морската повърхност и не се дискутира в изследването..

В настоящото изследване се използва реакцията на цялата морска повърхност на слънчевата активност. Поради тази причина за изследването се използва една средна температура на цялото море за денонощие. Тя се получава след осредняването на стойностите на температурата на голямо количество индивидуални температури на съответното море.

За изследването се приема, че при регистрацията на температурите са налични само случайни грешки. Според постулата на Гаус, когато са налични само случайни грешки то при многократното измерване на една величина, средната и стойност се приближава до истинската стойност на величината. Това приближаване е толкова по-близко, колкото са повече проведените измервания. Ако в процеса на измерванията са налице само случайни грешки, то на базата на теоретичните основи на статистическата обработка на измерените резултати, при достатъчен брой измервания се приема за валиден законът за Нормалното разпределение на случайната величина (*Горлач В.В. и др., 2006*) :

Един от факторите, ограничаващи прилагането на критериите, базирани на предположението за нормалност на разпределението, е броя на измерванията на осредняваната величина. Обикновено се приема, че ако броят на измерванията е по-голям от 100 или повече, може да се счита, че разпределението е Нормално даже да не е налице друга увереност, че разпределението на променливата в популацията се явява Нормално (*Боровиков В., 2003*). В настоящото изследване, когато се работи с осреднена температура на повърхността на водния басейн за съответното денонощие, броят на измерваните пикселни температури за Черно море е около 5450, а за Каспийско море е

около 4800. Броят на участващите измервания е достътъчно голям, за да се прилага статистиката за изследване на големи масиви от данни и да се приеме, че разпределението на измерената температура е Нормално. Следователно е възможно да се приложи законът за средната грешка на средната стойност на ежедневната температура на изследваното море.

Грешката на средната стойност на измерваната величина показва колко се отклоняват в изчисленията от точна стойност на средната стойност величината в цялото множество от измервания. Тази грешка е равна на :

$$S_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

където σ е стандартното отклонение, а n е броят на измерванията.

В случая с Черно море се получава :

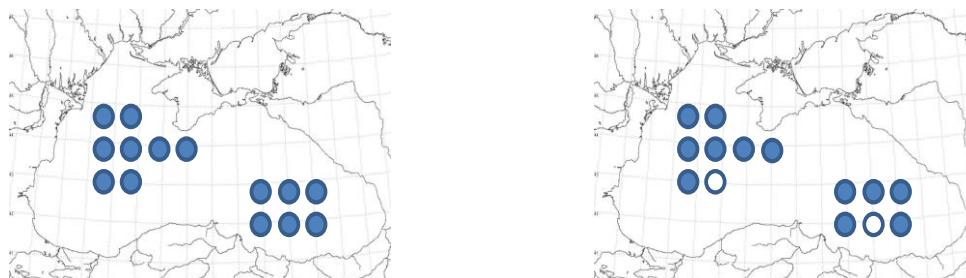
$$S_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{\sigma}{\sqrt{5450}} = \frac{\sigma}{73.8}$$

По този начин точността на средната грешка на средната ежедневна температура на повърхността на морето се повишава до повече от стотна от градуса.

Асиметрията на разпределението характеризира формата на разпределението по отношение на характера и степента на отклонение от симетричността (Величкова Н., 2002). Колкото по-малък по модул е коефициентът на асиметрия, толкова по-близо е разпределението до Нормалното разпределение.

В статистическата теория се счита, че Моментния коефициент на асиметрия дава най-добра характеристика на посоката и интензитета на асиметрията. Това е основанието в настоящото изследване да се проследява асиметрията на разпределението по Моментния коефициент на асиметрия, за да се контролира и да се отстраняват разпределения, със силно изразена асиметрия. При филтрирането на ненужните, смутени ежедневни температурни изображения на моретата, се изключват разпределения, при които асиметрията на разпределението надвишава 0.5.

Проблемът с градиентното нарастване на температурите на повърхността на моретата стои малко по-различно. На Фигура 5 са показани два възможни случая на измерване на пикселните температури за два последователни дни. Ако през първия ден са регистрирани данни за потъмнените пиксели, то през втория ден за два от пикселите липсват данни. В този случай ако се пресметне градиента на изменение на температурите, пресметнат според осреднените ежедневни температури за двата поредни дни, ще се получи стойност различна от тази, която ще се получи при осредняването на градиентите, ако те се пресмятат за всяка точка от повърхността и едва след това се осреднят.



Фигура 5.

Пикселните температури за два последователни дни.

В настоящото изследване, когато се анализират средните температури се оследняват стойностите на всички регистрирани пикселни температури на водния басейн. Когато се анализира градиента на изменение на температурата за два поредни дни се пресмятат градиентите за всяка площадка от повърхността и едва след това се сумира и получава средният градиент за денят. По този начин в пресмятанятия на средния градиент участват само пиксели, за които има данни и за двата поредни дни.

Количествените критерии, които се използват за филтриране на съмнителни или недостоверни стойности на градиентите в изследването, се формират вследствие на реалните експериментални данни от самото изследване.

3.4.3. Корелационни връзки

Данните за температурните изменения на Черно и Каспийско море и този за слънчевата активност (представена с индекса F10.7) са от различно естество и от различен порядък и това определя ковариационния анализ като неприложим в случая. Затова в настоящото изследване се използва потенциалът на корелационния анализ за търсене на подобни тенденции на развитие между данните.

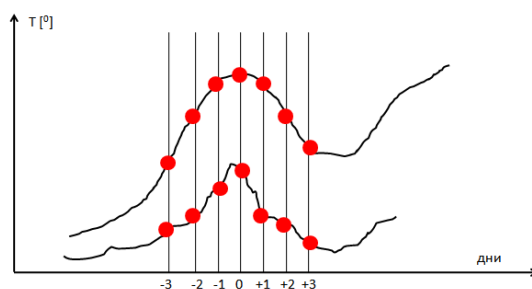
За приложението на Корелационния анализ се предполага наличието на две условия: достатъчен брой двойки измервания, които са разпределени според закона за нормалното разпределение и отсъствието на систематични грешки при измерванията. Ако едно от тези условия не е изпълнено то полученият корелационен коефициент може да се отличава от реалния. В случаите, когато броят на измерванията е малък, не е възможно да се твърди, че разпределението на данните е нормално и не може да се констатират грубите грешки. Обикновено в статистиката под „малък брой наблюдения“ се разбира брой по-малък от 30. Съществува множество методи за повишаване точността на корелационния анализ при условие на малък брой данни (3-20), но въпреки това, оптимален метод за това все още не е предложен (*Попукайло В.С., 2016*). Въпреки това, корелационния анализ се използва и при по-малък брой наблюдения (*Сухорученков Б.И., 2010*).

По отношение на статистическата значимост на коефициентът на Пирсон α , в случая се работи с няколко уточнения. **Първо** този коефициент се използва, при изследване на много малък брой данни (3,5 и 7), което го прави на пръв поглед изследването незначимо. Прякото му приложение, разбира се е подложено на голямо съмнение за значимост. Но такава значимост, в настоящото изследване, на етапа на евристичността, не е необходима, тъй като коефициентът на Пирсон се използва само за филтрация на грубите грешки в синхронното изменение на трите вида данни. При филтрацията се отстраняват ситуациите, при които коефициентът на Пирсон е отрицателен или по-малък от 0.6. По този начин се отстраняват ситуациите при които се наблюдава нарастване на един от параметрите и спадане на някой от другите два. Тази филтрация е необходима за да се намали броя на възможните ситуации при които може да има синхронно линейно изменение и на трите параметъра. **Второ** : Когато е открит поредица от 3 денонощия, за които са изпълнени наложените ограничителни условия, отново се провежда корелационен анализ вече с данните за 5 и 7 денонощия. Изследват се аномалии съответно с 3 и 4 последователни дни преди и след максимума им, по време на които температурите и на двете морета и слънчевата активност нарастват линейно. Целта е да се финализира изследването като се обоснове предположението, че са открити ситуациите при които, използвайки динамиката на изменение на температурите на моретата и слънчевата активност, могат да се продължат изследванията вече с точни енергийни параметри. По този начин използването на

корелационния анализ и при 3,5 и 7 измервания е оправдано и получените резултати не влизат в противоречие със строгите статистически изисквания.

В Глава II е показано, че връзката между нарастването на слънчевата активност (представена с индекса F10.7) и нарастването на температурите на морската повърхност са взаимно свързани с линейна зависимост (*Жеребцов Г.А., 2013*), (*Intergovernmental Panel on climate change, 1995*). Следователно корелационният анализ е приложим към анализа на данните, които ще се използват в настоящото изследване.

