

ISSN 0367-1631

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ОДЕССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. И. И. МЕЧНИКОВА

# **Физика аэродисперсных систем**

**ВЫПУСК 39**

МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ СБОРНИК

*Основан в 1969 г.*

Одесса  
“Астропринт”  
2002

УДК 541.182.2/3:541.126:536.24+66.015.23:533.6

Рассмотрены вопросы испарения, конденсации и коагуляции в водном аэрозоле, а также кинетика горения твердых и порошкообразных горючих. Приведены результаты исследований по тепло- и массообмену в дисперсных системах. Освещены проблемы активного воздействия на метеорологические явления. Рассмотрены некоторые электрические явления при взаимодействии заряженных частичек.

Для физиков, химиков, метеорологов и инженеров.

Розглянуто питання випаровування, конденсації та коагуляції у водному аерозолі, а також кинетика горіння твердих і порошкоподібних паливних. Наведено результати досліджень з тепло- і масообміну в дисперсних системах. Висвітлено проблеми активної дії на метеорологічні явища. Розглянуто деякі електричні явища при взаємодії заряджених частинок.

Для фізиків, хіміків, метеорологів і інженерів.

*Редакционная коллегия:*

д-р физ.-мат. наук, проф. **В. В. Калинин** (гл. ред.);  
д-р физ.-мат. наук, проф. **М. Н. Чесноков** (зам. гл. ред.);  
д-р физ.-мат. наук, проф. **С. К. Асланов** (зам. гл. ред.);  
д-р физ.-мат. наук, проф. **А. Н. Золотко** (зам. гл. ред.);  
д-р физ.-мат. наук, проф. **Н. Х. Копыт** (зам. гл. ред.);  
д-р физ.-мат. наук, проф. **С. М. Контуш**;  
академик НАН Украины **Ю. П. Корчевой**;  
д-р физ.-мат. наук, проф. **А. В. Затовский**;  
д-р физ.-мат. наук, проф. **В. Г. Шевчук**;  
проф. **Анджей Гавдзик** (Польша);  
канд. физ.-мат. наук доцент **Г. С. Драган**;  
канд. физ.-мат. наук **Я. И. Вовчук** (секретарь);  
канд. физ.-мат. наук **С. Г. Орловская** (отв. секретарь);  
**Т. Ф. Смагленко** (техн. секретарь)

Редакция при Одесском национальном университете  
им. И. И. Мечникова.

*Адрес редакционной коллегии:*

65026, Одесса, ул. Пастера, 27, ОНУ, кафедра теплофизики,  
тел. 23-12-03, 23-62-27.

© Одесский национальный университет  
им. И. И. Мечникова, 2002

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ФИЗИКА АЭРОЗОЛЕЙ

|  |    |
|--|----|
| <i>Асланов С., Колтаков А.</i><br>Влияние электрического поля на процесс диспергирования<br>жидкой поверхности .....   | 7  |
| <i>Липатов Г., Чернова Е., Турецкий А., Миргород П.</i><br>Экспериментальное исследование течения Стефана<br>в статической термодиффузионной камере .....  | 15 |
| <i>Сидоров В., Гоцульский В., Сидоров А.</i><br>Интерферометрический метод определения амплитуд<br>колебания частиц .....  | 23 |
| <i>Каримова Ф. Ф.</i><br>О гомогенно-гетерогенном механизме протекания<br>каталитических реакций в аэрозолях .....   | 28 |
| <i>Вербинская Г. Н., Загородняя О. А., Нужный В. М.</i><br>Динамические граничные условия при интенсивном<br>испарении термостатированных капель воды в ряде инертных<br>газов. Коэффициент конденсации воды ..... | 34 |
| <i>Кумченко Я. А.</i><br>Резонаторная природа силового взаимодействия между<br>аэрозольными частицами. Формирование акустической<br>потенциальной ямы .....  | 40 |
| <i>Алехин А., Рудников Е.</i><br>Ренормгрупповой подход к определению градиента<br>неоднородного поля кластеров флуктуаций в поле земного<br>тяготения .....   | 51 |
| <i>Дроздов В. А., Ковальчук В. В., Моисеев С.</i><br>Фрактальная размерность наночастиц .....  | 55 |

