

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА  
УНИВЕРСИТЕТ „ПРОФ. Д-Р АСЕН ЗЛАТАРОВ“-БУРГАС**

**инж. МИХАЙ ПЕТРОВ**

**ТЕРМОДИНАМИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА В  
ЗАВИСИМОСТ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИТЕ НА НЯКОИ  
ЗАМЪРСИТЕЛИ НА АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ И НА  
ГЛОБАЛНАТА ЕКОСИСТЕМА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертационен труд, представен за присъждане на образователна и  
научна степен “Доктор” по научна специалност:  
„Екология и опазване на околната среда“, Професионално  
направление: 4.2. Химически науки

**Научни ръководители:**

Доц. д-р Здравка Николаева

Доц. д-р Александър Димитров

**Бургас 2024 год.**

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА  
УНИВЕРСИТЕТ „ПРОФ. Д-Р АСЕН ЗЛАТАРОВ“-БУРГАС**

**инж. Михай Петров**

**ТЕРМОДИНАМИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА В  
ЗАВИСИМОСТ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИТЕ НА НЯКОИ  
ЗАМЪРСИТЕЛИ НА АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ И НА  
ГЛОБАЛНАТА ЕКОСИСТЕМА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертационен труд, представен за присъждане на образователна и  
научна степен “Доктор” по научна специалност:  
„Екология и опазване на околната среда“, Професионално  
направление: 4.2. Химически науки

**Научни ръководители:**

Доц. д-р Здравка Николаева

Доц. д-р Александър Димитров

**Бургас 2024 год.**

Дисертационният труд е обсъден на разширен катедрен съвет при катедра „Екология и опазване на околната среда”, ФПН, Университет „Проф. д-р Асен Златаров” – гр. Бургас, на заседание, състояло се на ..... и е насочен за разкриване на процедура за защита пред жури, определно със заповед на Ректора на Университет „Проф. Д-р Асен Златаров”.

Дисертационният труд съдържа ..... страници, ..... таблици и ..... фигури. В библиографията са включени ..... заглавия.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на .....

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в катедра „Екология и опазване на околната среда”, ФПН.



## ВЪВЕДЕНИЕ

Атмосферният въздух напоследък е подложен на сложни динамични промени с натрупване на парникови газове и замърсяващи фини прахови частици в резултат на антропогенна дейност. Средната глобална температура се повишава с нарастване на концентрацията на замърсителите в атмосферата.

Слънчевата радиация предизвиква парников ефект, при който инфрачервеното излъчване на някои газове в атмосферата затоплят земната повърхност. Най-големият проблем в последно време, вследствие на изменението на климата, е от страна на въглеродният диоксид и метана, които се съхраняват във вечните ледове на северните полярни региони. С нарастване на температурите в световен мащаб вечните ледове се топят. Това топене причинява разпадане на органичния материал в замразената почва, което може да доведе до отделяне на огромни количества парникови газове в атмосферата и до ускоряване на глобалното затопляне.

Биосферата е комплексна термодинамична система, която се описва с температура и налягане и върху която оказват влияние някои замърсители на атмосферния въздух. В дисертацията са изследвани и разработени емпирични изрази, базирани на термодинамичното понятие за калориметричните параметри, като специфичен топлинен капацитет, температура на атмосферата, алbedo на комплексната система атмосфера-Земя и концентрации на замърсители в атмосферата.

Високите нива на метан е преподставка за възникване на спонтанни природни горски пожари, които имат неблагоприятни последствия. В дисертацията е изведен емпиричен израз, базиран на термодинамичния принцип за температурата на запалване на пожар, в зависимост от концентрациите на горивни парникове газове (като метан). Вероятността за самовъзпламеняване на спонтанни пожари е голяма при високи концентрации на такива газове.

За комплексното влияние върху човечество от страна на замърсителите в атмосферата е разработена концепция за ентропията на единната комплексна система биосфера-техносфера-ноосфера. промените в биосферата води до съответните промени за ноосфера и техносфера. Чрез ентропиен концептуален подход на единната система се изчисляват енергийните метаболитни разходи на човека за денонощие.

**Цел на настоящата дисертационна работа** е изследване на температурата на атмосферата в зависимост от концентрации на някои замърсители на атмосферния въздух.

**Основни задачи на настоящият дисертационен труд са:**

1. Разработване на емпиричен адиабатичен модел за определяне на промените на температурата на атмосферата в зависимост от концентрациите на някои замърсители на атмосфера.
2. Разработване на емпиричен калориметричен метод за вариациите на температурата на атмосферата в зависимост от концентрациите на  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ .
3. Изследване на взаимовръзката между стойностите на албедото, плътността, специфичния топлинен капацитет и температурата на компонентите на Биосферата и атмосферата.
4. Разработване на модел за определяне на температурата за възпламеняване на горските масиви в зависимост от концентрациите на горивни парникови газове.
5. Качествено изследване на взаимовръзката между замърсителите на атмосферата и състоянието на биосферата.
6. Разработване на ентропиен подход за симбиотично единство на комплексната система биосфера-техносфера-човечество.

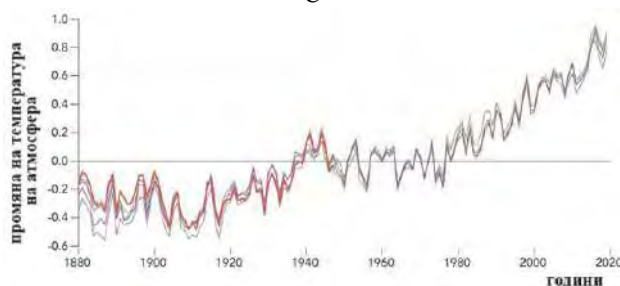
## **ГЛАВА 1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ**

### **1.1. Емпиричен адиабатичен метод за определяне на промените на температурата на атмосферата в зависимост от концентрациите на някои замърсители**

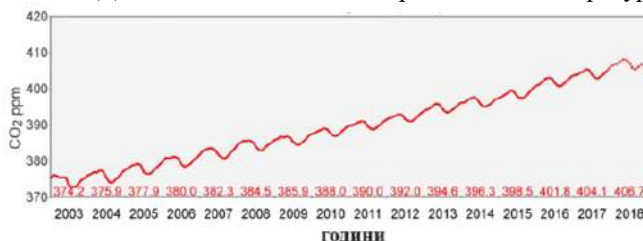
За разработването на този метод са използвани данни за температурните промени в атмосферата през последните години. (фиг.1). Наблюдава се повишаване на концентрациите на въглероден диоксид в атмосферата (фиг. 2).

Установява се, че между стойностите за промените в концентрациите и промените в температура на атмосферата съществува количествена взаимовръзка, основана на термодинамичен закон. С прилагане на уравнението за състояние на идеалния газ, се получава следната количествена взаимовръзка:

$$\Delta T = (\gamma - 1) \cdot \frac{\Delta C \cdot T}{C} \quad (1)$$



**Фиг. 1.** Динамика на глобалната промяна на температура



**Фиг. 2.** Динамика на промяната на концентрациите на  $CO_2$

Зависимостта  $\Delta T = f(\Delta C)$  позволява да се определи адиабатната константа  $\gamma$  за атмосферния въздух. Получената числена стойност на  $\gamma$  потвърждава валидността на количественият израз.

## 1.2. Емпиричен калориметричен метод за определяне на вариациите на температурата на атмосферата в зависимост от концентрациите на $CO_2$ и $O_2$

На фиг. 3 е дадена диаграма на разпределението на парниковите газове в атмосферата на Земята. Най-голям дял има въглеродният диоксид (77%).

Предложен е калориметричен метод за извеждане на израз, който съдържа промяната на атмосферната температура в резултат от въздействието на парниковите газове, натрупани в атмосферата.

Полученият израз има вида:

$$\Delta T(t) = \frac{0,4 \cdot \Delta Q(t) + c \cdot (\Delta m(O_2) - 0,7 \cdot \Delta m(CO_2)) \cdot (T - T_{n-g})}{c \cdot [m - \Delta m(O_2) + 0,7 \cdot \Delta m(CO_2)]} \quad (2)$$



**Фиг. 3.** Диаграма на разпределение на парникови газове

На фиг. 3:  $\Delta Q(t)$  е количеството енергия, поради натрупването на допълнителна топлина от въглеродния диоксид в резултат на антропогенната дейност;  $m$  – маса на атмосферата;  $c$  – специфичен топлинен капацитет на атмосферата;  $\Delta m(O_2)$  – маса на кислорода, намаляваща с течение на времето;  $\Delta m(CO_2)$  – маса на въглеродния диоксид, натрупана в атмосферата с течението на времето;  $T$  – температура на атмосферата;  $T_{n-g}$  – температура на атмосферата при отсъствие на парникови газове.

Коефициентите 0,4 и 0,7 от формула (2) означават, че 60% от топлината и 30% от излишъка на парникови газове се поглъщат съответно от океаните.

Изчислените стойности за температурните промени се сравняват с реалните -  $\Delta T_r$ .

### 1.3. Метод за определяне на взаимовръзката между стойностите на албедото, плътността, специфичният топлинен капацитет и температурата на компонентите на биосфера и атмосферата.

Всяко вещество, съществуващо в земни условия, има различни стойности на Албедото, в зависимост от химичния състав. Повечето вещества излъчват електромагнитна радиация в инфрачервения диапазон.

С прилагането на термодинамичен калориметричен израз е намерена количествена взаимовръзка между стойностите на Албедото, температурата и количеството топлина:

$$(1 - A)^{1/4} = \left( \frac{4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma}{I_{sc}} \right)^{1/4} \cdot T_{am} - \left( \frac{4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma}{I_{sc}} \right)^{1/4} \cdot \frac{Q}{c \cdot \rho \cdot V}, \quad (3)$$



където:  $Q$  – е количеството слънчева погълната топлина;  $m_{\text{air}} = 5.148 \cdot 10^{18}$  kg е масата на атмосферния въздух на Земята;  $c_{\text{air}} = 1006$  (J/(kg K) – специфичният топлинен капацитет на атмосферния въздух.

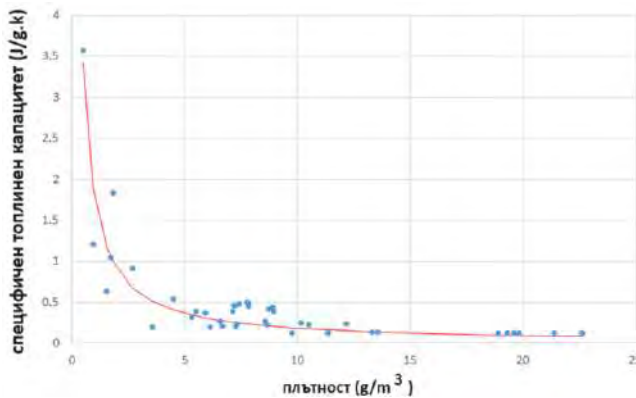
Общият вид на зависимостта на специфичния топлинен капацитет от плътността на веществата е представена на (фиг. 4).

Графичната зависимост:

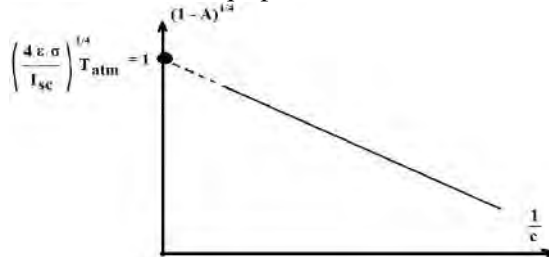
$$(1-A)^{1/4} = f\left(\frac{1}{c}\right)$$

има линеен вид (фиг. 5).

Екстраполирането до ординатната ос на фиг. 4 дава следната стойност  $\left(\frac{4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma}{I_{sc}}\right)^{1/4} \cdot T_{\text{atm}}$  с последователно изчисление на емисионната способност  $\varepsilon$  за Земята.



Фиг. 4. Общ вид на графичната зависимост  $c = f(\rho)$



Фиг. 5. Общ вид на графичната зависимост  $(1-A)^{1/4} = f\left(\frac{1}{c}\right)$

#### 1.4. Метод за изследване на възникването на природни спонтанни пожари

Спонтанните пожари в последното време нарастват с повишаването на средната глобална температура.

Някои пожари могат да възникнат спонтанно под въздействието на слънчевите лъчи със слънчев поток от порядъка  $1 \text{ kW/m}^2$  и температура на въздуха  $50^\circ\text{C}$  заедно със горивни замърсители под формата на аерозол.

Методът е калориметричен и крайният резултат е извеждане на израз за изчисляване на времето за самозапалване в присъствието на замърсителни аерозолни горивни частици и горивни замърсителни газове.

Съответният аналитичният израз за интервала от време на възпламеняване на горивните материали има следния вид:

$$t = \frac{c \cdot m_{comb} \cdot (t_{ig} - t_{atm}) - Q_{sp-gas}}{(1 - A) \cdot P}, \quad [s] \quad (4)$$

където:  $c$  - специфичен топлинен капацитет на твърди горивни материали (суха трева, сухи листа, и др.); [ $\text{J/kg}\cdot\text{K}$ ]

$m_{comb}$  - маса на твърдия горивен материал за  $1 \text{ m}^2$ ; [ $\text{kg}$ ]

$t_{ig}$  - температура на възпламеняване на твърд сух горивен материал;  $^\circ\text{C}$

$t_{atm}$  - атмосферната температура;  $^\circ\text{C}$

$Q_{sp-gas}$  - специфична топлина, съдържаща се в парникови горивни газове с обем на въздуха  $1 \text{ m}^3$  при изгаряне; [ $\text{J}$ ]

$A$ - стойности на албедото за горивни сухи материали (стойностите са от 0 до 1);

$P$ - потокът слънчеви лъчи; [ $\text{W/m}^2$ ]

## ГЛАВА 2. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

### 2.1. Определяне на адиабатната константа на въздуха и извеждане на количествен израз за промяната на температурата в зависимост от концентрациите на парникови газове

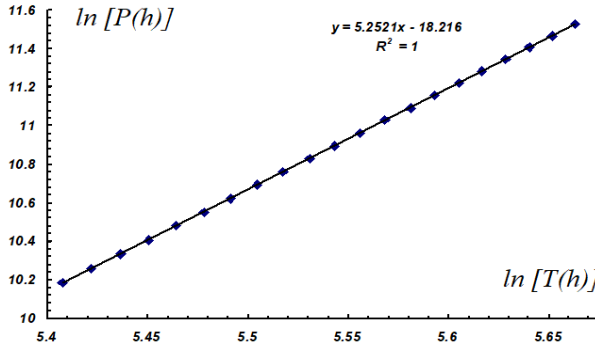
Налягането и температурата се променят с височината. Емпиричните наблюдения върху състоянието на атмосферния въздух се свеждат до използване на адиабатни термодинамични уравнения, съдържащи такива параметри като налягане, температура и обем.

След логаритмуване на адиабатното уравнение се получава:

$$\ln \left[ P(h) \cdot [T(h)]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \right] = \ln [\text{const}]; \quad \ln [P(h)] = \frac{\gamma}{\gamma-1} \cdot \ln [T(h)] + \ln [\text{const}]$$

Наклонът на тази линейна зависимост (фиг.6) позволява да се определи адиабатната константа  $\gamma$  на атмосферния въздух:

$$\frac{\gamma}{\gamma-1} = 5,2521 \Rightarrow \gamma = \frac{5,2521}{4,2521} \approx 1,23$$



Фиг. 6. Функционална зависимост  $\ln [P(h)] = f(\ln [T(h)])$

Записите от наблюдателни станции по света съдържат данни за въглеродния диоксид в атмосферата с течението на времето (таблица 1). Обикновените стойности за концентрациите (*ppm*), могат да бъдат преобразувани в  $mg/m^3$ . Съответната промяна на концентрация в *ppm* е:

$$\Delta C_{ppm} = \frac{24,4(l/mol) \cdot \Delta C [mg/m^3]}{M[g/mol]}$$

Съответното преобразуване в  $\Delta C [mg/m^3]$  и  $[mol/l]$ :

$$\Delta C [mg/m^3] = \frac{M[g/mol] \cdot \Delta C_{ppm}}{24,4} \quad ; \quad \Delta C [mol/l] = \frac{\Delta C_{ppm}}{1000 \cdot M[g/mol]}$$

Функционалната зависимост между промяната на атмосферната температура и промяната на концентрацията на парникови газове е представена на (фиг. 7). Съответният наклон на графика  $\Delta T = f(\Delta C)$  е:

$$(\gamma - 1) \cdot \frac{T}{C} = 477,26 \left( \frac{^0K \cdot l}{mol} \right);$$

Атмосферният въздух има плътност  $\rho = 1,29 (kg/m^3)$ .

