

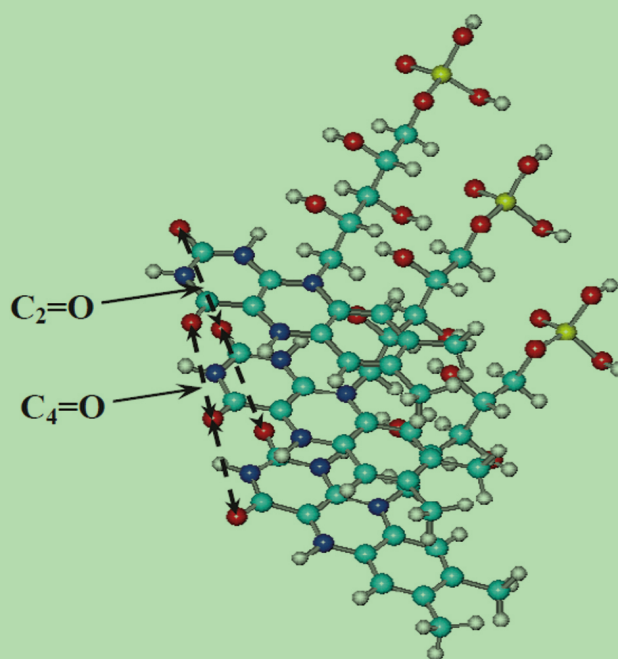
ISSN 2075-3810 (Print)  
ISSN 2075-3829 (Online)



**KARAZIN UNIVERSITY**  
**CLASSICS AHEAD OF TIME**



**BIOPHYSICAL**  
**BULLETIN**



40'2018

**БІОФІЗИЧНИЙ**  
**ВІСНИК**

ISSN 2075-3810 (print)  
ISSN 2075-3829 (online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
V.N. Karazin Kharkiv National University

# Біофізичний Вісник Biophysical Bulletin

**Випуск 40 Issue**

Заснований 1998 р.

Founded in 1998

**Харків 2018 Kharkiv**

Журнал публікує статті, які містять оригінальні результати розв'язання фізико-математичних проблем, що відносяться до біологічних систем різного рівня організації, методами сучасної біології, фізики та математичного моделювання.

Для науковців, викладачів, аспірантів, студентів, що працюють у галузі біофізики та суміжних областях.

Журнал є фаховим виданням у галузі фізико-математичних та біологічних наук (Наказ МОН України № 1328 від 21.12.2015 р.).

The journal publishes articles that contain original results of physical and mathematical problems related to biological systems of various complexity levels solved with the help of modern life sciences methods and computer simulation.

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна (протокол № 10 від 29 жовтня 2018 р.).

#### Редакційна колегія:

*Головний редактор* – **Горбенко Г.П.** – д.ф.-м.н., проф.,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна  
*Заступник головного редактора* – **Катрич В.О.** – д.ф.-м.н., проф.,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна  
*Відповідальний секретар* – **Берест В.П.** – к.ф.-м.н., доц.,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

**Баранник Є.О.** – д.ф.-м.н., проф.,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна  
**Бондаренко В.А.** – д.б.н., проф.,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна  
**Веселовський М.С.** – д.б.н., проф., акад. НАН України,  
Інститут фізіології ім. О.О.Богомольця, Київ, Україна  
**Говорун Д.М.** – д.б.н., проф., чл.-кор. НАН України,  
ІМБГ НАН України, Київ, Україна  
**Делігеоргієв Т.** – PhD, проф.,  
Софійський університет, Софія, Болгарія  
**Доманов Є.О.** – PhD, завідувач відділу біофізики шкіри,  
L'Oréal, Париж, Франція  
**Доран О.** – PhD, проф., Університет Західної Англії,  
Бристоль, Велика Британія  
**Карачевцев В.О.** – д.ф.-м.н., чл.-кор. НАН України,  
ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, Харків, Україна  
**Кірілова Є.** – PhD, доцент,  
Даугавпілський університет, Даугавпілс, Латвія  
**Кнігавко В.Г.** – д.б.н., проф., Харківський національний  
медичний університет, Харків, Україна  
**Корнелюк О.І.** – д.б.н., проф., чл.-кор. НАН України,  
ІМБГ НАН України, Київ  
**Косевич М.В.** – д.ф.-м.н., с.н.с.,  
ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, Харків, Україна  
**Мартиненко О.В.** – д.ф.-м.н., проф.,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна  
**Осецький О.І.** – д.ф.-м.н., проф.,  
ІПКіК НАН України, Харків, Україна  
**Перський Є.Е.** – д.б.н., проф.,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна  
**Семенов М.О.** – д.ф.-м.н., проф.,  
ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України, Харків, Україна  
**Сибірний А.А.** – д.б.н., проф., акад. НАН України,  
Інститут біології клітини, Львів, Україна  
**Сорокін В.О.** – д.ф.-м.н., проф.,  
ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, Харків, Україна  
**Стойка Р.С.** – д.б.н., проф., чл.-кор. НАН України,  
Інститут біології клітини, Львів, Україна  
**Суходуб Л.Ф.** – д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. НАН України,  
Сумський державний університет, Суми, Україна  
**Толсторуків М.Є.** – PhD, Відділ молекулярної біології,  
Массачусетська загальноклінічна лікарня, Бостон, США  
**Трусова В.М.** – д.ф.-м.н., проф.,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна  
**Шестопалова Г.В.** – д.ф.-м.н., проф.,  
ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України, Харків, Україна  
**Шкорбатів Ю.Г.** – д.б.н., проф.,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна  
*Технічна група:* к.ф.-м.н. **Горобченко О.О., Жигалова Н.М.**

