

# ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

---

МИНСК. БЕЛОРУССКАЯ НАУКА. 2017. ТОМ 61. № 3

---

Выходит шесть номеров в год

Журнал основан в июле 1957 года

Учредитель – Национальная академия наук Беларуси

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,  
свидетельство о регистрации № 387 от 18.05.2009.

*Входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь  
для опубликования результатов диссертационных исследований, включен в базу данных  
Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)*

Главный редактор

**Владимир Григорьевич Гусаков**

Председатель Президиума Национальной академии наук Беларуси

Редакционная коллегия

**С. А. Чижик**

первый заместитель Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси

*(заместитель главного редактора)*

**С. Я. Клиин**

заместитель Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси *(заместитель главного редактора)*

**А. В. Кильчевский**

главный ученый секретарь Национальной академии наук Беларуси *(заместитель главного редактора)*

**Т. П. Петрович**

*(ведущий редактор журнала)*

**И. М. Богдевич** – Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси

**П. А. Витязь** – Президиум Национальной академии наук Беларуси

**И. Д. Волоотовский** – Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси

**И. В. Гайшун** – Институт математики Национальной академии наук Беларуси

**С. В. Гапоненко** – Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований

**А. Е. Дайнеко** – Институт мясо-молочной промышленности Научно-практического центра

Национальной академии наук Беларуси по продовольствию

**И. В. Залуцкий** – Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси

**О. А. Ивашкевич** – Белорусский государственный университет

**Н. А. Изобов** – Институт математики Национальной академии наук Беларуси

**Н. С. Казак** – Институт физики имени Б. И. Степанова Национальной академии наук Беларуси

**А. А. Коваленя** – Президиум Национальной академии наук Беларуси

**Ф. Ф. Комаров** – Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко

Белорусского государственного университета

**И. В. Котляров** – Институт социологии Национальной академии наук Беларуси

**В. А. Лабунов** – Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

**А. П. Ласковнев** – Президиум Национальной академии наук Беларуси

- О. Н. Левко** – Институт истории Национальной академии наук Беларуси  
**А. И. Лесникович** – Белорусский государственный университет  
**В. Ф. Логинов** – Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси  
**А. А. Махнач** – Научно-производственный центр по геологии  
**А. А. Михалевич** – Институт энергетики Национальной академии наук Беларуси  
**М. Е. Никифоров** – Президиум Национальной академии наук Беларуси  
**В. А. Орлович** – Президиум Национальной академии наук Беларуси  
**О. Г. Пенязьков** – Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси  
**Ю. М. Плескачевский** – Президиум Национальной академии наук Беларуси  
**Н. С. Сердюченко** – Президиум Национальной академии наук Беларуси  
**А. Ф. Смянович** – Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии  
**Л. М. Томильчик** – Институт физики имени Б. И. Степанова Национальной академии наук Беларуси  
**С. А. Усанов** – Президиум Национальной академии наук Беларуси  
**Л. В. Хотылева** – Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси  
**В. А. Хрипач** – Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси  
**И. П. Шейко** – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству

Р е д а к ц и о н н ы й с о в е т

- Ж. И. Алферов** – Санкт-Петербургский национальный исследовательский академический университет  
Российской академии наук (Российская Федерация)  
**К. П. Валуцкас** – Национальный институт рака (Литовская Республика)  
**С. Воденичаров** – Болгарская академия наук (Республика Болгария)  
**И. М. Дунин** – Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела  
Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Российская Федерация)  
**Н. Желев** – Медицинский биотехнологический центр молекулярной и клеточной технологии  
Абертейского университета (Великобритания)  
**Н. Н. Казанский** – Институт лингвистических исследований Российской академии наук (Российская Федерация)  
**А. Карклинш** – Институт почвоведения и растениеводства Латвийского сельскохозяйственного университета в Елгаве  
(Латвийская Республика)  
**С. П. Карпов** – Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (Российская Федерация)  
**М. Ларссон** – Университетский центр Алба Нова Стокгольмского университета (Королевство Швеция)  
**А. Г. Наумовец** – Национальная академия наук Украины (Украина)  
**И. Д. Рашаль** – Институт биологии Латвийского университета (Латвийская Республика)  
**В. А. Садовничий** – Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (Российская Федерация)  
**А. Г. Тарарико** – Национальная академия аграрных наук Украины (Украина)  
**Л. Трипольская** – Литовский центр аграрных и лесных наук (Литовская Республика)  
**Тъяу Ван Минь** – Вьетнамская академия наук и технологий (Социалистическая Республика Вьетнам)  
**А. Цайлингер** – Институт квантовой оптики и квантовой информатики Австрийской академии наук  
(Австрийская Республика)  
**В. Ф. Чехун** – Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиологии имени Р. Е. Кавецкого  
Национальной академии наук Украины (Украина)  
**Чжао Лян** – Хэнаньская академия наук (Китайская Народная Республика)

*Адрес редакции:*

*ул. Академическая, 1, к. 119, 220072, Минск, Республика Беларусь.  
Тел.: +375 17 284-19-19; e-mail: doklady\_nanb@mail.ru  
doklady.belnauka.by*

---

ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ. 2017. Т. 61, № 3

*Выходит на русском, белорусском и английском языках*

---

Редактор Т. П. П е т р о в и ч  
Компьютерная верстка Н. И. К а ш у б а

Сдано в набор 30.05.2017. Выпуск в свет 28.06.2017. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 158 экз. Заказ 102.

Цена: индивидуальная подписка – 10,34 руб.; ведомственная подписка – 25,29 руб.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/18 от 02.08.2013. ЛП № 02330/455 от 30.12.2013. Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.

© «Издательский дом «Беларуская навука».  
Доклады НАН Беларуси, 2017

# DOKLADY OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

---

MINSK. BELARUSKAYA NAVUKA. 2017. Vol. 61. No. 3

---

Published bimonthly

The journal has been published since July, 1957

Founder – National Academy of Sciences of Belarus

The journal is registered on May 18, 2009 by the Ministry of Information of the Republic of Belarus  
in the State Registry of Mass Media, reg. no. 387.