Връзката между моларната концентрация  $C$  и плътността е:  $\rho = C \cdot M$

$$C = \frac{1290(g/m^3)}{29(g/mol)} = 44,48(mol/m^3) = 0,04448(mol/l)$$

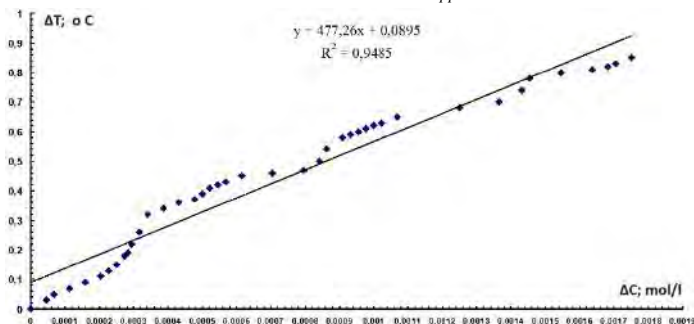
**Таблица 1.** Промяна на температурата в зависимост от концентрациите на CO<sub>2</sub>

Интервал в години	Година	ΔT; °C	C (CO <sub>2</sub> ); ppm	ΔC (CO <sub>2</sub> ); ppm	ΔC (CO <sub>2</sub> ); mg/m <sup>3</sup>	ΔC (CO <sub>2</sub> ); mol/l
0	1980	0	338	0	0	0
2	1982	0,05	341	3	5,41	6,82E-05
4	1984	0,09	345	7	12,63	0,000159
6	1986	0,13	348	10	18,03	0,000227
8	1988	0,18	350	12	21,64	0,000273
10	1990	0,22	351	13	23,44	0,000295
12	1992	0,32	353	15	27,05	0,000341
14	1994	0,36	357	19	34,26	0,000432
16	1996	0,39	360	22	39,67	0,0005
18	1998	0,42	362	24	43,28	0,000545
20	2000	0,45	365	27	48,69	0,000614
22	2002	0,47	373	35	63,12	0,000795
24	2004	0,54	376	38	68,52	0,000864
26	2006	0,59	379	41	73,93	0,000932
28	2008	0,61	381	43	77,54	0,000977
30	2010	0,63	383	45	81,15	0,001023
32	2012	0,68	393	55	99,18	0,00125
34	2014	0,74	401	63	113,61	0,001432
36	2016	0,8	406	68	122,63	0,001545
38	2018	0,82	412	74	133,44	0,001682
40	2020	0,85	415	77	138,85	0,00175

Стойността на адиабатната константа  $\gamma$  се изчислява от израза:

$$\gamma - 1 = \frac{477,26 \cdot C}{T} = \frac{477,26 \left( \frac{K \cdot l}{mol} \right) \cdot 0,04448 (mol/l)}{288(K)} = 0,073; \gamma = 1,073$$

Графиката на зависимостта от времето  $\Delta C_{ppm} = f(t)$  е дадена на фиг.8.



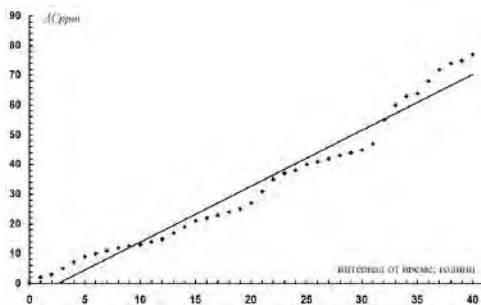
**Фиг. 7.** Графика на зависимостта  $\Delta T=f(\Delta C)$

От графиката на фиг. 8 пропорционалният коефициент е  $\approx 2$  ppm/year. Съответното изчисление ни дава:

$$\Delta C[\text{mg} / \text{m}^3] = \frac{M[\text{g} / \text{mol}] \cdot \Delta C_{\text{ppm}}}{24,4} = \frac{44,2}{24,4} = 3,61(\text{mg} / \text{m}^3) / \text{year}$$

Ако за всяка следваща година, концентрацията на въглероден диоксид нараства с 3,61 (mg/m<sup>3</sup>), може да се изчисли натрупването в атмосфера на  $\Delta m(\text{CO}_2)$  за една година.

$$\begin{aligned} \Delta m_{\text{CO}_2} &= \Delta C \cdot V_{\text{atm}} = 3,61(\text{mg} / \text{m}^3) / \text{year} \cdot 4,27596 \cdot 10^{18}(\text{m}^3) = 15,44 \cdot 10^{18}(\text{mg} / \text{year}) = \\ &= 15,44 \cdot 10^{12}(\text{kg} / \text{year}) = 15,44 \cdot 10^9(\text{t} / \text{year}) = 15,44(\text{Gt} / \text{year}) \end{aligned}$$



**Фиг. 8.** Промяна на концентрация (ppm) на въглеродния диоксид в зависимост от интервала от време (в години)

## 2.2. Определяне на промените в температурите на въздуха по термодинамичен калориметричен метод

Динамиката на циркулацията на въглероден диоксид може да бъде представена като глобален въглероден цикъл (фиг. 9)

От глобалния въглероден цикъл стойностите в гигатонове - въглерод (GtC) се отнасят към чистия въглерод (фиг. 9). За да изчисляваме масата на въглеродният диоксид в атмосферата, тогава:

$$\frac{750\text{GtC}}{12} = \frac{m(\text{CO}_2)}{44}; \quad m(\text{CO}_2) = \frac{44 \cdot 750}{12} = 2750(\text{Gt})$$

Съответно, ако масата на въглеродния диоксид в атмосферата е известна, тогава концентрацията в ppm (части на милион) се изчислява като:

$$C_{\text{ppm}} = \frac{24,4(\text{l} / \text{mol}) \cdot C[\text{mg} / \text{m}^3]}{M[\text{g} / \text{mol}]}$$

Концентрацията  $C$  [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] на въглеродния диоксид в атмосферата се изчислява, ако е известен обема на атмосферата  $4,28 \cdot 10^{18}$  ( $\text{m}^3$ ). Тогава:

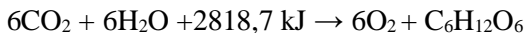
$$C[\text{mg} / \text{m}^3] = \frac{m(\text{CO}_2)}{V_{\text{atm}}} = \frac{2750 \cdot 10^{18}(\text{mg})}{4,28 \cdot 10^{18}(\text{m}^3)} = 642,42(\text{mg} / \text{m}^3) \equiv 0,65(\text{mg} / \text{l})$$

$$C_{\text{ppm}} = \frac{24,4(\text{l} / \text{mol}) \cdot C[\text{mg} / \text{m}^3]}{M[\text{g} / \text{mol}]} = \frac{24,4 \cdot 642,42}{44} = 356,3(\text{ppm})$$



**Фиг. 9.** Глобален въглероден цикъл

Анализ на диаграмата на въглеродния цикъл (фиг. 9) за процеса на фотосинтеза:



Количество от порядъка на  $403,33 \text{ Gt}/\text{year}$  въглероден диоксид се използва за процеса на фотосинтеза. Съответното количество молекули на въглеродния диоксид за една година е представено в табл. 2.

Масата на кислорода от фотосинтезата за една година, се изчислява от съотношението:

$$\begin{aligned} \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} &= \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}; \Rightarrow m(\text{O}_2) = \frac{m(\text{CO}_2) \cdot M(\text{O}_2)}{M(\text{CO}_2)} \\ &= \frac{4,03 \cdot 10^{14}(\text{kg} / \text{year}) \cdot 32(\text{g} / \text{mol})}{44(\text{g} / \text{mol})} = 293,3(\text{Gt} / \text{year}) \end{aligned}$$

Ако производството на шест мола кислород използва  $2818,7 \text{ kJ}$ , тогава за производството на  $9,16 \times 10^{15}$  ( $\text{mol}/\text{year}$ ) кислород са необходими  $4,306 \times 10^{18}$  ( $\text{kJ}/\text{year}$ ). Съответното изчисление за интервала от време за една

секунда дава резултат  $1,36 \times 10^{14} \text{ J/s} = 136 \text{ TW}$ , което е резултат почти съвпадащ с реалното - 130 TW.

Друг втори голям процес е процесът на изгаряне. Абстрахираната елементарна опростена химична реакция е:  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 394 \text{ kJ}$

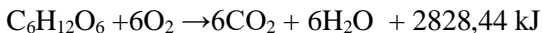
**Таблица 2.** Основните три процеса за calorична концепция за промяна на температурата на атмосферата

I-тип на процесите: фотосинтеза	CO <sub>2</sub> Gt/year	CO <sub>2</sub> kg/ year	CO <sub>2</sub> mol/ year	Маса на произв. на O <sub>2</sub> , kg/ year	Количество произведен и молове за O <sub>2</sub>	Исползвана енергия за фотосинтеза
Фотосинтеза на земната биота	403,33	4,03.10 <sup>14</sup>	9,17.10 <sup>15</sup>	2,93.10 <sup>14</sup>	9,17.10 <sup>15</sup>	4,31.10 <sup>18</sup> kJ/ year = 1,36.10 <sup>14</sup> J/s = 136 TW
II тип на процесите: изгаряне	CO <sub>2</sub> Gt/ year	CO <sub>2</sub> kg/ year	CO <sub>2</sub> mol/ year	Произведен а енергия след изгаряне, kJ year	Сумарна енергия след изгаряне, kJ/ year	II+III : Сумарна енергия произведена след изгаряне и дишане, kJ/ year
Изгаряне на изкопаемите горива	22	2,2.10 <sup>13</sup>	5.10 <sup>14</sup>	1,97.10 <sup>17</sup>	2,82.10 <sup>17</sup>	4,61.10 <sup>18</sup>
Вулканични изригвания	2,2	2,2.10 <sup>12</sup>	5.10 <sup>13</sup>	1,97.10 <sup>16</sup>		
Изгаряне на земната биота	3,66	3,66.10 <sup>12</sup>	8,32.10 <sup>13</sup>	3,28.10 <sup>16</sup>		
Земеделието на почвата	3,67	3,67.10 <sup>12</sup>	8,34.10 <sup>13</sup>	3,29.10 <sup>16</sup>		
III-тип на процесите: дишане						
Дишане на земната биота	183,33	1,83.10 <sup>14</sup>	4,17.10 <sup>15</sup>	1,96.10 <sup>18</sup>	4,33.10 <sup>18</sup>	
Дишане на почвата	217,8	2,18.10 <sup>14</sup>	4,95.10 <sup>15</sup>	2,33.10 <sup>18</sup>		
Дишане на човечество (7-8 милиарда)	3,5	3,5.10 <sup>12</sup>	7,95.10 <sup>13</sup>	3,74.10 <sup>16</sup>		
Разлика в енергията между I и (II+III) (натрупване на енергия в цялата Биосфера); (kJ/ year)						3,05.10 <sup>17</sup>
Натрупване на въглероден диоксид в цялата Биосфера; (kg/ year)						2,93.10 <sup>13</sup>

Съответните изчислени стойности за енергиите за всеки подтип са представени в табл. 2. Сумата от всички подтипове изгаряне е  $2,82 \times 10^{17}$

kJ/year. От табл. 2, общата енергия, която се произвежда при изгаряне в резултата на антропогенна дейност, е  $\approx 2,298 \times 10^{17}$  kJ/year.

Трети тип е процесът на дишане. Абстрахираната опростена химична реакция на дишането е:



Шест мола от отделения въглероден диоксид е съпроводена с емисия от 2828,44 kJ. Съответните стойности на моловете и излъчените енергии за всеки подтип са представени в третия раздел на табл. 2. Изчислената обща енергия на всички дихателни процеси е  $4,33 \times 10^{18}$  kJ/year. Съответната сума на втория и третия участък е  $4,61 \times 10^{18}$  kJ/year. Разликата в енергиите между тази на стойността от втората секция и третата секция дава стойността на акумулираната енергия за година  $3,05 \times 10^{17}$  kJ/year. Всъщност  $\Delta Q = 3,05 \times 10^{17}$  kJ/year. Лесно може да се изчисли стойността на консумирания кислород за втория и третия процес. Общите количества на консумирания кислород е представен в таблица 2.

Количеството на използвания кислород за втория процес на изгаряне с реакцията  $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 394 \text{ kJ}$  се изчислява по формулата:

$$m(O_2) = \frac{M(O_2) \cdot m(CO_2)}{M(CO_2)}$$

и тази стойност е  $2,293 \times 10^{13}$  kg/year. Същата операция на изчислението е за процеса на дишане на трета секция и тази стойност е  $2,942 \times 10^{14}$  kg/year. Сумата от двете стойности на масите на кислорода е  $3,172 \times 10^{14}$  kg/year. Сравнението на данните показва, че количеството консумиран кислород е по-голямо от това, произведено от фотосинтезата. Тази разлика е:

$$3,172 \times 10^{14} \text{ kg/year} - 2,933 \times 10^{14} \text{ kg/year} = 23,9 \text{ Gt/year.}$$

Количеството въглероден диоксид, отделян в атмосферата от втория и третия процес, е  $4,36 \times 10^{14}$  kg/year, което е повече от това, използвано за процеса на фотосинтезата –  $4,03 \times 10^{14}$  kg/year. Разликата между тях е  $0,33 \times 10^{14}$  kg/year = 33 Gt/year. Съответните данни, както и стойностите за изчерпването на кислорода са представени в табл. 3.

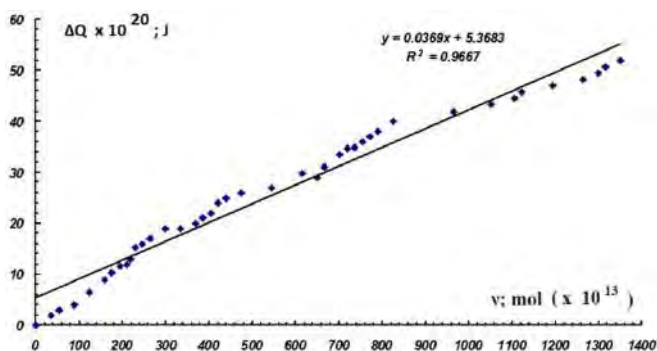
Предложеният метод е проверен от количеството топлина, което се отделя от реакцията  $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 394 \text{ kJ}$ .

От един мол произведен въглероден диоксид се отделя енергия от порядъка на 394 kJ. Следователно, графиката, която е представена на фиг. 10, е обобщение на всички таблици, които са представени по-нагоре. Корелационните изчисления на фиг. 10 показват, че пропорционалният коефициент на линейната зависимост е  $0,0369 \times 10^7 \text{ J/mol} = 369 \text{ kJ/mol}$ .



**Таблица 3.** Получени стойности на изменението на температурата на атмосферата с времето

No	Година	$\Delta T_r$ (°C)	$\Delta Q$ (J)	C (CO <sub>2</sub> ) (ppm)	$\Delta C$ (CO <sub>2</sub> ) (ppm)	$\Delta C$ (CO <sub>2</sub> ) (mg/m <sup>3</sup> )	$\Delta m$ (CO <sub>2</sub> ) (kg)	Изчерпването на кислород $\Delta m$ (O <sub>2</sub> ) (kg/year)	$\Delta T$ (°C)
0	1980	0	0	338	0	0	0	0	0
2	1982	0,05	2,44.10 <sup>20</sup>	341	3	5,41	1,62.10 <sup>13</sup>	1,9.10 <sup>13</sup>	0,047
4	1984	0,09	4,88.10 <sup>20</sup>	345	7	12,63	3,78.10 <sup>13</sup>	2,2.10 <sup>13</sup>	0,094
6	1986	0,13	7,32.10 <sup>20</sup>	348	10	18,03	5,4.10 <sup>13</sup>	2,31.10 <sup>13</sup>	0,141
8	1988	0,18	9,76.10 <sup>20</sup>	350	12	21,64	6,48.10 <sup>13</sup>	2,42.10 <sup>13</sup>	0,188
10	1990	0,22	1,22.10 <sup>21</sup>	351	13	23,44	7,02.10 <sup>13</sup>	2,53.10 <sup>13</sup>	0,235
12	1992	0,32	1,46.10 <sup>21</sup>	353	15	27,05	8,1.10 <sup>13</sup>	2,6.10 <sup>13</sup>	0,283
14	1994	0,36	1,71.10 <sup>21</sup>	357	19	34,26	1,03.10 <sup>14</sup>	2,71.10 <sup>13</sup>	0,330
16	1996	0,39	1,95.10 <sup>21</sup>	360	22	39,67	1,19.10 <sup>14</sup>	2,78.10 <sup>13</sup>	0,377
18	1998	0,42	2,2.10 <sup>21</sup>	362	24	43,28	1,3.10 <sup>14</sup>	2,9.10 <sup>13</sup>	0,424
20	2000	0,45	2,44.10 <sup>21</sup>	365	27	48,69	1,46.10 <sup>14</sup>	3,1.10 <sup>13</sup>	0,471
22	2002	0,47	2,68.10 <sup>21</sup>	373	35	63,12	1,89.10 <sup>14</sup>	3,2.10 <sup>13</sup>	0,518
24	2004	0,54	2,93.10 <sup>21</sup>	376	38	68,52	2,05.10 <sup>14</sup>	3,4.10 <sup>13</sup>	0,565
26	2006	0,59	3,17.10 <sup>21</sup>	379	41	73,93	2,22.10 <sup>14</sup>	3,5.10 <sup>13</sup>	0,612
28	2008	0,61	3,42.10 <sup>21</sup>	381	43	77,54	2,32.10 <sup>14</sup>	3,6.10 <sup>13</sup>	0,659
30	2010	0,63	3,66.10 <sup>21</sup>	383	45	81,15	2,43.10 <sup>14</sup>	3,8.10 <sup>13</sup>	0,707
32	2012	0,68	3,9.10 <sup>21</sup>	393	55	99,18	2,97.10 <sup>14</sup>	3,9.10 <sup>13</sup>	0,754
34	2014	0,74	4,15.10 <sup>21</sup>	401	63	113,61	3,4.10 <sup>14</sup>	3,9.10 <sup>13</sup>	0,800
36	2016	0,8	4,39.10 <sup>21</sup>	406	68	122,63	3,67.10 <sup>14</sup>	4.10 <sup>13</sup>	0,848
38	2018	0,82	4,64.10 <sup>21</sup>	412	74	133,44	4.10 <sup>14</sup>	4,11.10 <sup>13</sup>	0,895
40	2020	0,85	4,88.10 <sup>21</sup>	415	77	138,85	4,16.10 <sup>14</sup>	4,22.10 <sup>13</sup>	0,942



**Фиг. 10.** Взаимозависимост на натрупаната в атмосферата топлина и количеството молеве въглероден диоксид

За да се намери количеството топлина, което се отделя при производството на 1 kg въглероден диоксид, е необходимо да се представи зависимостта  $\Delta Q = f(\Delta m(\text{CO}_2))$  на (фиг. 11). Съответните изчисления показват, че приблизително  $8400 \times 10^3 \text{ J} = 8400 \text{ kJ}$  топлина се отделят за

всеки натрупан  $1 \text{ kg}$  въглероден диоксид в атмосферата и океаните (цялата биосфера).