#### Адреса редакційної колегії:

Кафедра молекулярної і медичної біофізики  
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна  
Майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна  
тел. / phone: +38 057 707 55 76 факс / fax: +38 057 754 47 46  
e-mail: biofiz-visnyk@karazin.ua http://periodicals.karazin.ua/biophysvisnyk

#### Editorial Board:

*Editor-in-Chief* – **G.P. Gorbenko** – Dr. Sci., Prof.,  
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine  
*Vice Editor-in-Chief* – **V.A. Katrich** – Dr. Sci., Prof.,  
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine  
*Executive Secretary* – **V.P. Berest** – PhD., Associate Prof.,  
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine  
**E.A. Barannik** – Dr. Sci., Prof.,  
V.N. Karazin KhNU, Kharkiv, Ukraine  
**V.A. Bondarenko** – Dr. Sci., Prof.,  
V.N. Karazin KhNU, Kharkiv, Ukraine  
**N.S. Veselovsky** – Dr. Sci., Prof., academician of NASU,  
Bogomoletz Institute of Physiology, NASU, Kiev, Ukraine  
**D.M. Govorun** – Dr. Sci., Prof., corresponding member of  
NASU, IMBG, NASU, Kiev, Ukraine  
**T. Deligeorgiev** – PhD, Prof.,  
University of Sofia, Sofia, Bulgaria  
**Ye.A. Domanov** – PhD, Head of Skin Biophysics Unit  
at L'Oréal R&I, Région de Paris, France  
**O. Doran** – PhD, Professor, University of the West of  
England, Bristol, United Kingdom,  
**V.A. Karachevtsev** – Dr. Sci., corresponding member of NASU  
B. Verkin ILTPI, NASU, Kharkiv, Ukraine  
**E. Kirilova** – PhD, Associate Prof.,  
Daugavpils University, Daugavpils, Latvia  
**V.G. Knigavko** – Dr. Sci., Prof., Kharkiv National  
Medical University, Kharkiv, Ukraine  
**A.I. Kornelyuk** – Dr. Sci., Prof., corresponding member of  
NASU, IMBG, NASU, Kiev, Ukraine  
**M.V. Kosevich** – Dr. Sci., PI,  
B. Verkin ILTPI, NASU, Kharkiv, Ukraine  
**A.V. Martynenko** – Dr. Sci., Prof.,  
V.N. Karazin KhNU, Kharkiv, Ukraine  
**A.I. Osetski** – Dr. Sci., Prof., Institute for Problems of  
Cryobiology and Cryomedicine, NASU, Kharkiv, Ukraine  
**Ye.E. Perskiy** – Dr. Sci., Prof.,  
V.N. Karazin KhNU, Kharkiv, Ukraine  
**M.A. Semenov** – Dr. Sci., Prof.,  
O.Ya. Usikov IRE NASU, Kharkiv, Ukraine  
**A.A. Sybirny** – Dr. Sci., Prof., academician of NASU,  
Institute of Cell Biology, Lviv, Ukraine  
**V.A. Sorokin** – Dr. Sci., Prof.,  
B. Verkin ILTPI, NASU, Kharkiv, Ukraine  
**R.S. Stoika** – Dr. Sci., Prof., corresponding member of  
NASU, Institute of Cell Biology, Lviv, Ukraine  
**L.F. Sukhodub** – Dr. Sci., Prof., corresponding member of  
NASU, Sumy State University, Sumy, Ukraine  
**M.Ye. Tolstorukov** – Ph.D., Department of Molecular Biology,  
Massachusetts General Hospital, Boston, USA  
**V.M. Trusova** – Dr. Sci., Prof.,  
V.N. Karazin KhNU, Kharkiv, Ukraine  
**A.V. Shestopalova** – Dr. Sci., Prof.,  
O.Ya. Usikov IRE, NASU, Kharkiv, Ukraine  
**Yu.G. Shkorbatov** – Dr. Sci., Prof.,  
V.N. Karazin KhNU, Kharkiv, Ukraine  
*Technical Board:* Dr. **O.O. Gorobchenko, N.M. Zhigalova**

#### Address:

Department of Molecular and Medical Biophysics  
V.N. Karazin Kharkiv National University  
4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine  
факс / fax: +38 057 754 47 46  
http://periodicals.karazin.ua/biophysvisnyk

Статті пройшли внутрішнє та зовнішнє рецензування.  
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 11007 від 17.02.2006.

© Харківський національний університет  
імені В.Н.Каразіна, оформлення, 2018