## ФИЗИКА ГОРЕНИЯ

- Орловская С., Калинин В., Грызунова Т., Каримова Ф.*  
Влияние испарения оксидной пленки на высокотемпературное окисление вольфрамовой частицы в воздухе с различным содержанием кислорода ..... 69
- Золотко А., Копейка А., Копейка К.*  
Инициирование процесса воспламенения взвеси частиц бора ..... 77
- Шевчук В., Бойчук Л., Сидоров А.*  
Распространение пламени в аэрозвесьях частиц твердых углеводородных горючих ..... 82
- Флорко И., Флорко А., Швец А.*  
Влияние аппаратных искажений на результаты измерения температуры по абсолютной интенсивности резонансных линий ..... 87
- Трофименко М., Чесноков М., Смагленко Т.*  
Изменение величины излучательной способности факела твердых смесевых систем в зависимости от давления ..... 95
- Гавдзик А., Гайда С., Влодарчик П., Иорман А., Дзивлик И., Медерски Т., Софронков А.*  
Влияние дисперсности различных веществ на каталитическую активность сплавов Ni-Ti ..... 100
- Копейка А., Головки В., Бровченко В., Дараков Д.*  
Воспламенение одиночной капли рапсово-метилового эфира ..... 103
- Корнилов В., Шошин Ю., Альтман И., Семенов К.*  
Экспериментальное исследование структуры зоны горения и радиационных тепловых потерь одиночных частиц магния реагирующих при естественной и вынужденной конвекции ... 109

## ТЕПЛОМАССОБМЕН

- Бобров Р., Затковский А.*  
Тепловые возбуждения вязкой капли ..... 123

|   |     |
|---|-----|
| <i>Коваль С. В., Коваль С. С.</i><br>Учет изменения теплофизических характеристик системы<br>в задачах моделирования фазовых переходов .....                    | 133 |
| <i>Калинчак В., Орловская С., Гулеватая О.</i><br>Высокотемпературный теплообмен<br>и самопроизвольное потухание пористой углеродной<br>частицы в воздухе ..... | 138 |
| <i>Глушков А., Хохлов В.</i><br>Атмосферный влаго-тепло-перенос, телеконнекция и баланс<br>энергии, углового момента .....                                      | 148 |
| <i>Недялков Д., Алтоиз Б.</i><br>Расчет параметров структурированных прослоек методом<br>интегральной оптики .....  | 158 |
| <i>Чесноков М., Козакова И., Грызунова Т., Андрианова И.</i><br>Испарение капель водных растворов натрия-хлор<br>в электрическом поле .....                     | 170 |
| <i>Дайчман Е., Кондратьев Е.</i><br>Полуавтоматическое регулирование в организации<br>замкнутых циклов проточных реакторов .....                                | 177 |

## **ГАЗОДИНАМИКА**

|  |     |
|--|-----|
| <i>Асланов С.</i><br>О самоорганизации процессов горения и взрыва .....  | 187 |
| <i>Стручаев А.</i><br>Перенос “пассивной” примеси кольцом при его<br>взаимодействии с препятствием .....   | 195 |
| <i>Липатов Г., Чернова Е., Таволжанский В., Турецкий А.</i><br>Исследование устойчивости и структуры течений<br>при смешенной конвекции в цилиндрических каналах ..... | 207 |
| <i>Сахненко Е., Затовский А.</i><br>Гидродинамические флуктуации анизотропной жидкости<br>в пространственно ограниченных условиях .....                                | 215 |

*Розина Е.*  
Концентрация энергии акустического поля  
при возбуждении локализованного кавитационного  
процесса ..... 229

*Яценко В.*  
Определение силы, действующей на сферическую твердую  
частицу в потоке со сдвигом ..... 240

## **ЭЛЕКТРОФИЗИКА**

*Драган Г.*  
Влияние концентрации легкоионизирующейся присадки  
на поверхностные процессы в пылевой плазме ..... 249

*Семенов К., Лялин Л., Калинин В., Копыт Н.*  
Термоэмиссионная зарядка седиментирующих сферических  
металлических частиц ..... 261

