

**Костадин Ганчев Ганев,**  
**номинаран за академик в областта “Науки за земята”,**  
**в конкурса за нови академици (действителни членове) на БАН – 2021 г. обявен на**  
**сайта на БАН и във в. „24 часа“ на 17.05.2021 г.**

**КРАТКО ОПИСАНИЕ**  
**на научните и научно-приложни приноси**

**I. Научни приноси**

**I.1 Разработване на числени модели на атмосферна динамика и пренос на замърсители в атмосферата и морската среда**

Много съществена част от цялостната продукция, както по обем, така и по значение представляват работите по създаване на средства за числено моделиране на атмосферна динамика и пренос на замърсители в атмосферата и морската среда:

- Тримерен числен модел на мезомасштабната динамика: работи IV.2, IV.3, IV.20,
- Тримерен Ойлеров модел на пренос и трансформация на примеси - IMSM (Integrated Multi-Scale Model): работи II.8-II.10, II.15, III.2, III.5, III.7, III.9, IV.4, IV.7, IV.8, IV.11- IV.14, IV.16, IV.17, IV.21- IV.23, IV.39
- Едномерни (хоризонтално еднородни) динамични числени модели: работи IV.6, IV.15,
- Трислойни (с параметризирана вертикална структура) числен модели на мезомасштабната динамика и замърсяване: работи III.16, IV.24, IV.29, IV.27, IV.27, IV.31
- Модели на пренос и трансформация на примеси с разделени променливи – “пуф”, “струя”: работи II.8
- Модели на статистическите моменти на полето на примеси: работи II.20, III.16, III.22, III.32- III.34,
- Модели на разпространение на примеси в конвективен облак: работи III.1, III.4,
- Модели на замърсяването в морска среда: работи II.13, III.3, IV.18, IV.19, IV.40

Моделите се базират най-вече на добре известни постановки, приближения, формулировки, числени методи и параметризации. Може да се твърди, че грамотното (а авторът претендира, че това е така) съчетаване на приближения, постановки и числени методи, настройването и верификацията на моделите е интелектуална дейност, чийто краен продукт представлява научен принос.

Моделите на атмосферна динамика и пренос на замърсители съставляват единна методика за оценка на замърсяването на въздуха при пренос в различни мащаби. Новости в методиката са:

- Въвеждането и широкото прилагане на методът на балансови съотношения за постоянен мониторинг на взаимодействието на основните процеси във всяка клетка на мрежата и избрани подобласти (райони, държави) на областта на интегриране;
- Въвеждането на голям брой функционали – критерии на замърсяване на избрана

охранявана зона с което съществено се обогатява методът на функциите на влияние. Предложен е и подход за линеализация, който позволява прилагане на метода на функции на влияние и в случаите на нелинейна химия;

- Прилагането на различни динамични модели като метеорологичен “pre-processor”, със стремежа те да отчитат най-характерните и типични за дадения мащаб на пренос явления, процеси и механизми;
- Телескопичния подход за съгласувана оценка и разграничаване на приноса на различни мащаби на пренос при формиране на замърсяването.

Методиката беше внедрена в Геофизичния Институт на БАН и МОСВ и дълги години беше основен инструмент за научни и приложни изследвания в областта на замърсяване на въздуха.

## **I.2 Усвояване и адаптиране на най-съвременни чужди модели за целите на моделиране замърсяването на въздуха**

US EPA Models-3 system беше усвоена и адаптирана в рамките на проекта BULAIR от 5РП на ЕК (виж “Списъка на проектите”). Целта бе да се създаде съвременна инфраструктура (хардуер, софтуер и опит) за изследване атмосферното замърсяване. Направеното обширно проучване върху различните модели и моделни системи показва, че най-добрата система е разработената под егидата на Агенцията по околна среда на САЩ (US EPA) Models-3. Това е система от три комплексни модела: MM5 или WRF – мезо-метеорологичен модел (метеорологичен пре-процесор), SMOKE (емисионен пре-процесор) и CMAQ – дисперсионен модел. Това са модели, създадени (и непрекъснато обновявани) от големи колективи учени и притежаващи множество полезни характеристики като телескопизация (nesting), голям брой различни опции по отношение на числени схеми, параметризации на физичните процеси, химични механизми и т.н. С помощта на тези модели бяха решени следните задачи в рамките на проектите BULAIR (5РП), ACCENT и QUANTIFY (6РП), CECILIA и SEE-Grid-sci, (7РП) (виж “Списък на проектите”).

Показано е, че системата MM5/CMAQ адекватно симулира нивата на озон в югоизточна Европа (сравнение на моделните резултати с измервания в района).

Чрез участие в един международен експеримент за интеркалибрация на модели беше показана способността на US EPA Models-3 да възпроизведе един екстремален епизод на особено високи нива на PM10 в Германия [II.30, II.39, III.46]

В рамките на проекта SEE-Grid-sci беше усвоена и техниката на “grid computing” при използване на споменатите модели, която позволява привличането на практически неограничени компютърни ресурси от цялата “мрежа” и е особено ефективна при мащабни симулационни сценарии с огромен брой отделни реализации на моделите. На прилагането на тази техника са посветени работи II.36, III.52, III.57- III.60.

