

## РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен “Доктор”,

Автор на дисертационния труд: Пламен Николов Тренчев

Тема на дисертационния труд: “Използване на спътникови данни със средна пространствена разделителна способност за регистриране на атмосферно замърсяване с метан”

Област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.4. Науки за Земята, научна специалност „Дистанционни изследвания на Земята и планетите”

Рецензент: проф. дфн Димитър Енчев Сираков, НИМХ

Настоящата рецензия е изготвена въз основа на заповед № 93 от 30.09.2022 г. на директора на Института за космически изследвания и технологии при Българската академия на науките, както и на решенията от първото заседание на Научното жури, състояло се на 11.10.2022 г.

### Актуалност на проблема

Една от най-важните задачи на науките за Земята през следващите години е по-задълбоченото разбиране на процесите, водещи до изменението на климата. Както е известно, причина за това е усилването на парниковия ефект в резултат на непрекъснатото увеличаване на количеството на парниковите газове в атмосферата, резултат главно на човешката дейност. Най-разпространен такъв газ е въглеродният диоксид (CO<sub>2</sub>), а метанът (CH<sub>4</sub>), обект на изследване в настоящата дисертация, е вторият най-важен парников газ. Макар и количествата му в атмосферата да са по-малки в сравнение с тези на CO<sub>2</sub>, той е десетки пъти по ефективен в улавяне на инфрачервената радиация, излъчвана от земната повърхност, бидейки една от основните причини за по-бързото затопляне на климата. Както правилно се отбелязва в дисертацията, намаляването на емисиите на метана е най-силният инструмент за забавяне изменението на климата и допълва усилията за намаляване на въглеродния диоксид. Но преди да се разработят и приложат мерките за намаляване емисиите на метан, е необходимо да се разработят технологиите за мониторинг на тези емисии. Сателитните технологии за дистанционни изследвания (оценки *отгоре-надолу*, или *top-down*) все повече разгръщат своя голям потенциал както за оперативно наблюдение на емисии на метан от различни по големина и характер източници, така и за подобряване на инвентаризация на емисиите *bottom-up (отдолу-нагоре)*. Доказателство за важността на

спътниците за изследване на метановите емисии е големият брой планирани и готови за извеждане в орбита сателити с висока и средна пространствена разделителна способност.

В този аспект работата е твърде актуална.

### **Поставени цели и задачи:**

Целите и задачите са дефинирани пряко в дисертационния труд. Целта е да се разработи единна методика за регистриране и изследване предимно на антропогенни източници на метанови емисии посредством спътникови данни със средна разделителна способност. Освен метановите емисии се регистрират и други газови компоненти на съответните източници като CO и NO<sub>2</sub>, което дава възможност да се установи типа на емитера. Това е една иновация – в световната литература няма данни за едновременно наблюдение на трите газови компоненти. За постигане на горната цел дисертантът решава 4 основни задачи:

- избор на обекти за изследване – източници на метанови емисии с антропогенен характер;
- избор на най-подходящите за целите на изследването спътникови данни за атмосферен мониторинг;
- изследване на пространственото и времево поведение на метановите емисии от избраните обекти;
- установяване на връзки на метановите емисии с емисии на други замърсители от избраните обекти.

Решаването на тези задачи може да осигури създаването на автоматизирана система за мониторинг на метановите емисии в определена област.

### **Познаване състоянието на проблема**

Списъкът на използваната литература включва 183 заглавия, от тях само 3 на кирилица. Този голям обем от използвани работи, а и съдържанието на двете обзорни глави от дисертацията, посветени както на атмосферното замърсяване като локален и глобален проблем, така и на замърсяването с метан (пряка връзка с изменението на климата), показват, че авторът на дисертацията е проучил литературата и познава концептуалните разработки в областта. В списъка са включени и работи на колеги от ИКИТ и от други свързани институти, което освен признание за извършената работа, показва, че представеният дисертационен труд надгражда достиженията на тези колеги.

### **Съответствие на изследването с поставените цел и задачи**

След критичен анализ на предимствата и недостатъците на сателитните технологии, Тренчев, като източник на данни за своята дисертация, се е спрял на информацията, получена

от инструмента TROPOMI на борда на спътника на ЕКА Sentinel 5P с разделителна способност от порядъка на няколко километра (средна пространствена разделителна способност). Доколкото ежедневно количество информация е огромно, първата работа е да се дефинират области на изследване и типа източници. Дисертантът избира да изследва антропогенните източници в три области – България, Туркменистан и Кемеровска област в Русия. Изборът е достатъчно обоснован. Въпреки че в нашата страна няма мощен източник на този парников газ, източници има и те трябва да се изследват. В Туркменистан и Кемеровска област са регистрирани значими източници на метан, дължащи се на газодобивната и газопреносната промишленост в Туркменистан и на въгледобивната промишленост в Кемеровска област.

За изследване поведението на метановите емитери в избраните области се развиват две методики по използването на сателитни изображения на земното покритие. Двете методики са свързани помежду си и са пряко насочени към решаване на поставените цели и задачи. Първата от тях е свързана с определяне на фоновите концентрации на метан при голям брой липсващи пиксели, а втората – за регистриране и анализ на атмосферни замърсявания с метан и други газови компоненти над различни обекти на базата на спътниковите данни.