Технологията, която се прилага при определянето на корелационните връзки между трите вида редове от данни е една и съща при използване на корелационния анализ : изследват се трите двойки редове от данни: за Черно море - Каспийско море, за Черно море – индекс F10.7 и за Каспийско море - индекс F10.7 . След като е определен максимумът на температурната аномалия на повърхността на Черно море, се отделят данни за три последователни предходни дни и три последователни следващи дни, относно максимума на аномалията, Фигура 6. Вземат се съответните стойности на температурите за тези дни за Каспийско море и се определя корелационната връзка между двете поредици от данни. Определя се корелационният коефициент отделно за три, два и един ден относно максимума на аномалията. Така се изследва наличието на корелация за аномалии с продължителности от 7, 5 и 3 денонощия едновременно на повърхността на двете морета.



Фигура 6.

Отстояния на дните преди и след регистриран максимум едновременно при кривите на температурната аномалия и индекса F10.7.

Корелационният анализ, прилаган в настоящото изследване, се използва два пъти с две различни цели. Първият път служи само за отсяване на абсолютно неприемливите ситуации, при които тенденциите на изменение на съпоставяемите величини се различават съществено от линейния характер на връзката им, и следователно трябва да се отстранят категорично от изследването. Втори път корелационен анализ се прилага при вече сигурна почти линейна тенденция на изменение на температурите и слънчевата активност.

След като на първият етап са определени корелационно значимо свързаните температурни аномалии за двете морета се прилага същото изследване и за определяне на връзките Черно море - индекса F10.7 и Каспийско море - индекса F10.7 при същото ограничение на корелационния коефициент. По този начин се отсяват само тези температурни аномалии, за които е сигурно, че видът на връзката им с другите две поредици от данни е в границите на «линейността» според критерия на Пирсон. Получените корелационни коефициенти на «отсятите» аномалии не са адекватни, за да служат за следващата оценка на връзките между величините поради недостатъчната линейност на изменение на величините в рамките на времевия диапазон на изследването.

Вторият етап на изследването за корелационни връзки се състои в анализа по двойки на трите вида данни за температурите и индекса F10.7, но вече само в първата фаза на аномалиите – от началото до максимума на проявата им, т.е. само възходящите периоди на развитие на аномалиите. Получаваните корелационни коефициенти на този етап отразяват силата на корелационната връзка между температурите и индекса F10.7. Ако тя е достатъчно категорична, то получените аномалии ще могат да се използват при съпоставката на градиентите им на нарастване в уравнението за топлинния баланс на моретата и при моделиране на албедото в Глава II (*Kravitz, P., et al., 2018*).

Граничната стойност на корелационния коефициент, за който се приема, че има значима корелация и на двата етапа на изследването е различна - 0.74 за корелациите между температурите на двете морета и 0.64 при корелациите между температурите на моретата и индекса F10.7. При вторият етап, когато се акцентира на корелации между градиентите на нарастване на величините, корелацията е значима ако коефициентът е по-голям от 0.78.

Глава 4 Експериментални изследвания

4.1. Характеристики на краткотрайните температурни аномалии

4.1.1. Характеристики на затворени и полу затворени морски акватории

Подборът на водни басейни за изследване на Слънчево-Земните връзки включва редица изисквания към басейните. Първо те трябва да се разположени така, че над тях да не протичат много интензивни метеорологични процеси, които водят да нестабилност на атмосферата над басейна. Второ басейните не трябва да обменят води с по-големи басейни, като океаните. Такъв хоризонтален воден обмен води до приток на води от съседни области, където тяхната температура е формирана при други термодинамични условия. Така условията на анализа стават неопределени и не може да се отчете точно количественото въздействие на Слънцето на определени водни маси в относителен покой и тяхната реакция, изразена в промяна на повърхностната им температура. Налага се да се направи обоснован, ориентиран подбор на водните басейни, които могат да се използват за полигони за регистриране на слънчевото въздействие.

На изследване се подложи динамиката на изменение на температурата на морската повърхност на 7 затворени или полузатворени морски басейна: Мексикански залив, Балтийско море, Средиземно море, Черно море, Каспийско море, Червено море и Персийски залив (*Манев А., и др., 2008*).

Данните, за всяка от акваториите на моретата, се формират от правоъгълник с размери 1350 x 850 км. В този правоъгълник са отстранени всички смущаващи пикселови данни. Отстранени са пикселите в които е събрано лъчение и от сушата от под спътниковото пространство. В рамките на един район са определени по пет характеристични под зони с размери 75x75 км, разположени кръстообразно по логиката на избора на подзоните, определени за Черно и Каспийско море, в Глава III.

Изброените водни обекти са подложени на тест за адекватност на експоненциален закон на изменението на повърхностните температури във времето.

Изводите от направения анализ са следните:

1. В Мексиканския залив и за петте под зони коефициентът на детерминираност е сравнително малък. От друга страна коефициентът за цялата зона е достатъчно висок за надеждна регресия. Най-вероятно в обхвата на зоната съществуват под зони, при които е възможна да се строи Експоненциален регресионен модел. Занижените

стойности на коефициента на детерминираност обаче за избраните под зони правят целият басейн ненадежден за регистрирането на бавни, глобално хомогенни процеси.

2. В зоната на Западно Средиземно море регресията от този тип е невъзможна поради силното влияние на Атлантическия океан. Океанът постоянно генерира влажни атмосферни фронтове и те влияят динамично върху температурата на морето в западната зона.

3. Премавайки от Източно Средиземно море през Черно и Каспийско морета се забелязва тенденция на нарастване на надеждността на Експоненциалния регресионен модел. Той достига максималното си потвърждение при температурите на Каспийско море. Това е естествено поради затвореността на басейна и отдалечеността му от климатобразуващите фактори над Атлантически океан.

4. При Червено море се наблюдава приемлив критерий на детерминираност за цялото море и за северната му зона. Но другите две зони са далеч от Експоненциалния модел поради това басейнът не е подходящ за изследване с оглед целта на надното изследване.

5. За Персийския залив резултатите са малко неочаквани. Тук въпреки стабилното метеорологично време Експоненциалният модел е изцяло неадекватен. За сега няма логично обяснение на този факт. Може би трябва да се приложи „по-нежен” съставен експоненциален модел и да се изследват повече под зони на морето.

6. За Черно и Каспийско море коефициентът на детерминация, за целите морета и за всичките им под зони, е в границите на 0.6-0.85%. Или Черно и особено Каспийско море могат да се използват като надежден полигон за количествена оценка на тенденциите на изменение на температурата на повърхността им за дълъг период от време. Само при тези две морета се регистрира еднакъв характер на изменение на температурите за целите акватории и за под зоните им, което гарантира устойчивост на динамиката на повърхнинните им температури.

4.1.2. Общи характеристики на краткотрайните температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море.

В началния етап на настоящия анализ целта е да се определят средните характеристики на положителните аномалии от годишните графики за двете морета. Чрез специализиран софтуер, с подвижен маркер, са фиксирани видимите начало и края на всяка аномалия. Относителният пик на всяка аномалия се определя автоматично спрямо температурите в началото и края на аномалията. Грешката при определянето на началото или края на всяка аномалия е възможно да достигне едно денонощие. Изискванията за точност на тези регистрации на този етап не са високи поради естеството на поставената цел - качествен отбор на видимите аномалии.

Изследването обхваща период от 11 пълни години – от 1989 до 1999 година и се базира изцяло на спътникови данни. През късната есен, зимата и ранна пролет облачността над морето е значителна и не може да се отстрани влиянието и върху точността на определяната температура на повърхността на водата. Затова изследването включва периода от 31.03 до 22.10 на съответната година – период през който температурните полета са достатъчно добре определени (*Хидрометеорология и гидрохимия морей. Том IV, 1991*), (*Хидрометеорология и гидрохимия морей. Том VI, 1996*).

На хистограмен анализ са подложени продължителностите на аномалиите. По-кратките от 3 денонощия аномалии е много трудно да бъдат идентифицирани и изискват прецизна индивидуална обработка защото самата поредица от карти е с разделителна способност 1 денонощие. Аномалии по-продължителни от 11 дни не се

анализират защото се приема, че такива изменения са повече климатично обусловени отколкото предизвикани от особени, инцидентни геофизични или слънчево-земни фактори.

Общият брой на аномалиите на цялата повърхност на Черно море (54 броя аномалии) е с два и повече пъти по-малък от регистрираните аномалии на повърхността на всяка от петте контролни зони. Разтегнатостта по паралела на зоните на Черно море дава възможност да се проявят краткотрайни атмосферни процеси, дължащи се на движението на атмосферата от запад на изток (*Manev A., et al., 2005*). Ако едно облачно образувани се предвижда от изток на запад, то за цялото му придвижване осреднената температура на цялото море ще остане приблизително еднаква, докато на съответните три зони 2,3 и 4 ще се регистрират възникнали аномалии.

За Каспийско море броят на аномалиите в контролните зони е 1.2 пъти по-голям от аномалиите на целия воден басейн (76 броя аномалии). Или за Каспийско море се регистрира относителна хомогенност на разпределението на аномалиите, с изключение на 4-та зона (*Манев А., и др., 2007а*). Причината е в меридионалното разположение на Каспийско море и динамиката на метеорологичните процеси – общото движение на атмосферата, заедно с движението на наличната локална облачност, от запад на изток. Процесите от този тип за Каспийскоморе се проявяват едновременно и в четирите зони, като в 4-та зона се размиват поради субтропичния климат.