## **I.3 Някои теоретични разработки - уточнения и обобщения свързани с постановката на задачата за замърсяване на въздуха**

Настоящият параграф е посветен на уточнения и детайли в постановката на съответните задачи, възникнали в процеса на работа по описаните по-горе модели, които уточнения и детайли по скромното мнение на автора са оригинални.

По своя характер тези разработки са теоретични и на практика не са свързани идейно. Обединяващото между тях е, че те основно са вдъхновени от работата по създаване на

числените модели и са имали за цел да попълнят някои пропуски в постановките, или да въведат усъвършенствания в някои от описаните числени модели. Предложените параметризационни схеми обаче са универсални и биха могли да се прилагат в който и да е числен модел.

От този кръг работи си струва да се отбележат следните:

***Параметризация на процесите на сухо отлагане при примеси с гравитационна седиментация:*** работи I.1, II.1, II.2, II.23, III.8, III.21, III.26, IV.30

Най-популярните параметризационни схеми разглеждат аеродинамичното съпротивление и гравитационната седиментация като независими процеси, най-чест просто добавяйки скоростта на гравитационно отлагане. Тъй като гравитационната седиментация модифицира профилите на концентрация и оттам вертикалните турбулентни потоци, този подход е очевидно некоректен. Предложен е по-общ подход, базиран на точното решение на едномерното уравнение на пренос в ПС, което дава възможност да се получи израз при който е отчетено влиянието на гравитационната седиментация върху аеродинамичното турбулентно съпротивление.

Показано е, че предложената схема съдържа в себе си като асимптоти най-широко прилаганите схеми (Venckatram, A. and J. Pleim, 1999) и (J.H. Sienfeld and S. Pandis, 1998).

Демонстрираните примери показват важността на съвместното отчитане на турбулентността и гравитационната седиментация при пресмятане на аеродинамичното съпротивление. Те също така демонстрират чувствителността на схемата към вариране на скоростта на гравитационна седиментация  $w_g$ , скоростта на отлагане на нивото на грапавост  $V_{d0}$  и атмосферна стратификация.

***Функции на влияние, чувствителност на моделите на замърсяване на въздуха и приложението им към проблемите на околната среда:*** работи II.4, II.5, II.9, II.12, III.18, III.23, III.26, IV.23, IV.39

Функциите на влияние са решения на система уравнения, спрегната в лагранжев смисъл на тази, която описва преноса и трансформацията на примеси. В класическия вариант те зависят от метеорологичните условия, избора на “охраняван” район, интегралната характеристика (критерий, избрана за оценка на замърсяването (например концентрация – моментна или осреднена по времето, отлагане, потоци примес през някаква повърхност и др., но не и от източниците на замърсяване (емисиите). По този начин ако функциите на влияние са известни относно избран район и критерий, замърсяването на района съгласно избрания критерий може да бъде пресметнато за произволни източници на замърсяване и/или начални условия. Заради това функциите на влияние имат много интересни приложения в задачите за замърсяване на въздуха – изследване чувствителността на моделите по отношение на различни параметри, модели с асимилация на данни.

Доколкото емисиите са един от най-важните параметри на моделите на замърсяване на въздуха, един частен случай на задачата за изследване чувствителността на моделите е задачата за определяне приноса на отделните източници върху замърсяването в даден район.

В изброените по-горе статии този метод е обобщен в следните направления:

- Формулирана е задачата за функции на влияние за случая, когато “охраняваната

зона” е в параметрично отчетения приземен слой – извън областта на числено интегриране;

- Формулирана е задачата за функции на влияние за случая, когато в “основната” задача е отчетен пълният тензор на турбулентна дифузия;
- Формулирана е задачата за функции на влияние по отношение на голям брой критерии на замърсяване –средни по времето и моментни концентрации, отлагания, потоци примес през страничните раници на избрана област;
- Предложен е и подход за линеализация, който позволява прилагане на метода на функции на влияние и в случаите на нелинейна химия

***Нова параметризационна схема за Ефективни Емисионни Индекси за емисии от автомобилния транспорт:*** работи II.25, II.28, III.36, III.39, III.47, IV.23, IV.39

Вредните газове от транспорта се отделят в много високи концентрации на съответните изходи (ауспуси, дюзи и пр.) на транспортните средства. След това те постепенно се разпространяват в регионални и глобални мащаби. Някои от процесите, които протичат при това, главно химически трансформации, захващане на газовете от атмосферния аерозол и др., могат да бъдат съществено нелинейни, т.е. скоростта им да зависи от концентрацията на замърсители. Поради това локалните и регионални процеси на химически превръщания, измиване и сухо отлагане не могат да бъдат добре отчетени в глобалните модели на пренос и трансформации и съответно трябва да бъдат параметризирани. Един подходящ начин за отчитане на нелинейностите в химичните процеси е въвеждането на Ефективни Емисионни Индекси (ЕЕИ). ЕЕИ трансформират истинските (малко мащабни) емисии във вход за глобалните модели, като при това частично отчитат някои от малко мащабните процеси, които протичат непосредствено след отделянето на газовете в атмосферата.