*The journal included in the List of Journal for Publication of the Results of Dissertation Research  
in the Republic of Belarus and in the Database of Russian Science Citation Index (RSCI)*

Editor-in-Chief

**Vladimir Grigorievich Gusakov**

Chairman of the Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus

Editorial Board

**S. A. Chizhik**

First Vice Chairman of the Presidium of the National Academy  
of Sciences of Belarus (*Associate Editor-in-Chief*)

**S. Ya. Kilin**

Vice Chairman of the Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus  
(*Associate Editor-in-Chief*)

**A. V. Kilchevsky**

Chief Scientific Secretary of the National Academy  
of Sciences of Belarus (*Associate Editor-in-Chief*)

**T. P. Petrovich**

(*Lead editor*)

**I. M. Bogdevich** – Institute for Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Belarus

**A. Ye. Daineko** – Institute for Meat and Dairy Industry of the Scientific  
and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus

**I. V. Gaishun** – Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus

**S. V. Gaponenko** – Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research

**O. A. Ivashkevich** – Belarusian State University

**N. A. Izobov** – Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus

**N. S. Kazak** – B. I. Stepanov Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus

**L. V. Khotyleva** – Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus

**V. A. Khripach** – Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus

**F. F. Komarov** – A. N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of the Belarusian State University

**I. V. Kotlyarov** – Institute of Sociology of the National Academy of Sciences of Belarus

**A. A. Kovalenya** – Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus

**V. A. Labunov** – Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

**A. P. Laskovnev** – Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus

**A. I. Lesnikovich** – Belarusian State University

**O. N. Levko** – Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus

**V. F. Loginov** – Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus  
**A. A. Makhnach** – Scientific and Practical Center on Geology  
**A. A. Mikhalevich** – Institute of Power Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus  
**M. Ye. Nikiforov** – Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus  
**V. A. Orlovich** – Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus  
**O. G. Penyazkov** – A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus  
**Yu. M. Pleskachevsky** – Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus  
**N. S. Serduchenko** – Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus  
**I. P. Sheiko** – Scientific and Practical Center for Animal Breeding  
**A. F. Smeyanovich** – Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery  
**L. M. Tomilchik** – B. I. Stepanov Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus  
**S. A. Usanov** – Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus  
**P. A. Vitiaz** – Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus  
**I. D. Volotovskii** – Institute of Biophysics and Cell Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus  
**I. V. Zalutsky** – Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus

#### Editorial Council

**Zh. Alferov** – Saint Petersburg National Research Academic University of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation)  
**Chau Van Minh** – Vietnam Academy of Science and Technology (Socialist Republic of Vietnam)  
**V. F. Chekhun** – Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiology of the National Academy of Sciences (Ukraine)  
**I. M. Dunin** – All-Russian Scientific Research Institute of Breeding of the Ministry of Agriculture Economy of the Russian Federation (Russian Federation)  
**A. Karklinsh** – Institute of Soil Science and Plant of the Latvia University of Agriculture in Elgava (Republic of Latvia)  
**S. P. Karpov** – Lomonosov Moscow State University (Russian Federation)  
**N. N. Kazansky** – Institute for Linguistic Studies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation)  
**M. Larsson** – Alba Nova University Center of the University of Stockholm (Kingdom of Sweden)  
**A. G. Naumovets** – National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine)  
**I. D. Rashal** – Institute of Biology of the University of Latvia (Republic of Latvia)  
**V. A. Sadovnichiy** – Lomonosov Moscow State University (Russian Federation)  
**A. G. Tarariko** – National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine)  
**L. Tripolskaya** – Lithuanian Centre of Agricultural and Forest Sciences (Republic of Lithuania)  
**K. P. Valuckas** – National Cancer Institute (Republic of Lithuania)  
**S. Vodenicharov** – Bulgarian Academy of Sciences (Republic of Bulgaria)  
**A. Zeilinger** – Institute for Quantum Optics and Quantum Information of the Austrian Academy of Sciences (Republic of Austria)  
**Zhao Liang** – Henan Academy of Sciences (People's Republic of China)  
**N. Zhelev** – Medical Biotechnology Center of Molecular and Cellular Technology of the Abertay University (Great Britain)

#### *Address of the Editorial Office:*

*1, Akademicheskaya Str., room 119, 220072, Minsk, Republic of Belarus.  
Tel.: +375 17 284-19-19; e-mail: doklady\_nanb@mail.ru  
doklady.belnauka.by*

---

DOKLADY OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS. 2017. VOL. 61. No. 3

*Printed in Russian, Belarusian and English languages*

---

Editor T. P. Petrovich  
Computer Imposition N. I. Kashuba

Sent for press 30.05.2017. Output 28.06.2017. Format 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Offset paper.  
Digital press. Printed sheets 14,88. Publisher's signatures 16,4. Circulation 158 copies. Order 102.  
Price: individual subscription – 10,34 BYN, departmental subscription – 25,29 BYN.

#### Publisher and printing execution:

Republican unitary enterprise "Publishing House "Belaruskaya Navuka".  
Certificate on the state registration of the publisher, manufacturer, distributor of printing editions  
no. 1/18 dated of August 2, 2013. License for press no. 02330/455 dated of December 30, 2013.  
40, F. Skorina Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus.

© RUE "Publishing House "Belaruskaya Navuka".  
Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА

<b>Корзюк В. И.</b> Метод характеристического параллелограмма на примере первой смешанной задачи для одномерного волнового уравнения.....	7
<b>Кудин А. С.</b> О малости неприводимых делителей целочисленных полиномов.....	14

## ФИЗИКА

<b>Овсюк Е. М., Коральков А. Д.</b> Скалярное поле в осциллирующей вселенной де Ситтера и отражение от космологического барьера.....	18
<b>Демиденко О. Ф., Кривченя Д. А., Маковецкий Г. И., Янушкевич К. И.</b> Структурные и магнитные свойства твердых растворов системы антимонид кобальта–теллурид кобальта.....	26
<b>Поклонский Н. А., Ковалев А. И., Вырко С. А., Власов А. Т.</b> Полупроводниковый диод с прыжковой миграцией электронов по точечным дефектам кристаллической матрицы.....	30

## ХИМИЯ

<b>Куликовская В. И., Гилевская К. С., Пинчук С. В., Красковский А. Н., Василевич И. Б., Матиевский К. А., Агабеков В. Е., Вологовский И. Д.</b> Биополимерные мультислойные пленки в качестве носителей мезенхимальных стволовых клеток.....	38
<b>Андрианов А. М., Кашин И. А., Николаев Г. И., Тузиков А. В.</b> <i>In silico</i> дизайн и оценка потенциальной активности новых ингибиторов ВИЧ-1 – миметиков первичного рецептора CD4 белка GP120 оболочки вируса.....	47
<b>Савицкая Т. А., Шахно Е. А., Фираго Е. С., Гриншпан Д. Д., Ивашкевич О. А.</b> Полимерные комплексы цефалоспориновых антибиотиков с сульфатом ацетатом целлюлозы.....	58