Характерно за данните е, че при осредняването на параметрите на характеристичните зони и средните параметри за целия басейн има разлика, дължаща се на ефекта на въздействие на бреговите зони. И за двете морета средната продължителност на аномалиите за целите басейни и средната стойност на продължителностите на фазите само за контролните е с около едно и половина денонощия по-продължителна в сравнение с тази на контролните вътрешни зони. Съответните градинти на нарастване и спадане на температурата да денонощие са с около 0.25 градуса по-големи в полза на средните стойности на за контролните зони. Средните относителните пикови стойности на контролните зони също са с 0.2 градуса по-големи от тези на целите басейни. Резултатите са очаквани предвид различната топлемност на водната маса и сушата.

Всички параметри се характеризират с това, че при Черно море те са с по-ниски стойности от тези на Каспийско море. От друга страна за всички параметри и за двете морета е в сила зависимостта, че средният показател за зоните е по-малък от съответния показател за целия басейн.

Като цяло параметрите на аномалиите, регистрирани на повърхността на зоните на Каспийско море са по-големи от съответните зоновни параметри на Черно море. Средната продължителност на кратковременните аномалии на повърхността на Черно море е около 6 денонощия, а на Каспийско море 7 денонощия. Тази разлика в продължителността на аномалиите се заличава, ако се съпоставят съответните стойности за целите морски басейни.

Съпоставяйки продължителността на фазата на нарастване и фазата на спадане на температурата в аномалиите се забелязва, че продължителността на първата, нарастващата фаза, е с повече от едно до две денонощия по-дълга от тази на втората фаза. Този ефект се дължи на факта, че по брой преобладават аномалиите през пролетта и първата част на лятото, когато температурната крива стръмно се покачва. Такива са 39% от всички аномалии (*Manev A., et al., 2012*). През това време в дълбочина става акумулиране на топлинна енергия от Слънцето. Охлаждането след пиковата стойност е процес, който се прекратява по-рано поради по-високата температура от

която продължава сезонното повишаване на температурата. През края на лятото и есента аномалиите са само 20% от общия брой аномалии.

Самите аномалии през пролетта и за двете морета се характеризират с по-дълга първа фаза, докато през есента изстиването на водата след пик на аномалия е по-продължително. Такава асиметрия се забелязва при градиентите на нагриване и охлаждане.

Достигнатата относителната пикова стойност на аномалиите в Каспийско море е с около 18% по-висока от тази за зоните в Черно море (Манев А., и др., 2007a). Продължителността на нарастването на първата фаза на аномалиите е с 19% по-дълга и съчетано с по-големия градиент на нарастване на аномалиите характеризира Каспийско море като по-чувствителен басейн към изменението на слънчевата радиация. Аномалиите в Каспийско море са с по-стръмен ход на нарастване на температурата. Продължителността на втората фаза на аномалиите и градиентът на намаляване и за двата басейна са съизмерими в порядъка на 5 и 8 % разлики, което показва, че възстановителните процеси и в двете морета са с близък характер. Относителната пикова стойност на аномалиите е с порядък и половина по-голяма от грешките, които се получават при възстановяване на температурните полета (Манев А., и др., 2001), (NOAA National Centers for Environmental Information).

Следващата стъпка на анализа е да се анализират съпоставимо отклоненията на съответните параметри на аномалиите спрямо осреднената стойност само за контролните зони в проценти, без да се отчита изменението на цялата акватория. Това се прави с цел да се открият особеностите, свързани с конкретното разположение на съответната зона без влиянието на многото пиксели на целия басейн, повлияни и от бреговата ивица. За двата басейна се прави оценка на стандартното отклонение σ спрямо средната стойност за параметъра. Така се въвежда критерий за приемливост на измененията на определен параметър, валиден за няколко анализирани зони.

От анализа на отклоненията на параметрите по зоните на Черно море прави впечатление, че за Първа зона параметрите най-много се отличават от средната за цялото море и от тези за другите зони (Манев А., и др., 2007b). Аномалиите там са с по-голяма продължителност като цяло и с по-дълги повишаваща и намаляваща фази. За тази зона са характерни по-големият градиент на нарастване на температурата, която достига и до по-голяма пикова стойност, в сравнение с останалите зони. Ефектите в Първа зона се определят от нейното шелфово позициониране, характерно с особеностите на плитководната зона и със снижен пренос на водни маси, водещи до побързия нагрев през лятото (*Хидрометеорология и гидрохимия морей. Том IV, 1991*). Определяща е и ролята на стока на двете големи пресноводни реки Дунав и Днепър, които променят солеността на зоната. Големият диапазон на вариации на параметрите правят тази зона непригодна за отчитане на чисто слънчевите въздействия върху температурата там.

Втора зона също се характеризира с големи отклонения на два от параметрите и. Явно тук се наблюдава скъсяване на процесите на загряване, което се отразява в продължителността на първата и втората фаза (аномалиите са „по-изострени“).

Третата зона се намира между двете големи циклонални области на Черно море. За нея също е виден големият разброс на относителната пикова стойност, спрямо съседните зони. Силно скъсената втора фаза на аномалиите в трета зона се дължи на балансиращото въздействие на двата съседни циклонални вихъра и въздействието на сушата от север и юг. В тази зона е голяма и девиацията на относителната пикова стойност, което я прави температурно нестабилна за изследване на слънчевото нагриване на повърхността на зоната.

При Четвърта зона не се наблюдават стойности на някой параметър, които да са с екстремални отклонения спрямо другите зони. В тази зона критерият стандартно отклонение не отхвърля никой параметър, като силно изменчив.

Най-малко се отклонява от средната стойност пиковото загряване за Пета зона. Градиентът на спад на тази зона, обаче е с голямо отклонение от средното и указва, че в тази зона най-бавно спадат аномалиите (консервативност, обяснима с по-южното разположение на зоната). Тук най-слабо действат „възстановителните” сили от метеорологичен и ландшафтен характер.

Параметрите на Четвърта зона и Пета с резерви, ги оформят като най-подходящи за изследване на въздействието на слънчевата инсолация върху материята на Земята.

Каспийско море е разположено меридионално по посока север-юг и това определя режима на топлинния баланс на четирите му характеристични зони, на чийто фон се проявяват краткотрайните температурни аномалии (Манев А., и др., 2007а). Циркулационните му и контролни зони, които се използват в анализа, са показани на Фигура 3.

В табличен вид в дисертационния труд представени аномалиите в Каспийско море. Вижда се, че най-динамични (в рамките на най-широк диапазон на изменение) са параметрите на Първата и Четвъртата му зона. Налага се да се изяснят специфичните особености на физичните условия в които се намират контролните зони, дотолкова доколкото те могат да влияят на загряването на повърхностните води, изключвайки слънчевата активност.

Първата зона е плитководна и е с голям сток на сладка вода от двете северни реки Волга и Урал, даващи 85% от общия сток на реките в морето. Това прави термодинамичното и състояние много чувствително на метеорологичните и хидрологични процеси над и в зоната. От тук и трудността да се изчисти това влияние от чисто енергийното слънчево въздействие.

Обяснение за малките и отрицателните отклонения на параметрите на аномалиите на повърхността на Първа зона трябва да се търсят в особеностите на топлинния баланс на Каспийско море (*Хидрометеорология и гидрохимия морей. Том VI, 1996*). В Северната част за периода март-юни балансът е положителен (морето акумулира енергия), от юли до май балансът е отрицателен (морето отдава енергия). В Средната и Южна част на морето топлинният баланс е относително равномерен в рамките на годината – балансът е положителен през март-октомври. Равновесието се постига чрез адвекция на топлина от юг на север. За тази зона е характерна и голямата амплитуда на отклонение на параметрите, с изключение на продължителността на аномалиите. Девиацията на стойностите на Градиентът на нарастване на температурите в началото на аномалиите е чувствително по-голям в сравнение с другите зони, което е указание за зависимост на аномалиите от нестабилни външни фактори.

За Втора и Трета зона е характерно, че от източната и западната им страни се формират течения на пренос на топли води от юг на север и на студени води от север на юг. Тези потоци са сравнително устойчиви през лятото и не влияят силно на върху ежедневната динамика на температурите на полетата отдалечени от бреговете ивици (*Хидрометеорология и гидрохимия морей. Том VI, 1996*). Двете зони имат и видимо най-малко стандартно отклонение на параметрите.

Продължителностите на фазите на аномалиите на тези зони са най-близки до продължителностите на аномалиите на цялата повърхност на морето. Но градиентите на аномалиите в същото време са най-отдалечени по стойности от средните стойности за цялата повърхност. Поради тези особености Втора и Трета зони не са подходящи за

изследване на „директното влияние на Слънцето върху температурата на повърхността на морето.

Четвъртата зона е подложена на силното влияние на субтропичната влажна климатична зона. В Южната част на Каспий се формират два циркулационни вихъра в посока обратна на часовата стрелка. Известно е, че в центъра на циклоналните вихри се реализира вертикален поток на водите и температурата на повърхността спада спрямо околната. Динамиката на двата потока е причината и за нестабилността на параметрите на аномалиите в Четвърта зона.