Разработени са различни подходи, които подходящо да параметризират процесите в локалната струя “plume” за целите на глобалните модели на замърсяване. Общото при всички тези методи е идеята емисиите да се предефинират по начин отчитащ техните превръщания в малко мащабната струя. Тези подходи основно се отнасят за емисиите от кораби или самолети.

Емисиите от автомобилния транспорт от своя страна имат някои особености сравнени с другите емисии:

- В някои от клетките на крупномащабните модели пътната мрежа може да е доста гъста;
- Автомобилният трафик е толкова интензивен, че пътищата може да се разглеждат като постоянно действащи източници;
- Източниците на автомобилния транспорт са много близо до земната повърхност (ефективна височина  $\sim 1\text{m}$ ), което означава че процесите на вертикален турбулентен обмен и сухо отлагане са от особена важност в началната фаза на разпространение и трансформация на отделените газове и аерозол.

По тези причини концепцията за извеждане на ЕЕИ от взаимодействието между малкомащабна струя (plume), или дори “puff” с околния въздух е може би не толкова подходяща и удобна за практическа реализация по отношение на емисиите от автомобилния транспорт. Предложена е оригинална параметризационна схема, съгласно която се получават сравнително прости изрази за ЕЕИ за източници от автомобилния транспорт, която се реализира на следните етапи:

- Параметризира се вертикалната структура на полето на примесите от автомобилния транспорт и задачата се “превръща” в двумерна;
- Задачата се линеализира по отношение на химичните превръщания, като локалните флуктуации на концентрациите, породени от източници на транспорта;
- Прилага се подходът на спрегнати задачи и се получава унифицирана формула за изчисляване на потоците през страничните граници на клетка от крупномасштабната мрежа;
- С някои по-нататъшни опростявания се “разделят” ефектите на пренос и се получава формула за ЕЕИ достатъчно удобна за кодиране в крупномасштабни модели на пренос.

Тази разработка е извършена в рамките на проекта QUANTIFY (6РП).

#### ***Върху коректността на процедурата на съгласуване при един трислоен числен модел на мезомасштабната динамика*** работа IV.31

При числената реализация на трислойния модел на мезомасштабна динамика на етапа съгласуване на метеорологичните елементи се получава система диференциални уравнения, за която е желателно да бъде “хубава”, т.е. от параболичен вид.

Изведено е едно необходимо условие за това, а именно потенциалната температура в слоя на смесване да е по-малка от тази в слоя “резервоар”. То е получено единствено от съображения за коректност на числени процедури, обаче добре се съгласува с добре известния факт, че като правило атмосферния граничен слой е “затиснат” от крупномасштабна (от синоптичен мащаб) инверсия.

#### **I.4 Числено моделиране на замърсяването на въздуха – приложение към различни задачи и мащаби**

Настоящият параграф е посветен на различни приложения на описаните в I.1, I.2 модели, за решаване на редица задачи на замърсяване на въздуха в различни мащаби.

Всяка една от разгледаните конкретни задачи е мотивирана от необходимостта съществени социално-икономически проблеми да бъдат решени на достатъчно съвременно (от гледна точка на съответния момент от време и налична изследователска инфраструктура) ниво, достатъчно подробно и обстоятелствено. Освен обществената значимост на проблема съществен стимул в работата винаги е бил стремежът да се посочат характерни явления и ефекти да се обяснят и симулират числено.

В цялостния контекст на професионалната дейност на К. Ганев този кръг от приноси може да бъде разглеждан като:

- 1.) Привеждане на серия примери за прилагане на описаните в I.1, I.2 модели за решаване на задачи в различни мащаби;
- 2.) Привеждане на примери за “каскадно” проследяване преноса на замърсители от мащаб в мащаб;
- 3.) Проверка и валидация на моделите на примера на конкретни явления

Най-ранните работи от този кръг имат за цел най-вече да демонстрират възможностите на създадените модели. Те демонстрират, в частност възможността им да отчитат качествено някои характерни за съответния мащаб ефекти, например:

- Влиянието на наредените вертикални движения при пренос в синоптични мащаби;

- Влиянието на характерни мезомащабни явления (склонови ветрове, ефекти на канализация) при локален пренос;
- Ефекти на динамиката на едномерен граничен слой.

По-нататъшните разработки са по-целенасочени, добре валидирани чрез сравнения с експериментални данни и могат да бъдат обособени в няколко относително самостоятелни цикли:

### ***Взаимодействие между мащабите на пренос и метод на телескопизация.***

На базата на разгледаните в параграф I.1 модели е разработен и реализиран телескопичен подход за съгласуван оценка и разграничение на приноса на далечния и регионалния (разгледан, като под мрежов ефект) пренос над район със сложен релеф. При условие за точно съхранение на сбора от емисиите за разглеждания район [III.9-III.11, IV.12, IV.13, IV.17]. Това позволява да се изследва замърсяването по “компоненти”, всяка свързана със съответния мащаб на пренос. На практика далечния пренос дава определен фон, а под мрежовите регионални ефекти се явяват “регионални” флуктуации на този фон, отразяващи по-добрата дискретизация на източниците, по-точно отчитане на динамични и орографски особености, под мрежови инверсионни ефекти и др. При оценка на киселинен дъжд подхода позволява да се разграничи приноса на “собствените” източници за даден район от външните за района наши или чужди такива. Методът е успешно използван при оценка замърсяването на фонові станции, резерватни райони [III.9-III.11, IV.17], да се проследи преноса и еволюцията на примеси от източници на енергетиката [IV.17]. Той получи висока оценка от експертите на ЕМЕП при отчета на договора по международната програма ЕМЕП етап IV 1987-1990 (виж приложения списък на проекти).

