



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



**A.V. GLUSHKOV, O.YU. KHETSELIUS,  
V.V. BUYADZHI**

**Analysis, modeling and  
forecasting air  
pollution for industrial cities**



Odessa  
TES  
2019

502.3:517  
C155

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
ODESSA STATE ENVIRONMENTAL UNIVERSITY

A.V. GLUSHKOV, O.YU. KHETSELIUS,  
V.V. BUYADZHI

**Analysis, modeling and forecasting air  
pollution for industrial cities**

Monograph

*Recommended for publishing by the Academic Council of Odessa State  
Environmental University (the protocol No. 9 of 25 October 2018)*



ODESA 2019

UDC 556.12: 551.577.35: 517.444

In the monograph it is presented a set of new non-linear stochastic-hydrodynamic models for monitoring and forecasting of the ecological state and safety of the atmosphere of industrial cities. The elements of the new theory of circulation of air masses in the urban zone on the basis of nonlinear stochastic hydrodynamics, vortex multifractal turbulence theory and modeling of meso-scale processes with the discovery of the effects of dynamic chaos for the first time in the world are presented. The developed complex of fundamentally new nonlinear methods of quantitative description of the dynamics of atmospheric pollution of large industrial cities solves the most complex and topical problems of modern applied ecology, environmental monitoring, environmental protection of industrial cities (regions) and lays the theoretical foundations of the new "Green City" technology. The publication was prepared under the project "Complex of new stochastic-hydrodynamic and atomic-diagnostic models of monitoring of anthropogenic pollution of the atmosphere of industrial cities and "Green City" technology".

В монографії викладено комплекс нових нелінійних стохастично-гідродинамічних моделей для моніторингу та прогнозування екологічного стану та безпеки атмосфери промислових міст. Викладені елементи нової теорії циркуляції повітряних мас в зоні міської забудови на основі нелінійної стохастичної гідродинаміки, вихрової мультифрактальної теорії турбулентності і моделювання мезо-масштабних процесів з відкриттям вперше у світі ефектів динамічного хаосу. Розроблений комплекс принципово нових нелінійних методів кількісного опису динаміки забруднення атмосфери великих індустріальних міст розв'язує найбільш складні й актуальні проблеми сучасної прикладної екології, екологічного моніторингу, охорони довкілля промислових міст (регіонів) і закладає теоретичні основи нової "Green City" технології. Видання підготовлено в рамках проекту «Комплекс нових стохастично-гідродинамічних та атомно-діагностичних моделей моніторингу антропогенного забруднення атмосфери промислових міст та "Green City" технологія».

**Reviewers:**

Dr. Sc. (Phys.-Math.), professor O.V. Turin  
Dr. Sc. (Phys.-Math.), professor V.G.Shevchuk

**G55 Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V.: Analysis, modeling and forecasting air pollution for industrial cities.– Odessa: TES, 148p.**

В монографии изложены комплекс новых нелинейных стохастические-гидродинамических моделей для мониторинга и прогнозирования экологического состояния и безопасности атмосферы промышленных городов. Изложенные элементы новой теории циркуляции воздушных масс в зоне городской застройки на основе нелинейной стохастической гидродинамики, вихровой мультифрактальной теории турбулентности и моделирования мезо-масштабных процессов с открытием впервые в мире эффектов динамического хаоса. Разработан комплекс принципиально новых нелинейных методов количественного описания динамики загрязнения атмосферы крупных индустриальных городов решает наиболее сложные и актуальные проблемы современной прикладной экологии, экологического мониторинга, охраны окружающей среды промышленных городов (регионов) и закладывает теоретические основы новой "Green City" технологии. Издание подготовлено в рамках проекта «Комплекс новых стохастической-гидродинамических и атомно-диагностических моделей мониторинга антропогенного загрязнения атмосферы промышленных городов и "Green City" технология».