Съответната емпирична зависимост на количеството топлина е  $\Delta Q_e[\text{J}] = 8400 \cdot 10^3 \cdot \Delta m(\text{CO}_2)$ . Информацията представена в таблиците дава този излишък на енергия годишно от порядъка  $3,05 \times 10^{17} \text{ (kJ/year)}$  за цялата земна биосфера. Тогава може да се изчисли стойността на  $\Delta m(\text{CO}_2)$  натрупана в цялата биосфера:

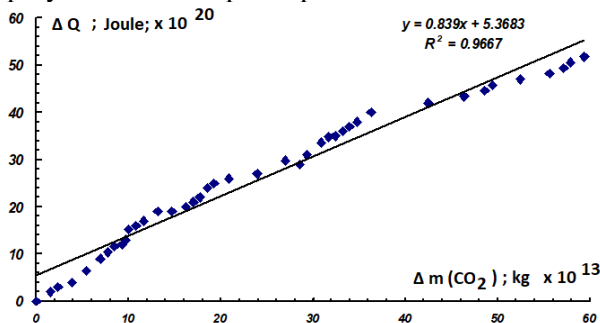
$$\begin{aligned} \Delta m(\text{CO}_2) &= \frac{3,05 \cdot 10^{17} \text{ (kJ/year)}}{8400 \text{ (kJ/kg)}} = 36,3 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{17} = \\ &= 36,3 \cdot 10^{12} \text{ (kg/year)} \approx 36 \text{ (Gt/year)} \end{aligned}$$

Приблизително  $36 \text{ Gt/year}$  има натрупване на въглероден диоксид в цялата биосфера с излишък от енергия  $3,05 \times 10^{17} \text{ (kJ/year)}$ .

Тъй като  $60\%$  от топлината се абсорбира от океаните, тогава  $40\%$  от топлината остава в атмосферата и топлината за една година е само  $0,4$  от първоначалната стойност  $3,05 \times 10^{20} \text{ J/year}$  и резултатът е  $1,22 \times 10^{20} \text{ J/year}$  само за атмосферата. Тогава количеството въглероден диоксид натрупан в атмосфера е:

$$\Delta m_{\text{атм}}(\text{CO}_2) = \frac{1,22 \cdot 10^{17} \text{ (kJ/year)}}{8400 \text{ (kJ/kg)}} = 14,52 \cdot 10^{12} \text{ (kg/year)} \approx 15 \text{ (Gt/year)}$$

Резултатът, получен чрез емпиричния адиабатен метод за съдържанието на въглероден диоксид в атмосферата, съвпада в пределите на точността с резултата от калориметричния метод.



**Фиг. 11.** Зависимост на количеството отделена топлина с увеличаване на масите на натрупания въглероден диоксид в цялата биосфера на Земята. Специфичният топлинен капацитет на атмосферния въздух:

$$c = \frac{\Delta Q}{(m - \Delta m(\text{O}_2) + \Delta m(\text{CO}_2)) \cdot \Delta T - (\Delta m(\text{O}_2) - \Delta m(\text{CO}_2)) \cdot (T - T_{n-g})} = \frac{\Delta Q}{Z}$$

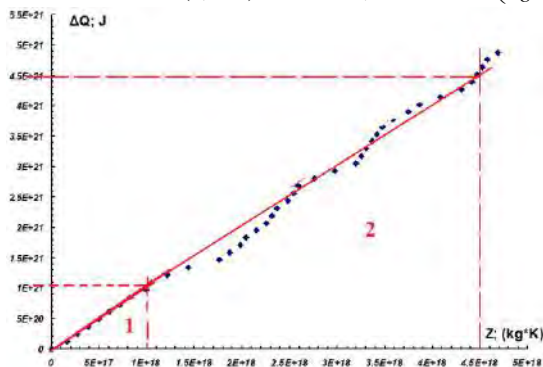
По тангенса на ъгъла на наклона на графиката на зависимостта  $\Delta Q=f(Z)$  има възможност да се определи стойността на специфичния топлинен капацитет  $c$ . За изчислението се взимат стойностите за реалните промени на температурата  $\Delta T$ . От фиг. 12 се определя  $c$  по тангенса на ъгъла на наклона от първия участък на графиката:

$$c = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta(\Delta Q)}{\Delta Z} = \frac{1,01 \cdot 10^{21}}{1 \cdot 10^{18}} \approx 1010 \left( \frac{J}{kg \cdot K} \right)$$

Забелява се, че с увеличаването на температурата, а заедно с това и на стойността на  $Z$ , стойностите на  $\Delta Q$  имат по малък наклон отколкото за първия участък. Това ни дава информацията, че специфичният топлинен капацитет намалява с увеличаване на концентрациите на замърсители в атмосферата.

Съответно за втория участък:

$$c = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta(\Delta Q)}{\Delta Z} = \frac{(4,5 - 1,04) \cdot 10^{21}}{(4,5 - 1) \cdot 10^{18}} = \frac{3,46 \cdot 10^{21}}{3,5 \cdot 10^{18}} \approx 989 \left( \frac{J}{kg \cdot K} \right)$$



**Фиг. 12.** Изчисляване на специфичния топлинен капацитет на атмосферния въздух по показателите на промяната в излишъка на топлина  $\Delta Q$  в атмосферата

Плътноста на въздуха нараства съответно с увеличаването на масата на атмосферата. Високата плътност съответства за по-високо атмосферно налягане. Промяната на температурата с височина се нарича сухоадиабатен температурен градиент. Сухоадиабатния градиент се дефинира като:  $-\frac{dT}{dz} = \gamma_a = \frac{g}{C_p}$ ; където  $g = 9,83 \text{ m/s}^2$  е земното ускорение;

$C_p$  – специфичен топлинен капацитет на въздуха при постоянно налягане;  $C_p = 1007 \text{ (J/kg.K)}$  и бавно намалява с течение на времето поради

увеличаването на парникови замърсители в атмосферата. Изчисляването на сухоадиабатният градиент за  $C_p=1007 \text{ (J/kg.K)}$  дава следното:

$$\frac{dT}{dz} = -\frac{g}{C_p} = -\frac{9,83}{1007} = -0,00976 \text{ } ^\circ\text{C/m} = -9,76 \text{ } ^\circ\text{C/km},$$

а за стойност  $C_p=992 \text{ (J/(kg.K))}$ :

$$\frac{dT}{dz} = -\frac{g}{C_p} = -\frac{9,83}{992} = -0,00999 \text{ } ^\circ\text{C/m} = -9,99 \text{ } ^\circ\text{C/km}$$

Промяната на височина:  $dz = -\frac{C_p \cdot dT}{g} \Rightarrow z = -\frac{\Delta T \cdot C_p}{g}$

Височината  $z$ , за която температурата намалява с  $\Delta T$ , намалява бавно при бавно намаляване на специфичния топлинен капацитет. Всъщност температурата намалява с  $\Delta T=20^\circ\text{C}$  на височина около 2 km за кондензацията на водата в атмосферата и образуването на облаци. Точните изчисления за височината, когато  $C_p=1010 \text{ (J/(kg.K))}$  дава следното:

$$z = \frac{20 \cdot 1010}{9,83} = 2054,93(m)$$

А за случая  $C_p=992 \text{ (J/(kg.K))}$  имаме:

$$z = \frac{20 \cdot 992}{9,83} = 2018,31(m)$$

Получава се, че височината за кондензацията на водните пари намалява със 37 m.

Да изчислим с колко се променя температурата на височина 2 km за двата случая на стойности за специфичния топлинен капацитет:

Изчислението за  $C_p=1007 \text{ (J/kg.K)}$  дава следното:

$$\Delta T = -9,76 \text{ } ^\circ\text{C/km} \cdot \Delta z = -9,76 \text{ } ^\circ\text{C/km} \cdot 2\text{km} = -19,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

а за  $C_p=992 \text{ (J/(kg.K))}$ :

$$\Delta T = -9,99 \text{ } ^\circ\text{C/km} \cdot \Delta z = -9,99 \text{ } ^\circ\text{C/km} \cdot 2\text{km} = -19,98 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Получаваме, че за една и същата височина температурата намалява със  $19,98 - 19,52 = 0,46^\circ\text{C}$  в присъствието на замърсители с парников ефект.

Изразът за изчисляване на скоростта на вятъра е:

$$u = \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1} \right)}; h - \text{надморска височина}; T_2 - T_1 - \text{температурната}$$

разлика, съответстваща за надморската височина. Ако на нулево ниво можем да считаме температурата  $20^\circ\text{C}$ , то на височина 100 метра

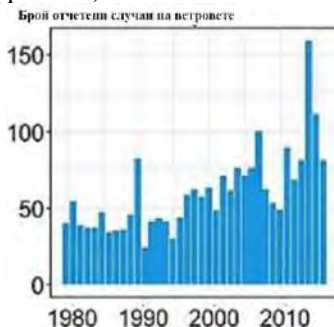
температурата може да бъде по-ниска с  $0,99^{\circ}\text{C}$  за  $C_p=992 \text{ (J/(kg.K))}$ . Съответното изчисление за скоростта на вятъра:

$$u = \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1} \right)} = \sqrt{20.9,83.100 \cdot \left( \frac{293 - 292,01}{292,01} \right)} = 8,16 \text{ (m/s)}$$

За  $C_p = 1007 \text{ (J/kg.K)}$  температурата е по-ниска с  $0,976^{\circ}\text{C}$  и изчисляването за скоростта е:

$$u = \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1} \right)} = \sqrt{20.9,83.100 \cdot \left( \frac{293 - 292,024}{292,024} \right)} = 8,11 \text{ (m/s)}$$

Според докладите на световно ниво, се установява, че глобалното затопляне, дължащо се на замърсителите с парников ефект, води до засилване на ветровете. (фиг. 13).



**Фиг. 13.** Брой отчетени случаи на ветровете

### 2.3. Изследване на вазимовръзката между стойностите на албедото, плътността, специфичният топлинен капацитет и температурата на компонентите на Биосферата и атмосферата.

Почвените повърхности се състоят от различни компоненти с различни стойности за плътността, специфичният топлинен капацитет и Албедото. Данните са представени в табл. 4.

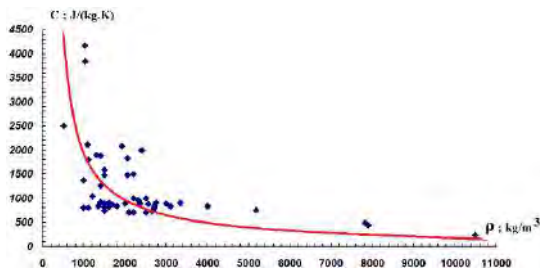
Графиката на специфичния топлинен капацитет в зависимост от плътностите на компонентите на Земята от табл. 4 е дадена на (фиг. 14).

Стойностите на Албедото за компонентите на Земята, които са представени в табл. 4, могат да се изразят като функция на плътностите им (фиг. 15).

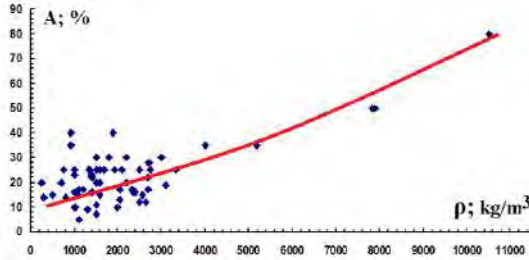
**Таблица 4.** Съставни елементи на земната повърхност с техните стойности на плътността, Албедото и специфични топлинни мощности

Компоненти	Плътност; (kg/m <sup>3</sup> )	Албедо; A	Спец. топл. кап. C (J/kg.K)	Обратна стойност за спец. топл. капаяц. 1/C	Температура; T(K)	$T_{eff} = T - Q/(c.m)$	Изч.стойн. (1-A) <sup>1/4</sup>	Промяна на темп. $\Delta T$ (K)	lnC	ln( $\Delta T$ )
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Обрасла с растителност почва	1600	0,2	830	0,0012	294,8	272,22	0,945	22,583	6,72	3,117
Мокър пясък (20% вода)	2200	0,2	1500	0,00067	284,72	272,22	0,945	12,496	7,31	2,521
скала	2400	0,16	2000	0,0005	284,93	275,56	0,957	9,3720	7,60	2,237
Земна кора (дебелина 30 km)	2200	0,3	1000	0,001	282,03	263,28	0,914	18,744	6,90	2,930
Гори	500	0,15	2500	0,0004	283,88	276,37	0,960	7,4976	7,82	2,014
Лед	917	0,7	2100	0,00048	221,95	213,02	0,880	8,925	7,64	2,188
Пустинен пясък	1900	0,4	980	0,00102	272,46	253,32	0,880	19,126	6,88	2,951
Влажни савани	700	0,2	900	0,00111	293,05	272,220	0,945	20,826	6,80	3,036
Сухи савани	1000	0,25	900	0,00111	288,69	267,86	0,93	20,826	6,80	3,036
Тундрови почви	250	0,2	900	0,00111	293,05	272,22	0,945	20,826	6,80	3,036
Култури раст.	750	0,25	700	0,00143	294,64	267,86	0,93	26,777	6,55	3,287
Пасища	1340	0,25	800	0,00125	291,29	267,86	0,93	23,430	6,68	3,154
Почва от тайга	300	0,14	900	0,00111	298,01	277,18	0,96	20,826	6,80	3,036
Тропическа гора	800	0,14	700	0,00143	303,96	277,18	0,96	26,777	6,55	3,287
Лед от океана	916	0,6	1967	0,00051	238,44	228,90	0,89	9,529	7,58	2,254
Степни почви	1600	0,25	900	0,00111	288,69	267,86	0,93	20,826	6,80	3,036
Глина	1400	0,23	920	0,00109	290,01	269,63	0,936	20,374	6,82	3,014
Груб бетон	1500	0,25	880	0,00114	289,16	267,86	0,93	21,3	6,77	3,058
Бетон, камък	1500	0,25	750	0,00133	292,86	267,86	0,930	24,992	6,62	3,218
Тъмна почва	2000	0,1	900	0,00111	301,18	280,35	0,974	20,826	6,80	3,036
Тъмно влажна почва	1500	0,07	1480	0,00068	295,33	282,66	0,982	12,665	7,29	2,538
Суша глина	1000	0,23	1381	0,00072	283,2	269,63	0,936	13,572	7,23	2,608
Суша земя	1400	0,22	1260	0,00079	285,38	270,50	0,939	14,876	7,13	2,699
Сух пясък	4000	0,35	840	0,00119	280,76	258,45	0,89	22,314	6,73	3,105
Суша почва	1000	0,16	800	0,00125	298,99	275,56	0,95	23,430	6,68	3,154
Гранит	2700	0,22	790	0,00127	294,23	270,50	0,939	23,726	6,67	3,16
Графит	2500	0,12	717	0,00139	304,93	278,78	0,968	26,142	6,57	3,263
Сива почва	1600	0,15	900	0,00111	297,2	276,37	0,960	20,827	6,80	3,036
Лава	3100	0,19	840	0,00119	295,38	273,06	0,948	22,314	6,73	3,105
Лека суха почва	1100	0,17	800	0,00125	298,17	274,73	0,954	23,430	6,68	3,154
Лайм	3340	0,25	909	0,0011	288,48	267,86	0,93	20,620	6,81	3,026

