



ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНО И СИСТЕМНО ИНЖЕНЕРСТВО

КАТЕДРА „ИНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГИЯ”

Здравка Веселинова Буриева - Николаева

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЛЪНЧЕВАТА РАДИАЦИЯ И НЕЙНОТО
ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ ОЗОНА В АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

по научна специалност 5.13 Общо инженерство

(„Технологии за пречистване на въздуха”)

Научен ръководител: Проф. д-р инж. Иван Домбалов

Научно жури:

1. Доц. д-р инж. Николай Козарев – председател, рецензент
2. Проф. д-р Галина Панайотова - рецензент
3. Доц. д-р инж. Мариана Дончева-Бонева
4. Доц. д-р инж. Валентин Камбуров
5. Проф. д-р инж. Иван Домбалов

София, 2014

Дисертационният труд е написан на 136 страници, съдържа 27 фигури и 37 таблици. Цитирани са 148 източника.

Представеният дисертационен труд е обсъден и приет за защита на заседание на научен съвет на научното звено на катедра „Инженерна екология”, състояло се на 24.02.2014.

Публичната защита на дисертационния труд ще се проведе на 09.06.2014 г. от 13.00 часа в зала 424, етаж 4, сграда „А” на ХТМУ.

Материалите са на разположение на интересувалите се на интернет страницата на ХТМУ и в отдел „Научни дейности”, стая 406, етаж 4, сграда „А” на ХТМУ.

ВЪВЕДЕНИЕ

Слънчевата радиация е важен природен фактор, формиращ климата на планетата и влияещ върху всички живи организми и околната среда. Тя е главен източник на енергия за почти всички природни физико-химични процеси, протичащи на земната повърхност и в атмосферата. От цялата слънчева енергия приблизително 7% се падат на ултравиолетовата радиация, 18% на светлата (видимата) му част и 45% на инфрачервената част от оптичното излъчване.

Към настоящия момент, особено за България, усилията и дейностите по изследване на слънчевата радиация са концентрирани главно в натрупване и статистическа обработка на данни от измервания, които се използват най-вече за практическо приложение, като направата на слънчеви колектори, проектиране на отоплителни и хладилни системи за дома, парници и др.

Веднага трябва да се отбележи и подчертае, че измерванията на слънчевата радиация са по-скоро оскъдни, отколкото достатъчни и са от значение теоретичните косвени оценки на наличното излъчване.

Слънчевата радиация предизвиква парников ефект на нашата планета, при който инфрачервеното излъчване на някои газове в атмосферата затопля земната повърхност. Въглеродният диоксид като основен парников газ е фактор, който влияе върху големината на нетната отразена дълговълнова топлинна радиация, която не се измерва пряко в България.

Ултравиолетовият индекс характеризира нивото на слънчевата ултравиолетова радиация, достигаща повърхността на Земята. Той е индикатор за възможността за увреждане на различни фотобиологични типове кожа. Установяването на вредните ефекти върху човека и неговото здраве води до необходимостта от прецизни и навременни изследвания на ултравиолетовата радиация и прогнозиране на ултравиолетовия индекс.

Измерването или предсказването на слънчевата радиация, както изследването на нейното влияние върху качеството на атмосферния въздух има несъмнено значение за опазването на околната среда и в частност, на човешкото здраве. Не може да има съмнение, че усилията в това направление биха имали положителен принос към развитието и на други сектори в науката, като атмосферната химия, измененията на глобалния климат и др.

В страната има добре организирана Национална автоматизирана система за екологичен мониторинг (НАСЕМ), която следи качеството на атмосферния въздух на базата на няколко показателя: общ суспендиран прах, фини прахови частици, тежки метали (олово, кадмий, никел, арсен), полиароматни въглеводороди, серен диоксид, азотни оксиди, въглероден оксид, озон, бензен, сероводород. Индексът на качеството на атмосферния въздух (ИКАВ) за Община Бургас се изчислява на основа на шест от контролираните замърсители на въздуха: азотен диоксид, серен диоксид, прахови частици, сероводород, озон и стирен. Не е достатъчно изучено и не са намерени количествени взаимовръзки, описващи зависимостта между слънчевата радиация и концентрацията на озона, като продукт на атмосферни фотохимични процеси.

В дисертацията е изследвана слънчевата радиация и нейното влияние върху озона в атмосферния въздух на Община Бургас. Важен проблем за областта са сравнително високите нива на озон и въглеводороди, поради увеличената продукция на стокови бензини от „ЛУКОЙЛ Нефтохим Бургас“ АД. Поради това е необходимо разработването на нови количествени методи за изследване и управление на качеството на атмосферния въздух по отношение на този, важен за града, атмосферен замърсител.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Целта на настоящата дисертация е *изследване на слънчевата радиация и нейното влияние върху озона в атмосферния въздух на Община Бургас*.

Целта на дисертационната работа се постига чрез изпълнението на следните задачи:

1. *Разработване на модели за изчисляване на сумарна слънчева радиация за изследване на нейното влияние върху озона в атмосферния въздух.*
2. *Експериментално изследване и теоретично изчисляване на инфрачервено излъчване и определяне на нетната отразена дълговълнова топлинна радиация за изследване на връзката ѝ със сумарната слънчева радиация.*
3. *Разработване на метод за определяне на ултравиолетовия индекс за изследване на връзката му със сумарната слънчева радиация и здравето на хората.*
4. *Изследване на концентрациите на озона и азотния диоксид и протичащите фотохимични процеси в атмосферния въздух.*
5. *Количествено изследване на взаимовръзката между сумарна слънчева радиация и индекса за качеството на атмосферния въздух по отношение на озона за различни пунктове за мониторинг.*

МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

1. Регресионни методи за изчисляване на сумарна слънчева радиация

В таблица 1 са представени използваните в дисертацията, известни от литературата, методи за определяне на сумарна слънчева радиация върху хоризонтална повърхност.

Таблица 1. Методи за изчисляване на дневните суми на сумарната слънчева радиация върху хоризонтална повърхност

Методи	Регресионни уравнения
<i>Angström</i> (1924)	$\frac{G}{G_o} = b + a \cdot \frac{n}{N}$
<i>Bahel</i> (1987)	$\frac{G}{G_o} = b + a_1 \cdot \frac{n}{N} + a_2 \cdot \left(\frac{n}{N}\right)^2 + a_3 \cdot \left(\frac{n}{N}\right)^3$
<i>Ahmad</i> (2004)	$\frac{G}{G_o} = b + a_1 \cdot \frac{n}{N} + a_2 \cdot \left(\frac{n}{N}\right)^2$
<i>Ivancheva</i> и <i>Koleva</i> (2008)	$G = b + a_1 \cdot n + a_2 \cdot T_{\max} + a_3 \cdot T_{\min} + a_4 \cdot c$
<i>Okundamija</i> и <i>Nzeako</i> (2011)	$\frac{G}{G_o} = b + a_1 \cdot R_T + a_2 \cdot T_{\max} ; R_T = \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$

Означения в табл. 1: G – сумарна слънчева радиация върху единица площ за единица време (интензитет, инсолация), W/m^2 ; G_o – обща извънземна слънчева радиация (сумарна глобална инсолация), W/m^2 ; n – продължителност на слънчевото греене, h ; N – максимална (астрономическа) продължителност на слънчевото греене, h ; n/N – относителна продължителност на слънчевото греене; $T_{\max}$, $T_{\min}$ – средна максимална и минимална температури, K ; c – средна денонощна облачност, %; a_i , b – регресионни коефициенти.

Общата извънземна слънчева радиация G_o се определя от зависимостта на **Klein**

$$G_o = \frac{24}{p} \cdot I_{sc} \left(1 + 0.033 \cdot \cos \left(\frac{360 \cdot d}{365} \right) \right) \left(\cos f \cdot \cos d + \frac{p \cdot w_s}{180} \sin f \cdot \sin d \right), \quad (1)$$

където: f – географска ширина, *degree*; d – деклинация, *degree*; I_{sc} – слънчева константа, ($I_{sc} = 1367.7 \text{ W/m}^2$); w_s – часов ъгъл на изгрева, *degree*; d – ден от годината.

Часовият ъгъл w_s и слънчевата деклинация δ се определят от:

$$w_s = \cos^{-1} [\cos(-\tan f \cdot \tan d)] ; \quad d = 23.45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + d}{365} \right). \quad (2)$$

Обикновено се взема $15^{-\text{to}}$ число от всеки месец, за което е изчислена слънчевата деклинация.

2. Метод за определяне на нетна отразена дълговълнова радиация

В дисертацията, за пресмятане на нетна отразена дълговълнова радиация R_B се използва познатото от литературата емпирично уравнение на **Penman**

$$R_B = s \cdot T_a^4 \cdot (0.56 - 0.079 \cdot \sqrt{e_t}) \left(0.1 + 0.9 \cdot \frac{n}{N} \right), \quad (3)$$

където: s – константа на Стефан-Болцман ($s = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$); T_a – средна температура на въздуха, K ; e_t – действително налягане на водните пари на въздуха, hPa ; n/N – относителна продължителност на слънчевото греене.

3. Метод за определяне на глобалния UV-индекс

За изчисляването на биологически активната ултравиолетова радиация в дисертацията се използва формула, предложена от **Carvalho**

$$UVI = b + a \left(\frac{G}{G_o} \cdot UVI_o \right), \quad (4)$$

където: UVI_o – ултравиолетовият индекс при чисто от облаци небе; a , b – регресионни коефициенти.

4. Определяне времето на изгаряне на фотобиологични типове кожа

Четири основни типа кожа, утвърдени от Програмата на ООН за околна среда (UNEP), Международната комисия за радиационна защита (ICNIRP), Световната здравна организация (СЗО) и Световната метеорологична организация (СМО) са:

- **I тип – силно чувствителна** (много светла);
- **II тип – чувствителна** (светла), като към този тип кожа се включват и малки деца, чиято кожа е много по-тънка от нормално;
- **III тип – нормална** (светлокафява);
- **IV тип – слабо чувствителна** (кафява).

В зависимост от прогнозираната стойност на ултравиолетовия индекс, за различните фотобиологични типове кожа, може да бъде определена максималната допустима експозиция на слънчеви лъчи, без това да доведе до увреждане на кожата. За целта, в дисертацията се използват емпирични уравнения от полиномиален вид

$$Y = b + a_1 \cdot (UVI) + a_2 \cdot (UVI)^2, \quad (5)$$

където: Y – максималната безопасна експозиция; UVI – ултравиолетовият индекс, изчислен по формула (4); a_1 , a_2 , b – регресионни коефициенти.

ПОЛУЧЕНИ ОСНОВНИ РЕЗУЛТАТИ

А. ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЛЪНЧЕВАТА РАДИАЦИЯ И НЕЙНОТО ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА ОЗОН В АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ НА ОБЩИНА БУРГАС

1. Разработване на методики за определяне на сумарна слънчева радиация и изследване на нейното влияние върху концентрацията на озона

Емпирични модели за изчисляване на сумарна слънчева радиация

В дисертацията са изведени два емпирични модела за изчисляване на сумарната слънчева радиация в София. Използвани са десет дневни метеорологични данни от НАСА и НИМХ с общ брой 81.

Модел 1: Изследвана е зависимостта на G/G_0 от следните метеорологични параметри: n/N – относителна продължителност на слънчевото греене; $T_{\max}$, $T_{\min}$ – средна максимална и минимална температури, K ; v – средна скорост на вятъра, m/s ; r – количество валежи, mm ; p – атмосферно налягане (на морско ниво), hPa ; L – хоризонтална видимост, km ; c – средна денонощна облачност, %. Полученото емпирично уравнение има вида

$$\frac{G}{G_0} = -0.39904 + 0.448628 \cdot \frac{n}{N} - 0.00314 \cdot T_{\max} + 0.003522 \cdot T_{\min} - 0.00975 \cdot v + 6.24 \cdot 10^{-5} \cdot r + 0.000512 \cdot p + 0.001873 \cdot L + 0.000452 \cdot c. \quad (6)$$

Модел 2: Второто емпирично уравнение има вида

$$\frac{G}{G_0} = 0.2345 + 0.6196 \cdot \frac{n}{N} - 1.9648 \cdot \left(\frac{n}{N}\right)^2 + 4.4280 \cdot \left(\frac{n}{N}\right)^3 - 2.9084 \cdot \left(\frac{n}{N}\right)^4. \quad (7)$$

При отсъствие на възможност за оценяване на дисперсията на опита за качеството на регресионните модели може да се използва коефициентът на детерминация R^2 ($0 \leq R^2 \leq 1$), който определя степента на линейна зависимост между включените в модела регресори и предсказаната стойност на изходната величина. Колкото по-висока е стойността на R^2 , толкова по-надежден е регресионният модел. Задължително условие в този случай е проверката на значимостта на R^2 , за което се използва **критерият на Fisher**

$$F = \frac{R^2}{(1 - R^2)} \cdot \frac{(N_1 - k)}{(k - 1)}, \quad (8)$$

където: k – броят на оценяваните параметри на модела; N_1 – обемът на извадката от експериментални данни.

Критерият на Fisher е със степени на свобода: $v_1 = k - 1$ и $v_2 = N_1 - k$.

При $F > F(\alpha, v_1, v_2)$, стойността на R^2 е значима и може да се използва за оценка на адекватността на модела. Колкото по-висока е изчислената стойност на R^2 , толкова по-надежден е изведеният регресионен модел при ниво на значимост α .

Тъй като моделите на Angström, Bahel, Ahmad, Ivancheva и Koleva, Okundamija и Nzeako (табл. 1), както и предложените модели (6) и (7) са изведени за едни и същи измерени данни, те могат да бъдат сравнявани по отношение на качеството им. Получените резултатите от това сравнение са представени в табл. 2.

Територията на България се характеризира с твърде малко изменение на географската ширина ($41 - 43 \text{ degree}$). Нещо повече, София и Бургас се намират практически на една и съща географската ширина. Ето защо, логично е да се очаква, че изведените по данни за София модели биха могли да предсказват в добро приближение и слънчевата

радиация в района на Бургас, а защо не и за Видин и Сандански чиято географска ширина се различава от тази на София с около 1 *degree*. Рабира се, разлики следва да се очакват, най-малкото поради наличието на разлики в метеорологичната обстановка в споменатите градове.