## БИОЛОГИЯ

<b>Сивицкая Л. Н., Даниленко Н. Г., Вайханская Т. Г., Левданский О. Д., Давыденко О. Г.</b> Диагностика болезни Данона методом targeted next-generation sequencing: идентификация мутации в гене LAMP2.....	64
<b>Вольнец А. П., Шуканов В. П., Полянская С. Н.</b> О физиологическом статусе некоторых стероидных гликозидов растений.....	73

## МЕДИЦИНА

<b>Солтанов В. В., Комаровская Л. М.</b> Роль адренорецепторов в эффектах действия жира на электрическую активность желудка и ободочной кишки.....	78
<b>Гайшун Е. И., Гайшун И. В., Пристром А. М.</b> Способ оценки «биологического возраста» артерий по жесткости сосудистой стенки, учитывающий зависимость жесткости от частоты сердечных сокращений и артериального давления.....	85

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<b>Логинов В. Ф., Микуцкий В. С.</b> Изменения климата Земного шара и их возможные причины.....	89
<b>Гарецкий Р. Г., Матвеев А. В., Каратаев Г. И.</b> Тектоно-геофизическое районирование радоноактивности пород кристаллического фундамента Беларуси.....	97

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Судник Л. В., Витязь П. А., Мазалов Ю. А., Мазалов Д. Ю.</b> Особенности окисления дисперсного алюминия в условиях высоких температур и давлений.....	104
<b>Ильющенко А. Ф., Звонарев Е. В., Витко Ж. А., Осипов В. А., Бабура Д. В.</b> Влияние режимов получения реакционно-спеченной карбидной керамики на ее структуру и свойства.....	108
<b>Фоков Ю. Г., Рутковская К. К.</b> Основные нейтронно-физические характеристики подкритической сборки «Яліна-Бустер» при снижении обогащения топлива в быстрой зоне.....	116
<b>Руденская Н. А.</b> Исследование особенностей плазменного плакирования тугоплавких порошков.....	123

## CONTENTS

### MATHEMATICS

- Korzyuk V. I.** Solution of the mixed problem for the one-dimensional wave equation with the use of the characteristic parallelogram method..... 7
- Kudin A. S.** On the order of zero approximation by irreducible divisors of integer polynomials..... 14

### PHYSICS

- Ovsiyuk E. M., Koralkov A. D.** Scalar field in the oscillating De Sitter universe and reflection from a cosmological barrier..... 18
- Demidenko O. F., Krivchenya D. A., Makovetskii G. I., Yanushkevich K. I.** Structural and magnetic properties of solid solutions of the cobalt antimonide–cobalt telluride system..... 26
- Poklonski N. A., Kovalev A. I., Vyrko S. A., Vlassov A. T.** Semiconductor diode with hopping migration of electrons via point defects of crystalline matrix ..... 30

### CHEMISTRY

- Kulikouskaya V. I., Hileuskaya K. S., Pinchuk S. V., Kraskouski A. N., Vasilevich I. B., Matievski K. A., Agabekov V. E., Volotovskii I. D.** Biopolymer multilayer films as substrates for mesenchymal stem cells ..... 38
- Andrianov A. M., Kashyn I. A., Nikolaev G. I., Tuzikov A. V.** *In silico* design and evaluation of the potential activity of novel HIV-1 inhibitors – mimetics of the primary receptor CD4 of the viral envelope gp120 protein..... 47
- Savitskaya T. A., Shakhno K. A., Firaha A. S., Grinshpan D. D., Ivashkevich O. A.** Cellulose sulfate acetate polymer complexes of cephalosporins ..... 58

### BIOLOGY

- Sivitskaya L. N., Danilenko N. G., Vaikhanskaya T. G., Liaudanski O. D., Davydenko O. G.** Danon disease diagnosis by targeted next-generation sequencing: identification of LAMP2 mutations..... 64
- Volynets A. P., Shukanov V. P., Polyanskaya S. N.** Physiological status of some steroid plant glycosides..... 73

### MEDICINE

- Soltanov V. V., Komarovskaya L. M.** Role of adrenoreceptors in the effects of fat on the electric activity of the stomach and the colon ..... 78
- Gaishun E. I., Gaishun I. V., Pristrom A. M.** Method of evaluation of the arterial vessel “biological age” through the vascular wall stiffness, considering the dependence of arterial stiffness on heart rate and blood pressure ..... 85

### EARTH SCIENCES

- Loginov V. F., Mikutskiy V. S.** Global climate changes and their possible reasons ..... 89
- Garetsky R. G., Matveyev A. V., Karatayev G. I.** Tectono-geophysical zoning of the radon activity of rocks of the crystalline basement of Belarus..... 97

### TECHNICAL SCIENCES

- Sudnik L. V., Vityaz P. A., Mazalov Yu. A., Mazalov D. Yu.** Features of oxidation aluminum dispersed at high temperatures and pressures ..... 104
- Ilyuschenko A. Ph., Zvonarev E. V., Vitko Zh. A., Osipov V. A., Babura D. V.** Influence of the modes production of reactive-sintered carbide ceramics on the structure and properties ..... 108
- Fokov Yu. G., Routkovskaia Ch. K.** Main neutronics of the subcritical assembly “Yalina-Booster” when decreasing the fuel enrichment in the fast zone ..... 116
- Rudenskaya N. A.** Study of the features of plasma plating of refractory powders..... 123

А. С. Кудин

*Институт математики Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

## О МАЛОСТИ НЕПРИВОДИМЫХ ДЕЛИТЕЛЕЙ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ПОЛИНОМОВ

*(Представлено членом-корреспондентом В. В. Гороховиком)*

Работа посвящена усилению и обобщению известной леммы из монографии А. О. Гельфонда «Трансцендентные и алгебраические числа» об оценке порядка приближения нуля неприводимым делителем целочисленного полинома. В лемме Гельфонда утверждается, что если полином  $P(x) \in \mathbb{Z}[x]$  степени не более  $n$  и высоты не более  $Q$  имеет в некоторой трансцендентной точке  $x \in \mathbb{R}$  значение  $|P(x)| < Q^{-w}$ , то при  $w > 6n$  найдется делитель  $P(x)$ , полином  $d(x) \in \mathbb{Z}[x]$ , являющийся степенью неприводимого над полем рациональных чисел целочисленного полинома, для которого справедливо  $|d(x)| < Q^{-w+6n}$ . Лемма Гельфонда и ее аналоги имеют важные приложения во многих проблемах метрической теории диофантовых приближений. Одно из них – результат В. И. Берника 1983 г. об оценке сверху размерности Хаусдорфа множества действительных чисел с заданной мерой трансцендентности, который вместе с результатом А. Бейкера и В. Шмидта 1970 г. об оценке снизу размерности Хаусдорфа позволил найти ее точное значение. В. И. Берник усилил и обобщил лемму Гельфонда, используя более слабое условие  $w > 3n$  и получая более сильную оценку  $|d(x)| < Q^{-w+n}$ , а также рассматривая значения полиномов на заданном интервале. Однако область применения данного результата была ограничена из-за достаточно сильных условий на  $w$ . В данной работе получена оценка  $|d(x)| < Q^{-w+n-1}$  на некотором интервале при отсутствии ограничений на  $w$ , что усиливает и обобщает лемму Гельфонда и существующие аналогичные результаты. В работе используются методы теории трансцендентных чисел.