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Варовик	2750	0,25	909	0,0011	288,48	267,86	0,93	20,620	6,81	3,026
Глина	1500	0,2	1600	0,00063	283,94	272,22	0,945	11,715	7,37	2,460
Торфища	1400	0,16	1880	0,00053	285,53	275,56	0,95	9,970	7,53	2,299
Кварцов пясък	1500	0,25	820	0,00122	290,72	267,86	0,93	22,858	6,70	3,129
Кафява почва	1200	0,17	1040	0,00096	292,76	274,73	0,954	18,023	6,94	2,891
Пясък	1700	0,25	870	0,00115	289,41	267,86	0,93	21,544	6,76	3,070
Сух пясък	1500	0,3	900	0,00111	284,11	263,28	0,914	20,826	6,80	3,036
Пясък, глина, варовик (сух)	1600	0,25	909	0,0011	288,48	267,86	0,93	20,620	6,81	3,026
Пясък, глина, варовик	2100	0,25	710	0,00141	294,26	267,86	0,93	26,400	6,56	3,273
Пясък	2200	0,3	710	0,00141	289,68	263,28	0,914	26,400	6,56	3,273
Океанска вода	1030	0,06	3850	0,00026	288,29	283,42	0,974	4,868	8,25	1,58
Сребро, силно полирано	10500	0,8	235	0,00426	272,25	192,48	0,668	79,762	5,45	4,379
Гасена вар	1350	0,25	840	0,00119	290,18	267,86	0,93	22,314	6,73	3,105
Почва-тъмно влажна	2050	0,13	1480	0,00068	290,65	277,98	0,965	12,665	7,29	2,538
Неръждаема стомана	7820	0,5	490	0,00204	280,3	242,04	0,840	38,253	6,19	3,644
Камъни	2500	0,25	1000	0,001	286,61	267,86	0,930	18,744	6,90	2,930
Мокър пясък	1922	0,25	2090	0,00048	276,83	267,86	0,930	8,968	7,64	2,193
Мокра почва	1500	0,11	1480	0,00068	292,24	279,57	0,971	12,664	7,29	2,538
Вода	1000	0,06	4180	0,00024	287,9	283,42	0,974	4,4842	8,33	1,500
Почвени минерали	2650	0,12	730	0,00137	304,46	278,78	0,968	25,676	6,59	3,245
Орг. вещества в почвата	1300	0,09	1900	0,00053	291	281,13	0,976	9,865	7,54	2,289
Калцит	2710	0,28	840	0,00119	287,46	265,14	0,921	22,314	6,73	3,105
Желязо	7900	0,5	452	0,00221	283,51	242,04	0,840	41,469	6,11	3,724
Магнетит	5177	0,35	752	0,00133	283,38	258,45	0,89	24,925	6,62	3,215
Планини	3000	0,3	900	0,00111	284,11	263,28	0,914	20,826	6,80	3,036
Гипс	1088	0,15	2110	0,00047	285,26	276,37	0,960	8,883	7,65	2,184
Базалтова скала	2700	0,16	840	0,00119	297,88	275,56	0,954	22,314	6,73	3,105
Бетон	1800	0,3	840	0,00119	285,6	263,28	0,914	22,314	6,73	3,105
Чернозем	1100	0,05	1800	0,00056	294,58	284,17	0,987	10,413	7,49	2,343

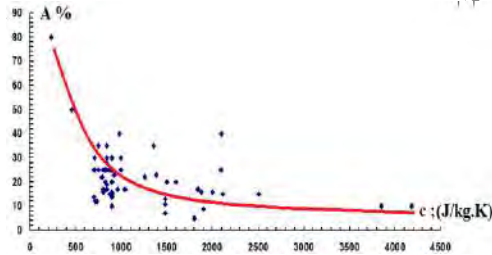


Фиг. 14. Зависимост на специфичния топлинен капацитет от плътностите на почвени компоненти



**Фиг. 15.** Зависимост на стойностите на албедото от плътностите на почвени компоненти

Съответните промени за стойностите на Алbedo в зависимост от специфичните им топлинни капацитети са дадени на (фиг. 16).



**Фиг. 16.** Зависимост на стойностите на албедото от специфичните топлинни капацитети на почвени компоненти

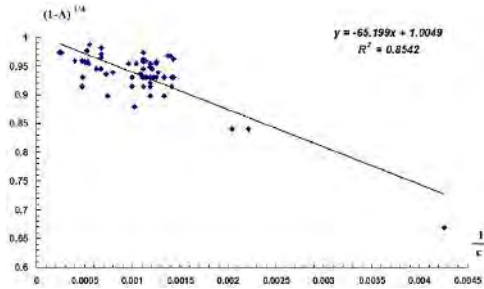
Взаимовръзката между стойностите на Албедото и специфичните топлинни капацитети се представя като  $(1 - A)^{1/4} = f\left(\frac{1}{c}\right)$  - (фиг. 17).

Корелационните изчисления на графиката  $(1 - A)^{1/4} = f\left(\frac{1}{c}\right)$  показва,

$$\text{че: } \left(\frac{4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma}{I_{sc}}\right)^{1/4} \cdot T_{atm} \cong 1 \Rightarrow \varepsilon = \frac{I_{sc}}{4 \cdot \sigma \cdot (T_{atm})^4}; \quad T_{atm} = 288(K);$$

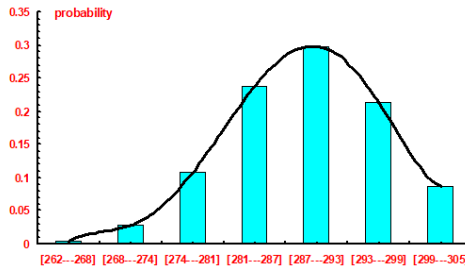
$$\varepsilon = \frac{I_{sc}}{4 \cdot \sigma \cdot (T_{atm})^4} = \frac{1370}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (288)^4} \approx 0,88$$





**Фиг. 17.** Зависимост  $(1 - A)^{1/4} = f\left(\frac{1}{c}\right)$

Статистическият анализ на стойностите за температурите на въздуха  $T_{atm}$  е предсавен на фиг. 18. Отговор на въпроса за нормалността на разпределението се дава чрез статистически  $\chi^2$  тест.



**Фиг. 18.** Разпределение на Гаус за температурните стойности на атмосферата

## ***2.4. Изследване на взаимовръзката за стойностите на Албедото и ефективните температури***

Процесите, протичащи в тази комплексна система, зависят от температурните стойности на нейните компоненти. Прилагайки израза (3), който съдържа стойностите на Албедото и на ефективната температура:

$$(1 - A)^{1/4} = \left(\frac{4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma}{I_{sc}}\right)^{1/4} \cdot \left(T_{atm} - \frac{Q}{c \cdot m}\right) = \left(\frac{4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma}{I_{sc}}\right)^{1/4} \cdot T_{eff}$$

позволява да се представи зависимост  $(1 - A)^{1/4} = f(T_{eff})$ .

Графика на зависимостта  $(1 - A)^{1/4} = f(T_{eff})$  е дадена на (фиг. 19). Ако средната стойност на албедото на Земята е  $A = 0,33$ , тогава:

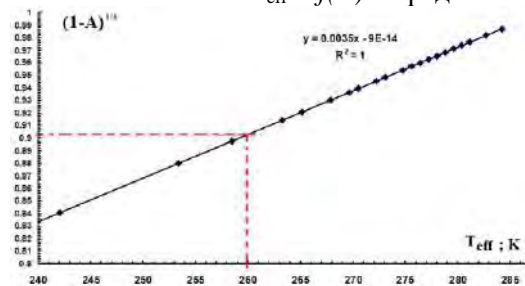
$$(1 - A)^{1/4} = 0,904729 \Rightarrow T_{eff} \approx 260(K)$$

Пропорционалният коефициент на корелационната зависимост е 0,0035.

Стойността на пропорционалния коефициент е:

$$\left(\frac{4 \cdot \varepsilon \sigma}{I_{sc}}\right)^{1/4} = 0,0035 \Rightarrow \varepsilon = \frac{1370 \cdot (0,0035)^4}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}} \approx 0,9$$

Ефективната температура на Земята е от порядъка 255 К. Полученият от нас резултат е  $\approx 260$  К. Стойността от 255 К е изчислена за случай на абсолютно „черно тяло“ с излъчване  $\varepsilon = 1$ . Изчисленият резултат е  $\varepsilon = 0,9$ . Следователно ефективната температура е малко по-висока, отколкото при  $\varepsilon = 1$ . Графиката на зависимостта на  $T_{eff} = f(A)$  е представена на (фиг. 20).

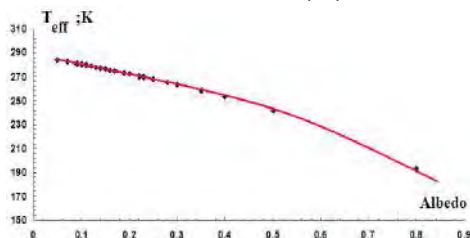


Фиг. 19. Графика на зависимостта  $(1-A)^{1/4} = f(T_{eff})$

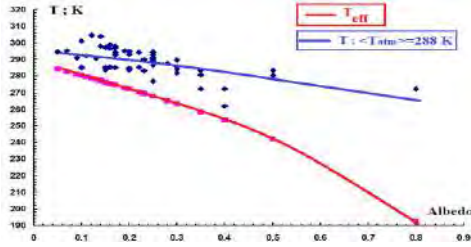
Стойностите за температурите на въздуха както и за ефективните температури са представени на (фиг. 21). Разликата в температурите  $\Delta T = T - T_{eff}$  като функция на стойностите на албедото са дадени на (фиг. 22).

Наблюдава се, че разликите в температурите  $\Delta T$  са по-малки съответно при по-високи стойности на специфични топлинни капацитети и съответно за по-малки стойности на Албедото. Изразяването на топлината  $Q$  като функция на температурните вариации  $\Delta T$  е:

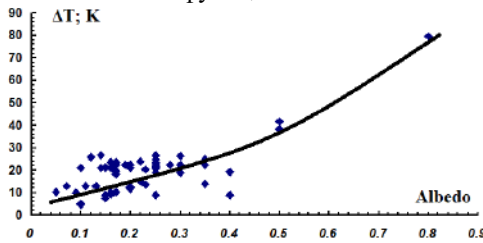
$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \Rightarrow \ln \Delta T = \ln \left(\frac{Q}{m}\right) - \ln c$$



Фиг. 20. Стойности на ефективните температури на компонентите на Земята като функция от стойностите на албедото



**Фиг. 21.** Стойности на ефективните и равновесни температури на компонентите на Земята като функция на стойностите на Албедото



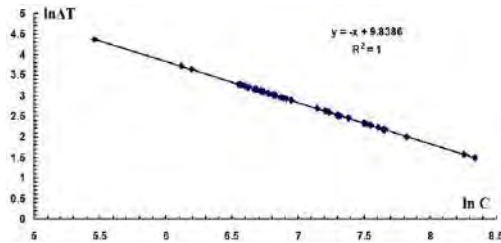
**Фиг. 22.** Стойностите  $\Delta T = T - T_{eff}$  в зависимост от Албедото

Графиката на зависимостта  $\ln \Delta T = f(\ln C)$  е дадена на (фиг. 23).

Тази зависимост позволява да се намери стойността  $\frac{Q}{m}$ .

Корелационните изчисления на тази зависимост показват, че:

$$\ln\left(\frac{Q}{m}\right) = 9.8386 \Rightarrow \frac{Q}{m} = e^{9.8386} = 18743.46 \left(\frac{J}{kg}\right)$$



**Фиг. 23.** Графика на зависимостта  $\ln \Delta T = f(\ln C)$

Изчислената стойност 18744 J/K може да се провери за реалния случай на повърхността на Земята:

$$T = \frac{Q}{m.c} + \sqrt[4]{\frac{(1-A).I_{sc}}{4.\varepsilon\sigma}} = \frac{18744\left(\frac{J}{kg}\right)}{543\left(\frac{J}{kg.K}\right)} + \sqrt[4]{\frac{(1-0.32).1370}{4.0,9.5,67.10^{-8}}} \approx 294(K) \equiv 21^{\circ}C$$

Изчислената стойност  $\frac{Q}{m} = 18744\left(\frac{J}{kg}\right)$  може да се нарече специфично топлинно съдържание на Земята. То показва количеството енергия, погълната от 1 kg вещество, за да се поддържа разликата в температурите  $\Delta T = T - T_{eff}$ .

Друго изчисление е за водата в океана:

$$T = \frac{Q}{m.c} + \sqrt[4]{\frac{(1-A).I_{sc}}{4.\varepsilon\sigma}} = \frac{18744\left(\frac{J}{kg}\right)}{3850\left(\frac{J}{kg.K}\right)} + \sqrt[4]{\frac{(1-0.06).1370}{4.0,85.5,67.10^{-8}}} \approx 291(K) \equiv 18^{\circ}C$$

Специфичният топлинен капацитет на морската вода е  $3850 J/kg K$ . Коефициентът на топлинно излъчване на океанската вода е  $\varepsilon=0,85$ . Полученият резултат за температурата е от порядъка на реалните  $17^{\circ}C$  за морската вода.

Морски ледове. Албедото на морските ледове е 0,6; излъчвателната способност на морския лед е  $\varepsilon = 0,9$ ;  $c = 1967 (J/(kg K))$ .

$$T = \frac{Q}{m.c} + \sqrt[4]{\frac{(1-A).I_{sc}}{4.\varepsilon\sigma}} = \frac{18744\left(\frac{J}{kg}\right)}{1967\left(\frac{J}{kg.K}\right)} + \sqrt[4]{\frac{(1-0.6).1370}{4.0,9.5,67.10^{-8}}} \approx 237(K) \equiv -36^{\circ}C$$

Въздух. Емисионната способност на въздуха е  $\varepsilon = 0,8$ . Албедото на въздуха  $A=0,3$ ; топлинен капацитет на въздуха  $c = 1007 (J/kg K)$ .

$$T = \frac{Q}{m.c} + \sqrt[4]{\frac{(1-A).I_{sc}}{4.\varepsilon\sigma}} = \frac{18744\left(\frac{J}{kg}\right)}{1007\left(\frac{J}{kg.K}\right)} + \sqrt[4]{\frac{(1-0.3).1370}{4.0,8.5,67.10^{-8}}} \approx 288(K) \equiv 15^{\circ}C$$

## 2.5. Изследване на промяната на Алbedo в зависимост от промените на глобалната температура

За да се получи израз за вариацията на Албедото в зависимост от температурата на атмосферата  $\Delta T_a$ , вследствие влиянието на замърсители като въглероден диоксид и промяната на емисионната топлинна енергия -

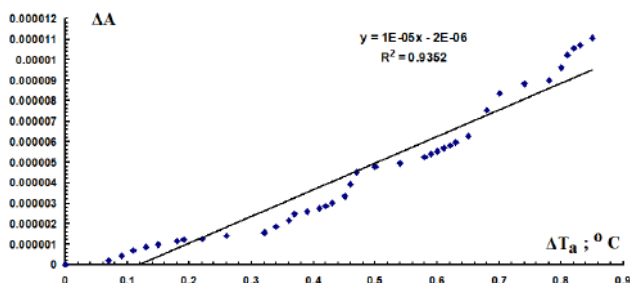
$\Delta E$ , е необходимо да се намери производната ( $A'$ ) (или диференциране ( $dA$ )) за израза на Албедото:

$$A = 1 - \frac{4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma}{I_{sc}} \cdot \left( T_a - \frac{Q}{m \cdot c} \right)^4$$

$$\Delta A = \frac{16 \cdot \varepsilon \cdot \sigma}{I_{sc}} \cdot T_{eff}^3 \cdot \left( \frac{1}{m \cdot c} \cdot \left( \Delta Q - \frac{Q \cdot \Delta m}{m} \right) - \Delta T_a \right)$$

Промяната за масата  $\Delta m$  е свързано с изчерпването на кислорода в атмосферата  $\Delta m(O_2)$  и натрупването на въглероден диоксид  $\Delta m(CO_2)$ . Техните скорости на изменение са представени в табл. 5.

Зависимостта на промяната на албедо  $\Delta A$  на системата атмосфера-Земя като функция от промяната на глобалната средна атмосферна температура  $\Delta T_a$  е дадена на (фиг. 24). Повишаването на атмосферната температура води до повишаване на Албедото на цялата система атмосфера-Земя. Скоростта на нарастване на албедото е от порядъка  $10^{-5}/^{\circ}C$ .



**Фиг. 24.** График на зависимостта  $\Delta A=f(\Delta T_a)$

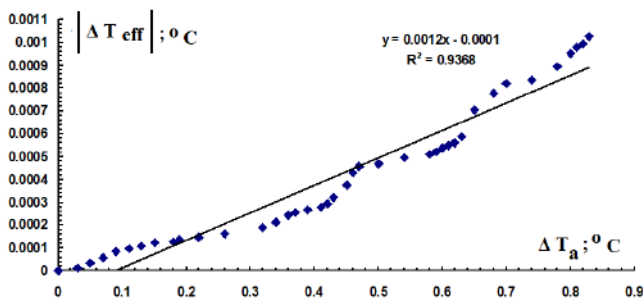
Ефективната температура  $T_{eff}$  на система атмосфера-Земя, съответно, намалява по модул със съответното повишаване на глобалната средна атмосферна температура  $\Delta T_a$  (фиг. 25). Скоростта на намаляване на ефективната температура е  $\sim 0,0012^{\circ}C$  за всеки  $1^{\circ}C$  повишаване на атмосферната температура.

Изходящата енергия на радиация от системата атмосфера-Земя, намалява с увеличаването на стойностите на Албедото. (фиг. 26).

Корелационните изчисления на фиг. 26 показват, че  $\frac{I_{sc}}{4} = 342,5 \Rightarrow I_{sc} = 1370(W/m^2)$  и съвпада със стойността за слънчевата константа.