Могат да бъдат споменати и работите, които изследват влиянието на локалните орографски и термични нееднородности и породените от тях ефекти върху конфигурацията на полето на замърсители, включително и върху негови по-крупномащабни характеристики [II.16, II.18, III.10, III.11, III.13, III.20].

### ***Изучаване на локалния и регионален пренос над Балканския полуостров, насочено към изясняване на обмена на замърсяване между България и Гърция***

Този цикъл работи [II.16-II.18, II.19, II.21, II.22, III.12, IV.34, IV.36] представлява мащабно изследване на различни аспекти на обмена на замърсяване между България и Гърция в което много добре се демонстрират възможностите на описаната в параграф I.1 единна методика за оценка на замърсяването на въздуха при пренос в различни мащаби. В рамките на изследването:

- Беше обяснен добре известният климатичен факт за летен максимум на замърсяване със сяра на град Солун и с помощта на метода на функции на влияние беше установен произхода на замърсителите;
- Беше направена оценка на взимното замърсяване на двете държави със серни и азотни съединения;
- Бяха разгледани случаи на екстремно замърсяване в България и Северна Гърция и беше установен произхода на замърсителите;
- Беше демонстрирано влиянието на мезомащабни ефекти върху регионални характеристики на замърсяването.

**Моделiranje на регионалното замърсяване над Балканския полуостров и България с US EPA Models-3 system** – работи П.24, П.26, П.27, П.29, П.30, П.34, П.37, П.43, П.46, П.48, П.50 - П.56, П.58, П.61 - П.63, П.65 - П.67, П. 72, III.24, III.25, III.27, III.28, III.38, III.41, III.43, III.50, III.62, III.71, III.74, III.76, III.78, III.86, III.87, III.90-III.93, III.96, III.98 - III.102

- Показано е, че системата MM5/CMAQ адекватно симулира нивата на озон в югоизточна Европа (сравнение на моделните резултати с измервания в района).

- Извършена е проверка на чувствителността на системата (sensitivity analysis) по отношение на прекурсорите на озона (азотни окиси NO<sub>x</sub> и летливи органични съединения VOC) и е доказано, че района е VOC-наситен, т.е. измененията емисиите на този замършител не изменят чувствително нивата на озоново замърсяване.

- Направено е т.нар. “country to country (CtC)” изследване за влиянието на емисиите на всяка от страните Румъния, България и Гърция върху озоновото, сярно и азотно замърсяване на другите две страни. Построени са т.нар. “blame matrixes” натоварванията на почвата със серни и азотни окиси за района.

- На основата на мащабни (8 годишни) числени пресмятания с висока разрешаваща способност (3 км.) е изследван приноса на различни категории източници, включително на биогенните емисии, към замърсяването на Балканския полуостров и България. Отново, на много по-обширен материал, беше потвърдена констатацията, че района е VOC-наситен. беше показано, че озонът в страната се формира основно от прекурсори от чужди източници.

Получените оценки са единствените правени досега за България и могат да служат за основа при формулиране на дългосрочни стратегически мерки за ограничаване замърсяването на въздуха в страната.

- На основата на мащабни (8 годишни) числени пресмятания с висока разрешаваща способност (3 км.) е изследван приноса на различните динамични, химични и аерозолни процеси, към формиране на замърсяването на Балканския полуостров и България. Получените оценки са единствените правени досега за България и дават ценна информация за основните механизми и пътища по които се формира състава на атмосферата в региона. По същество със средствата на компютърните симулации беше конструиран климат на състоянието на атмосферния въздух в страната – многообразието от типични и екстремни състояния с характерната им повтаряемост, сезонна и денонощна изменчивост.

- беше направено мащабно(8 годишно) компютърно симулиране на климата на замърсяване в град София с висока разрешаваща способност (1 км.). Изследван е приноса на различните динамични, химични и аерозолни процеси, към формиране на замърсяването на град София. Оценен е приноса на различни категории източници, включително на биогенните емисии, към замърсяването на град София. Получените оценки са единствените правени досега за София и дават ценна информация за основните механизми и пътища по които се формира състава на атмосферата в града. Те могат да служат за основа при формулиране на дългосрочни стратегически мерки за ограничаване замърсяването на въздуха в града.

- Усвоена беше методика за изчисляване на индекса на замърсяване – интегрална оценка, директно измерваща влиянието на качеството на атмосферния въздух върху качеството на живот и човешкото здраве. Тя беше приложена за територията на България и град София и така, на основата на 8-годишните ансамбли, отразяващи

състава на атмосферата беше построен климат на индексите на замърсяване – пространствено разпределение, повторяемост, повторяемост на замърсителя, който при конкретна ситуация определя индекса на замърсяване.