Чувствително по-големите отклонения на времевите параметри на аномалиите за Четвърта зона са сигурно доказателство за много по-динамичните процеси, протичащи на повърхността на Четвърта зона в сравнение с останалите зони. На повърхността на Четвърта зона преобладават и най-краткосрочните температурни аномалии. Там става и най-бързото достигане до максималната стойност на температурата и съответното и спадане. Тези характеристики показват по-силната чувствителност на зоната към външни въздействия. За подобно заключение допринася и отклонението на пиковата стойност за Четвърта зона. То е най-голямо и е в положителна посока, което показва, че процесите на загряване на повърхността на и над тази зона са най-силни и отчетливи (Манев А., и др., 2007а).

Проведеното изследване на общите характеристики на температурните аномалии с продължителност до 10 денонощия, на повърхността на двете морета, показва, че характерът на динамиката на проявяване на аномалиите има сходен характер, или поне, че те не се различават в големи диапазони на изменение. Следователно, аномалиите са удобни за понататъчен анализ на общите причини, които са ги породили. Самото разположение на моретата, тяхната отдалеченост от Атлантическия океан, особено за Каспийско море, ги прави независими в хидроложки аспект от влиянието на пренос на големи водни маси, получили термодинамичните си характеристики при други условия. От друга страна, отдалечеността на моретата от местата, където се формират големите метеорологични формирования (циклони и антициклони), дава възможност да се регистрира отчетливо въздействието на такива формирования върху повърхностните температури на моретата.

Детайлното изследване на характеристиките на контролните зони на двете морета дава възможност да се подберат удобните зони, изчистени от странични влияния, за количествени оценки на слънчево въздействие върху температурата на повърхността на моретата.

4.1.3. Геофизични условия при възникването на температурни аномалии на повърхността на Черно море.

За изясняване на връзката между температурните аномалии и други геофизични фактори е построена особена конструкция, в която се разполагат на една графика едновременно ежедневното позициониране на аномалиите за всяка от 14 те години и динамиката на развитие на съответните физични фактори, щъщо за година. Времевият 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. През целия изследван период, броят на аномалиите с продължителност до 10 денонощия е следният : Първа зона - 84, Втора зона - 99, Трета зона – 126, Четвърта зона – 119, Пета зона – 119. Върху графиките с хода на температурата на цялата акватория могат да се локализират 51 аномалии.

Първо на регресионен анализ са подложени всички хистограми, всяка сама за себе си. Целта е да се изясни характера на появата на аномалии в рамките на времеви

период през годината. Линеината динамика явно се отхвърля от анализа. Квадратична и кубична апроксимация се регистрира само в Първа и Втора 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.

Проведено е изследване за корелационна връзка за паралелност в динамиката на появата на аномалии за петте зони и за цялата акватория. Не съществува корелация, или тя е много слаба между възникването на аномалии в Пета зона и останалите зони на морето. Корелация се наблюдава при развитието на аномалиите в Първа, Втора и Трета зони, това е Източното и Централно Черноморие. В динамичната Трета зона възникването на аномалии не може да се свърже с това в съседната и Четвърта зона. Първата причина за тези особености може да се потърси в наличието на сладководния приток на води в Източното Черноморие.

На корелационен анализ са подложени годишната крива на температурните аномалии и основните хидро метеорологически и енергийни процеси, които могат да влияят върху генезиса на температурните аномалии (*Хидрометеорология и гидрохимия морей. Том IV, 1996*), (*Иванов В. А., Белокопътов В. Н., 2012*). Основните геофизични фактори, характеризиращи повърхността на морето, са топлинният баланс, приземното атмосферно налягане и водния баланс на водите в морето. Цялата повърхност на морето не корелира с изброените фактори. Налични са много слабо надеждни корелационни коефициенти само за топлинния баланс и за изпарението (0.5 и 0.4).

При топлиния баланс на петте контролни кони и цялата повърхност за значим корелационен коефициент от порядъка на 0.6-0.8 може да се говори само за Първа, Втора и по-малко за Четвърта зона. Това се дължи на спецификата на разпределението на топлинния баланс на морето, който е положителен на изток и отрицателен на запад. Той е предпоставка за появата на температурни аномалии, чийто генезис може да е по съвсем друга причина.

При баланса на пресните води не се наблюдава паралелност с появата на температурни аномалии. Това е очаквано поради отдалечеността на зоните от местата където пресните води от стоковете на Дунав и Днепър променят солеността на водата на морето.

Изпарението 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 (*Иванов В. А., Белокопътов В. Н., 2012*). За всички зони и за цялата повърхност категорично отсъства корелация с появата на температурните аномалии.

При Първа и Втора за зона валежните суми се регистрира средна отрицателна корелация с появата на аномалиите. По-малкото валежи над Първа и Втора зони през лятото предполага повече безоблачно небе, или това е предпоставка за възникването на температурни аномалии без намесата на валежите.

Атмосферното налягане над повърхността на морето никъде не може да се свърже с промяната на генерирането на топлинни аномалии на повърхността.

Заклученията на анализа са следните (*Манев А., и др., 2020a*) :

1. Генерацията на кратковременните температурни аномалии на повърхността на зоните на Черно море не могат да се свържат с процеси, характеризиращи се с линейно,

квадратично или кубично изменение във времевия интервал в края на пролетта, лятото и началото на есента.

2. Аномалиите не винаги възникват едновременно върху цялата акватория 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, с възникването на аномалиите.

4.1.4. Геофизични условия при възникването на температурни аномалии на повърхността на Каспийско море.

За единадесетте години в периода 1.05 – 20.10 броят на аномалиите с продължителност до 11 денонощия е следния : Първа зона - 87, Втора зона - 88, Трета зона - 112 и Четвърта зона – 152. Върху графиките с хода на температурата на цялата акватория могат да се локализируют 77 аномалии. Завишеният брой аномалии в Четвърта зона се дължи на по-южното и разположение, където метеорологичните промени са по-динамични и съответно безоблачните дни са повече. За голяма част от аномалиите в Четвърта зона по същото време не се наблюдават аномалии в останалите зони.

Анализът е проведен при особеностите на началния етап на изследването на Черно море. При регресионния анализ на вида на кривата на разпределение на аномалиите, за разлика от Черно море, тук явно се откроява наличието на средно значим коефициент за всички зони, за квадратична и кубична (0.43-0.76) апроксимация. Възникването на аномалиите във времето ще има приблизително камбановиден вид 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, който е подобен и е с максимум около средата на лятото.

Коефициент на Пирсън отново се използва за оценка на корелациите между динамиката на появата на аномалии за четирите зони и за цялата акватория. Не съществува корелация между възникването на аномалиите в Първа и Втора зони и тези в Четвърта зона. Причината най-вероятно е в отдалечеността на Четвърта зона от Първа и Втора зони и подложеността им на различни метеорологични процеси. Което не означава, че е задължително механизмите за възникването на аномалиите да са различни за зони Първа и Втора, от една страна и Четвърта зона от друга. Наблюдава се корелации между между двойките зони Първа и Втора от една страна и Трета и Четвърта зони от друга. Това означава, че се наблюдава различие на геофизичните условия на и над горната и долната част на морето, с разделителна линия между между Втора и Трета зони. Голямата липсата на корелации Първа и Втора и цялата акватория може да се обясни с доста по-големия брой аномалии в Четвърта зона. Аномалиите в цялата акватория силно корелират с тези от Трета и Четвърта зони (0.61-0.73), което също се дължи на по-големия брой аномалии в Трета и Четвърта зони, спрямо Първа и Втора.

При анализа на геофизичните условия при Каспийско море (Манев А., 2019), както и при Черно море, се оказва, че речният сток не може да се свърже с динамиката на генерацията на температурните аномалии (*Хидрометеорология и гидрохимия морей. Том VI, 1996*). В случая с изпарението се регистрира коефициент на Пирсън равен на 0.259, което е на границата на средната и слаба корелация.

Средногодишният ход на изпарението от повърхността на Каспийско море корелира с възникването на аномалиите с коефициент на Пирсън равен на 0.259, което е на границата на средната и слаба корелация. В случая е на лице въздействие на

повишената температура на аномалиите върху процеса на изпарение. Но той във всички случаи е много малък.

Годишните валежни суми над морето корелират с възникването на аномалии с отрицателна корелация малко над прага на средната корелация. Логиката налага да се приеме тази отрицателна връзка – валежите са повече при облачно време, а тогава или не възникват положителни температурни аномалии или ако възникнат не могат да бъдат наблюдавани.

За Каспийско море има един много интересен параметър – вертикалното движение на водната повърхност на цялото море през годината. Корелационният коефициент е 0.436 и показва средна, стабилна корелация. Да се търси причинно-следствена връзка с генезиса на температурните аномалии на повърхността е много смела идея, тъй като механичното повдигане на нивото на водата на цялата повърхност не е сходна с голямата динамика на появата и изчезването на температурните аномалии.