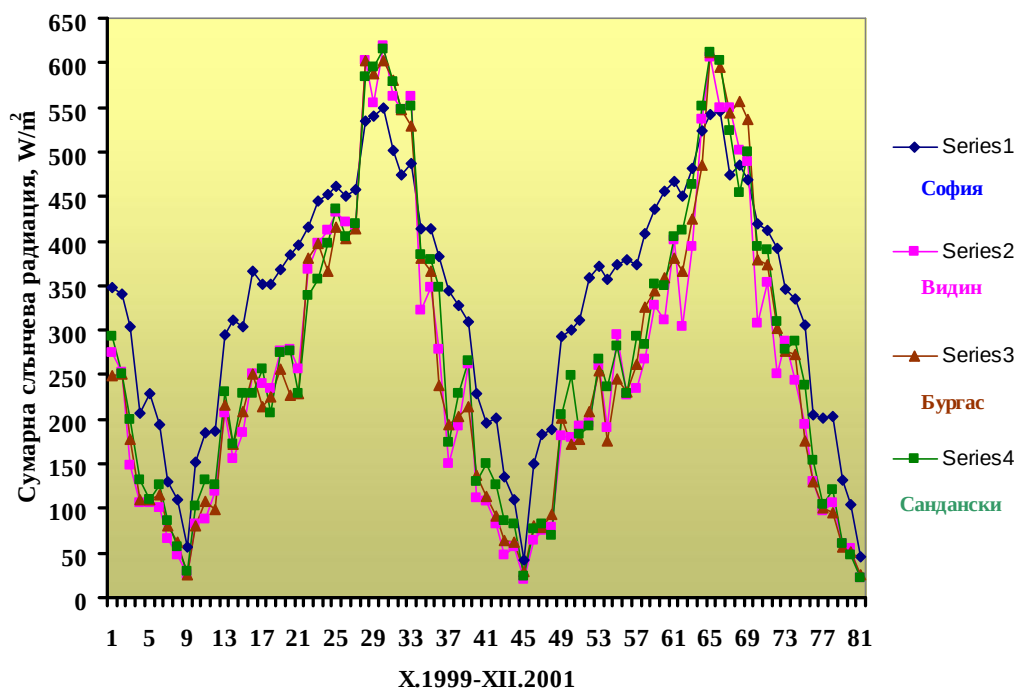
Таблица 2. Сравнение на предложените в дисертацията Модел 1 и Модел 2 с моделите на Angström, Bahel, Ahmad, Ivancheva и Koleva и Okundamija и Nzeako

Метод	Коефициенти	Стандартна грешка	F	F_{crit}	R^2
Angström (1924)	$b = 0.4081$ $a_1 = 0.2262$	-0.00797 0.01455	786.21	3.96	0.9087
Bahel (1987)	$b = 0.3014$ $a_1 = -0.2977$ $a_2 = 1.7057$ $a_3 = -1.1908$	0.02133 0.17016 0.39372 0.27273	325.06	2.72	0.9268
Ahmad (2004)	$b = 0.2272$ $a_1 = 0.4026$ $a_2 = 0.0058$	0.01432 0.06305 0.06492	388.17	2.72	0.9088
Ivancheva и Koleva (2008)	$b = -1909.26$ $a_1 = 31.6003$ $a_2 = -6.2788$ $a_3 = 13.5862$ $a_4 = 1.88262$	344.442 4.30034 3.69352 4.01255 0.564511	126.90	2.49	0.8698
Okundamija и Nzeako (2011)	$b = 2.7764$ $a_1 = -3.7592$ $a_2 = 0.0043$	0.92571 0.79179 0.00434	89.13	2.72	0.6956
Модел 1	$b = -0.39904$ $a_1 = 0.448628$ $a_2 = -0.00314$ $a_3 = 0.003522$ $a_4 = -0.00975$ $a_5 = 6.24.E-05$ $a_6 = 0.000512$ $a_7 = 0.001873$ $a_8 = 0.000452$	0.01336 0.04427 0.00225 0.00229 0.00557 0.00021 0.00079 0.00218 0.00045	106.41	2.06	0.9220
Модел 2	$b = 0.234507$ $a_1 = 0.619572$ $a_2 = -1.96479$ $a_3 = 4.427975$ $a_4 = -2.90840$	0.032043 0.37539 1.404082 2.086347 1.071382	265.81	2.48	0.9333

На фиг. 1 са представени изчисленията, по модел (7), десет дневни стойности на сумарната слънчева радиация за градовете София, Бургас, Видин и Сандански за периода октомври 1999 – декември 2001.

От фиг. 1 се вижда, че характерът на изменение на сумарната слънчева радиация за четирите града е еднакъв, но се забелязват значителни различия между изчисленията стойности. Това може да се обясни по следния начин:

Максималната продължителност на слънчевото греене се променя през годината, като варира в границите 9.03 – 15.33 часа, но тя е еднаква за всички градове, доколкото се определя от интервала между изгрева и заляза на Слънцето. За всеки от отделните градове обаче, могат да се отбележат сериозни различия по отношение на действителната продължителност на слънчевото греене.



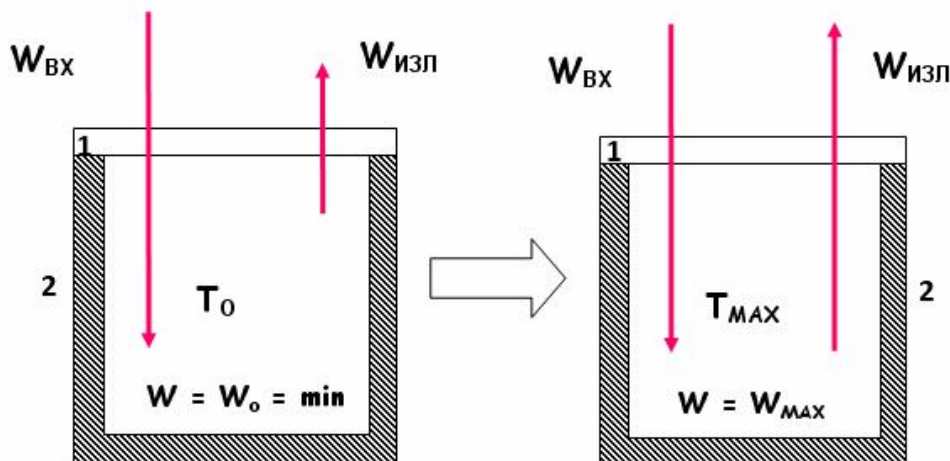
Фигура 1. Сумарна слънчева радиация, W/m^2 , за София, Видин, Бургас и Сандански

Изведените и анализирани дотук модели се характеризират със задоволително качество на предсказване, но могат да бъдат прилагани само за десетдневни, месечни и годишни стойности. Ето защо, е полезно и необходимо да бъдат разработени модели за предсказване на дневните и почасовите стойности на сумарната слънчева радиация.

Математичен модел за изчисляване на сумарна слънчева радиация с отчитане на енергийните потоци

В дисертацията е направено моделиране на сумарна слънчева радиация чрез опростена формула на затопляне с отчитане на енергийните потоци.

Разглежда се изменението на температурата в затворено пространство с форма на куб, изолиран и почернен отвътре. Слънчевите лъчи падат перпендикулярно на прозрачната горна стена на куба. Предполага се, че входящата енергия от Слънцето $W_{ВХ}$ и близката околна среда е постоянна (фиг. 2).



Фигура 2. Схема към математичния модел

Означения: 1 – прозрачен капак; 2 – топлоизолация; W_{BX} – входяща енергия; $W_{ИЗЛ}$ – излъчена енергия от откритата за слънчевите лъчи стена на куба; W , T – енергия и температура във вътрешността на куба; W_o , T_o – енергия и температура във вътрешността на куба в началния момент.

При достигане на стационарно равновесно състояние, входящата и излъчената енергия са равни: $W_{BX} = W_{ИЗЛ}$. Тогава вътрешната енергия е максимална W_{MAX} .

След кратки математически преобразувания за енергията W във вътрешността на куба се получава следната формула:

$$W = W_{MAX} - (W_{MAX} - W_o) \cdot e^{-m \cdot t}, \quad (9)$$

където: m – коефициент на пропорционалност, който зависи от размера на куба, стените, обема, материала, външната температура и др.

Предложеният метод предлага възможности за почасово изчисляване на дневните стойности на сумарната слънчева радиация в дадена област. Необходимо условие, за да бъде използвана зависимостта (9), е коефициентът μ да бъде оценен. За тази цел са използвани данни за измерени стойности на сумарната слънчева радиация от PVGIS-CMSAF за период 2001-2012 г. Стойността на μ е различна за различните години, месеци, дни и 0.25-часови (15 минутни) периоди в конкретен ден.

В съответствие със световната практика, за всеки месец от годината се избира един „представителен“ ден (обикновено 15^{-то} число). Разпределението на 15-минутните измерени стойности на радиацията за „представителния“ ден се определя посредством осредняване на съответните данни от дванадесет годишния период на наблюдение. Именно това разпределение се използва за оценяване на коефициента μ за конкретния месец и за конкретното място. Това се осъществява по следния начин:

За всеки 15-минутен интервал от представителния ден μ се определя по формулата

$$m = \frac{\ln \frac{G_2 - G_o}{G_2 - G_1}}{t}, \quad (10)$$

където: G_2 – измерената стойност на сумарната слънчевата радиация за текущия 15-минутен интервал, W/m^2 ; G_1 – измерената стойност на сумарната слънчевата радиация за предходния 15-минутен интервал, W/m^2 ; G_o – най-ниската стойност на измерената сумарна слънчева радиация за представителния ден от месеца, W/m^2 ; t – време от началния момент на измерване на радиацията до текущия 15-минутен интервал, h .

Изчислява се средната стойност на μ и тя се използва в (9) за конкретния месец и конкретната област.

За да бъде проверена точността на изведения модел, са изчислени почасовите стойности на сумарната слънчева радиация за четири пунктове за мониторинг на територията на Община Бургас:

- АИС Меден Рудник;
- АИС Долно Езерово;
- ДОАС OPSIS;
- Мобилна станция.

Точността на предсказване е проверена посредством сравнение на измерените с изчислените по (9) стойности за всеки от пунктовете и за всеки от месеците. Предвид големия обем на данните, сравнението е направено за двучасов период от деня, а именно от 11.12 до 13.12 часа (формат *час.стотни*).

Получените резултати например за АИС Долно Езерово са дадени в таблица 3.

Таблица 3. Изчислени по (9) и измерени часови стойности на сумарната слънчевата радиация по месеци за пункт АИС Долно Езерово

Месец	μ	Време, h	$G_{calc}, W/m^2$	$G_{meas}, W/m^2$	$\varepsilon \%$
Януари	1.123378	11.12	331.686	337	- 1.58
		12.12	346.157	348	- 0.53
		13.12	324.410	329	- 1.40
Февруари	1.043158	11.12	429.375	435	- 1.29
		12.12	445.877	448	- 0.47
		13.12	422.215	427	- 1.12
Март	0.928605	11.12	501.428	508	- 1.29
		12.12	517.149	520	- 0.55
		13.12	495.407	500	- 0.92
Април	0.869915	11.12	589.400	595	- 0.94
		12.12	604.445	607	- 0.42
		13.12	582.436	587	- 0.78
Май	0.851073	11.12	714.893	719	- 0.57
		12.12	733.138	735	- 0.25
		13.12	705.528	709	- 0.49
Юни	0.735029	11.12	707.214	714	- 0.95
		12.12	726.532	730	- 0.47
		13.12	698.328	704	- 0.81
Юли	0.723815	11.12	771.864	780	- 1.04
		12.12	793.834	798	- 0.52
		13.12	761.193	768	- 0.89
Август	0.747627	11.12	795.489	808	- 1.55
		12.12	821.766	828	- 0.75
		13.12	783.622	794	- 1.32
Септември	0.909868	11.12	664.349	671	- 0.99
		12.12	684.186	687	- 0.41
		13.12	654.634	660	- 0.81
Октомври	1.012466	11.12	507.088	513	- 1.15
		12.12	524.704	527	- 0.44
		13.12	499.158	504	- 0.96
Ноември	1.090676	11.12	420.547	428	- 1.74
		12.12	439.318	442	- 0.61
		13.12	411.924	418	- 1.45
Декември	1.194931	11.12	328.835	334	- 1.55
		12.12	343.418	345	- 0.46
		13.12	322.436	327	- 1.40

Означения: G_{calc} – изчислена по (9) стойност на сумарната слънчева радиация, W/m^2 ; G_{meas} – измерена стойност на радиацията, W/m^2 ; ε – относителна грешка, %.

Анализът на резултатите показва, че:

- Максималната грешка на предсказване се получава за пункт ДОАС OPSIS и възлиза на 1.94 %;
- Средната грешка на предсказване за отделните пунктове за мониторинг е, както следва:
 - АИС Меден Рудник - 0.80 %;
 - АИС Долно Езерово - 0.91 %;
 - ДОАС OPSIS - 0.94;
 - Мобилна станция - 0.92.

- Прави впечатление, че абсолютно всички грешки в четирите таблици са отрицателни. Най-вероятно става дума за системна грешка, свързана с експерименталното изследване. Веднага обаче, трябва да се отбележи, че макар и системна, грешката е достатъчно малка, за да предизвика каквото и да е притеснение.

В заключение, за предложения модел за определяне на сумарната слънчева радиация (9) може да се каже следното:

- моделът е универсален;
- моделът има физически смисъл;
- на базата на неголям обем измервания той може да се адаптира и да се използва за различни области в България и Света;
- точността на предсказване на сумарната слънчева радиация е висока;
- моделът би могъл да бъде използван по-скоро за по-задълбочени научни изследвания, но не е удобен за ежедневно практическо приложение.

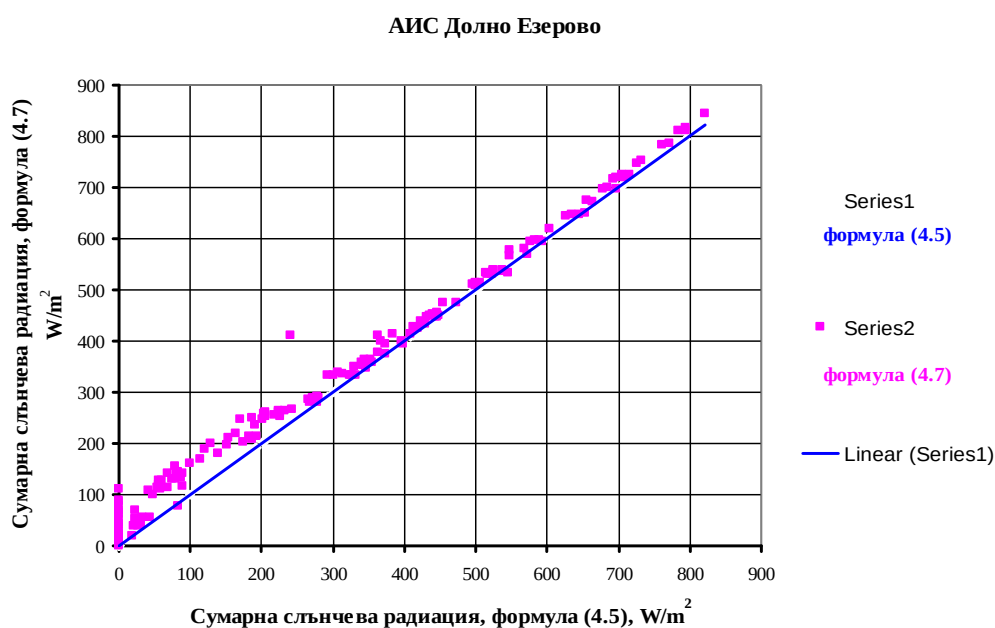
Опростен модел за определяне на часовите стойности на сумарната слънчева радиация

Предвид казаното по-горе, в дисертацията се предлага опростен модел за определяне на часовите стойности на сумарната слънчева радиация по месеци за различни пунктове за мониторинг. За целта са използвани данни за сумарната слънчева радиация, отнасящи се за Община Бургас. Източникът на данните е PVGIS-CMSAF. Измерените стойности са за 2001-2012 г. и интервала е от 4.87 до 19.87 h със стъпка 0.25 h (15 минути).

Предложеният модел описва зависимостта между сумарната слънчева радиация G и астрономическото време t

$$G = b + a_1.t + a_2.t^2 + a_3.t^3 + a_4.t^4 + a_5.t^5 + a_6.t^6. \quad (11)$$

Получени са регресионните коефициенти b , a_1 , a_2 , ..., a_6 по месеци за разглежданите четири пунктове за мониторинг на Община Бургас и статистическите оценки за качеството на моделите.