*Ключевые слова:* диофантовы приближения, размерность Хаусдорфа, трансцендентные числа, результат, неприводимый делитель, лемма Гельфонда

Alexey S. Kudin

*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

## ON THE ORDER OF ZERO APPROXIMATION BY IRREDUCIBLE DIVISORS OF INTEGER POLYNOMIALS

*(Communicated by Corresponding Member V. V. Gorokhovich)*

In the article we present an improvement to the lemma on the order of zero approximation by irreducible divisors of integer polynomials from A. O. Gelfond's monograph "Transcendental and algebraic numbers". The lemma says that if a polynomial  $P(x) \in \mathbb{Z}[x]$  of degree not exceeding  $n$  and of height not exceeding  $Q$  satisfies inequality  $|P(x)| < Q^{-w}$ ,  $w > 6n$ , for some transcendental point  $x \in \mathbb{R}$ , then there exists a divisor  $d(x) \in \mathbb{Z}[x]$  of  $P(x)$  that can be written as a degree of some polynomial irreducible over the field of rational numbers satisfying  $|d(x)| < Q^{-w+6n}$ . Gelfond's lemma and similar results have important applications to many problems of the metric theory of Diophantine approximation. One of such applications is the result of V. Bernik (1983) on the upper bound for the Hausdorff dimension of the set of real numbers with specified order of zero approximation by the values of integer polynomials. This result along with the result of A. Baker and W. Schmidt (1970) on the lower bound of the Hausdorff dimension of the set mentioned above gives the exact formula. In order to prove the upper bound V. Bernik improved and extended Gelfond's lemma by using a weaker condition  $w > 3n$  and obtaining a better estimate  $|d(x)| < Q^{-w+n}$ , as well as by considering the values of polynomials on an interval. However, the condition on  $w$  is still restrictive and limits the range of problems this result could be applied to. In our work, we improve the existing results by obtaining the estimate  $|d(x)| < Q^{-w+n-1}$  on some interval for any  $w$ . The result is obtained using the methods of the theory of transcendental numbers.

*Keywords:* Diophantine approximation, Hausdorff dimension, transcendental numbers, resultant, irreducible divisor, Gelfond's lemma

Академик В. И. Корзюк

*Институт математики Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

## МЕТОД ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО ПАРАЛЛЕЛОГРАММА НА ПРИМЕРЕ ПЕРВОЙ СМЕШАННОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ОДНОМЕРНОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ

Данное сообщение ставит своей целью с помощью характеристического параллелограмма записать решение первой смешанной задачи для одномерного волнового уравнения в виде формулы, удобной для численной реализации. Вывод указанной формулы для численного решения основан на представлении классического решения рассматриваемой задачи. **Рассматриваемая задача ставится следующим образом. В полуполосе на плоскости двух независимых переменных задается одномерное волновое уравнение. К уравнению присоединяются условия Коши, которые задаются на основании полуполосы. На боковых полупрямых границы области задаются значения искомого решения через заданные функции. Данный метод характеристического параллелограмма может быть распространен на другие уравнения и задачи.**

*Ключевые слова:* классическое решение, граничные условия, условия Коши, условия согласования, характеристический параллелограмм

**Academician Viktor I. Korzyuk**

*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

**SOLUTION OF THE MIXED PROBLEM FOR THE ONE-DIMENSIONAL WAVE EQUATION  
WITH THE USE OF THE CHARACTERISTIC PARALLELOGRAM METHOD**

This article is aimed at constructing a solution to the first mixed problem for the one-dimensional wave equation in the form convenient for numerical implementation with the help of the characteristic parallelogram. The derivation of the formula for numerical solution is based on the representation of the classical solution of the considered problem.

This problem is formulated as follows. The one-dimensional wave equation is given in the half-strip on the plane of the two independent variables. Cauchy conditions assigned on the basis of the half-strip are related to the equation. Values of the sought solution are set by the given functions on the lateral half-line side of the area.

The parallelogram method can be extended to other equations and problems.

*Keywords:* classical solution, boundary conditions, Cauchy conditions, agreement conditions, characteristic parallelogram

**Е. М. Овсиюк, А. Д. Коральков**

*Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина,  
Мозырь, Республика Беларусь*

**СКАЛЯРНОЕ ПОЛЕ В ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ ВСЕЛЕННОЙ ДЕ СИТТЕРА  
И ОТРАЖЕНИЕ ОТ КОСМОЛОГИЧЕСКОГО БАРЬЕРА**

*(Представлено членом-корреспондентом Л. М. Томильчиком)*

Ранее было установлено существование эффекта полного отражения частиц от космологического барьера, генерируемого геометрией пространства Лобачевского. В настоящей работе исследован эффект «космологического зеркала» в условиях нестатической геометрии пространства–времени. Детально рассмотрен случай скалярного поля в случае осциллирующей модели де Ситтера. В условиях нестатичности геометрии эффект отражения от космологического барьера сохраняется. Показано также, что обращение в нуль множителя  $\cos^2 t$  в метрике пространства–времени не приводит к сингулярному поведению решений уравнения для скалярного поля, поскольку имеются простые асимптотики решений по временной переменной  $t$  в виде чистых фазовых множителей, и при рассмотрении квадрата модуля волновых функций эти фазовые множители при  $\cos t \rightarrow 0$  обращаются в 1.