В заключение могат да се направят следните изводи (Манев А., 2019):

1. Генерацията на кратковременните температурни аномалии на повърхността на Каспийско море, свързана с геофизичните условия при които възникват, не е еднаква и едновременна върху цялата повърхност на морето.

2. Изследваните процеси: валежи, изпарение, воден сток и динамика на нивото на повърхността не са сред главните причини за възникването на температурните аномалии. Както и при анализа за Черно море остава открит въпросът за връзката на динамиката на слънчевата активност, като активен фактор, с възникването на аномалиите.

След направените качествени изследвания на контролните зони на двете морета за устойчивостта на параметрите им, се налага изводът, че отделното използване на коя да е от зоните на моретата за **точни** количествени анализи за връзката им със слънчевата активност трябва да се провежда с много голяма предпазливост, поради голямата динамика на съответните параметри. Количествена връзка може да се търси между цялостната реакция на водните басейни на промените в слънчевата активност, а динамиката на контролните зони може да се използва само като качествен параметър за такава връзка.

4.2. Сезонни характеристики на градиентите на нарастване на температурата на Черно и Каспийско море

Средният сезонен градиент на промяна на температурата се променя линейно само по време на пролетта и есента. Когато приближава кулминацията през лятото ежедневният температурен градиент на нарастване спада, а веднага след максималните летни температури градиентът на спадане на температурата нараства. Така се оформят два времеви периода, в които и двата градиента са резултат на линеен характер на изменение на повърхностните температури: април-юли и август-октомври. На този фон се открояват краткотрайните температурни аномалии. Налага се да се изгради реална представа за сезонния градиент на нарастване, на чиито фон да се отделят краткотрайните аномалии, така че да стане възможно да се отделят само аномалиите, чиито генезис не е климатичен. По литературни данни (*Хидрометеорология и гидрохимия морей, Том IV, 1991*) летният градиент на нарастване на температурата на Черно море е 0.2°C . Тази стойност, осреднена за дълъг период от време, не е достатъчно точна за настоящото изследване.

Оценката на сезонния градиент на нарастване се провежда чрез отделяне на линейните участъци от кривите на температурните изменения. За всяка година са открити почти линейни участъци от кривите на нарастване. Такива линейни участъци

се наблюдават във времеви диапазон от 10-ти до 110-ти ден от наблюдавания 295 дневен период от годината. В календарно изражение това е периодът от 10 април до 20 юли от всяка от 14-те години. За тези участъци е проведен регресионен анализ за възможността да се определи конкретния градиент на нарастване. Таблично са представени за двете морета, възможните времеви периоди за които критерият за линейна достоверност на апроксимацията r^2 има много висока стойност (от 0.93 до 0.98). Показани са и дневните стойности на градиента на температурите за съответния участък. Едва сега, когато са определените времеви диапазони за всяка година, в които повърхностните температури нарастват линейно, съществува предпоставка за последващи изследвания на топлинния баланс на двете морета.

За определянето на градиента, характерен за всяко море са проведени пресмятания при които се отчита тегловият принос на всеки градиент, за всяка година. Така за Черно море се получава среден градиент равен на 0.247°C на денонощие, а за Каспийско море - 0.213°C на денонощие. Двата градиента са много близки, с малко по-голям градиент за Черно море. Разликата може да се обясни като проява на различната соленост и съответно плътност на двете морета, която влияе на топлоемкостта на морската вода.....

Двете стойности на градиентите 0.213°C и 0.247°C на денонощие се използват по-нататък в изследването като чисто ориентировъчни за локализирането на краткотрайните аномалии. Поради тази причина не се дискутира нивото на точност на самите градиенти. В случая е достатъчен прагът за всяко море и за всяка година от изследваните, над който е възможно да се регистрират температурни аномалии не предизвикани от климатични фактори. Получените стойности са в синхрон с публикуваните резултати на други автори (*Хидрометеорология и гидрохимия морей. Том VI, 1996*), но са по-точни, тъй като позволяват да се правят оценки конкретно за краткотрайните аномалии за всяка година..

4.3. Анализ на краткотрайните температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море за връзката им със слънчевата активност

Връзката между възникването на краткотрайните температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море и динамиката на слънчевата активност изисква съпоставянето на синхронни във времето данни за двете физични явления с много различна динамика на изменение. Слънчевата активност се променя с много голяма амплитуда в рамките на няколко денонощия, дори и в съседни денонощия (*Манев А., и др., 2021a*). Докато температурата се променя сравнително плавно и без особено големи скокове в амплитудата. Поради това се прилага последователност на анализа, при който първо се локализируют температурните аномалии на повърхността на моретата и след това се проверява за кои аномалии е възможно да се предположи, че са резултат на повишен слънчева активност. Общият вид на съпоставяните данни за 14-те изследвани години е показан в Приложението към изследването - Фигури от 1 до 14.

В началото на изследването се налага да се формулират няколко критерия за филтриране на достоверните температурни аномалии, причината за чиято генерация, е възможно да бъде повишаващата се слънчева активност. Първата стъпка, след Първичната обработка на данните, се състои в локализиране, за всяко море, на аномалните повишавания на ежедневната температура. За всяко отделно море се определят следните шест критерия за наличие на аномалия:

1. Аномалията да се проявява в поне 4 подзони за Черно море и в поне 3 подзони за Каспийско море.
2. Запълнеността на ежедневните данни да е по-голяма от 75%

3. Ежедневният градиент на нарастване да е по-голям с 0.4°C от определения за съответната година сезонен градиент в рамките на периода за който е определено линейно изменение на температурата.

4. Скок на градиента в сравнение с три предходни дни.

5. Стойността на относителната пикова стойност на аномалията трябва да е по-голяма с поне 0.5°C по абсолютна стойност.

6. Отсъствие на антициклонална метеорологична дейност.

Последователността на последващата филтрация следва реда на зададените шест критерии. По този начин се постига оптимизация на филтрационния процес. Анализирани са **750** аномалии за двете морета и подзоните им. Локализирането на аномалиите е ръчно, чрез маркер, с който се проследява линията на ежедневния ход на температурата на зоната или целия басейн. За достоверни се приемат аномалии, които се проявяват едновременно освен на цялата повърхност на моретата и в още 3 зони от Каспийско и 4 зони от Черно море. След като се определят аномалиите и на двете морета поотделно, то те се съпоставят, за да се отделят само тези аномалии, които се проявяват по едно и също време на повърхността на двата водни басейна. Така се валидизират само аномалии, които се проявяват на двете морета по едно и също време.

Критерий за надеждност на аномалията е условието наситеността на пикселните данни за съответното инфрачервено изображение да надвишава 75% от възможния максимум пикселни данни за всяко море при отсъствие на облачност или сбойни пиксели. Обективизацията на тези параметри се осъществява като се определи максималният брой на пикселните данни за всяко море - Черно море 5446 точки, а за Каспийско море на 3825 точки.

Проследявайки ежедневния градиент на изменение на температурата на цялата акватория на всяко море, се регистрират дните, в които градиентът е с 0.4°C по-голям от определеният годишен сезонен градиент в Таблиците 1 и 2, съответно за Черно и Каспийско морета. Това е първият белег за това, че за този ден може да съществува аномална промяна на температурата. За двете морета по този начин е определено множество от **182** аномалии, проявени на целите райони на моретата, които по-нататък се филтрират така, че да се отделят само тези, за които се предполага, че са предизвикани от слънчевата активност.

Следващата стъпка на филтрация цели да се избегне възможността да се получи препокриване на две последователни аномалии. По същество това означава да се провери дали в предишните три дни няма градиент над сезонния.

В настоящото изследване, аномалията се приема за достоверна ако разликата между относителния и максимум на температурата и евентуалния сезонен ход, в същия ден, е по-голяма от 0.5°C . Изискването е силно и не позволява да се допуснат за анализ аномалии при които повишаването на температурата е недостатъчно. Прагът 0.5°C е над допустимите грешки на апаратурата AVHRR (1Манев А., 2019).

На този етап от изследването е проведен синоптичен анализ на атмосферната обстановка за отсъствие на антициклонална дейност над морските райони. Тази проверка цели отстраняването на аномалии, за които има съмнения, че могат да бъдат предизвикани от спускащи се топли въздушни маси.

С определените валидизирани аномалии, се провежда корелационен анализ между времевите редове на температурите на двете морета. Съпоставят се данните за температурите на двете морета, отстоящи на едно, две и три денонощия преди и след определената дата на максимум на аномалията. По този начин се откриват аномалии с продължителност от три, пет и седем денонощия. При корелационния анализ се вземат

за достоверни само корелации с корелационен коефициент на Пирсон надвишаващ 0.7 (²Манев А.,2021).