Фигура 3. Изчислени по моделите (9) и (11) стойности на сумарната слънчева радиация за АИС Долно Езерово

Наличните измерени стойности на сумарната слънчева радиация са различни за отделните месеци, като варират от 36 до 61. Предвид това, параметрите на критерия на Фишер се определят както следва: $\alpha = 0.05$; $\nu_1 = 6$; $\nu_2 = 29 \div 54$.

Оттук следва, че критичната стойност F_{crit} : $F_{crit} = 2.27 \div 2.42$.

Логично е да бъде направена проверка дали опростеният модел (11) запазва качеството на модела (9).

На фигура 3, близостта на предсказваните по двата модела стойности за АИС Долно Езеро е представена в графичен вид.

В таблица 4 са дадени получените по двата метода коефициенти на детерминация.

Таблица 4. Коефициенти на детерминация R^2 за модели (9) и (11) по отделните пунктове и месеци

АИС Меден Рудник			АИС Долно Езеро	
Месец	R^2, модел (8)	R^2, модел (10)	R^2, модел (8)	R^2, модел (10)
I	0.9974	0.9976	0.9971	0.9988
II	0.9975	0.9951	0.9973	0.9951
III	0.9957	0.9967	0.9956	0.9964
IV	0.9966	0.9964	0.9964	0.9964
V	0.9992	0.9968	0.9991	0.9968
VI	0.9985	0.9969	0.9983	0.9969
VII	0.9984	0.9973	0.9984	0.9974
VIII	0.9964	0.9970	0.9963	0.9970
IX	0.9969	0.9965	0.9969	0.9965
X	0.9978	0.9966	0.9964	0.9966
XI	0.9954	0.9968	0.9953	0.9969
XII	0.9942	0.9967	0.9976	0.9964
ДОАС OPSIS			Мобилна станция	
Месец	R^2, модел (8)	R^2, модел (10)	R^2, модел (8)	R^2, модел (10)
I	0.9970	0.9977	0.9971	0.9977
II	0.9957	0.9958	0.9958	0.9957
III	0.9955	0.9964	0.9956	0.9964
IV	0.9964	0.9962	0.9964	0.9963
V	0.9992	0.9967	0.9992	0.9968
VI	0.9982	0.9968	0.9983	0.9969
VII	0.9984	0.9974	0.9985	0.9975
VIII	0.9961	0.9969	0.9962	0.9969
IX	0.9968	0.9964	0.9968	0.9964
X	0.9964	0.9967	0.9964	0.9966
XI	0.9952	0.9970	0.9954	0.9970
XII	0.9938	0.9964	0.9975	0.9964

От таблица 4 се вижда, че коефициентите на детерминация за всички месеци имат стойности, много близки до единица ($R^2 > 0.99$), а фигура 3 илюстрира твърде добро съвпадение на предсказваните по двата модела, (9) и (11) стойности на сумарната слънчева радиация.

Изводи

Изведени са два регресионни модела за изчисляване на сумарна слънчева радиация.

Единият от тях описва влиянието на: относителната продължителност на слънчевото греене; средната максимална и минимална температура; средната скорост на вятъра; количеството валежи; атмосферното налягане; хоризонталната видимост и средната денонощна облачност.

Вторият модел описва влиянието на един единствен, но много съществен фактор, а именно – относителната продължителност на слънчевото греене.

Двата модела се характеризират с малко по-добри стойности на коефициента на детерминация в сравнение с разгледаните, заедно с тях, модели на Angström, Bahel, Ahmad, Ivancheva и Koleva и Okundamija и Nzeako. Това може да се обясни с включването на по-голям брой регресори.

Общ недостатък на всичките седем споменати модели обаче е, че те предлагат възможности за изчисляването само на десетдневни, месечни и годишни стойности на сумарна слънчева радиация.

Предложеният теоретичен модел (9) за определяне на сумарната слънчева радиация може да се използва за почасово изчисляване на радиацията в дадена област. Приложимостта му е проверена с използване на данни от четири пункта за мониторинг на територията на Община Бургас.

Предложеният регресионен модел (11) също предлага възможности за почасово изчисляване на радиацията. В сравнение с (9) обаче, неговото използване е значително облекчено, без това да води до компромиси, свързани с неговата надеждност и точност на предсказване.

2. Моделиране на инфрачервено излъчване и изследване на неговото влияние върху концентрацията на озона в атмосферния въздух

Експериментално определяне на връзката между нетната отразена дълговълнова радиация и въглеродния диоксид в атмосферния въздух

За изследване на връзката между нетната отразена дълговълнова радиация и въглеродния диоксид в атмосферния въздух е изготвено устройство за изследване на инфрачервено излъчване в съдове, запълнени с въздух и въглероден диоксид (фиг. 4).

На фиг. 4 са използвани следните означения:

- 1 – цилиндричен съд с въздух;
- 2 – съд със същия обем, с CO_2 ;
- 3 – термоизолация;
- 4 – поставка;
- 5 - кранове вход и изход за въздух;
- 6 - кранове вход и изход за CO_2 ;
- 7 – диференциална термодвойка.

Двата съда 1 и 2 със съответната изолация могат да се използват поотделно.

Във всеки от съдовете е монтирана термодвойка (мед-константан), която е предварително калибрирана за измерване на температура. Константата на термоелемента с отчитане на получената при измерването стандартна грешка е:

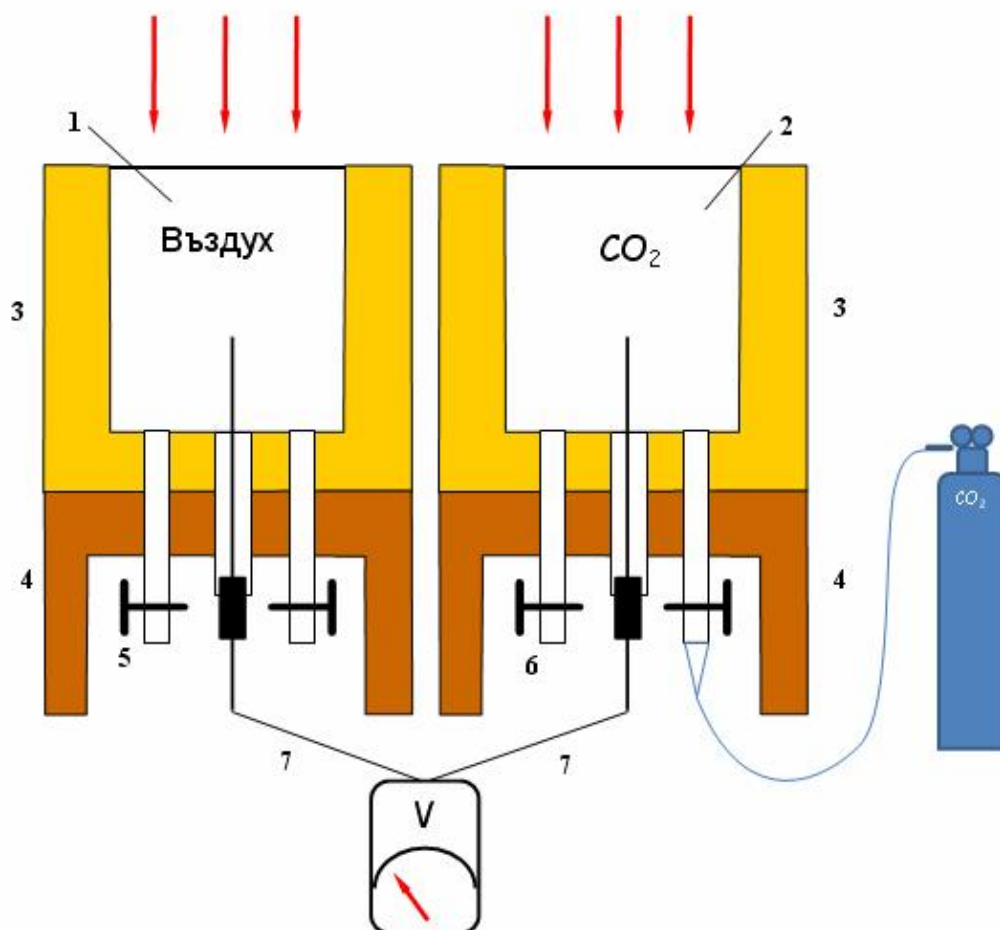
$$k = (0.0974 \pm 0.0005) \text{ mV/K}$$

Изменението на температурата Δt в двата съда е:

$$\Delta t = \frac{e_T}{k}, \quad (12)$$

където: t_1 – температурата на единия край на диференциалната термодвойка, поставена в дестилирана вода и лед във вътрешния съд на калориметър; e_T – отчетеното термоелектродвижещо напрежение (дигитален милivolтметър DC POWER SUPPLY HY3005D).

Изчисленото по формула (12) изменение на температурата Δt е с точност до 0.01 mV, каквато е и точността на използвания милivolтметър.



Фигура 4. Принципна схема на устройството за изследване на инфрачервено излъчване

Експериментът се извършва при атмосферно налягане, като след напълването съдовете се затварят херметично с помощта на кранове 5 и 6. Цялата конструкция е монтирана на ос, разрешаваща непрекъснатото ѝ ориентиране по такъв начин, че слънчевите лъчи да падат перпендикулярно на плоскостта на капака. Проникването на слънчевите лъчи във вътрешността на съдовете е симетрично за двата съда.

Нетната отразена дълговълнова (топлинна) радиация R_B е изчислена по известната от литературата формула на **Penman** (3). Получените резултати са представени в табл. 5.

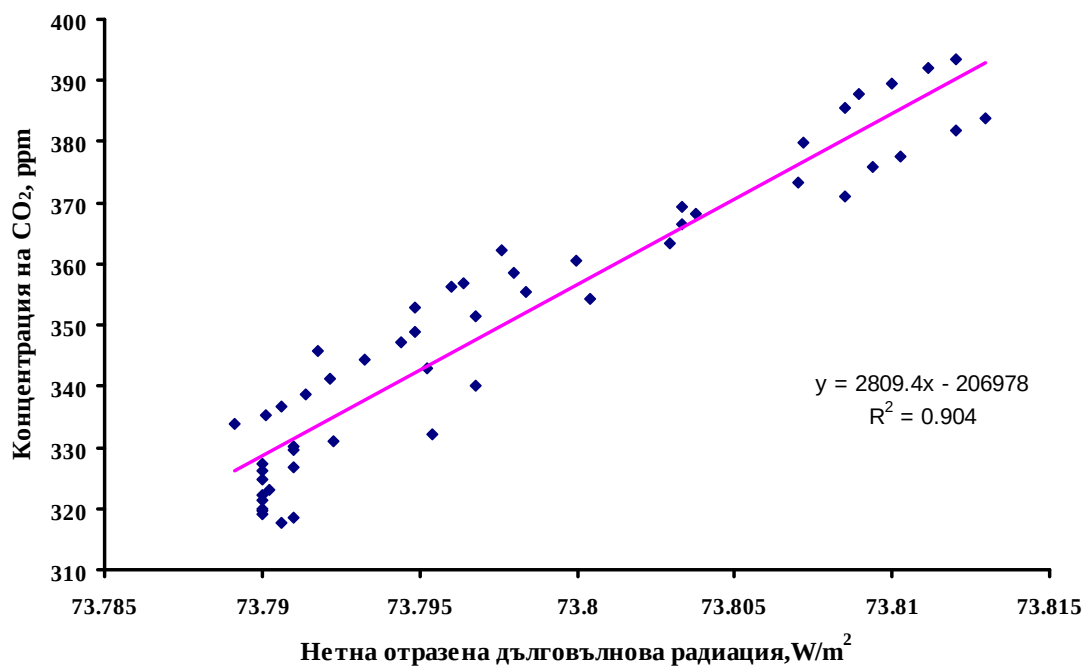
В табл. 5: T - началната и равновесна температура, получена от експеримента, K; e_T - действително налягане на водните пари на въздуха, hPa; ΔR_B - изменение на нетната отразена дълговълнова радиация, W/m².

Нетната отразена дълговълнова топлинна радиация е пропорционална на концентрацията на парниковите газове (въглероден диоксид).

Таблица 5. Получени резултати за нетната отразена дълговълнова радиация от направеното изследване

T [K]	e_T , hPa	R_B , W/m ²	ΔR_B , W/m ²
300.15	26.7	29.89238	21.4821
305.59	36.58	51.37448	

На фиг. 5 е представена графична зависимост на концентрацията на въглероден диоксид в атмосферата за Северното полукълбо от нетната отразена дълговълнова радиация, която се получава от температурните аномалии за периода 1961 – 2012 година.



Фигура 5. Зависимост на концентрацията на CO₂ в атмосферата за Северното полукълбо от отразената дълговълнова топлинна радиация, 1961 – 2012 г.

Данните могат да бъдат апроксимирани с линейна зависимост, представена на фигурата. Вижда се, че коефициентът на детерминация е $R^2 = 0.904$. Увеличаването на нетната отразена дълговълнова радиация е свързана със затоплянето на земната повърхност, а това има връзка с увеличаване на концентрацията на въглеродния диоксид. Като основен парников газ, CO₂ е фактор, който влияе върху нетната отразена дълговълнова радиация.

Определяне на часовите стойности на нетната отразена дълговълнова радиация по месеци

В настоящата дисертация, за определяне на часовите стойности на нетната отразена дълговълнова радиация R_B по месеци, е използван методът на разширената регресия. Структурата на регресионното уравнение има вида:

$$R_B = b + a_1.t + a_2.t^2 + a_3.t^3 + a_4.t^4 + a_5.t^5 + a_6.t^6, \quad (13)$$

където: t – времето, h .

Стойностите на регресионните коефициенти в (13) за Община Бургас и статистическия анализ за отделните месеци на годината, са дадени в таблица 6.