По отношение на метана един от основните показатели, който трябва да се следи, са фоновите нива. Познаването на техните стойности дава възможност да се проследяват сезонните и годишните тенденции в концентрацията на този парников газ. Поради високата степен на значимост на този показател е разработена първата методика – за изчисляване на фоновите концентрации в избрани области на интерес. Методиката изключва субективния фактор и е със сравнително нисък обем изчисления. В следствие прилагането ѝ позволява относително бързо откриване и локализиране на източниците на метанови емисии, да се откриват периодични емисии от установени източници или случайни емисии от нерегламентирани източници и т.н.. Процесът може да бъде автоматизиран и по този начин да се разширят времевия и пространствения обхват за анализ и оценка.

Приложени са съвременни технологии за обработка на информацията от Sentinel 5P, за нейното пространствено представяне и генерирането на карти, позволяващи да се издигне процесът на изследване на високо информационно и технологично ниво.

### **Кратка характеристика на дисертацията:**

Дисертационният труд е разделен на увод, четири глави, заключение (наречено от дисертанта „Изводи“), списък на приносите, списък с публикациите на Тренчев по темата и списък на използваната литература. Работата започва със съдържание, благодарности и списък с използваните съкращения. Разположена е на 139 страници и съдържа 49 фигури и 5 таблици. Със съжаление трябва да спомена, че много може да се желае за качеството на редица фигури и таблици, което не намалява информационната им значимост, но донякъде разваля доброто впечатление от положения труд.

Уводът е посветен на актуалността на проблема за емисиите на метан в атмосферата, който се явява вторият по значимост парников газ. Изложени са също така целта на дисертационния труд и задачите, чрез чието решаване се постига поставената цел.

Първата глава е посветена на замърсяването на въздуха като локален, регионален и глобален проблем. Представена е връзката на замърсяването с изменението на климата и на редицата екстремни явления, свързани с него. Обърнато е внимание на източниците на замърсяване – природни и антропогенни. Накратко са характеризирани основните първични замърсители като серни, азотни и въглеродни оксиди, летливите органични съединения и прахови частици. Споменато е и значението на вторичните замърсители като озон и аерозоли. Накрая се обсъждат средствата за регистриране на атмосферните замърсители – преки и дистанционни измервания. Съвсем логично, по-специално внимание се отделя на спътниковите измервания на атмосферните замърсители – представени са основните мисии със съответните инструменти, както и разпределението във времето на тяхната работа. Цялата тази информация е представена достатъчно подробно, имайки предвид основната цел на дисертацията и се явява едно естествено въведение в проблема.

Втората глава, която също е обзорна, е посветена на метана. Разгледано е значението на метана като парников газ. Дадено е процентното разпределение и основните антропогенни емитери на трите най-разпространени парникови газове. Описани са ефективността на метана като поглъtitел на земна радиация, респективно приноса му към изменението на климата, времето му на живот, възможностите за намаляване на антропогенните емисии на метан, както и ефекта от това намаляване. Представени са годишните секторни емисии за региони и за отделни страни – мощни източници на метан. Представени са данни и за увеличението на емисиите на метан през последните години. Обсъден е глобалният бюджет на метана, както и значението на спътниците за мониторинг на емисиите и разпространението на този газ. Чрез редица фигури са представени природните и антропогенните емитери на метан. Специално внимание е обърнато на спътниковите мисии и инструментите, предоставящи данни за концентрацията на метан.

Глава трета, която е първата част от разработката, започва с анализ на проблема за регистриране и количествено определяне на емисиите на метан. Разгледани са предимствата и недостатъците на спътниковите технологии. Следва избора на сателитни данни за целите на изследването – това са данните от инструмента TROPOMI на борда на сателита Sentinel 5P на Европейската космическа агенция. Данните от него са със свободен достъп и са налични от 2 до 4 дни след заснемането, което е ежедневно, с ширина на лентата 2600 km, местно време на прелитане около 13 ч., а пространствената разделителна способност (размера на пиксела) е  $7 \times 5.5$  км. Указано е, че е необходима предварителна обработка и геореферирание на данните. Следваща стъпка е изборът на области с определени типове емитери, както беше отбелязано по-горе. За пълноценен анализ на пространственото и времевото поведение на метанови емисии посредством сателитни данни със средна пространствена разделителна способност са осъществени няколко последователни стъпки – третиране на липсващите пиксели и определяне на фоновите концентрации при наличие на липсващи данни. Тренчев предлага цялата област да се раздели на по-малки сравнително еднородни области, за които да се използва техниката със  $\sigma$ -изрязване, която понастоящем е най-разпространеният и опростен подход за обработка на астрономически изображения поради относително ниската си изчислителна тежест. За откриване на емисионни събития, след определяне на фоновите нива на метан, се прилага  $3\sigma$ -филтър. Търсят се зони, които надвишават поне три пъти стойността на стандартното отклонение  $\sigma$  за съответния цикъл

на пресмятане. Тези зони трябва да имат налични поне осем пиксела (за всеки отделен полигон, подложен на филтрация), които да превишават с минимум  $3\sigma$  стойностите на фоновите нива. В тази глава дисертантът предлага заедно с метана да се проследява за наличие на емисии и на други газове замърсители (по-точно CO и NO<sub>2</sub>), което дава възможност да се получи много по-богата и пълноценна информация за източниците и ефектите, които те оказват по отношение на замърсяването на атмосферата и изменението на климата. На фиг. 3.7 е представена схема на единния поток на обработване на информацията.