*Ключевые слова:* уравнение Клейна–Фока–Гордона, спин 0, осциллирующая модель де Ситтера, разделение переменных, точные решения, отражение частиц

**Elena M. Ovsyuk, Artem D. Koralkov**

*Mozyr State Pedagogical University named after I. P. Shamyakin, Mozyr, Republic of Belarus*

**SCALAR FIELD IN THE OSCILLATING DE SITTER UNIVERSE AND REFLECTION FROM  
A COSMOLOGICAL BARRIER**

*(Communicated by Corresponding Member L. M. Tomilchik)*

Recently it has been shown that the Lobachevsky geometry simulates an ideal mirror distributed in the space. Since the Lobachevsky model enters some cosmological models of the Universe, using these models we need to take into account the presence of the «cosmological mirror». The earlier analysis assumed a static character of the space-time geometry. In this article, the generalization of the cosmological reflection effect to the oscillating de Sitter Universe is given for the scalar field. It is shown that the vanishing factor  $\cos^2 t$  in the metric of space-time does not lead to a singular behavior of solutions of the wave equation for the scalar field; instead, the solutions have a simple phase factor behavior in the time variable  $t$ , so the squared modulus of the wave function at  $\cos t \rightarrow 0$  turns to be 1.

*Keywords:* Klein–Fock–Gordon equation, spin 0, the oscillating de Sitter universe, separation of the variables, exact solutions, reflection of the particles

**О. Ф. Демиденко, Д. А. Кривченя, Г. И. Маковецкий, К. И. Янушкевич**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению,  
Минск, Республика Беларусь*

## **СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ АНТИМОНИД КОБАЛЬТА–ТЕЛЛУРИД КОБАЛЬТА**

*(Представлено членом-корреспондентом В. М. Федосюком)*

Методом плавления соответствующих количеств порошков соединений антимонида кобальта и теллурида кобальта в вакууме синтезированы сплавы твердых растворов системы  $\text{CoSb}_{1-x}\text{Te}_x$ . Результаты рентгеноструктурного анализа сплавов подтвердили образование в системе непрерывного ряда твердых растворов со структурой никель-арсенидного типа. Постоянные  $a$  исходных соединений  $\text{CoSb}$  и  $\text{CoTe}$  близки по величинам, что определяет практически параллельный оси концентрации ход зависимости  $a = f(x)$ . Зависимость постоянной  $c$  от концентрации плавно возрастает от 5,181 Å у  $\text{CoSb}$  до 5,371 Å у  $\text{CoTe}$  с небольшим прогибом к оси концентраций. Плотность сплавов, определенная методом гидростатического взвешивания в тетрахлориде углерода, имеет линейный характер зависимости от концентрации. Концентрационная зависимость микротвердости сплавов системы  $\text{CoSb}_{1-x}\text{Te}_x$  проходит через слабо выраженный максимум в области средних составов. Пондеромоторным методом в магнитном поле  $6,8 \cdot 10^5$  А/м в интервале температур 80–1200 К измерены удельная намагниченность и магнитная восприимчивость сплавов системы. При температуре жидкого азота величина удельной намагниченности максимальна ( $\sim 6,0\text{--}6,5$  Гс  $\cdot$  см<sup>3</sup>  $\cdot$  г<sup>-1</sup>) у составов  $\text{CoTe}$  и  $\text{CoSb}_{0,1}\text{Te}_{0,9}$  и практически равна нулю у  $\text{CoSb}$  и твердых растворов на его основе. Твердые растворы составов  $x = 0,4\text{--}0,9$  обладают температурой магнитного перехода, превышающей 1200 К.

*Ключевые слова:* твердые растворы, структура, плотность сплавов, удельная намагниченность

**Olga F. Demidenko, Dmitry A. Krivchenya, Gennadii I. Makovetskii, Kazimir I. Yanushkevich**

*Scientific and Practical Materials Research Centre of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

## **STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS OF THE COBALT ANTIMONIDE–COBALT TELLURIDE SYSTEM**

*(Communicated by Corresponding Member V. M. Fedosuyk)*

By the method of melting special powder amounts of cobalt antimonide and cobalt telluride in vacuum, the solid solutions alloys of the  $\text{CoSb}_{1-x}\text{Te}_x$  system were synthesized with the NiAs structure. X-ray analysis results of the alloys confirmed the formation of a continuous series of solid solutions with a nickel-arsenide-type structure in the system. The constants  $a$  of the initial  $\text{CoSb}$  and  $\text{CoTe}$  compounds are close in values, which determines the course of the dependence  $a = f(x)$  that is practically parallel to the concentration axis. The dependence of the constant  $c$  on the concentration increases smoothly from 5.181 Å in  $\text{CoSb}$  to 5.371 Å in  $\text{CoTe}$  with a slight deflection to the concentration axis. The alloy density, determined by the hydrostatic weighing in carbon tetrachloride, has a linear dependence on the concentration. The concentration dependence of the micro hardness of the  $\text{CoSb}_{1-x}\text{Te}_x$  alloys passes through a weakly expressed maximum in the range of average compositions. Specific magnetization and magnetic susceptibility of the alloys are measured by the ponderomotive method in a magnetic field of  $6.8 \cdot 10^5$  A/m in the temperature range 80–1200 K. At the temperature of liquid nitrogen, the value of specific magnetization is maximum ( $\sim 6.0\text{--}6.5$  G  $\cdot$  cm<sup>3</sup>  $\cdot$  g<sup>-1</sup>) in  $\text{CoTe}$  and solid solutions based on it. Solid solutions of compositions  $x = 0.4\text{--}0.9$  have a magnetic transition temperature exceeding 1200 K.

*Keywords:* solid solutions, structure, alloys density, specific magnetization

**Nikolai A. Poklonski, Alexander I. Kovalev, Sergey A. Vyrko, Anatoli T. Vlassov**

*Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*

## **SEMICONDUCTOR DIODE WITH HOPPING MIGRATION OF ELECTRONS VIA POINT DEFECTS OF CRYSTALLINE MATRIX**

*(Communicated by Academician N. M. Olekhovich)*

For the first time, a semiconductor  $p^+n^+$ -diode is considered, which is completely compensated with the point irradiation-induced defects ( $rt$ -defects) of one kind in three charge states ( $-1, 0, +1$  in elementary charge units) on the background of the crystalline matrix. Each  $rt$ -defect introduces two energy levels into the semiconductor band gap. Such a diode, in which electrons in the conduction band and holes in the valence band are absent, is called a  $\zeta$ -diode. The charge transport in the  $\zeta$ -diode is performed by electron hopping via  $rt$ -defects only. In the drift-diffusion approximation, a system of nonlinear differential equations, which describes the hopping migration of electrons via  $rt$ -defects, is solved numerically. The distribution of the electric potential and the charge states along the  $\zeta$ -diode, as well as its static current-voltage characteristics are calculated for a temperature of 78 K. The possibility of hopping current rectification in the  $\zeta$ -diode based on crystalline silicon, partially disordered by the point irradiation-induced defects, is shown.