*Маренков В.*  
“Полідисперсна” іонізація макрочастинок в гетерогених  
плазмових системах ..... 270

*Народицкая Т., Алтоиз Б., Поповский Ю.*  
Диэлектрическая проницаемость прослоек нематических  
жидких кристаллов ..... 281

*Лобода Н., Глушков А.*  
Мультифрактальное моделирование нелинейных  
гидрологических систем: временные ряды годового стока  
и фрактальная размерность ..... 287

*Королев С.*  
Исследование механизма генерации акустических волн  
в твердых телах при электроискровом пробое слоя газа ..... 295

*N. S. Loboda\**, *A. V. Glushkov\**, *V. D. Rusov\*\**

*\*Odessa State Environmental University*

*\*\*Odessa National Polytechnical University*

### **Multi-fractal modeling of nonlinear hydrological systems: Annual run-off time series and fractal dimension**

The problem of studying the fractal specialities for non-linear hydrological systems run-off (on example of two rivers systems) is at first solved. The annual run-off time series data were obtained on the basis of processing the available empirical data and additional complex stochastic and neural networks modelling with the use of the water-heat balance equation and empirical orthogonal function method. Chaotic dynamics of fluctuations of the natural rivers annual run-off is numerically calculated and the fractal dimensions are determined (for two rivers systems). It is indicated on the unity of dynamical evolution physical laws for such systems as a classic turbulent liquid and atmosphere, ocean, hydrological, astrophysical systems.

In last years the fractal structures in hydrodynamics, astrophysics etc. attracts a great interest. Different theoretical models are proposed and experiments in laboratories and nature objects are carried out (c.f. [1—7]). A principal question is in what degree the properties of observed fractal structures are general? Recently it has been found that the similar large scaled fractal structures (with fractal dimension  $D \sim 4/3$ ) may be realized in laboratory turbulence (space scale is  $10^{-1}$  m), in an ocean and the galaxies formations (scale till  $10^2$  Mps). These structures have the percolation character [2-4].

It is well known that many physical, geophysical, hydrological (etc.) systems (and the dynamics of their key characteristics fluctuations) can be described as a mechanical dissipative multi-body systems, which are fundamentally non-linear [1-11]. General non-linear parameter dependent dynamical dissipative systems very often have parameter ranges, in which the dynamics is chaotic [1]. Chaotic behaviour in the sense of a fully deterministic evolution of the systems in time bounded in phase space with sensitive dependence on initial conditions, might therefore be expected to occur in above cited systems. Dissipative non-linear systems typically have a long term behaviour which is described by an attractor in phase space. At the same the chaotic dynamics in details is often unknown. We cannot reconstruct the original attractor that gave rise to the observed time-series. Instead, we seek an attractor where we can reconstruct an attractor from the scalar data that preserves the invariant characteristics of the original attractor. It is well known that an attractor is called strange attractor if its dimension is non-integer, i.e. fractal. Non-linear systems of fractal objects like interfaces or time-series is their scaling property related to invariance under magnification. For uniform

fractals, the scaling is uniquely described by one fractal exponents, the so-called fractal dimension.

In this paper we consider an effective method for treating the non-linear complex hydrological systems, based on the “neural networks” and multi-fractal modelling [12,13]). Approach developed allows to get a possibility of forecasting the evaluation dynamics, including the extreme phenomena in non-linear hydrological systems. We apply these models to treating the chaotic dynamics and fluctuations of the annual run off for natural rivers. Comparison of calculated by us fractal dimensions for some river systems and comparison of these data with analogous data for laboratory turbulence, ocean system and astrophysical ones indicate on the unity of physical nature of the stochastic processes in sufficiently different on their physical operating laws systems (different mechanisms of energy transformation and decay).