**Таблица 5.** Динамика на промяна на стойностите на албедо и на ефективната температура в зависимост от времето

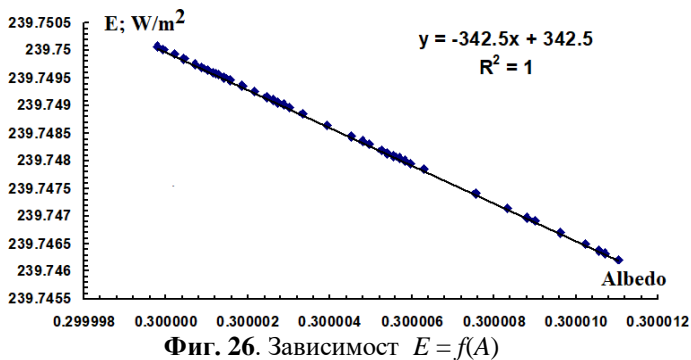
Year	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	$\Delta Q$ (J)	$\Delta m(\text{CO}_2)$ (kg)	Depletion $\Delta m(\text{O}_2)$ (kg)	$\Delta A$	A	$T_{\text{eff}}$ (K)	$\Delta T_{\text{eff}}$ (K)	E (W/m <sup>2</sup> )
1982	0,05	2,44E+20	1,621E+13	1,85E+13	6,3728E-08	0,2999999	255,00218	3,673E-05	239,75002
1984	0,09	4,88E+20	3,782E+13	2,2E+13	4,41231E-07	0,3000004	255,00214	8,414E-05	239,74985
1986	0,13	7,32E+20	5,403E+13	2,32E+13	8,62654E-07	0,3000009	255,0021	0,0001099	239,7497
1988	0,18	9,76E+20	6,483E+13	2,42E+13	1,14074E-06	0,3000011	255,00207	0,0001289	239,74961
1990	0,22	1,22E+21	7,023E+13	2,5E+13	1,27407E-06	0,3000013	255,00206	0,000148	239,74956
1992	0,32	1,464E+21	8,104E+13	2,58E+13	1,5609E-06	0,3000016	255,00204	0,0001879	239,74947
1994	0,36	1,708E+21	1,026E+14	2,68E+13	2,15017E-06	0,3000022	255,00198	0,0002425	239,74926
1996	0,39	1,952E+21	1,189E+14	2,73E+13	2,60377E-06	0,3000026	255,00194	0,0002681	239,74911
1998	0,42	2,196E+21	1,297E+14	2,94E+13	2,86045E-06	0,3000029	255,00192	0,0002929	239,74902
2000	0,45	2,44E+21	1,459E+14	3E+13	3,31625E-06	0,3000033	255,00188	0,0003752	239,74886
2002	0,47	2,684E+21	1,891E+14	3,2E+13	4,51021E-06	0,3000045	255,00177	0,0004552	239,74846
2004	0,54	2,928E+21	2,053E+14	3,36E+13	4,94521E-06	0,3000049	255,00173	0,0004974	239,74831
2006	0,59	3,172E+21	2,215E+14	3,46E+13	5,40018E-06	0,3000054	255,00169	0,0005242	239,74815
2008	0,61	3,416E+21	2,323E+14	3,6E+13	5,68976E-06	0,3000057	255,00166	0,0005488	239,74805
2010	0,63	3,66E+21	2,431E+14	3,8E+13	5,9636E-06	0,300006	255,00163	0,0005905	239,74796
2012	0,68	3,904E+21	2,971E+14	3,86E+13	7,54027E-06	0,3000075	255,00149	0,000778	239,74742
2014	0,74	4,148E+21	3,404E+14	3,9E+13	8,81637E-06	0,3000088	255,00137	0,000837	239,74698
2016	0,8	4,392E+21	3,674E+14	3,96E+13	9,61879E-06	0,3000096	255,0013	0,0009515	239,74671
2018	0,82	4,636E+21	3,998E+14	4,1E+13	1,05615E-05	0,3000106	255,00122	0,0009952	239,74638
2020	0,85	4,88E+21	4,16E+14	4,2E+13	1,10431E-05	0,300011	255,00117		239,74622



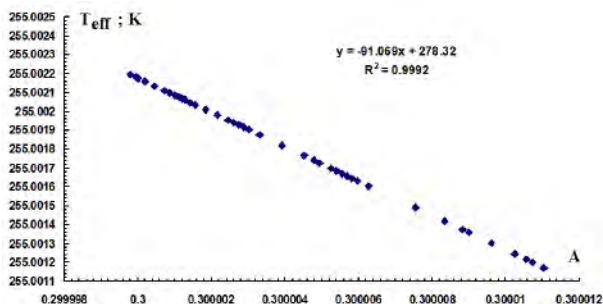
**Фиг. 25.** График на зависимостта  $|\Delta T_{\text{eff}}| = f(\Delta T_a)$

Графика на зависимостта за стойностите на ефективните температури в зависимост от Албедото са представени на (фиг. 27).

Анализът на фиг. 27 показва, че за всяко увеличаване на албедото с 0,01, температурата намалява с 0,91°C.

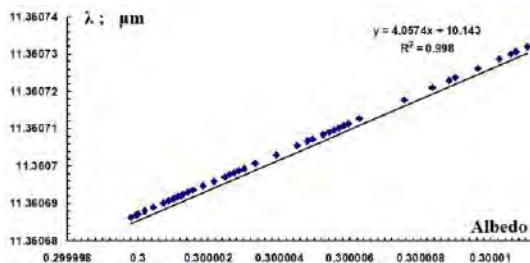


Фиг. 26. Зависимост  $E = f(A)$



Фиг. 27. Динамика на еволюцията на ефективните температури като функция на стойностите на Албедото на сложната система Земя-Атмосфера

Прилагането на закона на Wien позволява да се изчислят стойностите на дължините на вълните и да се представи графиката на зависимостта  $\lambda = f(A)$  (фиг. 28).



Фиг. 28. Зависимост на излъчваните дължини на Земя като функция от стойностите на Албедото

Стойностите на дълговълновата радиация са от порядъка на 11  $\mu\text{m}$ . Корелационното изчисление на зависимостта  $\lambda = f(A)$  показва, че  $\lambda = 4,0574 \cdot A + 10,143$ . Ако стойността на Албедото на системата Земя-Атмосфера е  $A = 0,3$  тогава  $\lambda = 11,36 \mu\text{m}$ .

## 2.6. Изследване на времето и температурата на възпламеняване на горските горивни материали в зависимост от концентрациите на парникове газове

С прилагане на формула (4) се установява, че интервалът от време за възпламеняване ще се увеличи, ако масите на горивния твърд материал са по-големи от 134 mg. За случая концентрацията на метан в атмосферата е 1,895 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

$$(m_{comb})_{\min} \leq \frac{Q_{sp-gas}}{c \cdot (t_{ig} - t_{am})} = \frac{78.75}{1300.450} \leq 0.000134(\text{kg}) = 134(\text{mg})$$

Изразът за интервала от време  $t$  (ms) може да се моделира графично за случаите за различни стойности за слънчевия поток  $P$  и различни маси на горивния твърд материал  $m_{comb}$ . Концентрацията на метан 1,895 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) има стабилна непроменлива стойност.

Съответните изчислени стойности са представени в табл. 6, а графичната зависимост  $t=f(t_{am})$  е на (фиг. 29).

Специфичното топлинно съдържание на метановия газ  $Q_{sp-gas}$  може да се изрази чрез концентрацията  $C[\text{mg}/\text{m}^3]$ , както следва:  $Q_{sp-gas} = k \cdot C$ , където  $k$  е коефициентът на пропорционалност и може да се нарече специфичен топлинен коефициент на горене.

Този коефициент  $k$  има смисъл на количеството топлина, отделена в обем 1  $\text{m}^3$  от концентрация 1  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Ако имаме количеството 78,75 ( $\text{J}/\text{m}^3$ ) от тази концентрация на метана 1,895  $\text{mg}/\text{m}^3$ , тогава този коефициент  $k$  има стойност  $k=78,75 (\text{J}/\text{m}^3)/1,895(\text{mg}/\text{m}^3)=41,56 (\text{J}/\text{mg}) = 41560 (\text{J}/\text{g})=41,56 (\text{MJ}/\text{kg})$ .

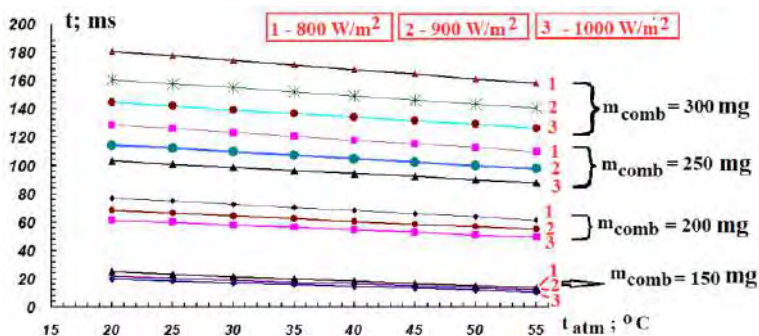
Друг пряк смисъл на  $k$  е количеството топлина, отделена от изгарянето на 1(g) парникови горивни газове. Тогава по-общ аналитичен израз за времето на възпламеняване  $t$ , който съдържа концентрацията  $C$  на парниковите газове при изгаряне, може да бъде записан като:

$$t = \frac{c \cdot m_{comb} \cdot (t_{ig} - t_{am}) - k \cdot C}{(1 - A) \cdot P}; \quad [C]=\text{mg}/\text{m}^3; [k]=\text{J}/\text{mg}; [P]=\text{W}/\text{m}^2$$



**Таблица 6.** Изчислените стойности за времето на възпламеняване ( $ms$ ) за различни маси на твърд горивен материал ( $mg$ ) и за различни слънчеви потоци  $P$  като функция на температурата на атмосферата  $t_{atm}$

Алbedo, $A=0.25$												
Слънчев поток $P=1000\text{ W/m}^2$					Слънчев поток $P=900\text{ W/m}^2$				Слънчев поток $P=800\text{ W/m}^2$			
$t_{atm}, ^\circ\text{C}$	150 mg	200 mg	250 mg	300 mg	150 mg	200 mg	250 mg	300 mg	150 mg	200 mg	250 mg	300 mg
20	19,8	61,4	103	144,6	22	68,222	114,44	160,667	24,75	76,75	128,75	180,75
25	18,5	59,666	100,83	142	20,555	66,296	112,037	157,778	23,125	74,58	126,0417	177,5
30	17,2	57,933	98,66	139,4	19,111	64,370	109,62	154,889	21,5	72,416	123,3333	174,25
35	15,9	56,2	96,5	136,8	17,666	62,444	107,22	152	19,875	70,25	120,625	171
40	14,6	54,466	94,33	134,2	16,222	60,518	104,81	149,111	18,25	68,083	117,9167	167,75
45	13,3	52,733	92,166	131,6	14,777	58,59	102,40	146,222	16,625	65,91	115,2083	164,5
50	12	51	90	129	13,333	56,66	100	143,333	15	63,75	112,5	161,25
55	10,7	49,266	87,83	126,4	11,888	54,74	97,592	140,444	13,375	61,583	109,7917	158



**Фиг. 29.** Зависимост на интервала от времето на възпламеняване ( $ms$ ) от температурата на атмосферата  $t_{atm}$  при различни стойности на масите на твърдо гориво  $m_{comb}$  ( $mg$ ); слънчев поток: 1-800  $\text{W/m}^2$ ; 2-900  $\text{W/m}^2$ ; 3-1000  $\text{W/m}^2$  и непроменлива концентрация на метан в атмосферата 1.895 ( $\text{mg/m}^3$ )

Изчислените стойности за времето на възпламеняване  $t$  за непроменлива маса ( $m_{comb} = 150\text{ mg} = \text{const}$ ) на твърд горивен материал и различни слънчеви потоци  $P$  са дадени в табл. 7.

Съответната графична зависимост на  $t = f(C)$  е представена на (фиг. 30). От графиката се вижда, че за по-висока концентрация на парникови горивни газове (метан), които са от порядъка на 2 ( $\text{mg/m}^3$ ), времето на възпламеняване е от порядъка на 10 ( $ms$ ) и не зависи от слънчевата осветеност  $P$ .

**Таблица 7.** Стойности на интервала от време на възпламеняване като функция на концентрацията на парникови горивни газове (метан) за различните слънчеви потоци  $P$  и стабилна температура на атмосферата ( $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и същия твърд горивен материал ( $m_{\text{comb}}=150\text{ mg}=\text{const}$ )

Концентрация на парников газ – метан $C$ , $\text{mg}/\text{m}^3$	Температура на атмосфера - $t_{\text{atm}}=50^{\circ}\text{C}$				
	Маса на сух горивен материал – $m_{\text{comb}}=150\text{ mg}$				
	Албедо – $A=0.25$				
	Слънчев поток – $P=$				
	$=1000\text{ W}/\text{m}^2$	$=900\text{ W}/\text{m}^2$	$=800\text{ W}/\text{m}^2$	$=700\text{ W}/\text{m}^2$	$=500\text{ W}/\text{m}^2$
	Интервал от време на възпламеняване – $t$ , ms				
0	117	130	146,25	167,1428571	234
0.25	103,1477567	114,6086185	128,9346958	147,3539381	206,2955133
0.5	89,29551333	99,21723704	111,6193917	127,565019	178,5910267
0.75	75,44327	83,82585556	94,3040875	107,7761	150,88654
1	61,59102667	68,43447407	76,98878333	87,98718095	123,1820533
1.25	47,73878333	53,04309259	59,67347917	68,1982619	95,47756667
1.5	33,88654	37,65171111	42,358175	48,40934286	67,77308
1.75	20,03429667	22,26032963	25,04287083	28,62042381	40,06859333
2	6,182053333	6,868948148	7,727566667	8,831504762	12,36410667

Анализът на табл. 7 показва, че масите на твърдите горивни материали са от порядъка на  $150\text{ mg}/\text{m}^2$  и ще се запалят в рамките на среден интервал от време  $80\text{ ms}$ . Това е начален праг за започване на един спонтанен пожар. След това количеството елементарна първоначална топлина  $Q_{\text{init}}$ , което се отделя от  $1\text{ m}^2$ , се счита за първа стъпка в развитието на по-нататъшния лавинен пожар. Освободеното количество

$$Q_{\text{init}} = \lambda \cdot m_{\text{init}},$$

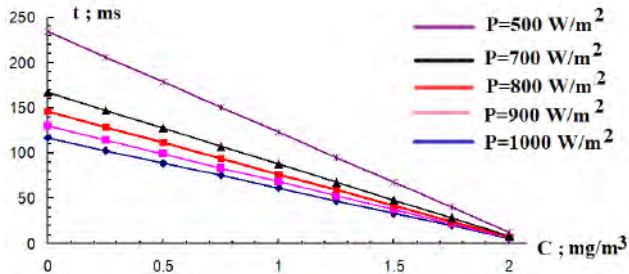
където:  $m_{\text{init}}=150\text{ mg}$  е изходната маса от  $1\text{ m}^2$  повърхност, която се запалва за време на възпламеняване  $80\text{ (ms)}$ ;  $\lambda$  е специфичната топлина на изгаряне на твърд горивен материал. Много дървесни материали имат стойност  $\lambda=20\text{ (MJ/kg)}$ . Тогава съответната стойност  $Q_{\text{init}} = 20 \cdot 10^6\text{ (J/kg)} \cdot 150 \cdot 10^{-6}\text{ (kg/m}^2\text{)}=3000\text{ (J/m}^2\text{)}=3\text{ (kJ/m}^2\text{)}$ .

Това първоначално количество от  $3\text{ (kJ/m}^2\text{)}$  служи за непосредствено стартиране на масивен пожар. Тя се абсорбира от следващата порция с маса  $m_2$  до точката на възпламеняване и съответният израз позволява да се изчисли тази маса  $m_2$ :

$$3000=1300 \cdot m_2 \cdot 450; \quad m_2=0,00512\text{ (kg)}=5,12\text{ (g)}$$

Ако маса  $m_{\text{init}}=150\text{ mg}$  се запали за  $80\text{ (ms)}$ , тогава е възможно да се изчисли времето  $t_2$  за масата  $m_2$  чрез израза:

$$t_2 = \frac{m_2 \cdot t_1}{m_1} = \frac{m_2 \cdot t_{init}}{m_{init}} = \frac{5.12(g) \cdot 0.08(s)}{0.150(g)} = 2.73(s)$$



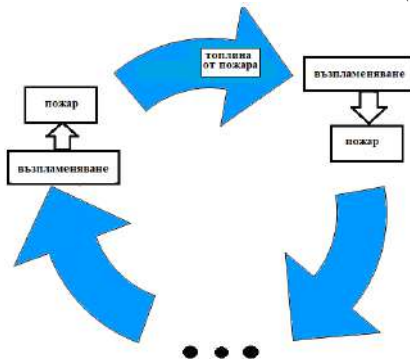
**Фиг. 30.** Зависимост на интервала от времето за възпламеняване (ms) от концентрацията на парникови горивни газове (метан) за различните стойности на слънчевия поток  $P$  и маса на твърд горивен материал 150 mg

Тук е възможно да се оцени скоростта на възпламеняване  $5.12(g)/2.73(s)=1.87(g/s)$ . Изразът за времето на възпламеняване може да се обобщи, както следва:

$$t_n = \frac{m_n \cdot t_{n-1}}{m_{n-1}},$$

където:  $n$  е стъпката на цикличния процес "възпламеняване-пожар-възпламеняване-....-", който е представен на така наречената циклична диаграма (фиг. 31). Тогава на свой ред, след прага на възпламеняване, цялата маса  $m_2$  изгаря. Съответното количество топлина  $Q_2$ , което се отделя от масата  $m_2$  след изгарянето ѝ е:

$$Q_2 = 20 \cdot 10^6 \cdot 5.128 \cdot 10^{-3} = 102.564 \cdot 10^3 (J)$$



**Фиг. 31.** Цикличен процес "възпламеняване-пожар-възпламеняване...-"

Отделеното количество топлина  $Q_2$  се използва за процеса на възпламеняване на друга маса  $m_3$  до следващата прагова точка на възпламеняване и т.н.

$$102.4 \cdot 10^3 = 1300 \cdot m_3 \cdot 450; \quad m_3 = 102.4 \cdot 10^3 / 1300 \cdot 450 = 0.175(\text{kg}) = 175(\text{g})$$

$$t_3 = \frac{m_3 \cdot t_2}{m_2} = \frac{175(\text{g}) \cdot 2.73(\text{s})}{5.12(\text{g})} = 93.3(\text{s})$$

Изчислените допълнителни стойности са представени в табл. 8.

