

## ЕКОЛОГИЧНИ ПРОБЛЕМИ В ГОРСКИЯ ФОНД НА СТРАНДЖА, ИЗРАЗЕНИ ЧРЕЗ АНАЛИЗ НА ДАННИ ОТ САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

**Георги Белев, Десислава Костова, Антоанета Францова**

*Институт за изследвания на климата, атмосферата и водите – Българска академия на науките  
e-mail: zbelev@abv.bg, kostova\_dessislava@yahoo.com antoaneta-bas@mail.bg*

**Ключови думи:** климат, промени, обезлесяване

**Резюме:** Настоящият доклад представя изследване на базата на анализ на данни от сателитни изображения и дистанционно дешифриране, процеса на обезлесяване на Странджа. Използвани са данни от спътникова система "Sentinel", която предоставя изображения с максимална разделителна способност за определен период от време. Изследването разглежда две причинно-следствени връзки: Природни - резултат от глобалните колебания на климата (увеличаване на средните температури и активизация на метеорологичните процеси - бури, наводнения, засушаване); Антропогенни - резултат от неконтролно, но законосъобразно изсичане на големи масиви от горски площи. В заключение са представени последствията от обезлесяването - загуба на горски площи, влошаване устойчивото развитие на биосистемите, ерозия, генериране на водни проблеми, нарушаване на техническата и социална инфраструктура.

## ECOLOGICAL PROBLEMS IN THE STRANDZHA FOREST FUND EXPRESSED THROUGH DATA ANALYSIS FROM SATELLITE IMAGES

**Georgi Belev, Desislava Kostova, Antoaneta Frantzova**

*Climate, Atmosphere and Water Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: zbelev@abv.bg, kostova\_dessislava@yahoo.com, antoaneta-bas@mail.bg*

**Keywords:** climate, changes, deforestation

**Abstract:** The current report presents a research of the base of data analysis from satellite images and remote decryption the process of Strandzha deforestation. Data has been used from satellite system "Sentinel", which provides images with maximal resolution for a few years period. The research sees over two casually investigative connections: Natural – a result from the global climate fluctuations (increase of average temperatures and meteorological activation – storms, floods and drought); Anthropogenesis – a result from uncontrolled, but lawful logging of large arrays of forest areas. In the conclusion the consequences of deforestation are presented – loss of forest areas, degradation of the sustainable development of the biosystems, erosion, generating of water problems and disruption of the technical and social infrastructure.

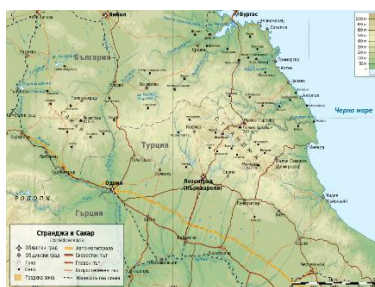
### **Въведение**

Проблемът за трайната загуба на гори в резултат на промяна в предназначението им засяга все по-голяма част от биосферата. Загубата на горска територия и цялостното влошаване на състоянието на горите в паралел със загубата на местообитаването на горските видове и последващото им изчезване от даден район в голяма степен предизвикват основателна тревога сред обществени, природозащитни и социални структури сред населението в света. Сред най-тревожните последствия от обезлесяването трябва да се добавят и увеличеният риск от ерозия, промените в количеството и качеството на водите и от тук може да се изведе заплахата от загуби в световната икономика.

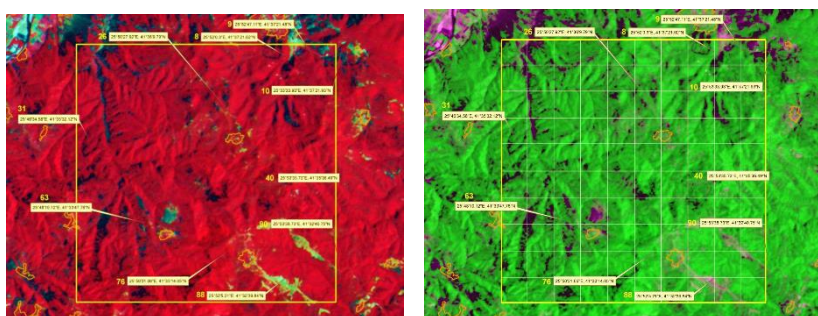
Като главна причина за обезлесяването научният свят определи климатичните промени. Следва да се отбележи, че това определение е спорно с оглед на факта, че средата на

климатичните процеси - атмосферата и по-точно тропосферата е най-активната в природно отношение среда на планетата. На практика климатът е в състояние на перманентни промени - той никога не е бил постоянен в геоложката история на Земята. В тази връзка ние предлагаме замяна на понятието „климатични промени“ с „глобални колебания на климата“. Независимо от това, климатичните колебания от периода на климатичния оптимум от X–XIV в. насам, намират изява чрез увеличаване на средните годишни температури, топенето на големи ледени маси в приполярните области, увеличаване силата на стихийните процеси - урагани с унищожителна сила на вятъра, валежи с пороен характер и наводнения с катастрофални последици следва да се буди все по-голяма тревога особено сред правителствените кръгове от обществото.