Probably the most number of papers regarding the fractal structures is devoted to the turbulence phenomenon. Usual application of the fractal formalism here as follows (c.f.[2,4]). The region, where the turbulent liquid moves is divided on the cubic cells with the characterized Kolmogorov’s scale  $\tau$ . Можно There is existed a critical concentration of cells with probability  $0 < p_c < 1$  when at first unlimited cluster of turbulented cells arises that leads to radical changing in the energy transformation. Before this moment, introduced in motion region energy resulted in the increasing number of cells and dissipation. After appearance of cited cluster the cells concentration will be increase. Its appearance, as it’s well known, is a critical phenomenon. Characterized size of vortex cluster  $l_B$  (in region of  $p_c$ ) [4]:  $l_B \sim |P_c - P|^v$ . A critical size  $v$  is an universal parameter and independent upon the space topological dimension. This parameter (typical value  $v \sim 0,9$  [4]) is linked with fractal dimension  $D_s$  of the vortex cluster skeleton. Further if the initial filed of large scaled velocity is known (the vortexes of scale  $l_0$  are excited) then a cascade scale dividing process leads to hierarchy of vortexes of the scales  $l_n \sim q^{-n} l_0$  ( $q$  — the scale division parameter). Process of the energy transfer on scaled cascade is chaotic one. As result, anisotropy and large scaled inhomogeneity of the velocity initial field influences on statistical pulsation regime in less degree during decreasing the scale that is led to scaled invariance and local anisotropy on sufficiently little scales ( $l_0 \gg l_n$ ?). For isotropic pulsation the energy distribution on scales ( $l \sim k^{-1}$ ,  $k$ —wave number) is defined by spectral density  $E(k)$ . Simple physical arguments allow to introduce a characteristic pulsation period [4]:  $T_m \sim [E(k)k^3]^{-1/2}$ ,  $k_m \sim l_m^{-1}$ . It may be interpreted as time for exciting the vortexes of scale  $l_{m+1}$  by the vortexes of scale  $l_m$ . A time for exciting the full cascade of vortexes:

$t_\infty \sim \sum_{m=0}^{\infty} T_m$ . The more interested value is  $(t_\infty - t_m) \sim \sum_{m=M}^{\infty} T_m$ . Under sufficiently big values of  $M$  it is true a scaled invariance and scaling representation:  $E(k) \sim k^{-a}$ . After  $M$  dividing fractions insist of the single initial vortex it will be  $N \sim q^M$  number of vortexes of the scale  $l_M \sim q^M l_0$ . This system of vortexes will occupy some volume in a space with effective size  $l_0$ , and it can be written:  $N \sim l_0^{D_s}$ , where  $D_s$  is a fractal dimension. Further one can write the following expression:  $l(t_M) \sim (t_\infty - t_m)^{2/(a-3)D_s}$ . Numeric calculations of



the fractal dimension allowed to obtain the following value for dimension:  $1,35 \pm 0,05$ . Another interesting example is the fractal specialities in dynamics of ocean system. In fig.1 there are presented data (from ref.[14]) of observations in different points of thermocline at the horizon of 100m. Here there are regions with scaling (parameter "4/3" is indicated by solid lines) in the large scales part of spectra.

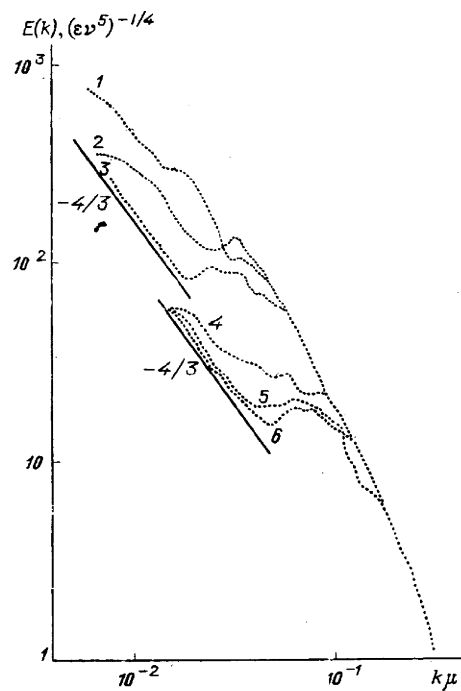


Fig.1. Fractal specialities for in the large scales part of spectra (for ocean system: thermocline at horizon 100m) [14]