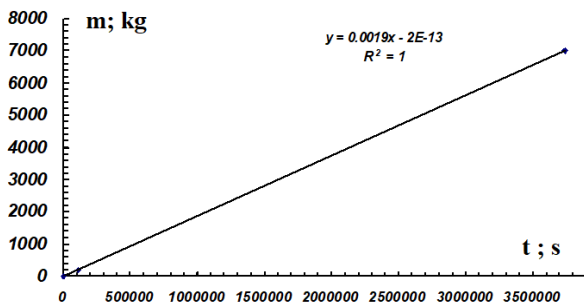
**Таблица 8.** Масите на трева и отделена топлина с течението на времето по време на пожара

t, s	m, kg	Q, J
0,08	0,00015	3000
2,735043	0,005128205	102564,1026
93,50573	0,175323252	3506465,045
3196,777	5,993957342	119879146,8
109291,5	204,9216185	4098432370

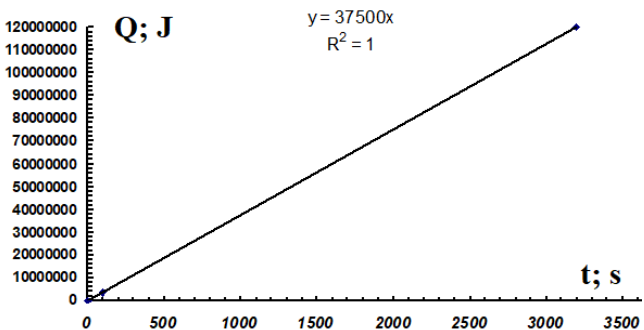
Съответната зависимост на масата от времето се представи на (фиг. 32). Корелационната зависимост показва, че скоростта на изгаряне е 1,9 (g/s).

Зависимостта  $Q=f(t)$  е дадена на (фиг. 33). Корелационната зависимост показва, че излъчваният поток е 37,5 kW/m<sup>2</sup>. Това означава, че всяка секунда е необходима енергия на възпламеняване от порядъка на 37500 (J). Полученият резултат 37,5 kW/m<sup>2</sup> е от порядъка на 26–45 kW/m<sup>2</sup> за тревните пожари, което е дадено в научната литература.

Табл. 9 включва стойностите на  $I$  (kW/m), които се изчисляват чрез  $I=N \cdot w \cdot r$ ; където  $w$  са масите  $m$  от табл. 8 и са посочени като маси за 1 m<sup>2</sup>. Числените симулации за различни възможни стойности за  $r$  са дадени в табл. 9.



**Фиг. 32.** Зависимост на изгорената маса  $m$  от времето

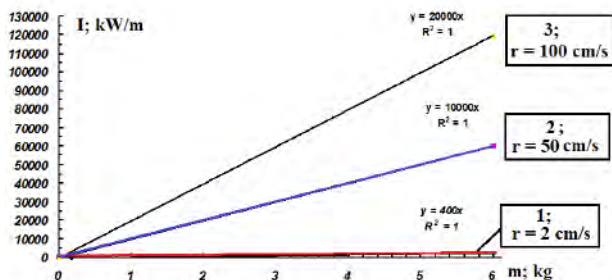


Фиг. 33. Зависимост на количеството отделена топлина от тревни пожари в зависимост от времето

Таблица 9. Симулация на интензитета на пожара  $I$  в зависимост от скоростта на разпространение  $r$  на пожара

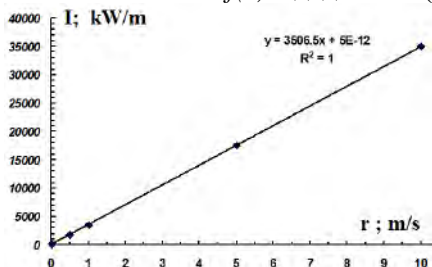
t, s	m, kg	Q, J	r =				
			2 cm/s	50 cm/s	100 cm/s	5 m/s	10 m/s
			I, kW/m				
0,08	0,00015	3000	0,06	1,5	3	15	30
2,7350	0,0051282	102564,102	2,051282	51,28205	102,5641	512,8205	1025,6410
93,505	0,1753232	3506465,045	70,1293	1753,2325	3506,465	17532,33	35064,650
3196,7	5,9939573	119879146,8	2397,582	59939,573	119879,14	599395,7	1198791,4
109291,5	204,92161	4098432370	81968,641	2049216,18	4098432,37	20492162	40984323,7

Интензивността на огъня зависи от масата на твърдите вещества. Данните от табл. 9 позволяват да се представи зависимостта на  $I=f(m)$  за различни стойности на скоростта  $r$ . (фиг. 34) Увеличението на скоростите  $r$  води до увеличение на интензитета на пожара. При същата стойност за масата на горене  $m$ , увеличаването на  $r$  води до увеличение на интензитета на огъня  $I$ .



Фиг. 34. Зависимост  $I=f(m)$  за различни стойности на скоростите  $r$

Първият случай ( $r=2 \text{ cm/s}$ ) показва, че от всеки  $1 \text{ kg}$  горим материал се произвежда интензитет на огъня  $400 \text{ (kW/m)}$ . Вторият случай има стойност  $10 \text{ (MW/m)}$ , а третият - съответно  $20 \text{ (MW/m)}$  от всеки  $1 \text{ kg}$  горивен материал. Съответната зависимост  $I=f(r)$  е дадена на (фиг. 35).



**Фиг. 35.** Зависимост на интензивността на пожара  $I$  от скоростта  $r$  за маса на тревата  $175 \text{ (g/m}^2\text{)}$

## 2.7. Изследване на зависимостта на температурите на пламъците от концентрациите на горивни замърсители в атмосферата

Температурата на пламъците може да се изчисли с модела на абсолютно черното тяло и темповете на горене  $R$ . Интензитетът на огъня се смята по формулата на Байрам  $I=R \cdot d$ , където  $d$  е дълбочината на зоната на горене ( $d=50 \text{ m}$ ).

Темпа на горене  $R$  чрез температурата на пламъка:

$$R = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_f^4; \quad \varepsilon = 1 - e^{-kx}; \quad k=0.3; \quad R=I/d; \quad d=50 \text{ (m)}$$

Скоростта на разпространение на пожара  $r$  позволява да се изчисли разстоянието  $x$  от пожара:  $x=r \cdot t$ . Изчислените стойности са представени в табл. 10.

**Таблица 10.** Стойностите на температурите на пламъка  $T_f$  в зависимост от скоростта на разпространение на огъня  $r$ .

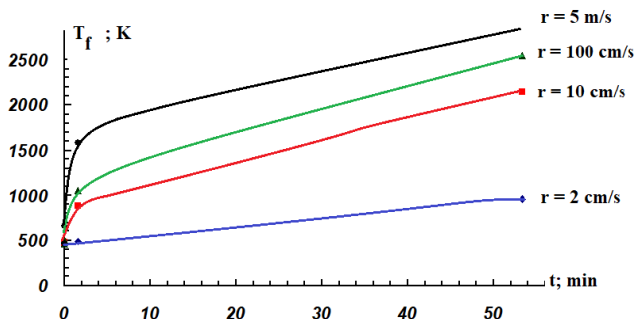
Време за възплам. $t, \text{ s}$	Маса на горивни материали $m, \text{ kg}$	Количество излъчвана топлина $Q, \text{ J}$	Скорост на разпространение на пожара, $r = 2 \text{ cm/s}$				Температура на пламъка $T_f, \text{ K}$
			Интензитет на пожара $I, \text{ kW/m}$	$R, \text{ W/m}^2$	$x, \text{ m}$	$\varepsilon$	
0,08	0,00015	3000	0,06	1,2	0,0016	0,0004799	458,26
2,7350	0,00512	102564,102	2,0512	41,025641	0,054701	0,0162763	459,17
93,505	0,17532	3506465,045	70,129	1402,586	1,870115	0,4293815	489,92
3196,7	5,99395	119879146,8	2397,58	47951,659	63,93554	1	958,97
109291,5	204,921	4098432370	81968,64	1639372,9	2185,831	1	2318,85

Подобни изчисления са извършени за стойности на  $r = 10 \text{ cm/s}$ ;  $100 \text{ cm/s}$ ;  $5 \text{ m/s}$ .

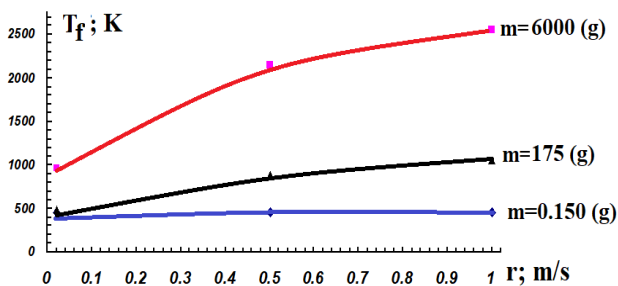
Съответната зависимост на температурата на пламъка  $T_f$  от времето за различни стойности на скоростите на разпространение на огъня  $r$  е представена на (фиг. 36).

Зависимостта на температурата на пламъка  $T_f$  от скоростите на разпространение на огъня  $r$  за различни маси на горивния твърд материал  $m$  е дадена на (фиг. 37).

Наблюдава се характерното насищане за температурите на пламъка за високи стойности за скоростите  $r$ . Очаква се стойностите на температурите на пламъка  $T_f$  да имат еднакво насищане при по-големи стойности за масите на твърдите горивни материали.



**Фиг. 36.** Зависимост на температурата на пламъка  $T_f$  от времето за различни стойности на скоростта на разпространение на огъня  $r$



**Фиг. 37.** Зависимост на температурата на пламъка  $T_f$  от скоростите на разпространение на огъня  $r$  за различни стойности на масите на горивните материали  $m$

Формула (4) може да се приложи за получаване на информация за температурата на пламъка в зависимост от наличието в атмосферата на горивни частици или газове (метан) с концентрация  $C$ .

$$T_f = \sqrt[4]{\frac{\lambda \cdot r \cdot m_{comb}}{\varepsilon \cdot \sigma \cdot d}} = \sqrt[4]{\frac{\lambda \cdot r}{\varepsilon \cdot \sigma \cdot d} \cdot \left( \frac{t \cdot (1 - A) \cdot P + k \cdot C}{c \cdot (t_{ig} - t_{atm})} \right)} \quad (5)$$

От формула (5) може да се направи заключение, че при увеличаване на концентрацията  $C$  на горивните атмосферни замърсители (метан), се повишава температурата на пламъка  $T_f$  за същия интервал от време  $t$ . Ако  $C=0$ , тогава  $T_f$  е минимален.

Температурата на пламъка зависи от особеностите на географските региони, които се описват от стойността на албедото  $A$ . Изразът (5) показва, че ако концентрацията  $C$  на парникови газове се увеличава, тогава стойността на Албедото  $A$  също има тенденция на нарастване.

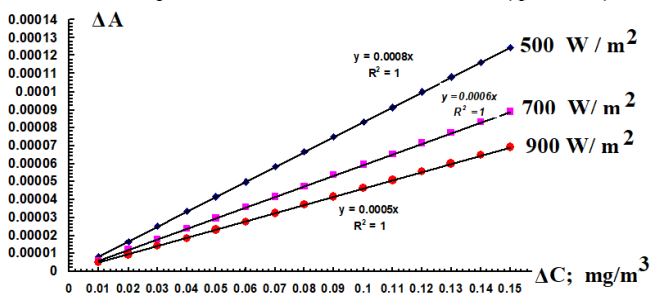
## 2.8. Изследване на корелационната зависимост между стойностите на албедото и концентрациите на замърсителите

Важно е получаването на количествен израз за връзката между стойностите на албедото и концентрациите на замърсителите. След диференциране на (5) се получава:

$$k \cdot \Delta C = t \cdot P \cdot \Delta A; \quad \Delta A = \frac{k \cdot \Delta C}{t \cdot P} \quad (6)$$

Числените оценки за нарастването на стойностите на Албедото са представени в табл. 11.

Зависимостта на вариацията на стойностите на Албедото от вариациите на концентрациите на парникови газове е дадена на (фиг. 38).



**Фиг. 38.** Зависимост на вариациите на стойностите на Албедото в зависимост от вариациите на концентрациите на парникови газове за различни слънчеви потоци  $500 \text{ W/m}^2$ ;  $700 \text{ W/m}^2$  и  $900 \text{ W/m}^2$

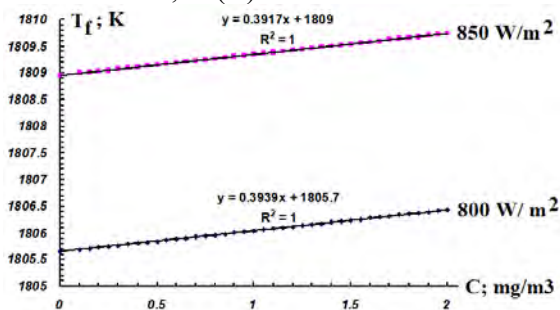


**Таблица 11.** Вариации на стойностите на албедото в зависимост от концентрациите на парникови газове за различни стойности на слънчеви потоци

Промяна на концентрация $\Delta C, \text{mg/m}^3$	Слънчеви потоци - P		
	P=500 W/m <sup>2</sup>	P=700 W/m <sup>2</sup>	P=900 W/m <sup>2</sup>
	Промяна на алbedo - $\Delta A$		
0,01	0,000008312	5,93714E-06	4,61778E-06
0,02	0,000016624	1,18743E-05	9,23556E-06
0,03	0,000024936	1,78114E-05	1,38533E-05
0,04	0,000033248	2,37486E-05	1,84711E-05
0,05	0,00004156	2,96857E-05	2,30889E-05
0,06	0,000049872	3,56229E-05	2,77067E-05
0,07	0,000058184	0,00004156	3,23244E-05
0,08	0,000066496	4,74971E-05	3,69422E-05
0,09	0,000074808	5,34343E-05	0,00004156
0,1	0,00008312	5,93714E-05	4,61778E-05
0,11	0,000091432	6,53086E-05	5,07956E-05
0,12	0,000099744	7,12457E-05	5,54133E-05
0,13	0,000108056	7,71829E-05	6,00311E-05
0,14	0,000116368	0,00008312	6,46489E-05
0,15	0,00012468	8,90571E-05	6,92667E-05

Корелационните изчисления от графиката на фиг. 38 показват, че увеличаването на концентрацията на парникови газове с  $1 \text{ (mg/m}^3\text{)}$  води до увеличаване на стойността на албедото с  $0,0006$ .

Числените симулации за температурите на пламъка в зависимост от концентрацията  $C$  за парникови горивни газове (метан) са представени на фиг. 39. Корелационната зависимост от графиката показва, че увеличаването на концентрацията с  $1 \text{ mg/m}^3$  води до увеличаването на температурата на пламъка с  $0,39 \text{ (K)}$ .



**Фиг. 39.** Зависимост на температурата на пламъците от концентрациите на парниковия горивен газ (метан) за две стойности на слънчевия поток:  $800 \text{ W/m}^2$  и  $850 \text{ W/m}^2$

## 2.9. Качествен анализ на състоянието на Биосферата чрез описание на факторите с отрицателно въздействие върху цикличността на антропогенната дейност

Чрез комбинацията от комплексни фактори, които са описани и анализирани до сега, би било възможно да се представи обща диаграма, която показва последователните етапи на въздействие върху глобалната екосистема от страна на антропогенните дейности (фиг. 40).

Антропогенната дейност е последвана от повишаване на парниковите газове и аерозолните замърсители. Затоплянето на атмосферата е свързано и с повишаване на концентрациите на метан в атмосферата. Метанът е предшественик за производството на озон. Както метанът, така и озонът имат отрицателно въздействие върху човешкото здраве, особено за респираторни заболявания. Тропосферният озон води до отслабване на процесите на фотосинтеза с краен резултат изсъхване на растителността. Тези газове действат опасно върху горските масиви с висок риск от възпламеняване на природни пожари.



Фиг. 40. Последователни циклични етапи на въздействието върху глобалната екосистема от страна на антропогенната дейност

Изсъхването на растителността се превръща в горим материал. Високите атмосферни температури допринасят за спонтанен естествен пожар. Обезлесяването на милиони хектари горски повърхности води до промяна на физико-химичните свойства на почвите към почви с по-високи стойности на албедото в сравнение с предишни стойности. По-високите стойности на албедото водят до по-чести природни катаклизми с

екстремни колебания на атмосферните температури и до състояния на опустиняване на широките географски райони. Стойностите на албедото са увеличени от 0,14 на 0,35 поради опустиняването през 20 век. Екстремните температурни колебания през сравнително кратки интервали от време, произтичащи от високата стойност на Албедото на единната система Земя-атмосфера, могат да имат отрицателно въздействие върху хората с артериална хипертония.