***Изследване на един епизод на екстремно обгазяване на град Стара Загора*** – работи III.29, III.30, III.35, III.40, III.42, III.49, IV.42

Симулиран е един от епизодите с обгазяване на Стара Загора. Направен е детайлен анализ на метеорологичната ситуация, като е показано, че единствената причина за такива епизоди е комплексът топлоцентрали “Марица-Изток”, който е най-големия серен замърсител на Балканите. Направени са препоръки за създаване на Система за мониторинг и прогноза за замърсяването от ТЕЦ и е показано че Models-3 е може би най-доброто средство за решаване на тази изключително трудна задача.

***Изследване процесите на формиране и разпространение на замърсяването, причинено от наземния транспорт*** – работи II.29, III.31, III.37, III.45, III.48, III.51

Разработката е в рамките на проекта QUANTIFY (6РП). Отново е приложена US EPA Models-3 system. Използвана е способността на системата за телескопизация и задачата се смята за няколко вместили района със все по-малка пространствена стъпка за района на Западна Европа около Ламанш. Използвана е и специална опция на CMAQ за провеждане на т.нар. Process Analysis, даващ възможност да се оцени приноса на различните дисперсионни процеси при формиране на замърсяването, причинено от наземния транспорт в Англия (района на Лондон).

Изследван е приносът на източниците на автомобилния и морски транспорт към формирането на замърсяването в Европа и ролята на различните процеси, обуславящи този принос.

Поради нелинейността на някои от химичните процеси замърсяванията от различни източници са взаимно свързани. Изследвано е влиянието на източниците на морския транспорт върху замърсяването от автомобилния транспорт и обратното.

***Изследване влиянието на измененията в локалния климат върху замърсяването в България*** – работи II.32, II.35, II.41, III.44, III.53, III.54, III.56, III.67, III.70, III.79, IV.41

Измененията в локалния климат водят до промяна в повтаряемостта на типовете циркулации, температурите, слънчевото греене, подложната повърхност, а оттам и върху картината на локалното замърсяване. За изучаване на ефектите от промяна на локалния климат върху замърсяването в страната, в рамките на проекта CECILIA и SEE-Grid-sci, (7РП) започнаха мащабни числени експерименти.

Постановката на експеримента е следната: на основата на актуалните (съвременни) емисии ще бъдат изучени ефекта на един климатичен сценарий в три времеви “среза - 1991-2000 (контролен период), 2041-2050 (близко бъдеще) и 2091-2100 (далечно бъдеще). Резултатите от глобален климатичен модел се “телескопизират” за територията на България от климатичната версия на модела ALADIN и след това отново чрез US EPA Models-3 system се прави моделиране на замърсяването в страната.

До момента са приключили експериментите за контролния период (настояще). Сравненията с данни от фоновите станции показват напълно задоволително съвпадение.



**Разработване на Българска Национална Система за Информация и Прогноза на Химичното Време** - работи II.31, II.33, II.40, II.49, III.54, III.65, III.68, III.83, III.85, III.89, IV.43

Системата отново е базирана на US EPA Models-3 system и на националната прогноза на времето. Прогнозата на Химичното Време за страната се извършва с разрешаваща способност 3 км, а за София с разрешаваща способност 1 км.

Системата е напълно автоматична и вече е въведена в оперативната дейност на НИМХ и НИГГГ.

**Разработване на система за оценка на риска и прогноза на разпространението на отровни газове в случай на аварии** - работи II.37, II.41, II.42, III.63, III.69, III.53, III.72, III.77, III.80, III.84

На основата на моделите WRF, CMAQ и SMOKE е разработена система, която има следните функции:

- Прави оценка на риска за човешкото здраве при разпространението на отровни газове в случай на аварии за избрани потенциално опасни обекти (подготвителна функция на системата);
- Прави прогноза на разпространението на отровни газове в случай на аварии (оперативна функция на системата);
- Прави подробна оценка на въздействията върху околната среда от разпространението на отровни газове след на аварията.

**I.5 Изследване потенциала на страната по отношение на възобновяеми енергийни източници (вятър, слънчева енергия)**- работи III.82, III.97

В рамките на проекта SuperCA++, договор ДЦВП-02/ 1 от 29.12.2009 с ФНИ-МОН започнаха изследвания за изясняване потенциала на страната по отношение на възобновяеми енергийни източници (вятър, слънчева енергия) с оглед съвременните технологии за оползотворяването им.

Със средствата на компютърните симулации беше конструиран климат на състоянието на ветровата и слънчева енергия в страната – многообразието от типични и екстремни състояния с характерната им повтаряемост, сезонна и денонощна изменчивост.

Беше показано, че поради голямата статистическа дисперсия на ансамбъла, ветровата енергия у нас е по-ненадежден и трудно предсказуем алтернативен източник в сравнение със слънчевата енергия.