Таблица 6. Получени резултати при изчисляване на нетната отразена дълговълнова радиация по месеци за Община Бургас

Месец	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R^2
Януари	$b = -167.15$ $a_1 = 94.96681$ $a_2 = -18.2644$ $a_3 = 1.869591$ $a_4 = -0.10556$ $a_5 = 0.003104$ $a_6 = -3.7.E-05$	10.4223 5.3078 1.0825 0.1134 0.0064 0.00019 2.26.E-06	9636.17	0.9989
Февруари	$b = -62.6962$ $a_1 = 41.98506$ $a_2 = -7.61862$ $a_3 = 0.776983$ $a_4 = -0.04391$ $a_5 = 0.001278$ $a_6 = -1.5.E-05$	7.4773 4.0445 0.8684 0.0950 0.0056 0.00017 2.08.E-06	17501.93	0.9994
Март	$b = -146.17$ $a_1 = 81.49263$ $a_2 = -14.8943$ $a_3 = 1.487447$ $a_4 = -0.08222$ $a_5 = 0.002351$ $a_6 = -2.7.E-05$	5.6704 3.2071 0.7147 0.0807 0.0049 0.00015 1.89.E-06	29548.19	0.9996
Април	$b = -248.078$ $a_1 = 143.2204$ $a_2 = -28.7244$ $a_3 = 3.095124$ $a_4 = -0.1836$ $a_5 = 0.005635$ $a_6 = -7.E-05$	9.1016 5.5501 1.3153 0.1561 0.0099 0.00032 4.05.E-06	9171.32	0.9988
Май	$b = -164.957$ $a_1 = 99.77094$ $a_2 = -18.5016$ $a_3 = 1.916462$ $a_4 = -0.11063$ $a_5 = 0.003299$ $a_6 = -4.E-05$	2.3100 1.5390 0.3910 0.0490 0.0032 0.00011 1.41.E-06	102861.5	0.9998
Юни	$b = -183.281$ $a_1 = 107.4465$ $a_2 = -19.1299$ $a_3 = 1.961695$ $a_4 = -0.11473$ $a_5 = 0.003521$ $a_6 = -4.4.E-05$	8.0847 5.5685 1.4514 0.1856 0.0124 0.00042 5.57.E-06	10850.97	0.9989
Юли	$b = -143.867$ $a_1 = 68.80335$ $a_2 = -7.79715$ $a_3 = 0.510565$ $a_4 = -0.0205$ $a_5 = 0.000467$ $a_6 = -4.8.E-05$	11.0214 7.5912 1.9786 0.2530 0.0170 0.00057 7.59.E-06	8787.85	0.9986

Таблица 6. Продължение

Месец	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R^2
Август	$b = -171.184$ $a_1 = 102.0632$ $a_2 = -18.5105$ $a_3 = 1.992186$ $a_4 = -0.1216$ $a_5 = 0.003831$ $a_6 = -4.9.E-05$	5.1114 3.2049 0.7766 0.0938 0.0060 0.0002 2.52.E-06	71792.65	0.9998
Септември	$b = -423.885$ $a_1 = 231.8373$ $a_2 = -46.104$ $a_3 = 4.943422$ $a_4 = -0.29209$ $a_5 = 0.008922$ $a_6 = -0.00011$	9.6948 6.0411 1.4795 0.1832 0.0121 0.00041 5.59.E-06	47668.62	0.9997
Октомври	$b = -432.614$ $a_1 = 225.629$ $a_2 = -43.515$ $a_3 = 4.498759$ $a_4 = -0.25681$ $a_5 = 0.007607$ $a_6 = -9.1.E-05$	13.8041 7.9434 1.8166 0.2120 0.0134 0.00043 5.65.E-06	27619.99	0.9996
Ноември	$b = -118.116$ $a_1 = 72.22563$ $a_2 = -13.5175$ $a_3 = 1.400913$ $a_4 = -0.08088$ $a_5 = 0.002421$ $a_6 = -2.9.E-05$	16.2526 8.7776 1.9014 0.2119 0.0128 0.0004 5.1.E-06	11962.25	0.9992
Декември	$b = -182.533$ $a_1 = 103.737$ $a_2 = -20.0005$ $a_3 = 2.04923$ $a_4 = -0.11559$ $a_5 = 0.003384$ $a_6 = -4.E-05$	15.3900 8.1513 1.7361 0.1906 0.0114 0.0003 4.44.E-06	7058.92	0.9987

Качеството на моделите е оценено посредством коефициентът на детерминация и изчислената стойност на F -критерия за проверка на неговата значимост.

Както бе отбелязано по-горе, степените на свобода, свързани с различията на обема данни за различните месеци (поради различна продължителност на деня), водят до изменение на критичната стойност на F -критерия от 2.27 до 2.42. Изчислените стойности на F са драстично по-големи, което означава, че стойностите на R^2 са значими, а близостта им до единица е индикатор за добро качество на изведените модели.

Изведените модели могат да се използват за изследване на зависимостта между сумарната слънчева радиация и нетната отразена дълговълнова радиация за Община Бургас.

Изводи

Изготвено е устройство за изследване на инфрачервено излъчване в съдове, запълнени съответно с въздух и въглероден диоксид. Изчислена е нетната отразена дълговълнова радиация по формулата на **Penman**.

Изследвана е зависимостта на концентрацията на въглероден диоксид в атмосферата за Северното полукълбо от отразената дълговълнова радиация, обусловена от температурните аномалии за периода 1961–2012 година. Коефициентът на детерминация R^2 за изведения линеен модел е 0.904. Увеличаването на нетната отразена дълговълнова радиация е свързано със затоплянето на земната повърхност, а това води до увеличаване на концентрацията на въглеродния диоксид.

В дисертацията са определени часовите стойности на нетната отразена дълговълнова радиация по месеци. Изведените регресионни модели са приложими за изчисляване на нетната отразена дълговълнова радиация за интервала от 8 до 17 часа, който съответства на средната минимална продължителност на слънчевото греене по месеци.

Получените зависимости могат да се използват за изследване на взаимовръзката между нетната отразена дълговълнова радиация и сумарната слънчева радиация за Община Бургас.

3. Моделиране на ултравиолетова радиация и изследване на влиянието ѝ върху концентрацията на озона в атмосферата и здравето на хората

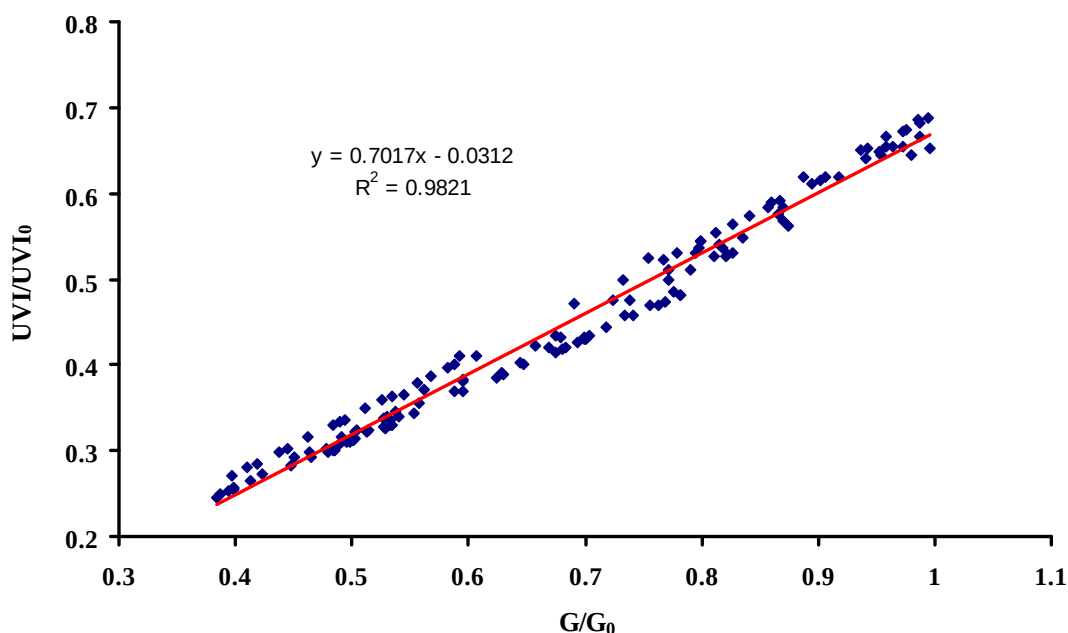
Изследване на глобалния ултравиолетов индекс

За изчисляването на биологически активната ултравиолетова радиация UVI , в дисертацията се използва предложената от **Carvalho** формула

$$\frac{UVI}{UVI_0} = 0.7017 \cdot \left(\frac{G}{G_0} \right) - 0.0312, \quad (14)$$

където: UVI_0 – ултравиолетовият индекс при чисто от облаци небе.

На фиг. 6 е представена зависимостта на UVI / UVI_0 от G / G_0 за Община Бургас, определена по формулата на **Carvalho**.



Фигура 6. Зависимост на UVI / UVI_0 от G / G_0 по формулата на **Carvalho** (14)

От фиг. 7 се вижда, че коефициентът на детерминация R^2 има много близка стойност до единица ($R^2 = 0.9821$), което показва, че (14) може да се използва за изчисляване на ултравиолетовия индекс за Община Бургас.

Отразяването от земната повърхност има съществено влияние върху големината на ултравиолетовия индекс.

Определяне на времето на изгаряне за различни типове кожа

С цел превенция на тежки изгаряния на кожата в резултат от прекомерно излагане на слънчеви лъчи, в дисертацията са изведени регресионни модели за определяне на допустимата експозиция на Слънце, за различните типове кожа. Използвани са данни относно продължителността на безопасен престой на Слънце. Коефициентите в модела (5), за всеки тип кожа, заедно със статистическите параметри за качество на моделите, са представени в табл. 7.

**Таблица 7. Коефициенти и качество на моделите (5)
за различните типове кожа**

Тип кожа	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R^2
Тип 1 (силно чувствителна)	$b = 99.9576$ $a_1 = -16.1476$ $a_2 = 0.749417$	2.2041 0.8442 0.0685	758.73	0.9974
Тип 2 (чувствителна)	$b = 137.5758$ $a_1 = -19.8077$ $a_2 = 0.798368$	1.7435 0.6678 0.0542	2391.01	0.9983
Тип 3 (нормална)	$b = 175.6061$ $a_1 = -25.5769$ $a_2 = 1.089744$	1.3322 0.5102 0.0414	6186.57	0.9993
Тип 4 (слабо чувствителна)	$b = 209.4727$ $a_1 = -29.0252$ $a_2 = 1.174825$	2.7384 1.0488 0.0851	2066.33	0.9981

Високите изчислени стойности на F -критерия водят до извода, че коефициентите на детерминация са значими, а те, от своя страна, означават, че моделите са точни и надеждни.

С прилагане на изведените модели са изчислени безопасните периоди от време, за които излагането на различните типове кожа на Слънце не би довело до поражения.

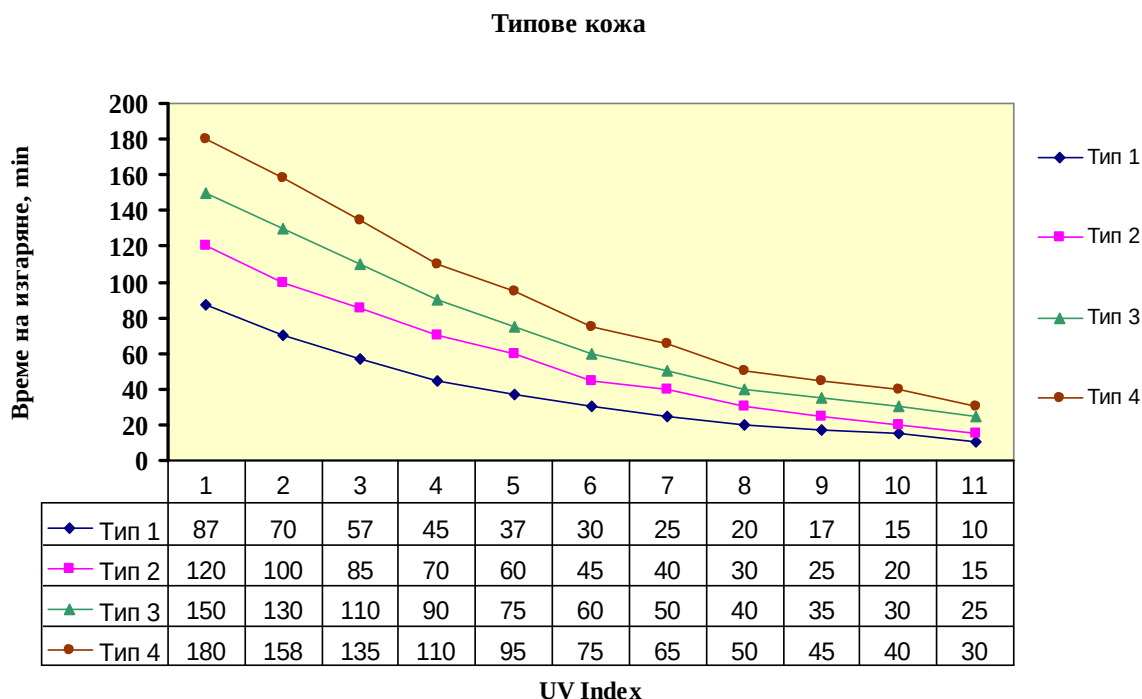
На фиг. 7 е дадено допустимото време за безопасен престой под директни слънчеви лъчи. То се определя според прогнозираната стойност на ултравиолетовия индекс и различните типове кожа.

Направените тестове и проверки показват, че методът е подходящ за пресмятане на времето за безопасен престой за различните фотобиологични типове кожа с голяма точност. Графичните зависимости на фиг. 7 предлагат възможности за определяне на продължителността на безопасен престой за различните типове кожа в зависимост от ултравиолетовия индекс. Доколкото той зависи от различни фактори, тяхното влияние трябва да се отчита посредством съответните корекции в неговата стойност. От това следва, че тези фактори, в крайна сметка повлияват и времето на безопасна експозиция на слънчеви лъчи.

Допустимото време за излагане на слънце се коригира по следния начин:

- на всеки 1000 метра изменение на надморската височина UV-радиацията се увеличава с 10 %;

- в зависимост от околните повърхности времето за безопасен престой се намалява, както следва: снежна покривка – 1.9 пъти; пясък – 1.15 пъти; морска пяна – около 1.25 пъти; вода – около 1.1 пъти.



Фигура 7. Зависимост на времето на изгаряне от ултравиолетовия индекс за различните фотобиологични типове кожа

Може да се приеме, че зависимостите на фиг. 7 имат универсален характер, доколкото те описват влиянието на базови фактори – ултравиолетовия индекс и типа кожа. Това затруднява в известна степен практическото им приложение, но от друга страна, те представляват основа за извеждане на други, които да са по-бързи и лесни за практическо приложение.

Изчисляване на ултравиолетовия индекс по месеци

За изчисляване на ултравиолетовия индекс за Община Бургас се използва уравнението на *Carvalho* (14). За сумарната почасова слънчева радиация се взема средноаритметичната стойност от четирите пункта на мониторинг (АИС Долно Езерово, АИС Меден Рудник, ДОАС OPSIS и Мобилна станция). По същия начин, по часове за даден месец от годината, се определя и сумарната глобална инсолация G_o .

За изчисляване на ултравиолетовия индекс UVI по месеци, за периода от 8 до 17 часа (средна продължителност на слънчевото греене по месеци) се използва регресионно уравнение от вида

$$UVI = b + a_1.t + a_2.t^2 + a_3.t^3 + a_4.t^4 + a_5.t^5 + a_6.t^6 + a_7.t^7 + a_8.t^8 + a_9.t^9, \quad (15)$$

където: b , a_1 , a_2 , ..., a_9 – регресионни коефициенти; t – време, h (час.стотни).

Може да се приеме, че изведените модели за отделните месеци в годината са валидни за Община Бургас, тъй като разликите между измерените стойности на сумарната почасова слънчева радиация и сумарната глобална инсолация за отделните пунктове са твърде близки помежду си, т.е. твърде близки и до средните им стойности.