В четвърта глава тази методика е приложена към трите избрани области за период от 4 години (от когато са налични данните на Sentinel 5P). Първо е направен статистически анализ и оценка за процента на липсващите данни. Установява се различно поведение във времето за трите области. В Кемеровска област почти няма данни за зимните месеци, а през останалата част от годината броя на дните с налични данни е около 20 месечно. За Туркменистан броят на дните с налични данни е голям – около 28 – с изключение на месеците февруари–април, когато той пада до 20. България се характеризира с много голям разброс през годините, но средното ниво е 15-20 дни месечно. Този ход е свързан с климата на районите и вариативността на облачната покривка, която е основната причина за липсата на данни. Изчислени са фоновите концентрации за трите области на изследване. Тяхното изменение с времето е представено на фиг. 4.4, 4.8 и 4.9, като са обяснени наблюдаваните разлики. Най-същественият извод е, че емисиите с годините нарастват и в трите области. По-нататък в главата са разгледани по няколко случая на мощни емисии и тяхното разпределение в трите области. Накрая са представени резултатите от обработката на данните за CO и NO<sub>2</sub> и е показана възможността чрез тях да се определи характера на метановите емитери.

### **Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд:**

Като цяло подкрепям формулираните в дисертационния труд приноси, които се заключават обобщено в разработката на единна методика за регистриране и анализ на атмосферни замърсявания с метан и други газове компоненти на базата на спътникови данни със средна пространствена разделителна способност, която е приложена за три различни обекта. Част от тази методика е определянето на фоновото наличие на метан в атмосферата при голям брой липсващи пиксели. Чрез сравняване на едновременно наблюдаваните три различни газове замърсители може да се определи типа на източника на замърсяване с метан. Установена е трайна тенденция на покачване на метановите емисии над България и над другите две избрани области.

Считам, че приносите се класифицират като получаване на нови и потвърждаващи факти и данни, и имат значение за аерокосмическите изследвания и за околната среда. Приносите имат научно-приложнен характер.

### **Преценка на публикациите по дисертационния труд:**

Публикациите по дисертацията са 4 на брой, публикувани предимно през последните 2 години и са представителни за обхвата на дисертацията. Три от тях са включени в сборници на доклади от годишна университетска научна конференция във Велико Търново,

и една - в сборника с доклади на Седемнадесетата международна научна конференция SPACE, ECOLOGY AND SAFETY.

Доколкото сборниците от университетските конференции са с ISSN, считам, че резултатите от изследванията по дисертацията са познати на научната общност. Настоятелно препоръчвам резултатите от дисертацията да бъдат публикувани в някое импактно списание.

## Автореферат

Авторефератът правилно отразява най-съществените моменти от дисертацията и дава представа за същността на разработката.

## Мнения, препоръки и бележки:

Ще започна с критичните си забележки.

Вече бе споменато за лошото качество на голям брой от фигурите и таблиците. Те са с много ниска разделителна способност и текстовите части не могат да се прочетат дори при силно увеличение. Фиг. 4.126, 4.136, 4.136 не са ясни. Същото се отнася до долните части на фиг. 4.19, 4.20, 4.21, 4.22.

Срещат се правописни грешки и неточности в текста и оформянето на дисертацията.

Много от абривиатурите в текста не са обяснени, а не фигурират в списъка със съкращения. За един и същи обект се използват абривиатури на български и английски, напр. ЕКА и ESA.

Означенията за газовите компоненти не са еднакви в текста - срещат се и CO<sub>2</sub>, и CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и CH<sub>4</sub> и т.н.

Като пространствена разделителна способност на Sentinel 5P се посочват две стойности- 7 x 5.5 км и 7 x 7 км.

Независимо от направените забележки давам положителна оценка на резултатите от разработката на дисертационния труд на г-н Тренчев за получаване на научно-образователната степен „Доктор“ по професионално направление 4.4. Науки за Земята, научна специалност „Дистанционни изследвания на Земята и планетите“.

## Заклучение:

Считам, че дисертационният труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Р. България и Правилника към него, както и на Правилника на ИКИТ по този закон, конкретно в текстовете за получаване на образователната и научна степен „Доктор“. Предлагам на уважаемите членове на Научното жури, да присъдим на Пламен Николов Тренчев образователната и научна степен "Доктор".

05.11.2022 г.

Рецензент:

проф. д-рн Димитър Енчев Сираков

ВЯРНО С ОРИГИНАЛА