*Keywords:* irradiation-induced multicharge defects, hopping migration of electrons, drift-diffusion approximation, semiconductor diode, current-voltage characteristics

Н. А. Поклонский, А. И. Ковалев, С. А. Вырко, А. Т. Власов

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД С ПРЫЖКОВОЙ МИГРАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ТОЧЕЧНЫМ ДЕФЕКТАМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ

(Представлено академиком Н. М. Олехновичем)

Впервые рассматривается полупроводниковый  $p^+n^+$ -диод, полностью компенсированный точечными радиационными дефектами ( $rt$ -дефектами) одного сорта в трех зарядовых состояниях ( $-1, 0, +1$  в единицах элементарного заряда) на фоне кристаллической матрицы. Каждый  $rt$ -дефект вносит два уровня энергии в запрещенную энергетическую зону полупроводника. Такой диод, в котором отсутствуют и электроны в зоне проводимости, и дырки в валентной зоне, называется  $\zeta$ -диодом. Перенос зарядов в  $\zeta$ -диоде осуществляется только посредством прыжков электронов между  $rt$ -дефектами. В дрейфово-диффузионном приближении численно решена система нелинейных дифференциальных уравнений, описывающая прыжковую миграцию электронов по  $rt$ -дефектам. Рассчитаны распределение электрического потенциала и зарядовых состояний дефектов вдоль  $\zeta$ -диода, а также его статическая вольт-амперная характеристика для температуры 78 К. Показана возможность выпрямления прыжкового тока в  $\zeta$ -диоде на основе кристаллического кремния, частично разупорядоченного точечными радиационными дефектами.

*Ключевые слова:* радиационные многозарядные дефекты, прыжковая миграция электронов, дрейфово-диффузионное приближение, полупроводниковый диод, вольт-амперная характеристика

В. И. Куликовская<sup>1</sup>, К. С. Гилевская<sup>1</sup>, С. В. Пинчук<sup>2</sup>, А. Н. Красковский<sup>1</sup>, И. Б. Василевич<sup>2</sup>,  
К. А. Матиевский<sup>2</sup>, академик В. Е. Агабеков<sup>1</sup>, академик И. Д. Волотовский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь

## БИОПОЛИМЕРНЫЕ МУЛЬТИСЛОЙНЫЕ ПЛЕНКИ В КАЧЕСТВЕ НОСИТЕЛЕЙ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК

Получены мультислойные пленки: (хитозан/декстран)<sub>n</sub>, (хитозан/пектин)<sub>n</sub>, (хитозан/карбоксиметилцеллюлоза)<sub>n</sub>, (полиэтиленимин/декстран)<sub>n</sub>, (полиэтиленимин/пектин)<sub>n</sub>, (полиэтиленимин/карбоксиметилцеллюлоза)<sub>n</sub> ( $n = 4, 5$ ) с толщиной от 8,5 до 396,3 нм. Установлена взаимосвязь между физико-химическими характеристиками пленок и адгезией на них мезенхимальных стволовых клеток. Показано, что мезенхимальные стволовые клетки эффективно адгезируют на вязкоэластичных бездефектных ультратонких мультислойных хитозан-содержащих пленках и формируют на их поверхности монослойную культуру фибробластоподобных клеток с высокой жизнеспособностью.

*Ключевые слова:* полисахариды, мультислойные пленки, мезенхимальные стволовые клетки, адгезия, атомно-силовая микроскопия, фазово-контрастная микроскопия, флуоресцентная микроскопия

Viktoryia I. Kulikouskaya<sup>1</sup>, Kseniya S. Hileuskaya<sup>1</sup>, Sergei V. Pinchuk<sup>2</sup>, Aliaksandr N. Kraskouski<sup>1</sup>,  
Irina B. Vasilevich<sup>2</sup>, Kirill A. Matievski<sup>2</sup>, Academician Vladimir E. Agabekov<sup>1</sup>, Academician Igor D. Volotovski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Institute Biophysics and Cell Engineering of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

## BIOPOLYMER MULTILAYER FILMS AS SUBSTRATES FOR MESENCHYMAL STEM CELLS

Multilayer films (chitosan/dextran)<sub>n</sub>, (chitosan/pectin)<sub>n</sub>, (chitosan/carboxymethylcellulose)<sub>n</sub>, (polyethyleneimine/dextran)<sub>n</sub>, (polyethyleneimine/pectin)<sub>n</sub>, (polyethyleneimine/carboxymethylcellulose)<sub>n</sub> ( $n = 4, 5$ ) with a thickness of 8.5 to 396.3 nm have been obtained. The relationship between the physicochemical characteristics of the films and the adhesion of mesenchymal stem cells to them has been determined. It has been shown that the mesenchymal stem cells effectively adhere to defect-free ultrathin multilayer viscoelastic chitosan-containing films and form on their surface a monolayer culture of fibroblast-like cells with high viability.

*Keywords:* polysaccharides, multilayer films, mesenchymal stem cells, adhesion, atomic force microscopy, phase contrast microscopy, fluorescence microscopy

**А. М. Андрианов<sup>1</sup>, И. А. Кашин<sup>2</sup>, Г. И. Николаев<sup>2</sup>, член-корреспондент А. В. Тузиков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь*

### **IN SILICO ДИЗАЙН И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ ИНГИБИТОРОВ ВИЧ-1 – МИМЕТИКОВ ПЕРВИЧНОГО РЕЦЕПТОРА CD4 БЕЛКА GP120 ОБОЛОЧКИ ВИРУСА**

На основе методологии клик-химии осуществлен *in silico* дизайн новых ингибиторов проникновения ВИЧ-1, способных имитировать первичный рецептор CD4 белка gp120 оболочки вируса. С помощью методов молекулярного докинга проведена оценка нейтрализующей активности сконструированных молекул, в результате которой идентифицированы 6 соединений-лидеров, перспективных для синтеза и биологических испытаний. Показано, что обнаруженные соединения формируют базовые структуры для разработки новых эффективных анти-ВИЧ препаратов с широкой вирусной нейтрализацией.

*Ключевые слова:* ВИЧ-1, белок gp120, ингибиторы проникновения ВИЧ-1, компьютерное конструирование лекарств, методология клик-химии, молекулярный докинг

**Alexander M. Andrianov<sup>1</sup>, Ivan A. Kashyn<sup>2</sup>, Grigorii I. Nikolaev<sup>2</sup>, Corresponding Member Aleksander V. Tuzikov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

<sup>2</sup>*United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

### **IN SILICO DESIGN AND EVALUATION OF THE POTENTIAL ACTIVITY OF NOVEL HIV-1 INHIBITORS – MIMETICS OF THE PRIMARY RECEPTOR CD4 OF THE VIRAL ENVELOPE GP120 PROTEIN**

*In silico* design of novel HIV-1 entry inhibitors able to mimic the primary receptor CD4 of the viral envelope gp120 protein was carried out using the click-chemistry methodology. The neutralizing activity of the designed molecules was evaluated by molecular docking, resulting in the discovery of 6 top compounds promising for synthesis and biological trials. The designed compounds may be used as basic structures for the development of novel, potent, and safe antiviral drugs with broad HIV-1 neutralization.