**I.6 Дифузия на реагент в конвективни облаци** - работи III.1, III.4

В този случай тримерната ойлорова задача и метода на функциите на влияние се прилага към изучаване дифузията на реагент в облачна среда. Динамичното обезпечение на дифузионната задача е въз основа на модел на облачна струя (IV.5). Разгледани са възможностите за внасяне на реагента директно (мигновен източник) или непрекъснато по произволно зададена траектория. Получени са някои нови и по-детайлни резултати относно еволюцията разпределението на примеса на засяване. Например теоретично е потвърдено известното от експеримента осмично

разпределение на примеса. Динамичните и дифузионни модели на подхода, както и опциите за задаване на източника са обединени в единенна методика удобна за оперативно използване

#### **I.7 Дифузия в морска среда - работи II.13, III.3, IV.18, IV.19, IV.40**

Целия комплекс от прави и спрегнати дифузионни задачи е модифициран и приложен към оценка замърсяването в различни райони на Черно море. В този случай обаче динамиката се задава въз основа на числен модел описващ динамиката на морето (Трухчев и съавтори). Разработеният дифузионен комплекс активно се използва в Института по океанология – БАН, и е изпълнен проект 43-805 по линия на МОН. Използван е за решаване на редица практически задачи, включително даване на експертни оценки за местоположението на депото от драгирани материали относно разширение на пристанище Бургас, финансирано от японска фирма (IV.40).

#### **I.8 Подход на описание на дифузията съгласувано с метода на статистическите моменти.- работи II.20, II.44, II.45, II.47, III.16, III.22, III.32-III.34, III.64, III.66, III.73, III.75, III.79, III.81, III.88, III.94, III.95**

Това е един оригинален подход за изследване на дифузионните процеси, използващ предимствата на  $k_z$  дифузионната теория за описание на вертикалната дифузия и статистическата теория – в случая това са системата уравнения за моментите при описание на хоризонталната дифузия. В рамките на тази концепция са разработени два основни модела – за мигновен източник пуф модел съгласуван с метод на моментите и за непрекъснат източник – струен модел съгласуван с метод на моментите.

Основно предимство на тези модели е, че при тях основните лагранжеви характеристики – траектории, дисперсии не се задават “априори” (както при редица регулаторни и други модели), а се изчисляват на база на системата уравнения за моментите съгласувано и в рамките на самата дифузионна задача. Моделите заемат междинно място между стандартните регулаторни модели и сложните тримерни или PDF модели, и са ефективен инструмент за изследване влиянието на широк спектър турбулентни режими (параметризирани в рамките на теорията на подобие на ПС и ПГС) в локални, мезо и по-големи мащаби.

Динамично обезпечаване на моделите се извършва чрез представения в III.34 няколко слоен ПГС модел отчитащ широка гама турбулентни режими. На базата на тези модели например бяха изследвани нови ефекти свързани с влияние на нелокалните ефекти при дълго съществуващ ПГС, ефекти свързани с отчитане на пълния тензор на дифузия  $k_{ij}$ , ефекти свързани с много голяма грапавост (градски райони) и др..

#### **I.9 Някои изследвания на аналитични решения на задачата за разпространение на примес от единичен постоянен източник - работи III.14, III.19, IV.32, IV.33, IV.35, IV.37**

Изследвани са решения за гаусов струен модел и са намерени абсолютните максимални концентрации (които никога не могат да бъдат надхвърлени). За целта е въведена критична стойност на вятъра. Подходът е обобщен за тежки и полидисперсни частици.

#### **I.10 Изучаване на регионалния и локален климат в условията на глобални климатични промени – работи II.57, II.59 - II.60, II.64, II.67 - II.71**

Със средствата на компютърните симулации са получени 30-годишни ансамбли от метеорологични полета за района на Югоизточна Европа и България за текущия климат и за периодите от 2021 до 2050 г. (близко бъдеще) и от 2071 до 2100 (далечно бъдеще) при четирите основни глобални климатични сценарии (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 и RCP8.5). Моделите са валидирани посредством сравнение на симулациите с реални данни за текущия климат. Пресметнати са множество климатични индекси, обобщено отразяващи влиянието на текущия и бъдещите климати върху качеството на живот, екосистемите, водните баланси, неблагоприятните и катастрофални атмосферни явления, както и върху стопанската дейност.

Тези изследвания се провеждат в рамките на няколко важни национално проекта с голям потенциал за разгръщане на изследователската работа и за практическо приложение на резултатите в бъдеще:

- “Оценка и анализ на климатичните промени в регионални/локални мащаби и някои последствия от тях”, договор № ДН14/3 от 13.12.2017г. с ФНИ
- „Център за върхови постижения по Информатика и информационни и комуникационни технологии“, договор № BG05M2OP001-1.001-00
- „Национален център за високопроизводителни и разпределени пресмятания“, договор № 0901-102
- Национална научна програма „Опазване на околната среда и намаляване на риска от неблагоприятни явления и природни бедствия“, одобрена с Решение на МС № 577/17.08.2018 г. и финансирана от МОН (Споразумение № ДО-230/06-12-2018)

### **I.11 Други изследвания**

Това са работи донякъде встрани от изброените по-горе основни научни интереси, такива като:

- Сравняване на числено и аналитично решение на уравнението за пренос на топлина [IV.9];
- Изследване на условията за образуване на вълноводи в Граничния слой [IV.10];
- Изследване ролята на турбулентното триене при генерация на земното магнитно поле [IV.26];
- Модел на образуване на мъгла с детайлно отчитане на микрофизиката [IV.29];
- Работа [II.3] също е встрани от основните ми научни направления. Тя предлага един модел, където конвективният топлообмен в граничния слой е осъществен чрез ансамбъл от изолирани термици.