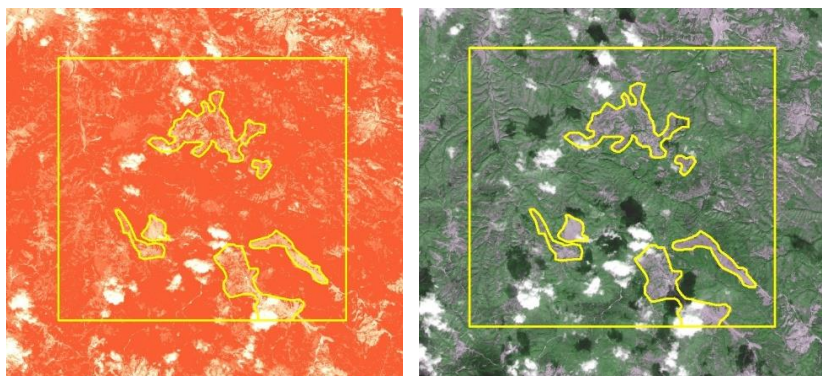
Сред негативните процеси като наводнения, парникови газове, киселинни дъждове и други сред климатичните колебания безспорно е и обезлесяването - горите неслучайно са наречени белите дробове на планетата като основен източник на кислород в атмосферата наред с кислородните процеси в океана. Обезлесяването - един трайно негативен процес и причините за него: природни или антропогенни е проблемът разглеждан в настоящия доклад. Обект и предмет на настоящото изследване е процесът на обезлесяване в горските територии на планина Странджа (Югоизточна България) (фиг. 1). Целта е на базата на използване дистанционни методи и анализ на данни от спътниковата система "Sentinel" да се изследва процеса на загуба на горски територии в един уникален в природно-географско и социално-икономическо отношение регион от България. Историческите бележки сочат експлоатацията на горите в първите векове на новото летоброене, свързано с металургична дейност, свидетелство за което са огромните металургични отпадъци в района на Резово и Малко Търново. След XVI в. железодобивът в Странджа е бил основният източник за този метал в Османската империя и свързан с огромен добив на дървени въглища от района Малко Търново, Сливарово, Резово, Малък Самоков (в днешна Турция). За постигане на поставената цел се изпълняват следните задачи: дешифриране на данните от "Sentinel", картографиране на избрани обезлесени, както и подложени на риск от обезлесяване територии, анализ на картографски и климатични данни (фиг. 2 и 3).



Фиг. 1. Странджа



Фиг. 2 а, б: RGB изображение (DMC, 32 м. 2008 г.)



Фиг. 3 а (NDVI), б: RGB изображение (Sentinel 2 – 2019 г.)

Горите са застрашени от обезлесяване и деградация. Приблизително 20 % от емисиите на въглероден диоксид (CO<sub>2</sub>) в световен мащаб могат да бъдат приписани на обезлесяването (IPCC, 2007) – повече от общото количество емисии (~5,8 Gt) на парникови газове на ЕС. Следователно ограничаването на емисиите вследствие на обезлесяване би било особено важно, за да бъдат постигнати нашите цели за ограничаване на глобалното затопляне до 2 °C по Целзий. То представлява също икономически целесъобразен начин за борба с колебанията на климата.

Обезлесяването е свързано с поредица от отрицателни екологични, икономически и социални въздействия, по-конкретно върху климата, биологичното разнообразие.

Сред други въздействия върху климата попадат промените в количеството енергия, която се отразява от земната повърхност, както и сложното взаимодействие на горите с химичния и хидроложкия състав на атмосферата. То премахва защитата, която предоставят естествените гори срещу бури, наводнения и екстремни колебания в местните метеорологични условия. Тъй като обезлесяването е глобален проблем, който изисква глобално решение, а целта е бъдат стабилизирани емисиите CO<sub>2</sub> до приемливи равнища и да бъде сложен край на загубата на биологичното разнообразие, международните преговори по въпросите на климата предоставят единствена по рода си възможност за справяне с обезлесяването.

Предлага се двустранен подход:

- Изграждане на нов финансов инструмент – Глобален механизъм относно въглерода в горите;
- Провеждане не на опит за включване на обезлесяването в търговията с емисии на въглероден диоксид.