След като са филтрирани само температурните аномалии, които се проявяват достатъчно значимо на повърхността и на двете морета, се пристъпва към изследване на наличието на корелационни зависимости само между тези аномалии и поведението на слънчевата активност (представена с индекса F10.7) в съответните денонощия. Доверителната граница на стойността на коефициента на Пирсон е свалена до 0.62 поради голямата дивияция на стойностите на енергийния поток който идва от Слънцето. На този етап тази стойност е приемлива с оглед последващото филтриране за ограничаване на множеството от възможни ситуации при които ще се прилага корелационен анализ при линеен характер на изменение на величините.

Корелационна зависимост на нарастващите температури на двете морета от радиацията, чрез индекса F10.7, е регистрирана само на 21 от изследваните ситуации. За 9 от случаите корелационния коефициент за синхрона в изменението на температура на повърхността на Каспийско море и изменението на индекса F10.7 заема отрицателна стойност. Известно е, че при спад на слънчевата активност се създават условия за приток на енергия към повърхността на Земята вследствие на въздействието на космическите лъчи (Hillas A.M.,1972). Този механизъм на загряване на повърхността на моретата е извън пределите на поставените цели на настоящото изследване и не се дискутира в подробности.

В резултатът от анализа до тук на са определени 8 случая, при които е налице синхрон между генерацията на температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море и повишаващия се индекса F10.7. След многото филтраци за съвместимост и адекватност на данните за температурните аномалии и слънчевата активност изследваният период се свива до периода от 19 юни до 4 септември. Така формирания период е по-малък от приетия в началото период, за който се предполагаше, че е с минимална облачната покривка над моретата и следователно той е удобният за детайлни изследвания на слънчевото въздействия върху морските повърхности.

Първоначалната хипотеза за предизвиканите температурни аномалии на повърхността на моретата от повишаваща се слънчева активност предполага и анализ на корелациите между изменението на техните стойност в дните преди максимума на температурните аномалии, описани в Таблица 1.

В таблицата, са указани само датите на максимумите на тези температурни аномалии, за които има надежден коефициент на корелация по двойки между фазите на нарастване на температурите на повърхността на моретата и нарастването на индекса F10.7, само за двата дни преди максимума на аномалията, В колоните 3,4 и 5 са показани корелационните коефициенти съответно на температурите на двете морета, на Черно море и индекса F10.7 и на Каспийско море и индекса F10.7. В колони 6,7 и 8 са корелационните коефициенти само за нарастващата фаза на температурите на Черно и Каспийско море, на температурите на Черно море и слънчевата активност и на температурите на Каспийско море и слънчевата активност.

Таблица 1

Надеждни корелационни коефициенти за дните на максимумите на температурни аномалии

№	Дата на максимума	Δt [дни]	Черно море [K ⁰] - Каспийско море [K ⁰] [sfu]	Черно море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]	Каспийско море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]	Черно море [K ⁰] - Каспийско море [K ⁰] [sfu]	Черно море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]	Каспийско море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	04.09.1985	3	0.974	0.991	0.934	0.974	0.932	0.824
2	05.07.1986	7	0.909	0.865	0.747	0.986	0.900	0.834
3	11.07.1990	3	0.893	1.000	0.901	0.987	0.892	0.808
4	12.08.1991	3	0.976	0.932	0.988	0.976	0.932	0.988
5	09.08.1993	3	0.943	0.970	0.832	0.929	0.800	0.965
6	19.06.1995	3	0.897	0.877	0.999	0.932	0.848	0.598
7	27.06.1995	3	0.778	0.992	0.691	0.987	0.945	0.881
8	29.08.1997	3	0.922	0.880	0.629	0.973	0.894	0.776

Времевият диапазон на нарастващите фази е от 3 дни. За толкова кратки интервали, при положение, че изменението не включва инфлексна точка, и имайки предвид сезонния линеен ход на температурите, може да се приеме ленийност на изменението на величините. Тогава корелационните коефициенти в колони 6,7 и 8 на Таблица 1 са вече ориентировъчна количествена оценка на еднаквата промяна на всяка от трите анализирани величини, взети две по две и данните за тези дати може да се използват за търсене на причинно-следствени връзки между измененията на индекса F10.7 и температурите на повърхността на Черно и Каспийско море, каквато е и една от целите на изследването.

В дисертационния труд е дискутират проблемът със значимостта на коефициентите на Пирсон при наличие на малък брой данни. Доказано е, че за нуждите на анализа, при чисто евристични изисквания, е адекватното приложението на корелационния анализ и с 3 измервателни точки.

Предмет на изследването са предимно тридневните температурни аномалии. Когато за такава аномалия коефициентът на значимост превишава 0.1 е наложително да се разгледа развитието на аномалията като 5 и 7 дневна за да се прецени доколко тя може да се използва за последващ анализ на Слънчево-Земните връзки. По този начин се прави допълнителна оценка за възможностите на съответната аномалия за количествени енергийни пресмятания, при което корелационният анализ не трябва да се абсолютизира. Неговата роля е чисто технологична и **само евристична** при етапа на филтриране и откриване на подходящите ситуации.

В дисертационния труд е поместена Таблица 2 в която, за определените осем ситуации, са показани и статистическите значимости на корелационния коефициент. За всяка година, с номер на аномалията според Таблица 1, в два последователни реда са показани корелационните коефициенти и съответно, в реда под тях, коефициентите им

на достоверност. Коефициентът на Пирсон е удебелен за всяка аномалия и съответните отношения.

Определените ситуации, отразени в Таблица 2 и отговарящи на условията за минимална зависимост от атмосферни и технически условия са готови за последващо моделиране на Слънчево-Земните връзки. Указаните денонощия са удобни за детайлен анализ на топлинния баланс на повърхността на моретата и за изясняване на количествената връзка между постъпващата в горните слоеве на атмосферата слънчева енергия и топлинната реакция на повърхността на Земята

Таблица 2
Нива на надеждност на корелационния коефициент
за различна продължителност на аномалиите

№ аномалия	Продължителност на аномалията								
	7 денонощия			5 денонощия			3 денонощия		
	Черно море [K ⁰] - Каспийско море [K ⁰]	Черно море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]	Каспийско море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]	Черно море [K ⁰] - Каспийско море [K ⁰]	Черно море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]	Каспийско море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]	Черно море [K ⁰] - Каспийско море [K ⁰]	Черно море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]	Каспийско море [K ⁰] - слънчева радиация F10.7 [sfu]
1	0.581	0.896	0.903	0.898	0.732	0.760	0.974	0.991	0.934
	0.015	0.006	0.005	0.038	0.160	0.136	0.145	0.087	0.232
2	0.909	0.865	0.747	0.854	0.870	0.646	0.528	0.975	0.325
	0.005	0.012	0.054	0.065	0.055	0.239	0.646	0.144	0.789
3	0.982	0.854	0.786	0.957	0.831	0.705	0.893	1.000	0.901
	0.000	0.014	0.036	0.011	0.081	0.183	0.297	0.011	0.286
4	0.544	-0.700	-0.051	0.318	-0.073	0.789	0.976	0.932	0.988
	0.207	0.080	0.914	0.602	0.907	0.112	0.138	0.236	0.098
5	0.805	0.592	0.784	0.902	0.648	0.839	0.943	0.970	0.832
	0.029	0.161	0.037	0.036	0.237	0.076	0.217	0.157	0.374
6	0.180	0.831	-0.183	0.139	0.935	0.155	0.897	0.877	0.999
	0.700	0.021	0.695	0.823	0.020	0.803	0.291	0.319	0.028
7	0.380	0.936	0.239	0.722	0.919	0.414	0.778	0.992	0.691
	0.400	0.002	0.606	0.168	0.027	0.489	0.433	0.081	0.514
8	0.531	0.572	0.728	0.303	0.556	0.850	0.922	0.880	0.629
	0.0.20	0.180	0.064	0.620	0.330	0.068	0.252	0.315	0.567

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на проведените проучвания и изследвания е постигната главната цел – определени са дните, в които нехомогенностите в динамиката на атмосферата и подводните морски потоци, влияят най-малко на прякото въздействие на слънчевата енергия, когато тя генерира температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море. Дисертационният труд е постигнал целта си – изяснен е характерът на въздействие на слънчевата енергия, в аномални ситуации, върху динамиката на повишаване на морските повърхностни температури.

Определени са характеристиките на двете морета, които ги прави удобни за полигон за изследване на слънчевото въздействие. Изяснени са особеностите на морската реакция на нарастващата слънчева инсолация.

Проведените изследвания са изцяло в областта на поставените задачи. Те дават отговори на поставени проблеми при моделирането на Слънчево-Земните връзки. По този начин изследването е завършено успешно. Откритите 8 дни, в 14 годишния анализиран период, са основа за бъдещи научно изследователски дейности.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Разработена е методика за подбор на затворени морски акватории, подходящи за количествена оценка на връзката между краткотрайните температурни аномалии на повърхността и измененията на слънчевата активност.

2. Създадена е архив от данни за температурата на морската повърхност на цялото Земно кълбо с разделителна способност 9x9 км.