ISBN 976-617-7711-38-3

© Odessa State Environmental University, 2019  
© Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., 2019

## CONTENT

CONTENT .....	3
INTRODUCTION.....	5
CHAPTER 1. MODERN APPROACHES TO ASSESSING ANTHROPOGENIC LOADS ON THE AIR BASIN OF THE CITY.....	12
1.1. Introduction .....	12
1.2. System approach to the analysis of the effects of various factors on the environment.....	13
1.3. Analysis of various methods for assessing the state of the air basin.....	15
1.4. Physical and statistical methods for the integrated study of the air basin of an industrial city. Methods of the theory of chaos.....	25
CHAPTER 2. CONSTRUCTIVE ANALYSIS OF MODELS OF BOUNDARY LAYER WITH DIFFERENT ATMOSPHERIC STRATIFICATIONS.....	29
2.1. Characteristic features of the boundary layer of the atmosphere in different weather conditions and climatic zones and their role in urban ventilation .....	29
2.2. Overview of turbulent modeling methods.....	34
2.3. Spectrum of thermal turbulence in a large industrial city .....	40
2.4. Renormal-group approach to the study of the spectrum of turbulence in the atmosphere.....	49
CHAPTER 3. THEORY OF POTENTIAL OF ATMOSPHERIC VENTILATION OF INDUSTRIAL CITY. NUMERICAL METHODS IN THE DYNAMICS OF ATMOSPHERIC VENTILATION .....	58
3.1. The velocity field of involvement from convective heat in the vicinity of the city .....	58
3.2. The spectrum of involvement. Ventilation potential and current function (city of Odessa) .....	63
3.2.1. Involvement spectrum .....	63
3.2.2. Ventilation potential and current function (city of Odessa).....	67

3.3.	
3.4. Numerical method and algorithm for modeling air flows over the city...	70
3.5. Model of air exchange between the city and its periphery: resonance effects in ventilation by convective attracting currents.....	81
3.6. Application of the theory of a plane complex field for calculating the circulation of air masses in an industrial city.....	84
3.7. Scheme of calculation of turbulent regime. Ventilation potential .....	92
CHAPTER 4. NUMERICAL EXPERIMENTS FOR CALCULATION OF VENTILATION POTENTIAL AND CURRENT FUNCTION .....	96
4.1. Introduction.....	96
4.2. The results of numerical experiments for calculating the ventilation potential and the current function.....	97
CONCLUSIONS.....	112
REFERENCES.....	115

## INTRODUCTION

The desire to ensure a steady pace of economic development, which in recent years has acquired organizational forms of the globalization of the world economy and industrialization, can not be realized in any other way than through an increase in the already exorbitant burden on the environment. One of the negative consequences of such, so called anthropogenic, processes, is, in particular, a catastrophic air pollution increase.

In order to meet the needs of huge and increasing masses of the population an enormous number of industrial, energy-transforming, agricultural, resource-producing, processing enterprises operate, and global transport and communication systems are in use.

As a result of this activity, about 200 million tons of carbon monoxide, more than 150 million tons of sulfur oxide, more than 500 million tons of various hydrocarbons, over 250 million tons of fine aerosols (dust) and many other substances are released into atmosphere of the planet every year [1- 4].

And although the developed global transport and communication systems exclude the possibility of localizing anthropogenic impact on the environment, the most difficult situation is faced by large cities, where the huge industrial and transport complex, being a source of pollution of the surrounding environment, including the atmosphere, is concentrated.

Atmospheric pollution is the most dangerous factor for humans, for all flora and fauna, and at the same time ensuring its cleanliness is the most difficult problem, not comparable, for example, with the problem of drinking water purification. One of the complex aspects of the problem is that the composition of the city's atmosphere is formed under the influence of many factors, including the characteristics of pollution sources, their location on the ground, climatic and hydro-meteorological parameters, urban architecture, energy exchange and transport processes, dissipation and relaxation, self-cleaning and regeneration, etc. [1-302].

*Наукове видання*

**Глушков Олександр Васильович, д.ф.-м.н., проф.,**

**Хещеліус Ольга Юрїївна, д.ф.-м.н., проф.,**

**Буяджи Василь Володимирович, к.ф.-м.н., доц.**

**Аналіз, моделювання та прогнозування забруднення**

**повітря промислових міст**

**Монографія**

*Англійською мовою*

Підп. до друку 22.07.2019. Формат 60x84/16 Папір офс.

Умовн. друк. арк. 8,6. Тираж прим. 60. Зам. № 740

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет

65016, Одеса, вул. Львівська, 15

---