## **II. Научно-приложни и внедрителски приноси**

Описаната в параграф I.1 Методика беше внедрена в Геофизичния Институт на БАН и МОСВ и дълги години беше основен инструмент за научни и приложни изследвания в областта на замърсяване на въздуха. Моделите са използвани при изработването на 4 дипломни работи и една кандидатска дисертация. Прилагани са при изпълнението на шест проекта с Национален фонд “Научни изследвания”, както и при редица приложни проекти (виж приложения списък), от които могат да бъдат споменати няколко по-нови с национално значение:

- “Изследвания и дейности за повишаване сигурността на АЕЦ “Козлодуй”” - том В - Метеорология - проект на НЕК и МААЕ
- “Изследвания и дейности за повишаване сигурността на АЕЦ “Белене”” - том В - Метеорология - проект на НЕК и МААЕ
- “Изследване влиянието на топлоелектрическите централи върху околната среда”, 1993-1994, проект на НЕК - ЕАД

Едно много съществено внедряване за методиката е приложението и при изготвяне на отчет “Моделирование переноса соединений серы и азота в ограниченном районе 150×150 км. с учетом сложных орографических условий” с автори Е.Сираков, К.Ганев и Н.Годев, представляващ приноса “in kind” на нашата страна в етап IV (1987-1990) от международната програма ЕМЕР.

Моделите бяха широко използвани и в международни проекти на секцията:

- “Изучаване обмена на замърсяване между България и Северна Гърция” - съвместен проект с Лабораторията по Атмосферна Физика, Университет “Аристотел”, Солун, Гърция, NATO Linkage Grant ENVIR.LG 973343
- Harmonization of Approaches and Tools for Regional Air Pollution Studies in the Balkans, NATO Collaborative Linkage Grant
- New Planetary Boundary Layer modeling approaches for environmental studies implementation, NATO Collaborative Linkage Grant

Опитът, натрупан в процеса на създаване и работа с моделите беше приложен и при създаването на приложен софтуер, внедрен в регулаторната практика на Република България:

- ”Разработване на методика за изчисляване височината на изпускащите устройства, разсейването и очакваните концентрации на вредни вещества в приземния слой на атмосферата” - договор No. 166-1618/11.07.1996г. между МОС и Геофизичен институт на БАН. Разработената методика е утвърдена от МС със заповед No.РД-02-14-211 от 25 февруари’98, публикувана в Бюлетин “Строителство и архитектура”, 5, бр. 7-8, юли-август 1998, с.62-73, като задължителна в Република България
- “Методика за определяне разсейването на емисиите на вредни вещества от превозни средства и тяхната концентрация в приземния атмосферен слой” - договор No.2750-599У между МОСВ и Геофизичен институт на БАН.

По време на работата по създаване на моделите и работата с моделите беше натрупан ценен опит, който беше изключително полезен при въвеждането и усвояването на новото поколение световно признати модели, а именно комплексът модели US EPA Models-3 system. Те от своя страна също са внедрени в практиката на Геофизичен Институт и активно се прилагат в работата на международните проекти

- Atmospheric Composition Change: an European Network (ACCENT), Network of Excellence (NoE) – EU 6FP
- Quantifying the Climate Impact of Global and European Transport Systems (QUANTIFY) - EU 6FP Contract 003893 (GOCE)
- NATO SfP project ESP.EAP.SFPP 981393 “Modelling System for Emergency Response to the Release of Harmful Substances in the Atmosphere”
- Оценка на ефектите и уязвимостта от климатични промени в Централна и Източна

Европа (CECILIA) - EC 7FP Contract № 037005

- SEE-GRID eInfrastructure for regional eScience - SEE-GRID-SCI - FP7 Research Infrastructures Contract: № 211338,
- SuperCA++, договор ДЦВП-02/ 1 от 29.12.2009 с ФНИ-МОН
- Promote Air Quality Services integrating Observations –Development Of Basic Localised Information for Europe, 7FP 241557
- Regional climate-air quality interactions (REQUA), Call: FP7-PEOPLE-2013-IRSES, Grant Agreement Number: PIRSES-GA-2013-612671