3. Разработен е специализиран софтуер за разчитане и филтриране на спътникови данни и геодезичното им привързване: за възстановяване на липсващи пиксели и интерактивна обработка на данните; визуализация и преформатиране за използване от готови програмни продукти като EXCEL, STATISTICA, Grapher, Photoshop.

4. Създадена е методика за определяне и локализиране на краткотрайни температурни аномалии на повърхността на системата Черно и Каспийско море чрез оптимален брой критерии.

5. Създадена е методика за търсене на връзка между краткотрайните температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море по спътникови данни и динамиката на слънчевата активност.

6. За първи път е доказано, че в измервания 14-годишен период (1985 – 1999) генерацията на температурните аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море не са свързани геофизичните условия (валежи, речен сток, изпарение, атмосферно налягане, вътрешни водни течения).

7. Определени и публикувани са осем краткотрайни температурни аномалии, за които коефициентът на корелация между фазите на нарастване на температурите на повърхността на моретата и потока слънчева радиация F10.7 е в диапазона 0.776 – 0.988. Това показва, че определените събития могат да се използват за количествени оценки на причинно – следствените връзки в измененията на слънчевата активност и краткотрайните температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам своята благодарност на научния ми ръководител доц. д-р Алексей Стоев за оказаната помощ, подкрепа и съвети в работата над моята дисертация.

Изказвам своята дълбока благодарност към проф. д-р Пенка Стоева за оказаната многостранна помощ и конструктивните съвети, стимулиращи написването на настоящата дисертация.

Изказвам своята благодарност към проф. д-р Борис Комитов, който ме насочи към използването на оптимален програмен формат, за реализацията на програмното осигуляване на изследванията.

ПУБЛИКАЦИИ НА АВТОРА, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Манев А.. Спътникови изследвания на температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско морета, Сборник доклади от научна конференция „Актуални проблеми на сигурността“, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски“, 2019г., ISSN 2367-7473, стр. 464-471.
2. Манев А., Възможности на спектрофотометъра AVHRR за определяне на кратковременни температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско морета , Сборник доклади от годишна университетска научна конференция , 27-28 юни 2019 година, Велико Търново 2019 г. Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски“, ISSN 2367-7481, 447-455 стр.
3. Манев А., Спътникови изследвания на Каспийско море, S E S 2019, 6-8.11.2019, 170–173 pp, p-ISSN 2603 – 3313, e-ISSN 2603 – 3321.
4. Манев А., Райкова Л. , Костов М., Ташев В. Геофизични условия при възникването на температурни аномалии на повърхността на Черно море, Шестнадесета международна научна конференция „Космос, екология, сигурност” SES 2020 София, 4– 6 ноември 2020 г. ИКИТ – БАН, p-ISSN 2603 – 3313, e-ISSN 2603 – 3321, стр. 207-212.
5. Манев А., Стоев А., Ташев В., Динамични характеристики на основните параметри на краткотраините температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско морета, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция 28-29 май 2020 година, , Велико Търново 2020 г., Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, ISSN 2367-7481, стр.574-582
6. Манев А., Райкова Л., Костов М., Ташев В., Опасностите от слънчевата активност, Сборник доклади от научна конференция „Актуални проблеми на сигурността” 2020, 22-23 октомври 2020 г. във Велико Търново, Електронно издание, Велико Търново 2020г., Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, ISSN 2367-7473, стр. 943-948
7. Манев А., Ташев В. Откликът на Черно и Каспийско морета на слънчевата активност, XVII международна научна конференция „Космос, екология, сигурност” SES 2021 София, 20-22 октомври 2021 г. ИКИТ – БАН, p-ISSN 2603 – 3313, e-ISSN 2603 – 3321, стр. 207-212.
8. Манев А., Кратковременни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско морета – критерии, Сборник доклади на Годишна международна научна конференция на Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски“, 8.10.2021г., гр.Долна Митрополия, Електронно издание, ISSN 2738-716X, стр.78-83
9. Манев А., Ташев В., Райкова Л., Костов М., Динамика на слънчевата активност и температурните аномалии на повърхността на Черно море, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция 27-28 май 2021 година, , Велико Търново 2021 г., Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, ISSN 2367-7481, том 3, стр.90-98
10. Манев А. П., Ташев В. Л., Сезонни характеристики на температурата на морската повърхност на Черно и Каспийско море, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция 30 юни-1 юли 2022 година, , Велико Търново 2022 г., Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, ISSN:2367-7481, 1713-1718 , 1том ,стр.

11. Манев А. П., Ташев В. Л., Глобалното изминание на климата и енергийния баланс на повърхността на Черно, Сборник доклади от научна конференция „Актуални проблеми на сигурността” 2022, 27-28 октомври 2022 г., Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, 2022, ISSN:2367-7473
12. Манев А. П., Ташев В. Л., (2022а), Спътникови изследвания на реакцията на Черно море при повишаване на слънчевата активност , Годишна международна научна конференция на ВВБУ „Георги Бенковски“ 2022 сборник доклади, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, 2022, ISSN:2738-761X, 58-62
13. Манев А.П., Ташев В. Л., Слънчевата активност и енергийния баланс на повърхността на Черно и Каспийско море, XIX международна конференция „Космос, Екология, Сигурност, 19-21 Октомври 2022, София, България, Издател ИКИТ – БАН, 2022, ISSN:p-ISSN 2603 – 3313, 245-250
14. 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.
15. Манев А., К. Палазов, С. Райков, В.Иванов, Комбиниран спътников мониторинг на температурната аномалия през август 1998г., 2002," Сборник доклади на IX-та национална конференция с международно участие: Основни проблеми на слънчево-земните въздействия, 21-22 ноември 2002г , София , стр. 153-156 .
16. Манев А., К.Палазов, Ж.Жеков, Ст. Райков, Кр.Николов, Възникване на температурната аномалия през август 1998 г. , Bulgarian Academy of Sciences (BAS), Solar-Terrestrial Influences Laboratory,Space Research Institute, Council of Electronics,Electrotechnics and Communications, Tenth Jubilee National Conference with International Participation Contemporary problems of solar-terrestrial influences ,dedicated to the 70th year anniversary of academician Dimitar Mishev’birthday, november 20-21, 2003, Sofia, Сборник с доклади стр.170-173.
17. Манев А, Палазов К., Жеков Ж, Мариодосян Г., Стоянов С., Райков С., Динамиката на атмосферата като причина за възникването на температурни маномалии на повърхността на Черно море, научно-приложна конференция с международно участие “Наука, техника, технологии и образование”, 30 септември- 02 октомври 2004 г. гр.Ямбол, Сборник научни доклади, стр. 138-143.
18. Манев А, К.Палазов, Б.Бенев, Ж.Жеков, Космически аспекти на температурните аномалии на повърхността на Черно море, Second scientific conference with international participation “Space, Ecology, Nanotechnology, Safety”, 14-16 June 2006, Varna, pp. 60, ISBN 10:954-9401-12-7, ISBN 13:978-954-9401-12-7
19. Манев А., С. Стоянов, Ж. Жеков, В. Ташев, К. Палазов, С. Спасов, С. Райков. Краткосрочни температурни аномалии на повърхността на Каспийско море. Сб. доклади на Юбилейна научна сесия „50 години от полета на Първия изкуствен спътник на Земята”, НВУ „В. Левски”, факултет „Авиационен”, Д. Митрополия, 2007, с. 254-261, ISBN 978-954-713-091-3.
20. Манев А.,Ст. Спасов, В. Ташев,Ж. Жеков, Ст.Стоянов, П. Петков, Ст. Райков, Краткосрочни температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море, Международна научна конференция “Стара Загора 2007“, 7-8 юни 2007,

Сборник научни трудове, Том III - "Технически науки", стр. 261-266, ISBN 978-954-9329-37-7

21. Манев А. П., Ст. Ж. Стоянов, Зл. Ив. Казлачева, Регресионни модели и температурата на повърхността на черно и каспийско морета, Сб. трудове Научна сесия НВУ „В. Левски” , факултет „Артилерия, ПВО и КИС’2007”. Шумен, 2008, с. 287 – 293, ISBN – 13: 978-954-9681-20-8
22. Манев А., Ж. С. Жеков, З. И. Казлачева, Б. Г. Бенев, Ст. Хр. Спасов, В. Л. Ташев, Спътникови изследвания на затворени морски басейни и Глобалното затопляне, Юбилейна научна сесия 2008, „ 100 години от обявяването на независимостта на България”, 17-18 април 2008, гр. Долна Митрополия, стр.318-325, УДК 551.46.08, ISBN 978-954-713-092-0
23. Манев А., et al., Characteristics of short-term temperature anomalies on the Black sea and Caspian sea surfaces, Proceedings of the Jubilee International Congress – Science, Education, Technology September 12-14, 2012, Varna, Journal Scientific and Applied Research, vol. 1, pp 122-130, 2012, ISBN 978-954-577-636-6.
24. Manev A., Complex analysis of the short-term temperature anomalies on the black sea surface, “MEEMI’ 05, Second International Congress on Mechanical and Electrical Engineering and Marine Industry. Proceedings, Volume IV. Varna, Bulgaria, 2005. p. 140-146. ISBN 954-20-0314-5-5 (Vol.IV)