### Методика на изследването

Теоретичната основа на "емпирично базираните" индекси за състоянието на растителната покривка са изведени от изследванията на спектралното отражение на листната повърхност на растенията. Отразената радиация във видимия диапазон на електромагнитния спектър е много малка, вследствие на силното поглъщане на радиацията от пигментите свързани с процеса на фотосинтеза с максимална дължина на вълната в областта на синята (0,47 μm) и червената (0,67 μm) област на електромагнитния спектър. Почти цялата радиация от близката инфрачервена област на спектъра се отразява и разсейва, като поглъщането на радиацията в тази област е минимално и зависи от структурните свойства на растителността (морфология, LAI индекс и т. н.) (Таблица 1). В резултат на това разликата между радиацията в червената и инфрачервената област на електромагнитния спектър се използва за оценка състоянието на растителността като максимален контраст между червена и близка инфрачервена област на спектъра се получава при плътна растителна покривка като минимален контраст се наблюдава в области с много рядка растителност или в области без такава. Оптичните свойства на листата са идентични, независимо от вида на растителността. Зелените здрави листа имат типични спектрални характеристики, които се различават в зависимост от трите основни оптични спектрални области. Въпреки че растителността по принцип притежава високи нива на отражение в близкия инфрачервен диапазон те могат значително да се различават за отделните видове, като при едни и същи условия отражателната способност на растителността може да варира в зависимост от повърхността на листната маса, тяхното състояние и водното съдържание

Таблица 1

Спектрален диапазон	Дължина на вълната	Характеристика
Син	0,35–0,5µm	Силно поглъщане от пигментите хлорофил и каротин
Зелен	0,5–0,6 µm	Ниски нива на поглъщане на радиация
Червен	0,6–0,7 µm	Силно поглъщане от пигмента хлорофил
Червен	0,7–0,74 µm	Преход между силно поглъщане и силно отражение
Близка инфрачервена	0,7–1,3 µm	Високи нива на отражение
Средна инфрачервена	1,3–2,5 µm	Поглъщане на радиацията от вода, целулоза и лигнин

Отражението от растителната покривка може да бъде измерено в три основни области на EM спектър :

1. Видима област (400–700 nm) – ниско отражение, високо поглъщане, и минимално пропускане.
2. NIR (700–1350 nm) – високо отражение и пропускане, много ниско поглъщане.
3. MIR (1350–2500 nm) – дължината на вълната, отражението и пропускането намаляват от средно към ниско, докато поглъщането се увеличава от ниско към високо.

Електромагнитната радиация, измервана от сензорите за дистанционни изследвания, е сума от слънчевата радиация, отразена и излъчена от земната повърхност и радиацията, разсеяна от атмосферата между обекта и сензора. Основните закони за излъчването, използвани в дистанционните изследвания на Земята от Космоса (Закон на Планк за излъчване на абсолютно черно тяло; Закон на Стефан-Болцман; Закон на Вин; Закон на Кирхоф) няма да бъдат разглеждани тук, тъй като за наблюдение на растителността със сателитни методи и средства се използва отразената, а не излъчената от земната повърхност радиация.

Електромагнитната радиация, измервана от сензорите за дистанционни изследвания, е сума от:

- Слънчевата радиация, отразена от земната повърхност или даден обект;
- Слънчевата радиация, отразена от земната повърхност или даден обект и след това разсеяна от атмосферата;
- Слънчевата радиация, разсеяна от атмосферата между обекта и сензора.

### Резултати от анализа

Според НИМХ „През последните десетилетия средните годишни температури прогресивно се повишават. Те са най-високи през 1994 г. - с 1–2°C над нормите, като през 1999 и 2000 г. с по-високи с 0.5–1.5°C. Максималните температури през юли 2000 г. са рекордни – 40–45°C, с 2–4°C над климатичните норми. Минималните температури постоянно са наднормени, с превишения до 22°C. 2002 г. остава третата най-топла година през последните години, като най-топла е била 1994 г., следва 2000 г. 2004 г. е по-топла от 2003 г., но по-хладна в сравнение с първите две години (2001 и 2002 г.) на новото столетие. През 2000 г. валежите в повечето райони са между 250 и 400 mm, т.е. между 40 и 70 на сто от нормата и е най-сухата година за 20 век. Само в отделни планински райони на места в Североизточна България сушата не е рекордна. По данни на НИМХ през юли 2010 г. количеството на валежите е с около 2–3 пъти над нормата, като данните сочат, че 2010 година е най-топлата от 130 години насам”. Според обработените данни, показани на горните фигури, минимални стойности на NDVI (вегетационен индекс) се наблюдават през 1994, 2000 и 2007 година за района на Странджа, от където следва че за този период на годината се наблюдават процеси на суша и силно засушаване. Максималните стойности на NDVI се наблюдават за разглежданата територия, което е логично, от гледна точка на това, че избрания район е в гориста местност. Както е видно, тези данни съвпадат напълно с данните на НИМХ за температурни аномалии и количество валежи