**Таблица 8. Регресионни коефициенти и статистически параметри
на качеството на модела (15) за Община Бургас и отделните месеци в годината**

Месец	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R ²
Януари	$b = -1465.080$ $a_1 = 1571.732$ $a_2 = -707.6860$ $a_3 = 177.1941$ $a_4 = -27.36920$ $a_5 = 2.717778$ $a_6 = -0.17416$ $a_7 = 0.006966$ $a_8 = -0.00016$ $a_9 = 1.56.E-06$	216.859 186.842 70.7686 15.0777 2.04622 0.81875 0.01059 0.00390 8.25.E-05 7.64.E-07	117.42	0.9635
Февруари	$b = 416.210$ $a_1 = -306.939$ $a_2 = 89.5161$ $a_3 = -12.5855$ $a_4 = 0.70189$ $a_5 = 0.03107$ $a_6 = -0.00718$ $a_7 = 0.00045$ $a_8 = -1.30.E-05$ $a_9 = 1.48.E-07$	39.3712 34.6567 13.1936 2.85291 0.08654 0.00340 0.00195 0.00007 1.45.E-06 1.30.E-08	401.42	0.9866
Март	$b = -7.57985$ $a_1 = 35.30624$ $a_2 = -28.06870$ $a_3 = 9.992572$ $a_4 = -1.97044$ $a_5 = 0.233312$ $a_6 = -0.01695$ $a_7 = 0.000739$ $a_8 = -1.80.E-05$ $a_9 = 1.79.E-07$	1.33072 4.88558 7.63579 2.42620 0.33471 0.02989 0.00573 0.00016 2.29.E-06 2.16.E-08	249.77	0.9770
Април	$b = 104.8181$ $a_1 = -99.5210$ $a_2 = 37.63750$ $a_3 = -7.27490$ $a_4 = 0.758181$ $a_5 = -0.03837$ $a_6 = 0.000252$ $a_7 = 6.50.E-05$ $a_8 = -2.90.E-06$ $a_9 = 3.81.E-08$	36.3777 40.9831 8.00511 2.05811 0.13000 0.00599 0.00573 0.00026 5.52.E-07 5.01.E-09	885.96	0.9928
Май	$b = 91.26169$ $a_1 = -108.434$ $a_2 = 52.78642$ $a_3 = -13.8077$ $a_4 = 2.147675$ $a_5 = -0.20705$ $a_6 = 0.012489$ $a_7 = -0.00046$ $a_8 = 9.43.E-06$ $a_9 = -8.30.E-08$	45.4847 47.6181 20.8804 5.05042 0.74562 0.06998 0.00419 0.00015 3.24.E-06 2.91.E-08	567.62	0.9874

Таблица 8. Продължение

Месец	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R^2
Юни	$b = 89.08680$ $a_1 = -103.099$ $a_2 = 48.44291$ $a_3 = -12.1122$ $a_4 = 1.786137$ $a_5 = -0.16189$ $a_6 = 0.009102$ $a_7 = -0.00031$ $a_8 = 5.82.E-06$ $a_9 = -4.70.E-08$	26.0264 28.2797 12.7967 3.17809 0.47974 0.04588 0.00279 0.00010 2.21.E-06 2.01.E-08	1255.46	0.9942
Юли	$b = 83.25064$ $a_1 = -92.6338$ $a_2 = 41.9264$ $a_3 = -10.1169$ $a_4 = 1.436642$ $a_5 = -0.12443$ $a_6 = 0.006601$ $a_7 = -0.00021$ $a_8 = 3.53.E-06$ $a_9 = -2.50.E-08$	34.8399 37.8564 17.1301 4.25432 0.64220 0.06142 0.00374 0.00014 2.96.E-06 1.08.E-08	718.27	0.9899
Август	$b = 430.0987$ $a_1 = -447.6330$ $a_2 = 194.4616$ $a_3 = -46.2795$ $a_4 = 6.66659$ $a_5 = -0.60518$ $a_6 = 0.034823$ $a_7 = -0.00123$ $a_8 = 2.45.E-05$ $a_9 = -2.10.E-07$	64.5721 64.4817 27.2822 6.43268 0.93399 0.08686 0.00519 0.00019 4.05.E-06 3.67.E-08	1243.00	0.9947
Септември	$b = 205.0862$ $a_1 = -188.532$ $a_2 = 71.03254$ $a_3 = -14.2757$ $a_4 = 1.66841$ $a_5 = -0.11506$ $a_6 = 0.030446$ $a_7 = -8.00.E-05$ $a_8 = 6.43.E-09$ $a_9 = 1.34.E-08$	108.154 91.8576 32.0549 6.03827 0.42777 0.02082 0.01230 0.000046 9.49.E-10 8.61.E-09	327.02	0.9813
Октомври	$b = 1647.285$ $a_1 = -1531.24$ $a_2 = 610.261$ $a_3 = -136.929$ $a_4 = 19.08271$ $a_5 = -1.71543$ $a_6 = 0.099674$ $a_7 = -0.00362$ $a_8 = 7.46.E-05$ $a_9 = -6.70.E-07$	360.024 324.4079 126.1466 27.80436 3.83221 0.34293 0.01995 0.000729 1.52.E-10 1.38.E-07	380.95	0.9856

Таблица 8. Продължение

Месец	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R ²
Ноември	$b = 121.0326$ $a_1 = -129.910$ $a_2 = 57.55530$ $a_3 = -14.1140$ $a_4 = 2.13354$ $a_5 = -0.20715$ $a_6 = 0.01297$ $a_7 = -0.00051$ $a_8 = 1.12.E-05$ $a_9 = -1.10.E-07$	63.7064 62.0146 26.9362 7.51528 0.77305 0.06787 0.00390 0.00014 2.93.E-06 2.66.E-08	220.56	0.9783
Декември	$b = 1576.577$ $a_1 = -1250.96$ $a_2 = 426.4081$ $a_3 = -82.0023$ $a_4 = 9.81067$ $a_5 = -0.75728$ $a_6 = 0.03770$ $a_7 = -0.00117$ $a_8 = 2.03.E-05$ $a_9 = -1.50.E-07$	550.500 467.270 172.796 36.5510 4.87606 0.29257 0.00924 0.00058 0.93.E-05 1.65.E-08	220.56	0.9783

В табл. 8 са дадени получените регресионни коефициенти, стандартните грешки и изчислените стойности на F- критерия и коефициента на детерминация.

Стойностите на коефициента на детерминация са достатъчно високи, за да се приеме, че моделите се характеризират с добро качество и надеждност, а стойностите на F-критерия потвърждават тяхната значимост.

Изводи

Предложени са модели за изчисляване на ултравиолетовия индекс за периода от 8 до 17 часа, за отделните месеци в годината, за Община Бургас.

Предложени са модели за изчисляване на времето на изгаряне като функция на ултравиолетовия индекс, и фотобиологичния тип на кожата – силно чувствителна, чувствителна, нормална, и слабо чувствителна.

Статистическият анализ на моделите потвърждава, че те са точни и надеждни.

Построени са графични зависимости за бързо и лесно приложение на изведените модели за практически нужди.

Изчислен е по месеци ултравиолетовия индекс за стойности на времето от 8 до 17 часа чрез методът на разширената множествена регресия. Направените тестове и проверки показват, че методът е подходящ за пресмятане на часовите стойности по месеци на ултравиолетовия индекс.

Методът може да се използва за изследване на връзката на ултравиолетовия индекс със сумарната слънчева радиация за Община Бургас.

Б. АНАЛИЗ НА ВЛИЯНИЕТО НА СЛЪНЧЕВАТА РАДИАЦИЯ ВЪРХУ СЪДЪРЖАНИЕТО НА ОЗОН В АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ НА ОБЩИНА БУРГАС

1. Изследване на концентрациите на озона и азотния диоксид и протичащите фотохимични процеси в атмосферния въздух

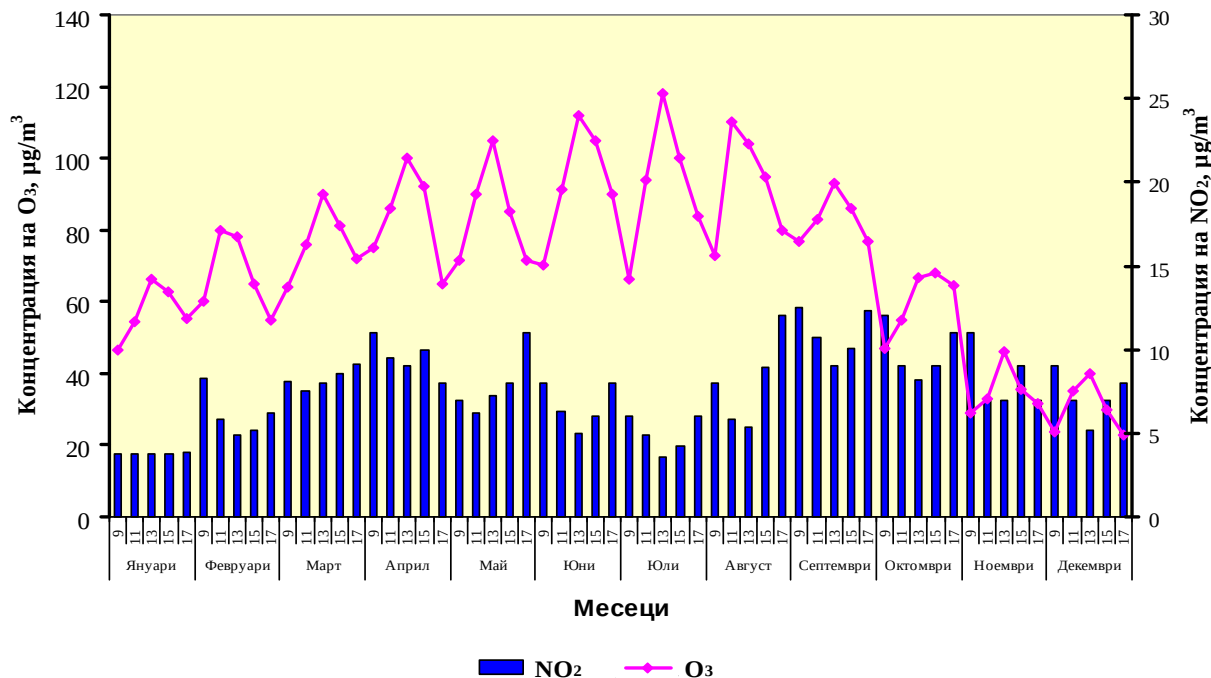
Изучаването на въздействието на слънчевата радиация върху някои замърсители на атмосферата и протичащите фотохимичните процеси, а така също и образуваните продукти на атмосферната химия е важно за опазване на околната среда и живота на Земята.

В Република България има добре организирана Национална автоматизирана система за екологичен мониторинг (НАСЕМ), която следи качеството на атмосферния въздух в приземния слой на базата на няколко показателя: общ суспендиран прах; фини прахови частици; тежки метали (олово, кадмий, никел, арсен); полиароматни въглеводороди (ПАВ); серен диоксид; азотни оксиди; въглероден оксид; озон; бензен; сероводород. Не се изследва и анализира обаче, влиянието на атмосферните фотохимични процеси и образуваните се продукти върху концентрациите на замърсителите.

В дисертацията е направен анализ на въздействието на слънчевата радиация върху средномесечните концентрации на азотния диоксид и озона в атмосферата и протичащите фотохимични процеси за изследваните четири пункта за мониторинг на Община Бургас по месеци за 2012 г.

На фигури 8 - 11 са представени измененията на средномесечните концентрации на NO_2 и O_3 за 2012 г. за 9, 11, 13, 15 и 17 часа за четирите пункта.

АИС Меден Рудник, 2012

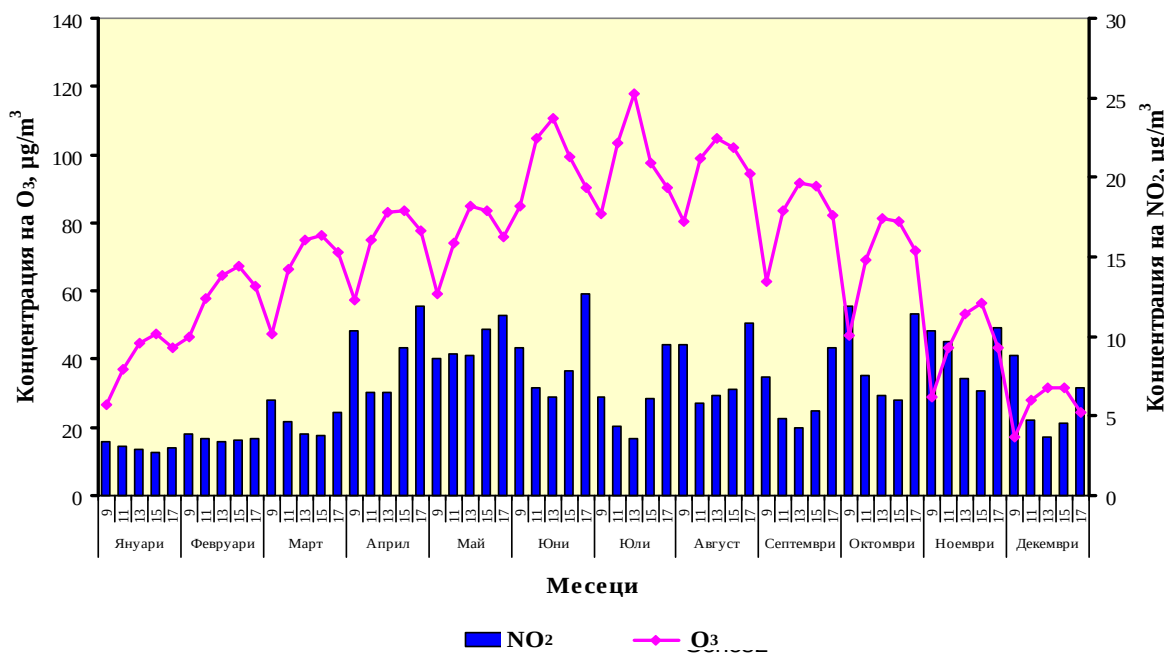


Фигура 8. Средномесечни концентрации на NO_2 и O_3 за 9, 11, 13, 15 и 17 часа, АИС Меден Рудник, за 2012

От фигури 8 – 11 се вижда, че през летните месеци, когато слънчевата радиация е най-силна по обедните часове, концентрацията на азотния диоксид е най-ниска, а тази на озона най-висока. Озонът се образува предимно като продукт от разпадането на азотния диоксид под действието на интензивна слънчева светлина. Този химичен процес обяснява

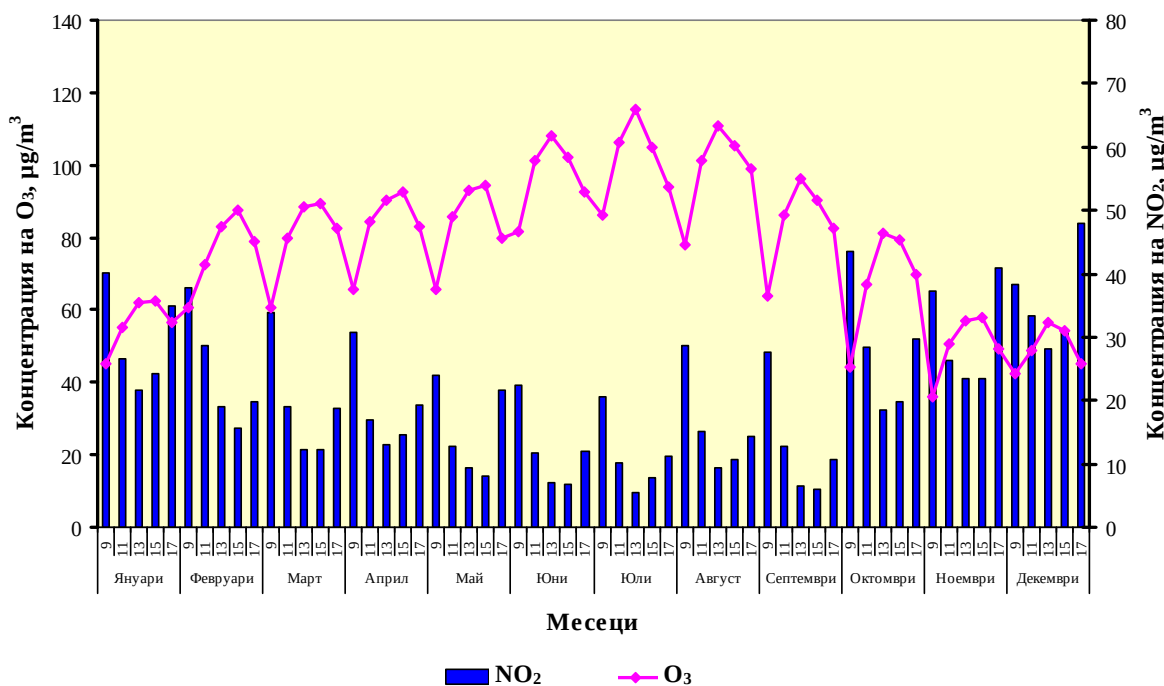
по-високите средномесечни концентрации на озона, и по-ниските концентрации на азотния диоксид.