Another examples of the fractal structures are the ones in the astrophysical objects. Under supposition that a substance in the universe is in turbulent motion, then the large scaled accumulations (galaxies and clusters) occupy the volume where an active dissipation of energy takes place, i.e. fractal dimension of the turbulent dissipation field coincides with dimension of field of the substance density in the form of galaxies and their accumulations. For these systems there is obtained the following value of the fractal dimension:  $1,3 \pm 0,1$  [4], i.e. practically "4/3". In this light especial interest is called by problem of determining the fractal dimension of the other nature objects, namely, the aquifer systems. More exactly, speech is about a search of the fractal properties in the key physical characteristics of the river systems. We will dis-

cover the fractal properties in the time-series of run-off ( annual run-off ) for some nature aquifer systems. As an example, two rivers systems are considered.

The annual run-off time series data were obtained on the basis of processing the available empirical data and additional complex stochastic and neural networks modelling with the use of the water-heat balance equation and empirical orthogonal functions method. The details of methodical and calculational schemes are presented in ref. [8-13]. All necessary data are taken from references, indicated in [8-11]. In figures 2 and 3 we present calculated by us the time-series of the annual run off fluctuations for two nature hydrological systems (the Pripyate and Southern Bug rivers), received by us on the basis of processing the experimental data and calculating within above cited methods. Let us further consider the annual runoff fluctuations within the multifractal formalism. Non-uniform and multi-fractal objects can be more completely characterized by spectrum of  $D(q)$  fractal exponents, where  $q$  is a real number, the so-called generalized dimension, where the fractal dimension is equal to  $D(0)$  and the function  $D(q)$  is generally referred to as multifractal spectrum (c.f. [1-4,8]). Mathematically, the general aim of the multifractal formalism is to determinate the  $f(\alpha)$  singularity spectrum of measure  $\mu$ . It associates the Hausdorff dimension of each point with the singularity exponent  $\alpha$ , which gives an idea of the strength of singularity (c.f. refs.[1-4,8]):  $N\alpha(\varepsilon) = \varepsilon^{-\alpha}$ , where  $N\alpha(\varepsilon)$  is the number of boxes needed to cover the measure and  $\varepsilon$  the size of each box. A partition function  $Z$  can be defined from this spectrum:

$$Z(q, \varepsilon) = \sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} \mu_i^q(\varepsilon) \approx \varepsilon^{\tau(q)} \text{ for } \varepsilon \rightarrow 0$$

where  $\tau(q)$  is a spectrum which arouses by Legendre transforming the  $f(\alpha)$  singularity spectrum. The spectrum of generalized fractal dimensions is obtained from the spectrum  $\tau(q)$ :

$$D_q = \frac{\tau(q)}{(q-1)}.$$

The practical procedure for calculating a multifractal spectrum is carried out with  $q$  in range usually from 0 to 30. This range  $q$  is suitable for characterizing the river discharge time-series with multifractal exponents (Fig.4). The run off time-series (see figs.2,3) are generally non-linear parameter dependent and have parameter ranges, in which the dynamics is chaotic. Chaotic behaviour, in the sense of a fully deterministic evolution of the system in time, yet erratically looking behaviour, bounded in phase space with sensitive dependence on initial conditions, might therefore be expected to occur also in the run-off time series. We have fulfilled the computational calculation for the fractal dimensions and have received the following estimates of the fractal dimension for hydrological system (the annual run off fluctuations for the Pripyate and Southern Bug rivers): 1,3-1,7. It is very important to note that the data regarding

to the multi-fractal spectra allow restoring and forecasting the run-off behaviour on some necessary temporary interval. We suppose that this is one of the most effective advancements of the multi-fractal formalism to problem of non-linear statistical analysis of run-off time series. Therefore, we see that the same principally representations about large-scaled fractal structures and also the same fractal especialities in the key properties of systems are characteristic for laboratory turbulence, atmosphere and ocean systems, hydrological systems (result of our paper) paper ) and for scales which are comparable with boundaries of the universe.