Имайки предвид получените резултати, както и данните от НИМХ, можем да направим извода, че данните от 1994, 2000 и 2007 могат да се използват като калибровъчни данни и долен праг при изследване на процесите на суша и засушаване. Необходимо е да обърнем внимание на стойностите за 2010 година, за които, по измерени данни, количеството на валежите е с около 2–3 пъти над нормата за месец юли (Таблица 2). Въпреки това данните сочат, че състоянието на растителността в разглежданите райони по-скоро клони към засушаване, което означава, че

превишените средностатистически норми за количество валежи се дължат предимно на локални дъждове, извън разглежданите райони, поройни, с висока интензивност, които в комбинация с много високите температури не се оказали голямо влияние върху растителността от разглежданата област. Тук е необходимо да обърнем внимание на допълнителните анализи, които могат да бъдат изведени чрез методите на визуалната интерпретация на сателитните изображения. Представени са изображения от сателитна система MODIS от 2008 година (фиг. 2 а, б) и Sentinel от 2019 (фиг. 3 а, б). На сателитните изображения областите със зелена растителност са в червен цвят, а областите без растителност са в лилав цвят на първото изображение (Фиг. 2) и в сиво-кафяв цвят на второто (Фиг. 3б). За по-изразително представяне районите подложени на обезлесяване са очертани с жълта маркировка. Имайки в предвид, че растителността в този район е предимно дървесна растителност, може да се предложи, че липсата на същата се дължи на легален (или нелегален дърводобив)

Таблица 2

	количество валежи	количество валежи	количество валежи	количество валежи	количество валежи	Количество валежи
Месец/ година	2005	2006	2007	2008	2009	2010
юни	56	219	15	154	85	210
юли	17	86	2.8	12.6	55.0	117
август	1	9	96.1	19.5	18.5	7
септември	39	57	125.3	29.4	119.6	54

### Изводи и заключение

В настоящия доклад е разгледана методология за наблюдение и изследване процесите на суша и засушаване и състоянието на земната покривка за територията на страната чрез сателитни методи и средства, която използва индекси на вегетация на растителната покривка, получавани чрез съответните математически алгоритми като „продукти“ (или производни) от сателитните данни. За целта, като въведение в съответната проблематика са разгледани теоретичните и физически основи, свързани с определянето на вегетационните индекси, както и спектралните отражателни характеристики на растителността, както и взаимодействието на светлината (електромагнитната радиация) с материята, което взаимодействие се описва с функцията на двойно спектрално отражение (bidirectional reflectance distribution function - BRDF), която определя геометричното разпределение на радиацията, като описва спектралните и пространствени характеристики на дадена повърхност. За целите на изследването са представени резултатите от направени изчисления и сравнителни анализи за няколко различни случая, включващи различни индекси на вегетация показващи състояние на растителната покривка и имащи пряка връзка с нейното състояние и процесите на суша и обезлесяване.

### Литература:

- Goward, S. N., Markham, B., Dye, D. G., Dulaney, W., J. Yang (1991). Normalized difference vegetation index measurements from the Advanced Very High Resolution Radiometer, *Remote Sens. Environ.*, 35: 257–277.
- Huete, A., C. Justice, W. Leeuwen (1999). MODIS vegetation index (MOD 13). Algorithm theoretical basis document (ATBD). Version 3. Nasa Modis Science Team. NASA.
- Jonckheere, J., S. Fleck, K. Nackaerts, B. Muys, P. Coppin, M. Weiss, F. Baret (2004). Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121: 19–35.
- Li, X., A. Strahler. Geometrical-optical bidirectional reflectance modeling of the discrete crown vegetation canopy: Effect of crown shape and mutual shadowing, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 30, 276–292, 1992.
- 1.URL: <http://www.greenbalkans.org/document-2075>
- 2.URL: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/BG/TXT/HTML/?uri=CELEX:52008DC0645&from=EN>
- 3.URL: [https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/?source=L8&lat=42.046233275485214&lng=27.596969604492188&zoom=11&preset=4\\_NDVI&layers=B01,B02,B03&maxcc=38&gain=1.0&gamma=1.0&time=2019-04-01%7C2019-10-29&atmFilter=&showDates=false](https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/?source=L8&lat=42.046233275485214&lng=27.596969604492188&zoom=11&preset=4_NDVI&layers=B01,B02,B03&maxcc=38&gain=1.0&gamma=1.0&time=2019-04-01%7C2019-10-29&atmFilter=&showDates=false)