АИС Долно Езеро, 2012



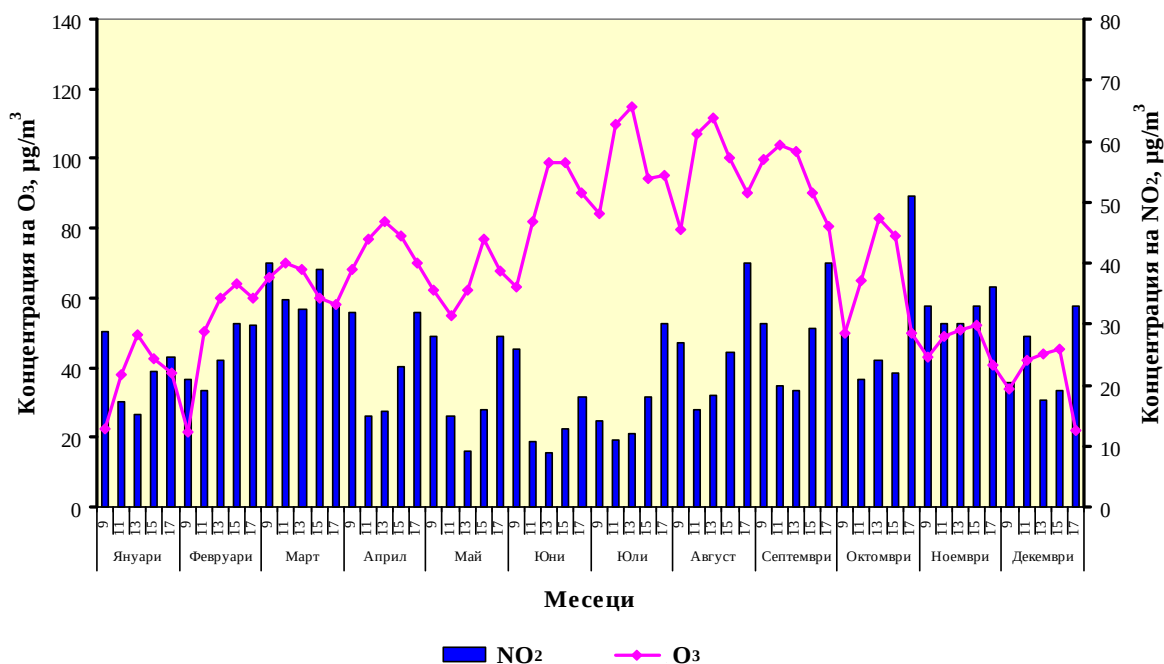
Фигура 9. Средномесечни концентрации на NO₂ и O₃ за 9, 11, 13, 15 и 17 часа, АИС Долно Езеро, за 2012 г.

ДОАС OPSIS, 2012



Фигура 10. Средномесечни концентрации на NO₂ и O₃ за 9, 11, 13, 15 и 17 часа, ДОАС OPSIS, за 2012 г.

Мобилна станция, 2012



Фигура 11. Средномесечни концентрации на NO₂ и O₃ за 9, 11, 13, 15 и 17 часа, Мобилна станция, 2012 г.

За озона в приземния въздух може да се каже следното:

- **Образува се само при наличие на късовълнова слънчева радиация;**
- **Най-високите концентрации на озон са през летните месеци, когато слънчевата радиация е по-голяма, особено през часовете между 10 и 14 часа;**
- **Изменението на концентрацията на озона е по-плавно, при което е възможна по-коректна компютърна обработка;**
- **Наблюдава се ясно изразена реципрочност в изменението на концентрациите на озона и на азотния диоксид;**
- **Важен проблем за Община Бургас са повишените нива на озон и въглеводороди, предвид производствената дейност на „ЛУКОЙЛ Нефтохим Бургас“ АД.**

От казаното се вижда, че най-подходящо за Община Бургас е, при изследване на връзката слънчева радиация - замърсяване на атмосферата да се отчита концентрацията на озона в атмосферния въздух.

2. Изчисляване на часовите стойности на концентрацията на озон по месеци

За изчисляване на Индекса за качеството на атмосферния въздух (ИКАВ), по отношение на озона P е избрано регресионно уравнение от вида

$$P = b + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3 + a_4 \cdot t^4 + a_5 \cdot t^5 + a_6 \cdot t^6 + a_7 \cdot t^7 + a_8 \cdot t^8 + a_9 \cdot t^9 + a_{10} \cdot t^{10} + a_{11} \cdot t^{11} \quad (16)$$

където: b , a_1 , a_2 , ..., a_{11} – регресионни коефициенти; t – време, h .

За оценяване на коефициентите в уравнение (16) са използвани едночасови измерени стойности на концентрацията на озон в атмосферния въздух, от четирите пункта за мониторинг на територията на Община Бургас. Данните обхващат цялата 2012 година.

В таблица 9 са дадени получените стойностите на коефициентите за АИС Долно Езерово и показателите за оценка на качеството на изведените модели.

**Таблица 9. Регресионни коефициенти и статистически параметри
на качеството на модела (16) за АИС Долно Езерово**

Месец	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R ²
Януари	$b = -0.184430$ $a_1 = 0.581778$ $a_2 = -0.375280$ $a_3 = 0.131229$ $a_4 = -0.02676$ $a_5 = 0.003257$ $a_6 = -0.00023$ $a_7 = 9.07.E-06$ $a_8 = -1.10.E-07$ $a_9 = -4.90.E-09$ $a_{10} = 1.99.E-10$ $a_{11} = -2.20.E-12$	0.02151 0.04638 0.03766 0.01584 0.00395 0.00063 0.000065 4.53.E-07 2.08.E-08 6.03.E-10 1.00.E-11 7.29.E-13	40.72	0.9739
Февруари	$b = -0.23093$ $a_1 = 1.149744$ $a_2 = -0.80216$ $a_3 = 0.305502$ $a_4 = -0.06846$ $a_5 = 0.009324$ $a_6 = -0.00078$ $a_7 = 3.95.E-05$ $a_8 = -1.10.E-06$ $a_9 = 1.07.E-08$ $a_{10} = 1.64.E-10$ $a_{11} = -3.60.E-12$	0.05966 0.12864 0.10445 0.04394 0.01095 0.00173 0.000181 1.26.E-05 5.76.E-07 1.67.E-09 2.78.E-11 2.02.E-13	23.94	0.9564
Март	$b = -0.61773$ $a_1 = 1.935425$ $a_2 = -1.7466$ $a_3 = 0.802758$ $a_4 = -0.2148$ $a_5 = 0.035897$ $a_6 = -0.00389$ $a_7 = 0.000278$ $a_8 = -1.30.E-05$ $a_9 = 3.81.E-07$ $a_{10} = -6.40.E-09$ $a_{11} = 4.64.E-11$	0.05615 0.12107 0.09831 0.04135 0.01030 0.00163 0.000170 0.000118 5.42.E-07 1.57.E-08 2.62.E-10 1.90.E-12	20.88	0.9503
Април	$b = 0.533795$ $a_1 = -0.133$ $a_2 = 0.047029$ $a_3 = 0.007553$ $a_4 = -0.0087$ $a_5 = 0.00235$ $a_6 = -0.00033$ $a_7 = 2.83.E-05$ $a_8 = -1.50.E-06$ $a_9 = 4.88.E-08$ $a_{10} = -8.90.E-10$ $a_{11} = 6.97.E-12$	0.01746 0.03766 0.00306 0.00862 0.00321 0.00051 0.000053 3.68.E-06 1.69.E-07 4.89.E-09 8.15.E-11 5.92.E-13	67.62	0.9841

Таблица 9. Продължение

Месец	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R^2
Май	$b = 0.071231$ $a_1 = 0.380641$ $a_2 = -0.38292$ $a_3 = 0.176544$ $a_4 = -0.04762$ $a_5 = 0.008256$ $a_6 = -0.00094$ $a_7 = 7.12.E-05$ $a_8 = -3.50.E-06$ $a_9 = 1.07.E-07$ $a_{10} = -1.90.E-09$ $a_{11} = 1.40.E-11$	0.06019 0.12980 0.10539 0.04433 0.01104 0.00175 0.000182 1.27.E-05 5.81.E-07 1.69.E-08 2.81.E-10 2.04.E-12	22.60	0.9540
Юни	$b = 1.303528$ $a_1 = -1.99306$ $a_2 = 1.468389$ $a_3 = -0.56361$ $a_4 = 0.130507$ $a_5 = -0.01952$ $a_6 = 0.00195$ $a_7 = -0.00013$ $a_8 = 5.91.E-06$ $a_9 = -1.70.E-07$ $a_{10} = 2.80.E-09$ $a_{11} = -2.00.E-11$	0.26789 0.577631 0.46904 0.19730 0.04917 0.00778 0.000812 5.64.E-05 2.59.E-06 7.51.E-08 1.25.E-09 9.08.E-12	271.90	0.9960
Юли	$b = 0.200218$ $a_1 = 0.156668$ $a_2 = -0.31188$ $a_3 = 0.199589$ $a_4 = -0.06667$ $a_5 = 0.013211$ $a_6 = -0.00164$ $a_7 = 0.00013$ $a_8 = -6.60.E-06$ $a_9 = 2.07.E-07$ $a_{10} = -3.70.E-09$ $a_{11} = 2.78.E-11$	0.037443 0.080740 0.065557 0.02758 0.00687 0.00109 0.000113 7.88.E-06 3.61.E-07 1.05.E-08 1.75.E-10 1.27.E-12	95.24	0.9887
Август	$b = 1.670395$ $a_1 = -2.55555$ $a_2 = 1.638794$ $a_3 = -0.51288$ $a_4 = 0.085773$ $a_5 = -0.00752$ $a_6 = 0.000239$ $a_7 = 1.49.E-05$ $a_8 = -1.90.E-06$ $a_9 = 8.11.E-08$ $a_{10} = -1.70.E-09$ $a_{11} = 1.44.E-11$	0.448503 0.967065 0.78530 0.330313 0.08232 0.00130 0.000136 9.44.E-06 4.33.E-07 1.26.E-09 2.09.E-10 1.52.E-12	174.05	0.9938

Таблица 9. Продължение

Месец	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R^2
Септември	$b = 0.653061$ $a_1 = -1.11601$ $a_2 = 0.955875$ $a_3 = -0.41867$ $a_4 = 0.105947$ $a_5 = -0.01668$ $a_6 = 0.001711$ $a_7 = -0.00012$ $a_8 = 5.23.E-06$ $a_9 = -1.50.E-07$ $a_{10} = 2.44.E-09$ $a_{11} = -1.70.E-11$	0.063504 0.136930 0.111187 0.046770 0.011655 0.001850 0.000192 $1.34.E-05$ $6.13.E-07$ $1.78.E-08$ $2.96.E-10$ $2.15.E-12$	47.03	0.9773
Октомври	$b = -1.36677$ $a_1 = 3.219789$ $a_2 = -2.80129$ $a_3 = 1.243257$ $a_4 = -0.32036$ $a_5 = 0.051392$ $a_6 = -0.00534$ $a_7 = 0.000364$ $a_8 = -1.60.E-05$ $a_9 = 4.57.E-07$ $a_{10} = -7.30.E-09$ $a_{11} = 5.14.E-11$	0.11193 0.24134 0.19597 0.08243 0.02054 0.03252 0.000339 0.000024 $1.08.E-06$ $3.14.E-08$ $5.22.E-10$ $3.79.E-12$	22.14	0.9530
Ноември	$b = 0.048323$ $a_1 = 0.353067$ $a_2 = -0.2986$ $a_3 = 0.12983$ $a_4 = -0.0334$ $a_5 = 0.005461$ $a_6 = -0.00059$ $a_7 = 4.27.E-05$ $a_8 = -2.00.E-06$ $a_9 = 6.26.E-08$ $a_{10} = -1.10.E-09$ $a_{11} = 8.48.E-12$	0.009869 0.021279 0.017280 0.007268 0.001811 0.002870 0.000030 $2.08.E-06$ $9.53.E-07$ $2.77.E-09$ $4.60.E-10$ $3.34.E-12$	162.27	0.9933
Декември	$b = 0.193617$ $a_1 = -0.41371$ $a_2 = 0.374582$ $a_3 = -0.17359$ $a_4 = 0.047248$ $a_5 = -0.00807$ $a_6 = 0.000894$ $a_7 = -6.50.E-05$ $a_8 = 3.04.E-06$ $a_9 = -8.90.E-08$ $a_{10} = 1.47.E-09$ $a_{11} = -1.10.E-11$	0.022806 0.049175 0.039930 0.016796 0.041858 0.000663 0.000069 $4.80.E-06$ $2.20.E-07$ $6.39.E-09$ $1.06.E-10$ $7.73.E-12$	33.00	0.9680

Анализът на получените резултати за качеството на моделите показва, че макар и не толкова категорично, коефициентите на детерминация са значими. Най-ниската стойност за $R^2 = 0.9079$ се получава за месец октомври, за Мобилна станция.

Това означава, че изведените регресионни уравнения са годни за предсказване на индекса за качество на атмосферния въздух по отношение на замърсяването му с озон и могат да се използват.

3. Математично описание на взаимовръзката между сумарната слънчева радиация и концентрацията на озон

При преминаване през земната атмосфера, поради дисперсия и абсорбция от атоми и йони на газовете от атмосферата (кислород, водород, азот, озон, въглероден диоксид и др.), интензитетът на слънчевата радиация намалява с около 25 – 30%. Върху сумарната слънчева радиация влияят различни фактори. Логично е да се допусне, че в различните пунктове за мониторинг на територията на Община Бургас тя ще бъде различна, макар разстоянията между тях да не са големи.

Степента на намаляване на енергийния поток може да бъде описана със закона на **Bouguer-Lambert**, който може да се представи в следния вид:

$$\frac{G_i}{G_o} = b_i + a_i \cdot e^{-\frac{P_i}{\sinh}}, i=1,2,3,4 \quad (17)$$

където: G_i – сумарната слънчева радиация в пункт за мониторинг i , W/m^2 ; G_o – общата извънземна слънчева радиация (сумарна глобална инсолация), W/m^2 ; h – височина на Слънцето, *degree*; a_i и b_i – коефициенти.

Индексът за качеството на атмосферния въздух по отношение на озона за пункт i се пресмята по формулата:

$$P_i = \frac{C_i}{180}, \quad (18)$$

където: C_i – средномесечна концентрация на озона за 2012 г. за пункт i , $\mu g/m^3$;

$C_o = 180 \mu g/m^3$, Норма за опазване на човешкото здраве (НОЧЗ) за период на измерване 1 час, Праг за информиране на населението (ПИН).

Определените, посредством обработка на измерени данни за концентрацията на озона, стойности на a_i и b_i , $i=1,2,3,4$, за пунктовете за мониторинг, са дадени в табл. 10.