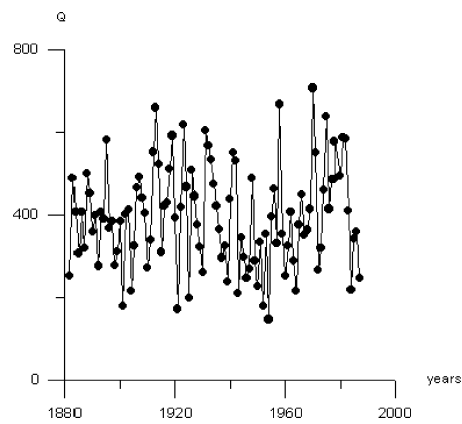


Fig.2. Time-series of the annual run off ( $Q$ , m<sup>3</sup>/s) fluctuations (Pripyate river)

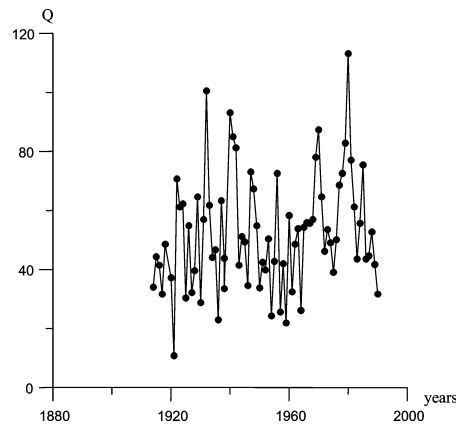


Fig.3. Time-series of the annual run off ( $Q$ , m<sup>3</sup>/s) fluctuations (Southern Bug river)

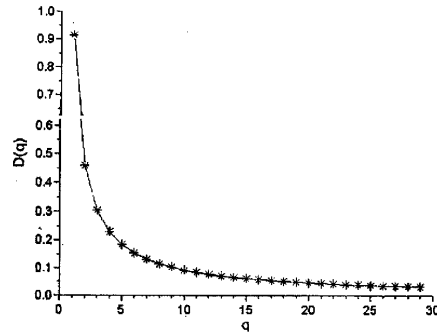


Fig. 4. Multifractal spectrum of original run-off series (the Southern Bug river).

Naturally, a class of the systems with fractal properties is significantly more wide than we considered (many physics, geophysics, biology and chemical disciplines). In any case it is important to underline that the next step in description of dynamical systems considered is in using the unity and scales invariance of the master dynamical equations which describe the evolution of cited systems.

#### References

1. Likhtenberg A., Liberman M., Regular and Stochastic Dynamics (Mir, M.,1984).
2. Lukkin F., Fractals in Physics (Mir, M., 1988).
3. Schertzer D., Lovejoy S., in Fractals: Physical Origin and Properties. Ed.L.Peitronero (Plenum Press, New York, 1990), p.19.
4. Bershadsky A.G., Large-scaled fractal structures in laboratory turbulence , ocean and astrophysics//In: Proc. Intern. Symp. on Generation of large-scale Structures in Continuous Media (Moscow, 1990), p.50.
5. Lifshits E.M., Pitaevsky L.P., Statistical Physics. — M.:Nauka, 1978.
6. Haines Y., Petrakian R., Karlsson P., Mitsopoulos J. "Risk analysis of dam failure and extreme floods: application of the partitioned multiobjective risk method".IR Rep. No. 88-R-1 (S.Army Corps of Engineers,1988).
7. Davis D., "A risk and uncertainty based concept for sizing levee projects. Proc. Hydrol and Hydr. Workshop on Riverine Levee Freeboard SP-24. (US Army Corps of Eng Hydr.Engg. Davis, Calif., 1991).
8. Loboda N.S. Ecological Effect of changes in Hydrosphere state: Analysis of interaction of the climatic factors & annual runoff with empirical orthogonal functions and memories matrices methods // In: Ecology of Siberia, the Far East and the Arctic. Ed.Zuev V.D. — SD RAN,2001-P.93.
9. Loboda N.S. New Stochastic and Fractal Multi systems models of Non-linear Hydrological Systems & Applications to description of Hydrological processes