По-високите стойности на Албедото на единната система Земя-атмосфера от друга страна е свързана с по-ниски температури на големи височини в горната част на атмосферата. Това понижаване на температурата допринася за по-бързия процес на кондензация на дъждовни капки с по-малки размери поради аерозолни замърсители. По-малките кондензирани водни частици имат по-висок капацитет на отразяване на слънчевата светлина (по-високо Албедро). От друга страна, бързата кондензация води до бързи валежи и точно тези валежи могат да бъдат продължителни с висока интензивност с краен резултат за наводнения и урагани.

За поддържане на нарастващите изисквания на населението и на самата еволюцията на сферата на съвременните продукти (Техносфера), е необходимо засилване на антропогенните дейности. Поддържането на здравето на населението, което като цяло зависи от състоянието на Биосферата, изисква разработването на нови, по-ефективни вещества с терапевтичен ефект, които идват или чрез интензификация на химичните технологии с допълнителната антропогенната дейност. Тази допълнителна антропогенна дейност способства за усилване на замърсяване на въздуха.

Задачата на Човечество е да намалява емисиите които водят до възможни необратими процеси за флора, фауна и цялата Биосфера.

## **2.10. Анализ на комплексната единна система биосфера-техносфера-човечество**

### *2.10.1. Изследване на ентропийното описание на комплексната система на биосфера-техносфера-ноосфера (човечество)*

Съвременният човек е в постоянно взаимодействие с елементите на биосферата, както и с елементите на техносферата. Голяма част от компонентите на техносферата се произвеждат в резултат на пряка консумация на елементите на биосферата. Съвременното състояние на

биосферата се характеризира с натрупване на замърсители с отрицателен ефект върху човешкото здраве.

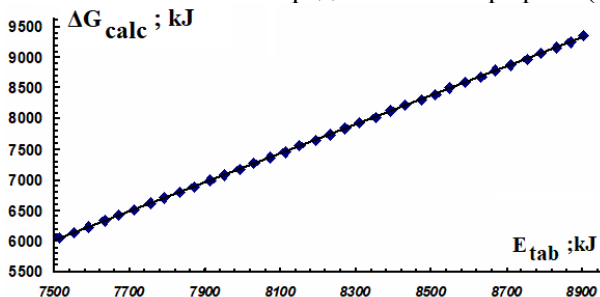
Човек от енергийната гледна точка е една отворена система и обменя вещества и енергия със външната среда. Състоянието на човека се описва със свободната енергия на Гибс.

$$\Delta G_{mol} = \frac{2.M.R.T.m_{org}}{m_f.M_{org} \cdot \ln 2} \cdot \ln\left(\frac{A.\tau}{4.\ln 2}\right) \text{ [J/mol]} \quad (7)$$

където:  $M$  - моларна маса на приетите вещества (хранителни, лекарства, кислород и вода);  $m_f$  - съответната маса на тези вещества;  $R$  - универсална газова константа;  $T$  - абсолютна температура ( $T \approx 310$  K);  $m_{org}$  - масата на съответния орган, рецептор или цялото човешко тяло;  $M_{org}$  - съответната моларна маса (за цялото човешко тяло е  $\approx 20$  g/mol);  $\tau$  - интервал от време (h) за приема на веществата;  $A$  - предекспоненциален фактор ( $h^{-1}$ ) и този фактор е константата за елиминиране на  $\lambda$  за случая на много малки молекули с моларни маси  $M \rightarrow 0$ ).

Прилагането на формула (7):  $\Delta G = \Delta G_{mol} \cdot v$ ; ( $v = m_f/M$ ) върху човешкото тяло с различно тегло, възраст и ръст се сравнява с добре познатите стойности за енергия  $E_{tab}$ , които се намират чрез биокалориметричен метод. Има таблици на основния метаболизъм за биокалориметричния метод, където са представени енергийните стойности  $E_{tab}$  за тегло, възраст и височина на човешкото тяло.

Съответните енергии в килоджаули  $\Delta G = \Delta G_{mol} \cdot v$  в сравнение с данните  $E_{tab}$  от таблицата на метаболизма са представени на графика (фиг. 41).



**Фиг. 41.** Сравнение на изчислените стойности за свободната енергия на Гибс с табличните данни от калориметричния метод

За да валидираме съответния метод за изчисляване на енергията въз основа на стойностите на свободната енергия на Гибс, първо ще изчислим интервала от време  $\tau$  от (7):

$$\tau_{calc} = \frac{4 \cdot \ln 2}{A} \cdot e^{\frac{E_{tab} \cdot M_{body} \cdot \ln 2}{2 \cdot R \cdot T \cdot m_{body}}} \quad (8)$$

където:  $m_{body}$  - масата на човешкото тяло;  $M_{body} \approx 20 \text{ g/mol}$  е моларната маса на човешкото тяло.

Стойностите на  $\Delta G$  са изчислени за емпиричната теоретична стойност на времевия интервал  $\tau = 5,5 \text{ (h)}$  и са представени в табл. 12. Целта е да се наблюдава дали средната стойност  $\langle \tau_{calc} \rangle$  съвпада с теоретичната стойност от 5,5 часа.

Има статистически критерии за проверка дали средната стойност на дадена проба съвпада с реалната теоретична стойност 5,5 (h). Един от тях е Т-тест. Статистическата програма BIOSTAT дава отговор, че средната стойност от 5,84 (h) е подобна на теоретичната стойност от 5,5 часа с вероятност  $p=0,84$  и тогава заключението е, че тези стойности съвпадат.

**Таблица 12.** Енергийните стойности на метаболизма и интервалите от време за дозиране

<b>m<sub>body</sub>, kg</b>	<b>E<sub>tab</sub>, kJ</b>	<b>ΔG<sub>calc</sub>, kJ</b>	<b>τ<sub>calc</sub>, h &lt;τ<sub>calc</sub>&gt;=5.84</b>
40	6554,24	3778,723	6,628968
42	6633,66	3967,659	6,524358
44	6713,08	4156,595	6,430691
48	6871,92	4534,467	6,269999
52	7030,76	4912,339	6,137169
54	7114,36	5101,275	6,080306
58	7273,2	5479,148	5,977343
60	7352,62	5668,084	5,93158
64	7511,46	6045,956	5,849527
66	7590,88	6234,892	5,812606
68	7670,3	6423,828	5,778069
76	7992,16	7179,573	5,660525
80	8151	7557,445	5,610902
82	8230,42	7746,381	5,588053
84	8309,84	7935,317	5,566379
86	8393,44	8124,253	5,546517
88	8472,86	8313,19	5,526917
90	8548,1	8502,126	5,507565
92	8631,7	8691,062	5,49046
94	8711,12	8879,998	5,473477
96	8790,54	9068,934	5,457251
98	8869,96	9257,87	5,441733

Важността и ролята на този израз се състои в това, че е възможно да се прецени какъв е дозовият интервал от време, ако знаем масата на човешкото тяло.

Човекът консумира като цяло хранителни вещества заедно с вода от порядъка на 2500 g на ден ( $\approx 2000$  е вода и  $\approx 500$  g обща маса за протеини, въглехидрати и мазнини) и съответното количество молове хранителни вещества на ден е  $2500/500=5$  мола и това количество от 5 мола осигурява производството на 100-150 мола АТФ на ден, което е необходимо за процеса на хидролиза. Тогава общата енергия от 12 MJ, разделена на 5 мола, дава резултат от порядъка на 2,56 MJ/mol и съответният времеви интервал може да бъде изчислен като:

$$\tau = \frac{4 \cdot \ln 2}{A} \cdot e^{\frac{\Delta G_{\text{mol}} \cdot V \cdot M_{\text{body}} \cdot \ln 2}{2 \cdot R \cdot T \cdot m_{\text{body}}}} = \frac{4 \cdot \ln 2}{0.5} \cdot e^{\frac{2,56 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 20 \cdot \ln 2}{2 \cdot 8,31 \cdot 310 \cdot 80000}} = \frac{4 \cdot \ln 2}{0.5} \cdot e^{0,430509} = 2,4963(h) \rightarrow 3(h)$$

По този начин човек приема съответните хранителни вещества и вода през деня с интервал от два или три часа (около 4-5 пъти на ден),

Що се отнася до концепцията за ентропията, доказано е, че човешкият химичен потенциал е от порядъка на  $2,75 \div 3$  kJ/mol. Общото количество молове, които човешкото тяло съдържа в зависимост от масата на тялото е от порядъка на 4000-5000 mol. Ефективната моларна маса на човешкото тяло е около 20 g/mol. Вариацията на свободната енергия на Гибс е от порядъка на  $10 \div 13$  MJ, ( $2,75$  kJ/mol  $\times$  5000 mol = 13,75 MJ), което всъщност е необходимото количество енергия на ден в резултат на консумацията на хранителни вещества. Съответната вариация на ентропията на човешкото тяло:

$$\Delta S = -\frac{\Delta G}{T}; \quad [J / K] \quad (9)$$

Ако човешката ентропия за един ден се промени  $\approx 35$  kJ/K и ако населението на света е  $\approx 7$  милиарда, тогава общата ентропия на човешката сфера  $\Delta S_h$  е от порядъка:

$$\Delta S_h = 35 \cdot 10^3 \cdot 7 \cdot 10^9 = 245 \cdot 10^{12} (J/K) = 2,45 \cdot 10^{14} (J/K) \approx 2,5 \cdot 10^{14} (J/K) \approx 2,89 \cdot 10^9 (W/K)$$

Получената стойност от подобен приблизително порядък е представена и в научната литература.

Съвременното състояние на биосферата се характеризира с наличието на опасни замърсители. Всяка година атмосферата натрупва въглероден диоксид със съответното количество топлина  $3 \cdot 10^{20}$  J. Съответно има натрупване на топлина за един ден:  $8 \cdot 10^{17}$  J. Изменението на ентропията на биосферата за един ден е:

$$\Delta S_{bios-re} = \frac{8 \cdot 10^{17}}{300(K)} = 2,7 \cdot 10^{15} (J / K) \equiv 3 \cdot 10^{10} (W / K)$$

Състоянието на биосферата се влияе от състоянието на човешката сфера, както и от сферата на материалите, които се консумират и произвеждат от индустрията (техносфера). По този начин ентропийните вариации на биосферата са сумата от ентропийните вариации на техносферата и на човешката сфера.

$$\Delta S_{bios-re} = \Delta S_{Tech-re} + \Delta S_h \quad (10)$$

Съответната вариация на ентропията на техносферата е:

$$\Delta S_{Tech-re} = \Delta S_{Bios-re} - \Delta S_h = 3 \cdot 10^{10} (W/K) - 0,289 \cdot 10^{10} (W/K) = 2,71 \cdot 10^{10} (W/K)$$

Необходимо е да се провери този резултат от  $2,71 \cdot 10^{10} \text{ W/K}$  с реалния.

Когато описваме техносферата, основният фокус е потреблението на електричество, което се използва за производството на почти всички продукти за консумация и употреба от човека. Изчислено е средно 28 kWh електрическа енергия на ден за всеки човек. При него се вземат предвид енергийните разходи за производството на всички стоки от всички предприятия, заводи и фабрики и ако те се разпределят равномерно за цялото население по света, тогава разходите са от порядъка на 28 kW·h на ден за всеки човек. Ако този резултат се умножи по 7 милиарда население, тогава общата консумация на енергия е:

$$\begin{aligned} 28 \cdot 7 \cdot 10^9 (\text{kW} \cdot \text{h}) &= 196 \cdot 10^9 (\text{kW} \cdot \text{h}) = 196 \cdot 10^{12} (\text{W} \cdot \text{h}) = 196 \cdot 10^{12} (\text{J/s}) \cdot 3600 (\text{s}) = \\ &= 705600 \cdot 10^{12} (\text{J}) = 7 \cdot 10^{17} (\text{J}). \end{aligned}$$

Съответната промяна на ентропията на техносферата за един ден е:

$$7 \cdot 10^{17} (\text{J}) / (24 \cdot 3600 (\text{s}) \cdot 300 (\text{K})) = 2,7 \cdot 10^{10} (\text{W/K})$$

По този начин се доказва, че реалният резултат от електропотреблението съвпада с изчислената стойност с минимални предели на грешките.

Симбиотичното единство между компонентите на комплексната единна система може да се види чрез изчисляване на калорийните нужди за един ден:

$$\Delta S_h = \Delta S_{B-re} - \Delta S_{Tech-re}$$

Нагрупването за един ден на допълнителна енергия в биосферата в резултат на антропогенни дейности е  $8 \cdot 10^{17} \text{ J}$ , тази на техносферата е от порядъка на  $7 \cdot 10^{17} \text{ J}$ , населението е от порядъка на 7 милиарда, телесната температура на човек е от порядъка на  $36,6^\circ\text{C} = 310 \text{ K}$ . Можем да оценим метаболитните енергийни разходи на човека (MEP) чрез консумацията на

хранителни вещества за един ден, като се има предвид, че средната температура на околната среда е от порядъка на 288 К:

$$\frac{7 \cdot 10^9 \cdot MEP}{310} = \frac{8 \cdot 10^{17}}{288} - \frac{7 \cdot 10^{17}}{288}; \quad MEP = \frac{310 \cdot 10^{17}}{288 \cdot 7 \cdot 10^9} = 0,154 \cdot 10^8 (J) = 15,4 (MJ)$$

Стойността на енергийните нужди от порядъка 15,4 MJ е сред стойностите в табл. 13. Килокалориите се превръщат във килоджаули като: 1 kcal = 4,184 kJ. Разходите за едно денонощие са от порядъка 1879·4,184 = 7862 kJ ≈ 8 до 18 MJ в зависимост от начина на живот и дейността на човека.

Хранителните продукти, които се консумират, се произвеждат от предприятия, които са съставни части на техносферата и биосферата. Човешко тяло с тегло от порядъка 70 kg съдържа енергия от порядъка 170 kJ под формата на глюкоза, циркулираща в кръвта, около 2,6 MJ резервна енергия, съхранявана в мускулите и черния дроб под формата на гликоген (полимерна форма на глюкозата), около 100 MJ, съхранявана под формата на протеин (предимно мускулна тъкан) и почти 500 MJ под формата на мазнини

Разпределението на енергия за различни структурни компоненти на човешкото тяло е дадено в следваща диаграма (фиг. 42).

**Таблица 13.** Консумиране на хранителни вещества

Маса на хранителни вещества, g	Енергиен приход, kcal
Белтък - от 56,8 до 150 g	237 - 626
Мазнини – от 140 до 300 g	1307 - 2800
Въглеhydrати – от 79,9 до 200 g	335-838
<b>Всичко (kcal)</b>	<b>1879 - 4264</b>



**Фиг. 42.** Разпределение на резервните компоненти за човешко тяло



Средно цялата структура на човека е с вътрешна енергия от порядъка на  $U = 600 \text{ MJ}$ . Представяме вътрешната енергия на човека като сбор от два компонента: 1)  $F$  - свободна енергия на Хелмхолц; 2) свързана енергия  $S.T$ ; Съответно, имаме, че:

$$U = F + T.S.$$

Свободната енергия  $F$  е тази част от вътрешната енергия  $U$  на човешкото тяло, която е способна да се превръща в различни форми на работа: 1) механична; 2) химична; 3) осмотична; 4) електрична работа. Коефициента на полезното действие (КПД) на човешко тяло е от порядъка  $20 \div 25\%$ . Съответно  $F = 0,25.U = 150 \text{ MJ}$ .

Свързаната енергия ( $S.T$ ) е свързана с вид разсейване и загуба на енергия и с деградация на системата. Колко са по-високи стойностите на ентропията ( $S$ ), толкова са по-големи енергийните загуби. Приблизителни стойности на ентропията за човешкото тяло:

$$S = (U - 0,25U) / T = 0,75U / T = 0,75.600(\text{MJ}) / 310(\text{K}) = 1,45 (\text{MJ/K})$$

За поддържане на тази структура от порядъка на  $600 \text{ MJ}$  е необходимо всекидневен прием на хранителни вещества под формата на мазнини, въглехидрати и протеини.

Понякога, за човека се използва термина ват ( $W$ ) - единица за измерване на мощността. Мощността на човека е от порядъка  $80 \div 100 \text{ W}$  и дори повече. Преобразуването в джаули ( $J$ ), за едно денонощие, дава следното  $100.24.60.60 = 8640000 \approx 9 \text{ MJ}$ . Мощността на човека варира в широк интервал. Междинната стойност е от порядъка  $100 \text{ W}$ .