Таблица 10. Коефициенти a_i , b_i , в (17) за пунктовете за мониторинг.

Пункт за мониторинг	Модел (5.2)
АИС Долно Езерово	$\frac{G_1}{G_o} = 1.4662068 - 1.456407 \cdot e^{-\frac{P_1}{\sinh}}$
ДОАС OPSIS	$\frac{G_2}{G_o} = 1.609724 - 1.843280 \cdot e^{-\frac{P_2}{\sinh}}$
АИС Меден Рудник	$\frac{G_3}{G_o} = 1.074209 - 0.75720 \cdot e^{-\frac{P_3}{\sinh}}$
Мобилна станция	$\frac{G_4}{G_o} = 1.243283 - 1.079490 \cdot e^{-\frac{P_4}{\sinh}}$

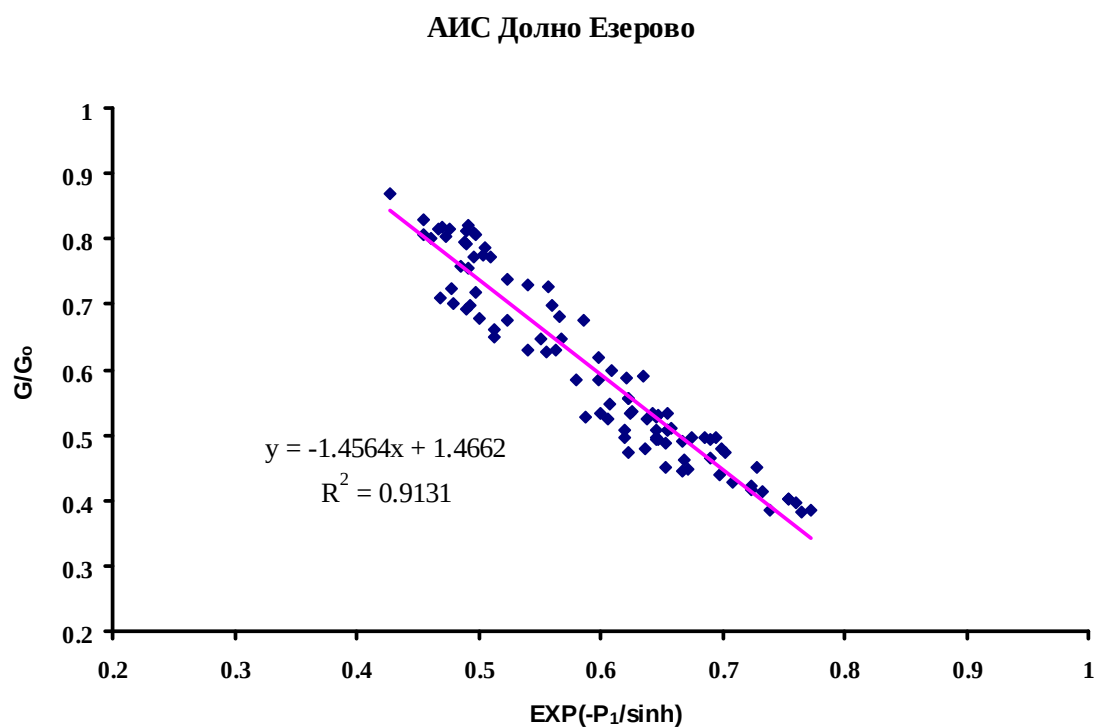
В табл. 11, заедно със стойностите на определените коефициенти, са представени и параметрите на качество на изведените модели.

Таблица 11. Коефициенти и параметри на качеството на модел (17) за отделните пунктове за мониторинг на територията на Община Бургас

Пункт на мониторинг	Коефициенти	Стандартна грешка	F	R^2
<i>АИС Долно Езерово</i>	$b = 1.4662068$ $a = -1.4564032$	0.0279 0.0463	988.16	0.9131
<i>ДОАС OPSIS</i>	$b = 1.609724$ $a = -1.843280$	0.0338 0.0615	897.64	0.9052
<i>АИС Меден Рудник</i>	$b = 1.074209$ $a = -0.75720$	0.0160 0.0259	852.85	0.9017
<i>Мобилна станция</i>	$b = 1.243283$ $a = -1.079490$	0.0222 0.0364	878.08	0.9033

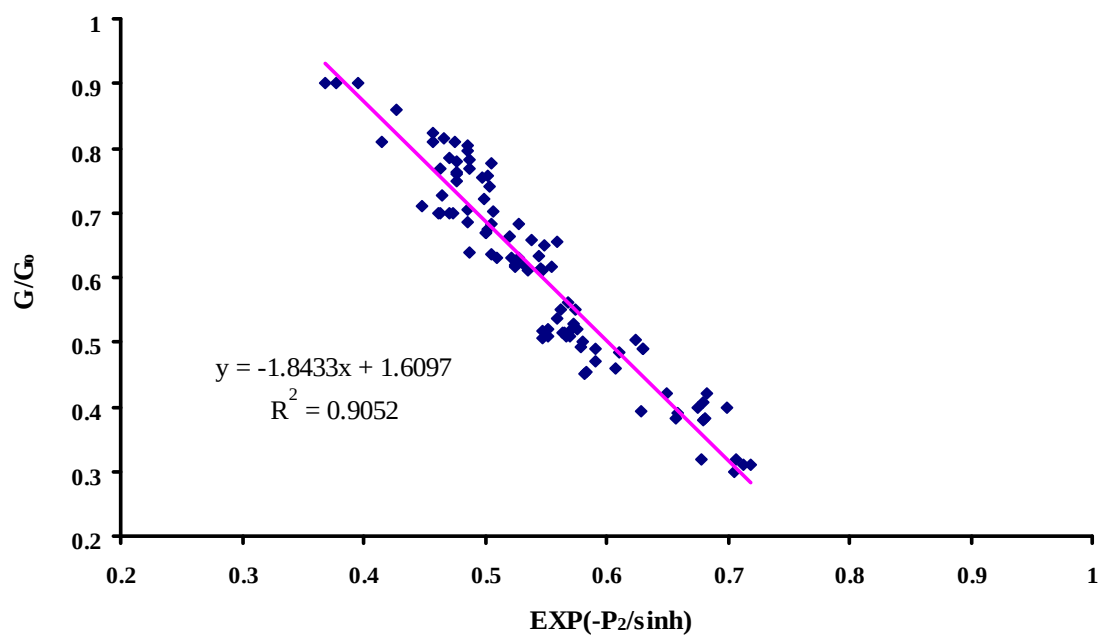
За всички пунктове за мониторинг, коефициентът на детерминация R^2 е значим, а стойността надхвърля 0.90.

На фигури 12 – 15, в графичен вид, са сравнени измерените и предсказаните по модела (17) стойности за четирите пункта за мониторинг.



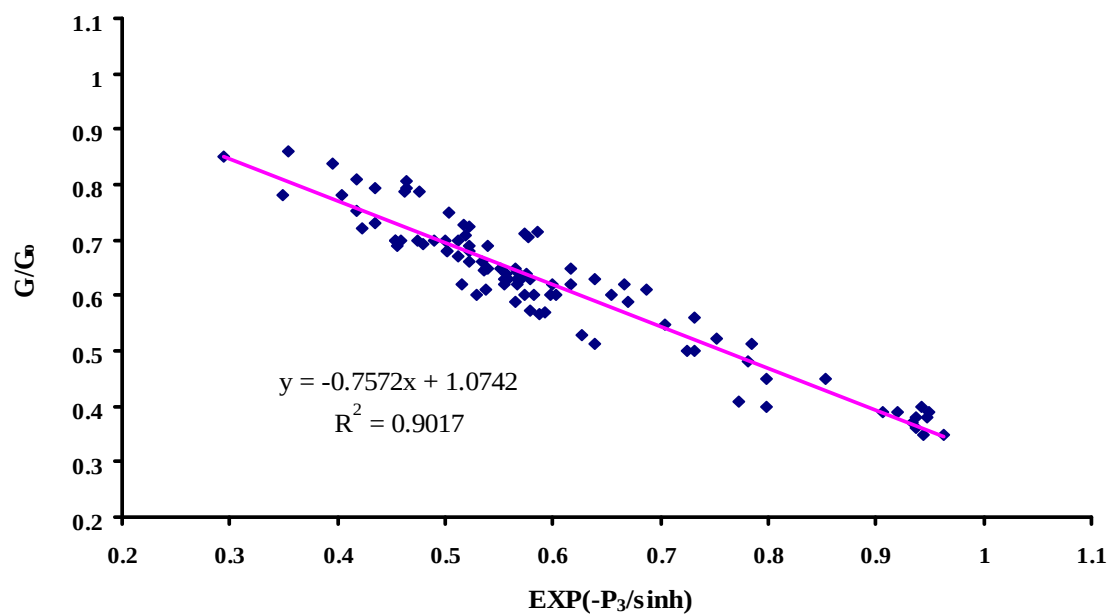
Фигура 12. Измерени и предсказани по модела (17) стойности на G/G_0 за АИС Долно Езерово, Община Бургас

ДОАС OPSIS

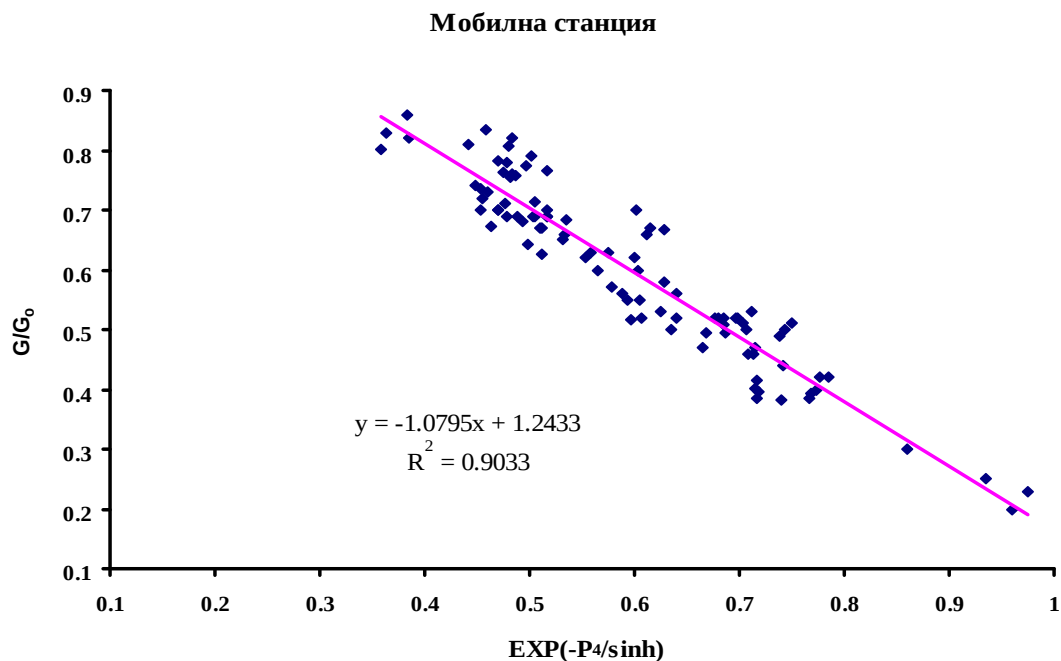


Фигура 13. Измерени и предсказани по модела (17) стойности на G/G_0 за ДОАС OPSIS, Община Бургас

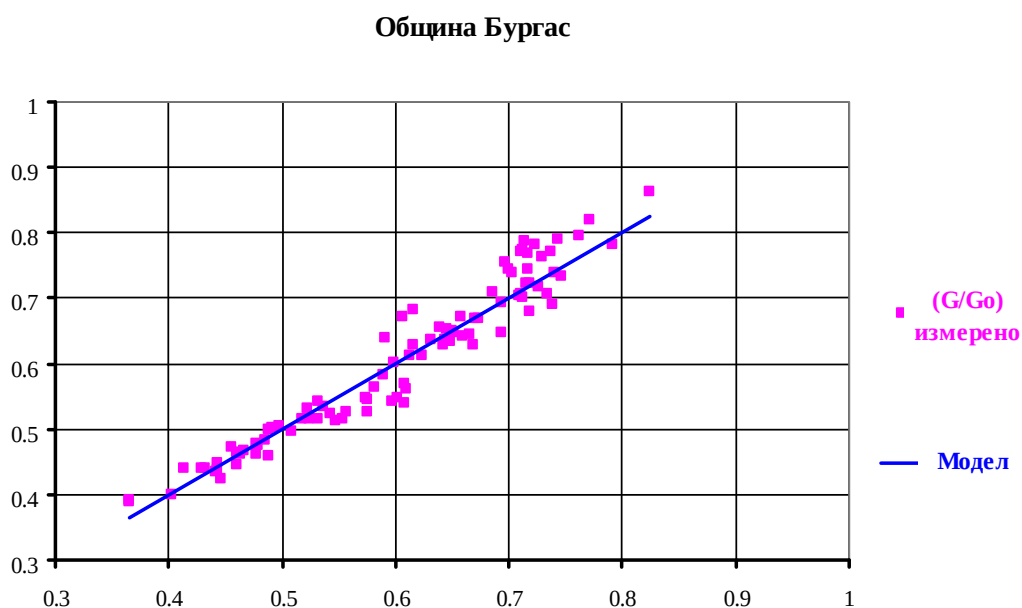
АИС Меден Рудник



Фигура 14. Измерени и предсказани по модела (17) стойности на G/G_0 за АИС Меден Рудник, Община Бургас



Фигура 15. Измерени и предсказани по модела (17) стойности на G/G_0 за Мобилна станция, Община Бургас



Фигура 16. Точност на модел (19) за определяне на G/G_0 за Община Бургас

Както може да се очаква, четирите модела от табл. 10 предсказват твърде близки стойности за отношението G/G_0 , тъй като разстоянията между тях са малки. Предвид това, посредством елементарни математични преобразувания на четирите модела, се получава обобщен модел за Община Бургас

$$\frac{G}{G_o} = 1.348354 - 0.3665515.e^{-\frac{P_1}{\sinh}} - 0.46082.e^{-\frac{P_2}{\sinh}} - 0.189301.e^{-\frac{P_3}{\sinh}} - 0.2698727.e^{-\frac{P_4}{\sinh}}, \quad (19)$$

където: G – средната сумарна слънчева радиация от четирите пункта за мониторинг, W/m^2 ;

G_o – общата извънземна слънчева радиация (сумарна глобална инсолация), W/m^2 ;

P_1 , P_2 , P_3 и P_4 – стойности на Индекса за качеството на атмосферния въздух по отношение на озона съответно за пунктове - АИС Долно Езерово, ДОАС OPSIS, АИС Меден Рудник и Мобилна станция.

Фиг. 16 илюстрира точността на изведения обобщен модел за определяне на отношението G/G_o за Община Бургас. Относителната грешка на предсказване варира между 5 и 10 %, което може да се приеме като добра точност.

4. Имитационен модел за изследване на влиянието на слънчевата радиация и индекс качеството на атмосферния въздух на озона

Атмосферната химия, фотохимичните процеси и превръщания в атмосферата и концентрациите на замърсителите на въздуха са тясно свързани и важни за здравето на човека и околната среда. Постигнатите, в дисертацията, резултати намират своето практическо приложение при разработването на имитационен модел за изчисляване на:

- сумарната слънчева радиация, W/m^2 ;
- Ултравиолетовия индекс (UV – индекс) при нормални условия;
- Индекс за качеството на атмосферния въздух по отношение на озона.