както и в националните проекти

- “Към Българска Национална Система за Информация и Прогноза на Химичното Време” - Договор Д002-161/16.12.2008 с НФ “Научни Изследвания”.
- Създаване на система за прогнозиране нивата на озон (тропосферен) в атмосферния въздух, по Договор 1338/23.12.2008, приета за внедряване в социалната практика с Протокол № 5/18.11.2009г от заседанието на ЕЕС на ИАОС представлява важна стъпка към удовлетворяването от нашата страна на изискванията и стандартите на ЕС в областта на опазване на околната среда. Това е напълно автоматизирана добре валидирана система, която отговаря на най-съвременните изисквания.
- ИЗСЛЕДВАНЕ И ОПРЕДЕЛЯНЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕТО НА НОВА ЯДРЕНА МОЩНОСТ НА ПЛОЩАДКАТА НА “АЕЦ КОЗЛОДУЙ”, РАЗДЕЛ: ”Допълване на информацията относно локалните и регионалните метеорологични характеристики. Изясняване на дисперсионните характеристики на атмосферата”- REL-1000-ST-005-A
- Консултация на тема „Влиянието на поисканата от Република България дерогация, предвидена в Директива 2009/28/ЕО, разрешаваща повишени стойности над 60 КРА на показателя налягане на бензиновите пари при смесване с биоетанол, върху нивата на озон на територията на Република България - договор между “Българска Петролна и Газова Асоциация СДРУЖЕНИЕ” и НИГГГ-БАН. Разработеният математически модел за влиянието на емисиите на Летливи Органични Съединения (ЛОС) върху показателя налягане на бензиновите пари при смесване с биоетанол и направените от него изводи, послужи на БПГА и Министерство на околната среда и водите пред Европейската комисия да получи исканата Дерогация, предвидена в Директива 2009/28/ЕО.
- Екологична оценка на „ИНТЕГРИРАН ПЛАН В ОБЛАСТТА НА ЕНЕРГЕТИКАТА И КЛИМАТА НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ 2021 – 2030 ГОДИНА И СТРАТЕГИЯ ЗА УСТОЙЧИВО ЕНЕРГИЙНО РАЗВИТИЕ НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ ДО 2030 ГОДИНА С ХОРИЗОНТ ДО 2050 ГОДИНА”, Договор на БАН с Министерство на енергетиката

Описаната по-горе **Система за оценка на риска и прогноза на разпространението на отровни газове в случай на аварии**, разработена в рамките на проектите NATO SfP project ESP.EAP.SFPP 981393 “Modelling System for Emergency Response to the Release of Harmful Substances in the Atmosphere”, SEE-GRID eInfrastructure for regional eScience - SEE-GRID-SCI - FP7 Research Infrastructures Contract: № 211338 и SuperCA++, договор ДЦВП-02/ 1 от 29.12.2009 с ФНИ-МОН е също така приложна разработка с очевидна значимост за националната сигурност и голям потенциал за бъдещо внедряване.

Заслужава да се отбележат и серията задачи, свързани с периодично изчисляване на разпределението на националните и секторни емисии на вредни вещества във въздуха на територията на страната в квадрати с дължина 0.1 x 0.1 градуса съгласно изискванията на Конвенцията за трансгранично замърсяване на въздуха на далечни разстояния.

Пълен списък на приложните и внедрителски проекти е приложен.

За някои от разработките има съответни документи за внедряване, които са приложени към материалите за конкурса.

### **III. Личен принос на К. Ганев към представените работи**

По голямата част от представените работи са в съавторство с един или няколко съавтори. Затова вероятно е редно да направя някаква самооценка на личния си принос в тях. Бих го определил така:

- По отношение на всички описани в параграф I.1 модели участието ми във формулиране на моделите, избор на приближения и параметризации е равностойно, ролята ми при избора на числени методи е водеща, а изработването на съответните програмни кодове е изцяло мое дело.

- Участието ми в усвояването, адаптирането и валидацията на описаната в параграф I.2 US EPA Models-3 system е равностойно.

- Участието ми в теоретичните разработки описани в параграф I.3 е водещо.

По отношение на всички описани в параграф I.4 числени експерименти бих направил следната оценка:

- Участието ми в изучаването на взаимодействие между мащабите на пренос и метод на телескопизация е равностойно и/или водещо;

- Участието ми в изучаване на локалния и регионален пренос над Балканския полуостров, насочено към изясняване на обмена на замърсяване между България и Гърция е категорично водещо, а компютърната работа свързана с това е най-вече мое дело;

- Участието си в моделиране на регионалното замърсяване над Балканския полуостров и България с US EPA Models-3 бих определил като водещо;

- Участието си в изследване потенциала на страната по отношение на възобновяеми енергийни източници (вятър, слънчева енергия) бих определил като водещо;

- Участието си в изследване на епизоди на екстремно обгазяване на град Стара Загора бих определил като равностойно бих определил като съществено, но не водещо;

- Участието ми в разработване на Система за оценка на риска и прогноза на разпространението на отровни газове в случай на аварии е водещо;

- Участието ми в изследване процесите на формиране и разпространение на замърсяването, причинено от наземния транспорт е водещо;

- Участието ми в изследване влиянието на измененията в локалния климат върху замърсяването в България е по-скоро скромно.

Участието ми в изследванията, описани в параграфи I.5- I.9 е равностойно що се отнася до постановките и планирането на експериментите, а що се отнася до програмистката и компютърна работа, то е определящо. Бих искал да отбележа, че решението за гаусова

струя от тежък примес, съществено използвано в работите, описани в параграфи I.8, което коригира известната формула приведена в книгата на Монин и Яглом “Статистическа хидродинамика” (сбъркана вероятно поради техническа грешка) е мое дело.

По отношение на изследванията, представени в параграф I.10 мога да кажа, че съм и инициатор и водещ участник.

Участието ми във всички приложни разработки, внедрявания и експертизи е водещо.

### **Литература:**

Sienfeld J.H. and S. Pandis, 1998. Atmospheric Chemistry and Physics, Wiley, New York, 1326.

Venckatram, A. and J. Pleim (1999) The electrical analogy does not apply to modeling dry deposition of particles. Atmospheric Environment, **33**, 3075-3076



31.05.2021 г.

проф. дн Костадин Ганев, член-кореспондент на БАН