ИЗПОЛЗВАНИ ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ

- Алексанин А.И., Катаманов С.Н., Автоматическая привязка спутниковых изображений AVHRR/NOAA при сложных условиях наблюдения, Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2006в. Т.1.стр. 41-48
- Боровиков В., STATISTICA искусство анализа данных на компьютере, Питер 2003, ISBN 5-272-00078-1
- Величкова Н., В. Павлова, Статистика, ИСК при УНСС, София, 2002
- Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IV. Черное море. Выпуск 1. Гидрохимические условия, Справочник, Проект Моря, - Санкт-Петербург : Гидрометеоздат,1991.- 430 стр.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том VI. Каспийское море. Выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. С-Пб: Гидрометеоздат,1996.
- Горлач В.В., Егоров В.Л., Иванов Н.А.,Обработка, представление, интерпретация результатов измерений,Изд.СибАДИ, 2006, УДК 53.08 (0.75.8)
- 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. стр.61–79, УДК 551.58:551.590.21
- Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря, Севастополь 2011,с. 212, УДК 551.465 (262.5), ISBN 978-966-022-6165-5
- Лонгейр М. Астрофизика высоких энергий: Пер. с англ. — М.: Мир,1983. — 400 с
- Манев А.,Спътникови изследвания на Каспийско море, XV международна научна конференция „Космос, Екология, Сигурност” S E S 2019, 6-8.11.2019, 170–173 pp, p-ISSN 2603 – 3313, e-ISSN 2603 – 3321.
- 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.
- Манев А., К. Палазов, С. Райков, В.Иванов, Комбиниран спътников мониторинг на температурната аномалия през август 1998г., 2002," Сборник доклади на IX-та национална конференция с международно участие: Основни проблеми на слънчево-земните въздействия, 21-22 ноември 2002г , София , стр. 153-156 .
- Манев А., К.Палазов, Ж.Жеков, Ст. Райков, Кр.Николов, Възникване на температурната аномалия през август 1998 г. , Bulgarian Academy of Sciences (BAS), Solar-Terrestrial Influences Laboratory,Space Research Institute, Council of Electronics,Electrotechnics and Communications, Tenth Jubilee National Conference with International Participation Contemporary problems of solar-terrestrial influences ,dedicated to the 70th year anniversary of academician Dimitar Mishev’birthday, november 20-21, 2003, Sofia, Сборник с доклади стр.170-173.
- Манев А, Палазов К., Жеков Ж, Мариодосян Г., Стоянов С., Райков С., Динамиката на атмосферата като причина за възникването на температурни маномалии на повърхността на Черно море, научно-приложна конференция с международно участие “Наука, техника, технологии и образожание”, 30 септември- 02 октомври 2004 г. гр.Ямбол, Сборник научни доклади, стр. 138-143
- Манев А., С. Стоянов, Ж. Жеков, В. Ташев, К. Палазов, С. Спасов, С. Райков, (2007а), Краткосрочни температурни аномалии на повърхността на Каспийско море. Сб. доклади на Юбилейна научна сесия „50 години от полета на Първия изкуствен спътник на Земята”, НБУ „В. Левски”, факултет „Авиационен”, Д. Митрополия, 2007, с. 254-261, ISBN 978-954-713-091-3.

- Манев А., Ст. Спасов, В. Ташев, Ж. Жеков, Ст. Стоянов, П. Петков, Ст. Райков, (2007b), Краткосрочни температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско море, Международна научна конференция “Стара Загора 2007“, 7-8 юни 2007, Сборник научни трудове, Том III - “Технически науки”, стр. 261-266, ISBN 978-954-9329-37-7
- Манев А., Ж. С. Жеков, З. И. Казлачева, Б. Г. Бенев, Ст. Хр. Спасов, В. Л. Ташев, Спътникови изследвания на затворени морски басейни и Глобалното затопляне, Юбилейна научна сесия 2008, „ 100 години от обявяването на независимостта на България”, 17-18 април, гр. Долна Митрополия, стр. 318-325, УДК 551.46.08, ISBN 978-954-713-092-0
- Манев А., Райкова Л., Костов М., Ташев В., (2020a), Геофизични условия при възникването на температурни аномалии на повърхността на Черно море, XVI международна научна конференция „Космос, Екология, Сигурност” „Космос, екология, сигурност” SES 2020 София, 4– 6 ноември 2020 г. ИКИТ – БАН, р-ISSN 2603 – 3313, е-ISSN 2603 – 3321, стр. 207-212.
- Манев А., Райкова Л., Костов М., Ташев В., (2020b), Опасностите от слънчевата активност, Сборник доклади от научна конференция „Актуални проблеми на сигурността” 2020, 22-23 октомври 2020 г. във Велико Търново, Електронно издание, Велико Търново 2020г., Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, ISSN 2367-7473, стр. 943-948
- Манев А., Стоев А., Ташев В., (2020c), Динамични характеристики на основните параметри на краткотраините температурни аномалии на повърхността на Черно и Каспийско морета, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция 28-29 май 2020 година, , Велико Търново 2020 г., Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, ISSN 2367-7481, стр. 574-582
- Манев А., Ташев В., Райкова Л., Костов М., (2021a), Динамика на слънчевата активност и температурните аномалии на повърхността на Черно море, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция 27-28 май 2021 година, , Велико Търново 2021 г., Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, ISSN 2367-7481, том 3, стр. 90-98
- Манев А., Ташев В., (2021b), Откликът на Черно и Каспийско морета на слънчевата активност, XVII международна научна конференция „Космос, екология, сигурност” SES 2021 София, 4– 6 ноември 2020 г. ИКИТ – БАН, р-ISSN 2603 – 3313, е-ISSN 2603 – 3321, стр. 207-212.
- Bernstein, R. L., Sea surface temperature estimation using the NOAA-6 advanced very high resolution radiometer, J. Geophys. Res., 87, 9455- 9465, 1982.
- Hall R.C., A History of the Military Polar Orbiting Meteorological Satellite Program, September 2001, Office of the Historian, National Reconnaissance Office: <https://www.airweaassn.org/reports/prog-hist-02.pdf>
- Hillas A.M. Cosmic rays, Oxford: Pergamon Press, 1972
- Intergovernmental Panel on climate change. Climate change. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1995.
- Kravitz B., Rasch P., +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
- Kravitz B., Rasch P. J., Forster, P. M., Andrews, T., Cole, J. N. S., Irvine, P. J., Ji, D., Kristjánsson, J. E., Moore, J. C., Muri, H., Niemeier, U., Robock, A., Singh, B., Tilmes, S., Watanabe, S., and Yoon, J.-H.: An energetic perspective on hydrological cycle changes in the Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP), J. Geophys. Res., December 2013, 118, 13087–13102, <https://doi.org/10.1002/2013JD020502>

- Manev A., Complex analysis of the short-term temperature anomalies on the black sea surface, “MEEMI’ 05, Second International Congress on Mechanical and Electrical Engineering and Marine Industry. Proceedings, Volume IV. Varna, Bulgaria, 2005. p. 140-146. ISBN 954-20-0314-5-5 (Vol.IV)
- Manev A., et al., Characteristics of short-term temperature anomalies on the Black sea and Caspian sea surfaces, Proceedings of the Jubilee International Congress – Science, Education, Technology September 12-14, 2012, Varna, Journal Scientific and Applied Research, vol. 1, pp 122-130, 2012, ISBN 978-954-577-636-6.
- Monaldo F., Primer on the Estimation of Sea Surface Temperature Using TeraScan Processing of NOAA AVHRR Satellite Data, Version 2.0 S1R–96M–03, The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, October 22, 1997.
- Метеорология, 2014, Журнал о погоде и климате, https://meteoua.blogspot.com/2014/10/blog-post_11.html
- Apache, OpenOffice, <http://openoffice.org/ru/download/index.html>
- Earth Observing System Data and Information System, <http://eospsso.nasa.gov/earth-observer-archive>
- Group for High Resolution Sea Surface Temperature, <https://www.ghrsst.org/>
- Institut für Meteorologie und Klimaforschung Karlsruhe, http://www1.wetter3.de/hilfe_archiv_gfs_dt.html
- International Space Science Institute. Bern. <http://www.issibern.ch/teams/solarirradiance/>
http://www.issibern.ch/teams/solarirradiance/TSI_composite_DeWit.txt
- StaSoft Russia, http://statsoft.ru/resources/support/download.php?sphrase_id=119767
- SoftPortal™,(a), <https://www.softportal.com/software-2409-borland-turbo-pascal.html>
- SoftPortal™,(b), <http://grapher.informer.com>
- Statgraphics, <http://statgraphics.ru.malavida.com/windows/>
- TableCurve 2D, <http://tablecurve-2d.informer.com/5.1/>
- World Data Center for Solar-Terrestrial Physics in Moscow, <http://www.wdcb.ru/stp/data/solar.act/flux10.7/daily/>