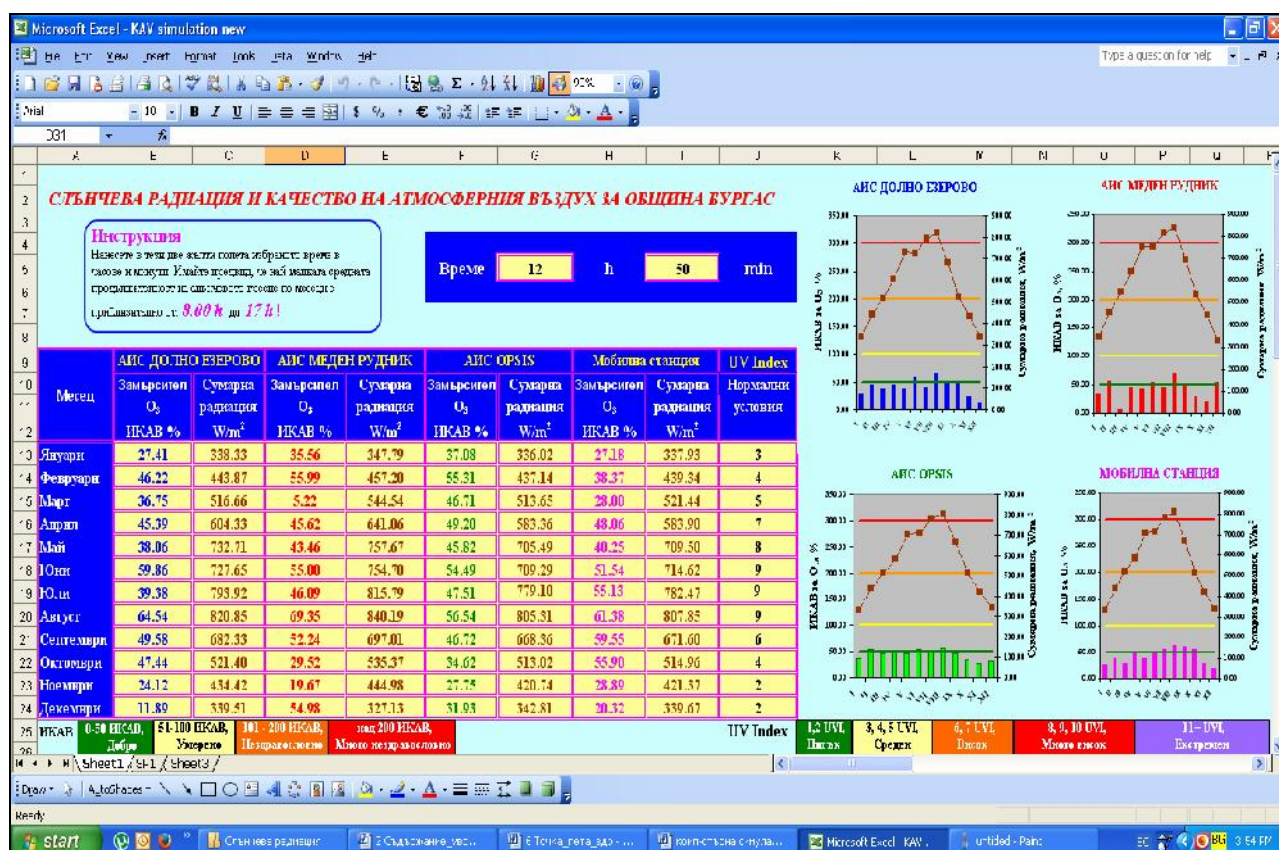
Работата със софтуерния продукт е максимално опростена и лесна, което дава възможност с него да работят изключително широк кръг ползватели. За тях не са необходими никакви специални компютърни умения.

Необходимата входна информация е сведена до задаване на времето (час, минути) с единственото ограничение – специфицираното време от деня да попада в интервала от 8 до 17 часа, който е най-малката средна продължителност на слънчевото греене по месеци.

Исходната информация (резултатите) покрива всички месеци в годината и всички пунктове за мониторинг – в този случай разглеждани като различни области от територията на Община Бургас.

Исходната информация (споменатите по-горе параметри) се извежда заедно с необходимите за нейното разчитане и анализ пояснения.

- Стойностите на **ИКАВ** и съответните нива на опасност за здравето се визуализират в съответствие с възприетите от Американската агенция за околна среда US EPA класификация и цветове:
 - 0 – 50 ; **Добро ; Зелен**
 - 51 – 100 ; **Умерено ; Жълт**
 - 101 – 200 ; **Нездравословно ; Оранжев**
 - Над 200 ; **Много нездравословно ; Червен**
- Според общоприетите международни стандарти **UV индексът** се визуализира, както следва:
 - 1, 2 UVI ; **Нисък ; Зелен**
 - 3, 4, 5 UVI ; **Среден ; Жълт**
 - 6, 7 UVI ; **Висок ; Оранжев**
 - 8, 9, 10 UVI ; **Много висок ; Червен**
 - 11+ UVI ; **Екстремн ; Лилав**



Фигура 17. Компютърна симулация за сумарна слънчева радиация и ИКАВ за озон, Община Бургас

Симулационният модел е реализиран в средата на Excel. Работният дисплей е представен на фиг. 17.

От дясната страна на таблицата се представят четири графики, представящи промяната на слънчевата радиация и ИКАВ на атмосферния въздух за озона по месеци.

Компютърната симулация позволява изчисляването на сумарна слънчева радиация, ултравиолетовата радиация и индекса на качеството на атмосферния въздух по отношение на тропосферен озон по месеци. Симулационният модел може да се използва и за други градове и области на България.

Ползността на разработения софтуерен продукт се изразява в това, че дава възможност за повишаване на информираността на населението за вредните последици от ултравиолетовата радиация.

Озонът е един от основните замърсители на въздуха и освен това, доколкото той практически изцяло е продукт на атмосферни процеси, неговата концентрация (индексът за качеството на атмосферния въздух по отношение на озона) са показателни за степента на замърсяване на въздуха в дадена област.

Изводи

В дисертацията е направен анализ на влиянието на слънчевата радиация върху средномесечните концентрации на азотния диоксид и озона в атмосферата и протичащите фотохимични процеси за четири пункта за мониторинг на територията на Община Бургас (АИС Меден Рудник, АИС Долно Езерово, ДОАС OPSIS и Мобилна станция). Замърсяването с озон има най-съществена връзка със слънчевата радиация, защото се образува предимно от азотния диоксид при наличие на интензивна слънчева радиация.

Изследвана е връзката на сумарната слънчева радиация и индекса за качеството на атмосферния въздух по отношение на озона, поотделно, за четирите пункта за мониторинг. Направените тестове и проверки показват, че методите са подходящи за анализ и прогноза.

Изведен е обобщен модел за определяне на сумарната слънчева радиация за Община Бургас по данни за Индекса за качеството на атмосферния въздух относно озона от отделните пунктове за мониторинг. Направените тестове и проверки показват, че регресионното уравнение е подходящо за количествена оценка на влиянието на сумарната слънчева радиация върху озона в атмосферния въздух.

Разработен е имитационен модел за изследване на сумарна слънчева радиация; ултравиолетов индекс при нормални условия и Индекс на качеството на атмосферния въздух относно озона за четирите пункта за мониторинг. Компютърната симулация може да се използва и за други градове и области на България. Тя описва връзката между сумарна слънчева радиация, ултравиолетовата радиация и ИКАВ за тропосферен озон по месеци. Концентрацията на озона, който е изцяло продукт на атмосферни процеси, е показателна за степента на замърсяване на въздуха в дадена област.

ОБОБЩЕНИ ИЗВОДИ

В резултат от проведеното изследване на слънчевата радиация и нейното влияние върху концентрацията на озона в атмосферния въздух на Община Бургас, могат да се направят следните обобщени изводи:

1. Разработени са два метода за пресмятане на сумарна слънчева радиация: с емпирични формули и теоретично изведено уравнение. Първият метод може да се използва само за десетдневни, месечни и годишни изчисления, а вторият – за часови стойности по месеци. Теоретичното уравнение може да се използва по-скоро за по-задълбочени научни изследвания и не е удобно за ежедневно практическо приложение. Предложен е и регресионен модел, с който изчисленията са значително облекчени и са подходящи за изследване на влиянието на слънчевата радиация върху озона в атмосферния въздух.
2. Изчислена е нетната отразена дълговълнова топлинна радиация на базата на разработено устройство за изследване на инфрачервено излъчване. Определени са часовите стойности по месеци на тази радиация. Направените проверки показват, че изведените регресионни модели са приложими за изследване на взаимовръзката между нетната отразена дълговълнова радиация и сумарната слънчева радиация.
3. Извършено е моделиране на ултравиолетовата радиация и е изследван ултравиолетовият индекс. Методът позволява изчисляването на ултравиолетовия индекс по часове за даден ден от месеца. Направените проверки показват, че регресионните модели са приложими за изследване на връзката на ултравиолетовия индекс със сумарната слънчева радиация.
4. Направен е анализ на влиянието на слънчевата радиация върху средномесечните концентрации на азотния диоксид и озона в атмосферата и протичащите фотохимични процеси. Замърсяването с озон има най-съществена връзка със слънчевата радиация, защото се образува предимно от азотния диоксид при наличие на интензивна слънчева радиация.
5. Изследвана е връзката на сумарната слънчева радиация и индекса за качеството на атмосферния въздух по отношение на озона, поотделно, за четирите пункта за мониторинг. Направените проверки показват, че методите са подходящи за анализ и прогноза. Изведен е обобщен модел за определяне на сумарната слънчева радиация за Община Бургас по данни за Индекса за качеството на атмосферния въздух

относно озона от отделните пунктове за мониторинг. Направеният статистически анализ показва, че уравнението е подходящо за количествена оценка на влиянието на сумарната слънчева радиация върху озона в атмосферния въздух.

6. Разработен е имитационен модел за изследване на сумарна слънчева радиация; ултравиолетов индекс при нормални условия и Индекс за качеството на атмосферния въздух относно озона за четирите пункта за мониторинг. Компютърната симулация може да се използва и за други градове и области на България. Тя описва връзката между сумарна слънчева радиация, ултравиолетова радиация и ИКАВ за тропосферен озон по месеци. Концентрацията на озона, който е изцяло продукт на атмосферни процеси, е показателна за степента на замърсяване на въздуха в дадена област.

НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

- 1) Nikolaeva, Z. ***Modeling of the total solar radiation by a simplified formula on warming with reporting of energy flows.*** Academic journal „Management and Education”, Volume 9, Part 6, ISSN 13126121, Prof. Assen Zlatarov University, Burgas, Bulgaria, 2013, pp. 52 - 57.
- 2) Nikolaeva Z. ***Correlation of the total solar radiation with meteorological parameters for Bulgaria.*** International Scientific on-line Journal Science & Technologies, Volume III, Number 3: Natural and Mathematical science, Publishing House Union of Scientists – Stara Zagora, Bulgaria, ISSN 1314-4111, 2013, pp. 81 – 85.
- 3) Nikolaeva Z., G. Baikusheva – Dimitrova, G. Visokov. ***Investigation of the energy processes in the Greenhouse effect.*** Journal Oxydation Communications, 2012, Vol. 35, Book 2, 2012, импакт фактор 0.2.
- 4) Nikolaeva Z., G. Baikusheva - Dimitrova. ***Determination of daily amount of total solar radiation by the method of multiple linear regression.*** International Scientific on-line Journal Science & Technologies, Volume II, Number 3: Natural and Mathematical science, Publishing House Union of Scientists – Stara Zagora, Bulgaria, ISSN 1314-4111, 2012, pp. 122 – 126.
- 5) Nikolaeva Z., G. Baikusheva – Dimitrova. ***Interpolation method for investigation the global average temperature anomalies.*** Journal of International Scientific Publications Ecology & Safety, Volume 6, Part 2, 2012, pp. 251 - 257.
- 6) Nikolaeva Z. ***Comparison of temperature anomalies of the concentration of carbon dioxide gas in the atmosphere.*** Journal of International Scientific Publications Ecology & Safety, Volume 5, Part 3, ISSN 1313-2563, Bulgaria, 2011, European Union, pp. 187 – 197.

НАУЧНИ ФОРУМИ, НА КОИТО СА ДОКЛАДВАНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

- 1) **International Conference:** “Education, Science, Economics and Technologies“, September 4 – 5, 2013, Burgas, Bulgaria, pp. 52 - 57. (публикация 1)
Authors: Nikolaeva Z.
Paper: ***Modeling of the total solar radiation by a simplified formula on warming with reporting of energy flows.***
- 2) **Международна научна конференция**, юни 6 – 7, Стара Загора , 2013, сс. 104 – 108. (публикация 2)
Автори: Николаева З.

Доклад: *Корелация на сумарната слънчева радиация с метеорологични параметри за България.*

- 3) **Международна научна конференция**, юни 7 – 8, Стара Загора, 2012, сс. 122 – 126. (публикация 4)

Автори: Николаева З., Г. Димитрова

Доклад: *Определяне на дневните суми на сумарната слънчева радиация чрез метода на множествената линейна регресия.*

- 4) **21th International Symposium: “Ecology & Safety”**, June 8 – 12, 2012, Sunny Beach, Bulgaria, pp. 251 - 257. (публикация 5)

Authors: Nikolaeva Z., G. Baikusheva - Dimitrova.

Paper: *Interpolation method for investigation the global average temperature anomalies.*

- 5) **20th International Symposium: “Ecology & Safety”**, June 4 – 8, 2011, Sunny Beach, Bulgaria, pp. 187 – 197. (публикация 6)

Authors: Nikolaeva Z.

Paper: *Comparison of temperature anomalies of the concentration of carbon dioxide gas in the atmosphere.*

- 6) **2nd Symposium of Chemistry and Environment**, September 16 – 19, Bar, Montenegro, 2009, p. 164.

Authors: Nikolaeva Z., I. Dombalov, G. Baikusheva.

Paper: *Modeling and investigation of the processes during temperature regulation in mini – greenhouse.*

- 7) **Научна сесия:** “Техника, технологии, естествени, хуманитарни и обществени науки”, ноември 4, Пловдив, 2008, сс. 271 – 275.

Автори: Николаева З., Г. Байкушева, Д. Парашкевов, А. Петракиев.

Доклад: *Метод и устройство за изследване на загряването на парникови газове*, Сборник научни трудове.

НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

В резултат от проведеното *изследване на слънчевата радиация и нейното влияние върху озона в атмосферния въздух на Община Бургас*, могат да се изброят следните основни научни и научно-приложни приноси:

1. **Разработен е модел за пресмятане на сумарна слънчева радиация за изследване на нейното влияние върху озона в атмосферния въздух.** Методиката е удобна и за практиката (при проектиране на соларни системи, парници, фотоволтаици и др.).
2. **Моделирана е нетната отразена дълговълнова топлинна радиация, която може да се използва за изследване на нейната връзка със сумарната слънчева радиация.**
3. **Разработен е метод за определяне на ултравиолетовия индекс за изследване на неговата връзка със сумарната слънчева радиация.** Изчисленият индекс може да се използва в комбинация с прогнози за времето или данни за качеството на атмосферния въздух за информиране на обществеността за вредните ултравиолетови ефекти.
4. **Намерена е количествена зависимост между сумарна слънчева радиация и индексите за качеството на атмосферния въздух за озона за различни пунктове за мониторинг.** Разработеният имитационен модел може да се използва в комбинация с прогнози за времето или данни за качеството на атмосферния въздух.