*Keywords:* HIV-1, gp120 protein, HIV-1 entry inhibitors, computer-aided drug design, click chemistry methodology, molecular docking

**Т. А. Савицкая<sup>1</sup>, Е. А. Шахно<sup>1</sup>, Е. С. Фираго<sup>1</sup>, Д. Д. Гриншпан<sup>2</sup>, академик О. А. Ивашкевич<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Научно-исследовательский институт физико-химических проблем Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь*

### **ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЦЕФАЛОСПОРИНОВЫХ АНТИБИОТИКОВ С СУЛЬФАТОМ АЦЕТАТОМ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

В настоящее время актуальна направленная модификация антибиотиков с целью создания кислоторезистентных лекарственных форм, пригодных для перорального применения. В настоящей работе были синтезированы полимерные комплексы цефалоспориновых антибиотиков третьего поколения цефтриаксона и цефотаксима с водорастворимым производным целлюлозы – сульфатом ацетатом в форме натриевой соли. Полученные комплексы охарактеризованы методами УФ- и ИК-спектроскопии. Путем иммобилизации комплекса на активированном угле получены кислотоустойчивые таблетированные лекарственные формы для перорального применения, которые могут быть предложены для проведения доклинических и клинических испытаний.

*Ключевые слова:* антибиотик, цефалоспорин, сульфатированный полисахарид, полимерный комплекс, таблетка, инъекция

**Tatsiana A. Savitskaya<sup>1</sup>, Katsiaryna A. Shakhno<sup>1</sup>, Alena S. Firaha<sup>1</sup>, Dzmitry D. Grinshpan<sup>2</sup>,  
Academician Oleg A. Ivashkevich<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*

<sup>2</sup>*Research Institute for Physical Chemical Problems of the Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*

### **CELLULOSE SULFATE ACETATE POLYMER COMPLEXES OF CEPHALOSPORINS**

The state-of-the-art in antibiotics modification is the development of acid resistant dosage forms for per oral treatment. This article is about the synthesis of complexes of ceftriaxone and cefotaxime, 3rd generation antibiotics of cephalosporines family, with new water-soluble cellulose derivative – acetate sulfate sodium salt. The composition of complexes was established by UV- and FTIR-spectroscopy. Stable in acid media tablet dosage form of antibiotics was prepared by the immobilization of complexes on activated carbon. Release of the major quantity of antibiotics was proved by HPLC method to be in alkaline media modeling the intestine.

*Keywords:* antibiotic, cephalosporin, sulfated polysaccharide, polymer complex, tablet, injection

**Л. Н. Сивицкая<sup>1</sup>, Н. Г. Даниленко<sup>1</sup>, Т. Г. Вайханская<sup>2</sup>, О. Д. Левданский<sup>1</sup>,  
член-корреспондент О. Г. Давыденко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*  
<sup>2</sup>*Республиканский научно-практический центр «Кардиология», Минск, Республика Беларусь*

## **ДИАГНОСТИКА БОЛЕЗНИ ДАНОНА МЕТОДОМ TARGETED NEXT-GENERATION SEQUENCING: ИДЕНТИФИКАЦИЯ МУТАЦИИ В ГЕНЕ LAMP2**

В сообщении представлен клинический случай болезни Данона, впервые диагностированной в Беларуси. Метод targeted Next-Generation Sequencing (tNGS) был применен для поиска изменений в 46 генах, ассоциированных с развитием кардиомиопатий различного генеза, у пациента с дилатационной кардиомиопатией. Сопутствующими клиническими проявлениями были периферические мышечные нарушения и умеренная деменция. Выявлена гемизиготная делеция c.864+3\_864+6delGAGT (rs397516751, NM\_002294.2) в гене LAMP2, затрагивающая естественный сайт сплайсинга. Ген LAMP2 (Lysosomal Associated Membrane Protein 2, Xq24) кодирует мембранный гликопротеид, необходимый для адгезии лизосом. Мутации в нем приводят к накоплению гликогена в клетках вследствие нарушения процесса аутофагии лизосомами. Клинически они проявляются болезнью Данона: гипертрофическая или дилатационная кардиомиопатия, скелетная миопатия и умственная отсталость. В представленном клиническом случае метаболическая причина кардиомиопатии была не распознана. Метод tNGS позволил скорректировать диагноз. Очевидна необходимость наиболее ранней постановки правильного диагноза у таких пациентов для своевременного принятия мер, направленных на замедление прогрессирования заболевания. Болезнь Данона может протекать бессимптомно до пубертатного возраста, далее происходит стремительное развитие и прогрессирование признаков с высокой смертностью, возникающей внезапно.

*Ключевые слова:* болезнь Данона, кардиомиопатия, ген LAMP2, Next-Generation Sequencing, сплайсинг-мутация, ДНК-диагностика

**Larysa N. Sivitskaya<sup>1</sup>, Nina G. Danilenko<sup>1</sup>, Tatiana G. Vaikhanskaya<sup>2</sup>, Aleh D. Liaudanski<sup>1</sup>,  
Corresponding Member Oleg G. Davydenko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*  
<sup>2</sup>*Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, Minsk, Republic of Belarus*

## **DANON DISEASE DIAGNOSIS BY TARGETED NEXT-GENERATION SEQUENCING: IDENTIFICATION OF LAMP2 MUTATIONS**

The case report of the Danon disease firstly diagnosed in Belarus is presented. The targeted Next-Generation Sequencing (tNGS) was used to search for mutations in 46 genes associated with cardiomyopathy of different genesis in a patient suffered from dilated cardiomyopathy, peripheral muscle disorders and mild dementia. Hemizygous deletion c.864+3\_864+6delGAGT (rs397516751, NM\_002294.2) in the LAMP2 gene affecting the natural splice site was detected. The LAMP2 gene (Lysosomal Associated Membrane Protein 2, Xq24) encodes a membrane glycoprotein essential for the adhesion of lysosomes. Mutations in LAMP2 lead to the distortion of the autophagy by lysosomes and glycogen accumulation in the cells. Clinically, they manifest in the Danon disease: hypertrophic or dilated cardiomyopathy, skeletal myopathy, and mental retardation. The metabolic reason of cardiomyopathy has not been recognized in the present case. The tNGS has allowed one to correct the diagnosis. The early exact diagnosis for such patients is essential to slow down the disease progression. The Danon disease can proceed asymptotically before puberty and then develops rapidly with sudden mortality.