Промяната  $\Delta U$  за едно денонощие на човека е:

$$\Delta U = \Delta F + T.\Delta S$$

Вътрешната енергия и съответните загуби се поддържат от резервните депа на гликоген и тогава  $\Delta U = 0$ ;

$$\Delta F + T.\Delta S = 0;$$

$$\Delta S = -\frac{\Delta F}{T} = -\frac{8(\text{MJ})}{310(\text{K})} = -0,026(\text{MJ/K}) = -26(\text{kJ/K}) \rightarrow -30(\text{kJ/K})$$

Енталпия е форма на енергията, която е свързана със създаване на химическите връзки на молекулите. Тя е свързана с вътрешната енергия ( $U$ ) като:

$$H = U + p.V.$$

Обемът на човешкото тяло е от порядъка  $0,07 \div 0,09 \text{ m}^3$ . Средната стойност на налягането на всички вътрешни органи е от порядъка  $6000 \text{ (Pa)}$

$$H = U + p.V = 600.10^6 + 6000.0,08 \approx 600(\text{MJ})$$

Общото количество молове за човешкото тяло е:  $(m/M = 80 \text{ kg}/20.10^{-3} \text{ kg/mol}) = 4000 \text{ mol} \rightarrow 5000 \text{ mol}$ . Съотношението на енталпия към общото количество молове за човешко тяло е:

$$600 \text{ MJ}/5000 \text{ mol} = 120 \text{ kJ/mol.}$$

Свободна енергия на Гибс:  $G = H - T.S$ .

Съответните изчисления:

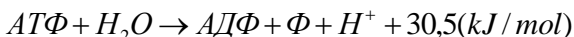
$$G = H - T.S = 600.10^6 - 310.1,45.10^6 = 150(\text{MJ})$$

$$150 \text{ (MJ)}/ 5000 \text{ mol} = 30 \text{ kJ/mol.}$$

Свободната енергия на Гибс е тази част от енергия на химическите връзки (H) която е способна да извършва работа.

Молекулата на АТФ, която е молекулата на живота, съдържа компонента на химическа връзка със съответните фосфати в самата структура на молекулата и тази връзка са нарича макроергична връзка.

Енергията на макроергичната връзка, която е универсално клетъчно гориво, се отделя при хидролизата на АТФ на аденозиндифосфат (АДФ) и фосфат (Ф):



Промяната на ентропията на човека за едно денонощие е  $\Delta S = -30 \text{ kJ/K}$ . Енергията на макроергичните връзки H се поддържа постоянно на едно ниво чрез процеса на фосфорилиране в митохондриите. Съответно, за промяната на енталпията имаме, че  $\Delta H=0$ .

Промяната на свободната енергия на Гибс:  $\Delta G = -T.\Delta S$

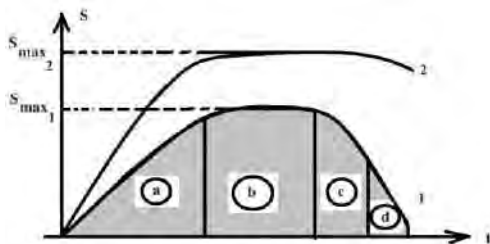
$$\Delta G = -T.\Delta S = -310.(-30) = 9300(\text{kJ}) \approx 9(\text{MJ})$$

Тази промяна се поддържа чрез прием на хранителни вещества (протеини, мазнини и въглехидрати) в енергиен еквивалент от порядъка на 9 MJ и повече за едно денонощие.

Човешкото тяло, приемайки храна, увеличава свободната си енергия, която се използва за растеж и извършване на работа.

Въз основа на определението на теоремата на Пригожин може да се каже следното. Живите системи, като човешки организми, които са отворени и далеч от равновесие, в процес на растеж и развитие с времето узряват. Етапът на зреене се описва чрез установяване на теглото. Увеличаването на масата с течение на времето означава, че количеството молекули, които изграждат тъканите на вътрешните органи, също се увеличава. Ентропията също зависи от количеството молекули. По-големите стойности за ентропията съответстват на по-големи количества молекули. За разлика от затворената система, която се характеризира с

максимално възможна стойност за ентропията, отворените системи имат по-ниска ентропия. Ако зависимостта на ентропията е представена във времето, тогава се вижда, че ентропията в процеса на узряване достига максимални стойности, но в сравнение със затворената ентропия е по-малка (фиг. 43).



**Фиг. 43.** а - етап на растеж и развитие; б - етап на съзряване; в - етап на старееене; г - етап на смърт

В етапа на зрелост количеството на ензимите се установява на максимална стойност. Тялото работи в най-ефективния ритъм. Този ритъм се установява в дългия процес на еволюция в сложното взаимодействие с околната среда (хомеостазно състояние).

Както е известно, системата има обща тенденция към деградация и хаос с висока ентропия. Тенденцията към хаос и висока ентропия е за затворените системи, а отворената система е постоянно жива и приема вещества от околната среда. Според теориите на Шрьодингер, Пригожин и Озангер живите системи се хранят с отрицателна ентропия под формата на хранителни вещества. Отрицателните стойности на ентропията водят до по-ниска стабилизация на получената ентропия в сравнение със затворените (крива 1 и 2 - фиг. 43).

Механизмът на старееене се изяснява от появата на свободни радикали. Фактори на околната среда като прекомерна слънчева ултравиолетова радиация, високи температури или по-скоро големи температурни колебания, замърсяване на околната среда водят до образуването на свободни радикали. Количеството тъканни молекули след окислителния процес намалява, а с това води до намаляване на ентропията (етап в - фиг. 45). Този етап обикновено се характеризира с появата на заболявания и патологии. Последният финален етап г е етапът на смъртта.

Емпиричното описание за биосферата може по абсолютно същия начин да се опише като на фиг. 43. Тоест, поради изчезване на флора и фауна може да има тенденция за намаляване на ентропията на биосферата.

### 2.10.2. Изследване на стационарното състояние на системата биосфера-техносфера-човечество като условие за съхранение на стабилността на ноосфера.

За комплексната единна система НБТ, ентропията получава максимална стойност с течение на времето и се достига състояние на равновесие. Увеличаването на ентропията на тази комплексна система се дължи на увеличаването на газообразните замърсители в атмосферата. Промяната на ентропията с течението на времето:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS_h}{dt} + \frac{dS_{tech-re}}{dt} + \frac{dS_{bios-re}}{dt} \quad (11)$$

$\frac{dS}{dt} = 0$  е случаят на стационарно състояние и това означава, че няма промяна на ентропията във времето.

Тогава:

$$\frac{dS_h}{dt} = -\frac{dS_{tech-re}}{dt} - \frac{dS_{bios-re}}{dt} \quad (12)$$

Ако ентропията на биосферата се увеличи (поради увеличаването на газообразните замърсители) и ако ентропията на техносферата се увеличи (поради появата на нови технологии), тогава може да се получи такава ситуация, че ентропията на сферата на човечеството (ноосфера) да намалява:  $\frac{dS_h}{dt} < 0$ .

Като цяло ентропията зависи и от количеството на съставните структурни елементи. Човечество с население от 7 милиарда може да намали поради болести и епидемии, които са свързани с увеличаването на замърсителите.

Обратната ситуация  $\frac{dS_h}{dt} > 0$  може да се стигне, когато  $\frac{dS_{bios-re}}{dt} < 0$ .

Тази ситуация може да бъде в случай на увеличаване на скоростта на фотосинтеза, поради увеличаване на скоростта на производство на кислород и глюкоза.

По отношение на техносферата, същото намаляване  $\frac{dS_{tech-re}}{dt} < 0$  може да означава, че този компонент достига качество на продуктите с висока ефективност.

Така че, ако:  $\frac{dS_{bios-re}}{dt} < 0$ ;  $\frac{dS_{tech-re}}{dt} < 0$ , тогава за ентропията на човечеството  $\frac{dS_h}{dt} > 0$  и означава увеличаване на населението с времето.

Като цяло, техносферата може да се характеризира с два компонента: 1) ефективна част и 2) неефективна част.

$$\frac{dS_{tech-re}}{dt} = \frac{dS_{eff}}{dt} + \frac{dS_{ineff}}{dt} \quad (13)$$

Ефективната част осигурява намаляването на ентропията на техносферата, поради високото качество на продуктите с висока ефективност, както и нормалното физиологично развитие на човека:

$$\frac{dS_h}{dt} = \frac{dS_{eff}}{dt} \quad (14)$$

Неефективната част се отнася до такива елементи, които не се консумират от човека. Например, пластмасовите изделия се отнасят към неефективните компоненти, които могат да бъдат натрупани случайно в биосферата, особено във водната зона или в атмосферата като пластмасови микрометрични частици с опасен ефект върху човешкото здраве, особено върху дихателните пътища.

Биосферата се натрупва с неефективни отпадъци и ентропийният компонент на биосферата ще се състои от два компонента: единият е свързан с предишното състояние на биосферата, а другият е свързан с замърсителите (неефективна част):

$$\frac{dS'_{bios-re}}{dt} = \frac{dS_{bios-re}}{dt} + \frac{dS_{ineff}}{dt} \quad (15)$$

Тогава ентропията на биосферата се увеличава с течение на времето, поради увеличаването на замърсителите:  $\frac{dS'_{bios-re}}{dt} > \frac{dS_{bios-re}}{dt}$ .

Например, ако неефективната част се състои само от въглероден диоксид, тогава определено количество от този газ може да се използва по време на процеса на фотосинтеза. За идеалния случай на стационарно състояние, когато целият моментално отделен въглероден диоксид се използва за фотосинтеза,

$$\frac{dS'_{bios-re}}{dt} = 0 \text{ и се получава следният израз: } \frac{dS_{bios-re}}{dt} = -\frac{dS_{ineff}(CO_2)}{dt}$$

Тук е важно да се подчертае, че при намаляване на количеството на неефективната част

$$\left( \frac{dS_{ineff}(CO_2)}{dt} < 0 \right).$$

Биосферата има възможност да се възстанови чрез увеличение на площите на горите

$$\left( \frac{dS_{bios-re}}{dt} > 0 \right).$$

Така че, ако неефективната част от  $CO_2$  се увеличава с течение на времето, тогава  $dS_{bios-re} < 0$  и това означава изчезване на много компоненти с течение на времето (изчезване на флора и фауна). Очевидно е, че ентропията зависи не само от агрегатното състояние на веществото, но и от количеството. Газообразното агрегатно състояние има по-голяма ентропия в сравнение с твърдото състояние. Специалният случай, когато

$$\left| \frac{dS_{ineff}}{dt} \right| > \left| \frac{dS_{bios-re}}{dt} \right|, \text{ тогава } dS'_{bios-re} > 0$$

означава прекомерно натрупване на замърсители с опасен разрушителен ефект върху природата. Заместваме (14) и (13) в (11):

$$\frac{dS}{dt} = 2 \cdot \frac{dS_h}{dt} + \frac{dS_{ineff}}{dt} + \frac{dS_{bios-re}}{dt} \quad (16)$$

$$\frac{dS_{bios-re}}{dt} = \frac{dS'_{biof-re}}{dt} - \frac{dS_{ineff}}{dt} \quad (17)$$

Заместването на (17) в (16) дава следното:

$$\frac{dS}{dt} = 2 \cdot \frac{dS_h}{dt} + \frac{dS'_{bios-re}}{dt} \quad (18)$$

В случаят на стационарно състояние  $dS/dt = 0$ :

$$\frac{dS_h}{dt} = - \frac{dS'_{bios-re}}{2 \cdot dt} \quad (19)$$

Формула (19) показва, че ако ентропията на биосферата се увеличава с увеличаването на замърсителите, ентропията на човечеството намалява.

Патологията и болестите на индивида се характеризират с високи стойности на ентропията. Увеличаването на ентропията се обяснява с факта, че стойността на свободната енергия на Гибс от (7) нараства поради това, че ефективната част намалява.

В хранителните продукти може да има много видове консерванти, алергени и замърсители които водят до развитие на възпалителни процеси, респираторни, белодробни и различни ракови заболявания. Крайния резултат е смъртен случай с тенденция на ентропията към нула.

## ОБОБЩЕНИ ИЗВОДИ

1) За първи път в дисертацията се използва създаден от нас адиабатен термодинамичен метод за изследване на линейната зависимост между изменението на концентрациите на замърсителите с парников ефект, натрупани в атмосферата, и изменението на температурата на атмосферата. Валидирането на емпиричният израз е финализирано с изчисляването на излишната маса на въглеродният диоксид, която е от порядъка на реалната 15 милиарда тона.

2) За първи път, чрез създаден от нас термодинамичен калориметричен метод е получен резултат за изменението на специфичния топлинен капацитет на атмосферата в зависимост от замърсителите, както и зависимостта на скоростта на вятъра от стойностите на специфичния топлинен капацитет на атмосферата. Разработеният термодинамичен емпиричен модел дава същия резултат спрямо известните стойности (от порядъка на 364 kJ/mol за един mol въглероден диоксид) и е в пределите на допустимата грешка. Изчислява се и количеството топлина натрупано в цялата биосфера (от порядъка на 8400 kJ от един kg въглероден диоксид). Резултатът от адиабатния метод съвпада с калориметричния.

3) Доказано е, че стойностите на албедото на единната система атмосфера-Земя се влияят от промяната на концентрациите на замърсителите в атмосферата. Албедото на единната система незначително се увеличава и съответно специфичният топлинен капацитет на атмосферния въздух бавно намалява.

4) Получена е функционална зависимост за стойностите на ефективната температура в зависимост от стойностите на албедото. Високите стойности на албедото съответстват за ниските стойности на ефективната температура. Важно е да се подчертае, че всяко вещество с различни агрегатни състояния и различни стойности на албедото, е в равновесие с атмосферната температура и се променя в пределите на средните стойности на атмосферната температура.

5) При изучаване на произхода на естествените спонтанни пожари се установява, че температурите на самозапалване на флората се влияят от стойностите на албедото, които от своя страна зависят от наличието на горими аерозолни замърсители и горими парникови газове, присъстващи в атмосферата.

6) Детайлно е изследвана единната комплексна система биосфера-техносфера-ноосфера с използване на термодинамичната физична

величина ентропия. Това позволява описанието на симбиотичното единство на тази комплексна система и дава важен резултат за изчисляване на метаболитните енергийни разходи на човека.

## **НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ**

- 1) Разработеният от нас адиабатичен метод, позволява да се сравнят реално измерените стойности на изменението на температурата с тези, изчислени по този метод, които са от същия порядък.
- 2) Разработеният от нас калориметричен метод позволява обяснението на природни явления, напр. интензификацията на природните катаклизми от резките промени на атмосферната температура, което е следствие от промените на специфичните топлинни капацитети на атмосферата, повлияни от замърсители.
- 3) Изследването на стойностите на Албедото на единната система Земя-атмосфера позволява да се обяснят промените във физикохимичните свойства на компонентите на биосферата, които са от важно значение за формирането на микроклимата на съответната екосистема. Напр. повишаването на стойностите на Албедото при почви води до тяхното уплътняване. В същото време се наблюдава намаляване на специфичния им топлинен капацитет.
- 4) Зачестилите напоследък спонтанни природни пожари се усилват от наличието на горими замърсители газове и частици в атмосферата. Разработеният емпиричен израз за температурата на пламъка, основан на законите на термодинамиката, позволява да се подчертае следният аспект, че когато няма горими газове, температурата на пламъка достига минималните възможни стойности с възможност за ограничаване на пожара.



## Списък на научните публикации по темата на дисертацията

### **A. Научни публикации**

1. **Petrov M.**, *The influence of carbon dioxide pollutants on the value of outgoing longwave radiation of earth-atmosphere system*, International Journal of Multidisciplinary and Current Research ISSN: 2321-3124 , Vol.10 (March/April 2022), <http://ijmcr.com/category/ijmcr/vol-10-march-april-2022/>, <https://doi.org/10.14741/ijmcr/v.10.2.6>
2. **Petrov M.**, *Relational empirical study of outgoing longwave radiation-albedo-temperature of the atmosphere-earth system under the influence of carbon dioxide pollutants*, Oxidation Communications 45 (2), 2022, pp. 350-382. **(Q4)**
3. **Petrov M.**, Z. Nikolaeva, A. Dimitrov, *Cyclical aspect of the complex factors of anthropogenic activity on the global ecosystem*, Oxidation Communications 46 (2), 2023, pp. 509-518. **(Q4)**
4. **Petrov M.**, Z. Nikolaeva, A. Dimitrov, *Spontaneous global wildfires as the consequence of climate variability*, Oxidation Communications 46 (2), 2023, pp. 519-546. **(Q4)**
5. **Petrov M.**, Z. Nikolaeva, A. Dimitrov, *A complex ecological and bioeconophysical empirical description of the state of the unique noosphere-biosphere-technosphere system under the influence of anthropogenic pollutants*, Industrial Technologies, 10 (1), 2023, pp. 47-57.
6. **Petrov M.**, Z. Nikolaeva, A. Dimitrov, *The impact of the pollutions on the environment and the health state of the humanity*, Industrial Technologies, 10 (1), 2023, pp.58-66.

### **Б. Участия в научни конференции**

1. **Petrov M.**, Z. Nikolaeva, A. Dimitrov, *The impact of anthropogenic activity on the global environment*, International Scientific Conference - Technics. Technologies. Education. Safety. 2023. Proceedings Year VII, ISSN 2535-0315 (Print), Issue 1 (16), Borovets, Bulgaria.
2. **Petrov M.**, Z. Nikolaeva, A. Dimitrov, *Bioeconophysical Conception of the Complex System Biosphere-Noosphere-Technosphere*, pp. 452-463, Сборник доклади от научна конференция „Знание, Наука, Иновации, Технологии” Proceedings of Knowledge, Science, Innovation, Technology Conference, 29.09.2023, Велико Търново, България.

### **В. Участия в научни проекти**

Договор НИХ 451/2021. *Моделиране на взаимовръзката на основни замърсители на въздуха и слънчевата радиация върху някои заболявания в град Бургас*. Ръководител на проекта: доц. д-р Здравка Николаева.