- and Environmental preservation// In: Ecology of Siberia, the Far East and the Arctic. Ed.Zuev V.D. — SD RAN, 2001. — P.71.
10. Loboda N.S. Neural Networks and Multi-fractal Modelling of non-linear complex systems// Uzhgorod Univ. Sci. Herald. Ser. Phys. — 2001. — Vol.10. — P.119-122.
  11. Loboda N.S., Gopchenko E.D. Stochastic model of long-term annual flow fluctuations under anthropogenic influences// In: Stochastic models of hydrological processes and their applications to problems of environmental preservation : NATO ARW Series, 1998. — Vol.1. — P.110-113.
  12. Loboda N.S., Chaotic dynamics and fractal properties of non-linear aquifer systems within neural networks modelling // In: Proc. Intern. Conference on Non-linear Dynamics (Advanced information technologies). — Univ. Thessaloniki, Thessaloniki (Greece), 2001. — p.W14.
  13. Loboda N.S., Loboda A.V., Glushkov A.V. Dynamics of polarization of two-level medium in a laser field. Photon Echo and its application in the neural networks theory: New algorithms// Uzhgorod Univ. Sci. Herald. Ser.Phys. — 2000. — Vol.8. — P.113-118.
  14. Oceanology. Physics of ocean., Vol.1. — М.:Наука, 1978. — p.181.

*Н. С. Лобода, А. В. Глушков, В. Д. Русов*

**Мультифрактальное моделирование нелинейных гидрологических систем: временные ряды годового стока и фрактальная размерность**

**АННОТАЦИЯ**

Решена задача выявления фрактальных особенностей характеристик стока нелинейных гидрологических систем. Временные серии годового стока рассчитаны с использованием эмпирических данных, а также метода стохастического нейросетевого моделирования, уравнения водно-теплового баланса и метода эмпирических ортогональных функций. Вычислены соответствующие фрактальные размерности (для двух речных систем). Указано на единство физических законов динамической эволюции для таких систем как турбулентная жидкость, атмосфера, океан, гидрологические и астрофизические системы.

*Н. С. Лобода, О. В. Глушков, В. Д. Русов*

**Мультифрактальне моделювання нелінійних гідрологічних систем:  
часові ряди річного стоку та фрактальна розмірність**

**АНОТАЦІЯ**

Розв'язано задачу виявлення фрактальних особливостей характеристик стоку нелінійних гідрологічних систем. Часові серії річного стоку розраховані з використанням емпіричних даних, а також методу стохастичного нейромережкового моделювання, рівняння водно-теплового балансу і методу емпіричних ортогональних функцій. Обчислені відповідні фрактальні розмірності (для двох річкових систем). Вказано на єдність фізичних законів динамічної еволюції для таких систем як турбулентна рідина, атмосфера, океан, гідрологічні, геофізичні та астрофізичні системи.

**Фізика аеродисперсних систем**

Міжвідомчий науковий збірник / Головн. ред. В. В. Калінчак. —  
Одеса: Астропринт, 2002. — 308 с.

Укр. та рос. мовами.

Розглянуто питання випаровування, конденсації та коагуляції у водяному аерозолі, а також кинетика горіння твердих і порошкоподібних палив. Наведено результати досліджень з тепло- і масообміну в дисперсних системах. Висвітлено проблеми активної дії на метеорологічні явища. Розглянуто деякі електричні явища при взаємодії заряджених частинок.

Для фізиків, хіміків, метеорологів і інженерів.

УДК 541.182.2/3:541.126:536.24+66.015.23:533.6

*Наукове видання*

**ФІЗИКА  
АЕРОДИСПЕРСНИХ  
СИСТЕМ**

**Випуск 39**

Міжвідомчий науковий збірник

*Українською та російською  
мовами*

Головний редактор **В. В. Калінчак**

Зав. редакцією *Т. М. Забанова*  
Технічний редактор *М. М. Бушин*

---

Здано у виробництво 20.03.2002. Підписано до друку 18.07.2002. Формат 60x84/16.  
Папір офсетний. Гарнітура "Таймс". Друк офсетний. Ум. друк. арк. 17,90.  
Тираж 300 прим. Зам. № 456.

Видавництво і друкарня "Астропринт"  
(Свідоцтво ДК № 132 від 28.07.2000 р.)  
65026, м. Одеса, вул. Преображенська, 24.  
Тел.: (0482) 26-98-82, 26-96-82, 37-14-25.  
**www.astroprint.odessa.ua**