*Keywords:* Danon disease, cardiomyopathy, LAMP2 gene, Next-Generation Sequencing, splicing mutation, DNA diagnostics

**Aleksandr P. Volynets, Vladimir P. Shukanov, Svetlana N. Polyanskaya**

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

## **PHYSIOLOGICAL STATUS OF SOME STEROID PLANT GLYCOSIDES**

*(Communicated by Academician V. I. Parfenov)*

The comparative study of the processes of growth, organ formation and physiological and biochemical responses of plants in experiences *in vitro* and *in vivo* are carried out under influence steroid glycosides and plant hormones (auxins, gibberellins and cytokinins). The common and specific properties of these connections are revealed. On the strength of these properties, the steroid glycosides are referred to new group steroid phytohormones. The general properties of steroid glycosides are optimization of all the known processes of growth and morphogenesis (intensification of the growth of stems, leaves and roots of wheat, apical dominance in barley and wheat, accelerating germination of freshly harvested potato tubers, the increase of pigment content in the cereals leaves, the cotyledons of pumpkin and amaranth seedlings, the accumulation of biomass in clover plants), *atraversa* ability and regulation of physiological and biochemical processes of plants. The new plant hormones are hydrophilic conjugate that activates juvenile and volumetric growth, with prolonged activity, high stability and transportability in plants.

*Keywords:* steroidal glycosides, phytohormones, regulation of growth and morphogenesis, physiological and biochemical processes

**А. П. Волынец, В. П. Шуканов, С. Н. Полянская<sup>1</sup>**

*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь*

## **О ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ СТАТУСЕ НЕКОТОРЫХ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ РАСТЕНИЙ**

*(Представлено академиком В. И. Парфеновым)*

Изучение процессов роста разных органов и видов растений в опытах *in vivo* и *in vitro*, особенностей органогенеза, физиолого-биохимических реакций и функций стероидных гликозидов на фоне известных фитогормонов ауксинов, гиббереллинов и цитокининов позволило выявить как общие, так и специфические свойства этой группы природных регуляторов роста, по совокупности которых они отнесены к новой группе стероидных фитогормонов, имеющих наиболее широкое сходство с ауксином. К общим свойствам стероидных гликозидов можно отнести рост растяжением колеоптилей злаков, интенсификацию роста стеблей, листьев и корней пшеницы, апикальное доминирование у ячменя и пшеницы, ускорение прорастания свежесубстрата клубней картофеля, повышение содержания пигментов в листьях злаков, семядолях тыквы и проростках щирцы, накопление биомассы в растениях клевера, т. е. оптимизирование всех известных процессов роста и формообразования, а также аттрагирующую способность и регуляцию физиолого-биохимических процессов растений. Отличительные особенности новых фитогормонов – гидрофильные конъюгаты, активирующие ювенильный и объемный рост, обладающие пролонгированной активностью, высокой стабильностью и транспортабельностью в растениях.

*Ключевые слова:* стероидные гликозиды, фитогормоны, регуляция роста и морфогенеза, физиолого-биохимические процессы

**Член-корреспондент В. В. Солтанов, Л. М. Комаровская**

*Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

## **РОЛЬ АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ В ЭФФЕКТАХ ДЕЙСТВИЯ ЖИРА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЖЕЛУДКА И ОБОДОЧНОЙ КИШКИ**

Цель работы заключалась в изучении эффектов действия жира и адреноблокатора пропранолола на изменения потенциалов гладких мышц (ПГМ) желудка и ободочной кишки, импульсации симпатических волокон (ИСВ). Проведены острые опыты на крысах (наркоз – 70 мг/кг тиопентала натрия, внутривенно). Установлено, что однократное введение оливкового масла в дуоденум (0,5 мл) приводит к длительному увеличению амплитуды ПГМ пилоруса и реципрокно – к падению в ободочной кишке. Одновременно наступает симпатическая ингибирующая реакция – ИСВ в брыжеечных нервах каудальной части кишечника угнетена. Подкожная предварительная инъекция пропранолола устраняет и тот и другой ответы.

После длительного добавления в корм оливкового масла (1 мл/сут.) через 30 сут. значительно повышена амплитуда фоновых ПГМ пилоруса, отсутствуют эффекты повышения ПГМ на действие пропранолола, жира, которые регулярно возникают в контроле, но потенциалы ободочной кишки, как и при разовом введении  $\beta$ -блокатора, понижаются достоверно. Эти данные свидетельствуют, что как однократное, так и длительное действие жира на интероцепторы вызывает устойчивое угнетение активности  $\beta$ -адренорецепторов желудка и кишечника, повышается вследствие этого тоническая электрическая активность гладких мышц этих органов. Предполагается, что адреноблокирующие эффекты потребляемого в большом количестве жира на моторную функцию кишечника составляют важное звено периферических механизмов, связанных с процессами ожирения.

*Ключевые слова:* липиды, потенциалы гладких мышц, кишечник,  $\beta$ -блокаторы

**Corresponding Member Vladimir V. Soltanov, Ludmila M. Komarovskaya**

*Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

## **ROLE OF ADRENORECEPTORS IN THE EFFECTS OF FAT ON THE ELECTRIC ACTIVITY OF THE STOMACH AND THE COLON**

The objective of the present work is to study the effects of fat and propranolol adreno-blocker on changes in the potentials of smooth muscles (PSM) of the stomach and the colon, impulsion of sympathetic fibres (ISF). Acute experiments on rats (anaesthesia – 70 mg/kg of thiopental sodium, intraperitoneally) have been carried. It is found that a single introduction of olive oil into the duodenum (0.5 ml) results in a long increase of the amplitude of the PSM of pilorus and reciprocally – to falling in the colon. Simultaneously, the sympathetic inhibitory reaction occurs and the ISF in the mesenteric nerves of the caudal part of the intestines is depressed. The preliminary hypodermic introduction of propranolol eliminates both those answers.

After a long addition of olive oil (1 ml/day) to the feed, in 30 days the amplitude of the background PSMs of the pilorus considerably grows and there are no effects of the PSM increase on the action of propranolol and fat regularly arising in the control, but the colon potentials decrease for sure as in the case of a single introduction of the  $\beta$ -blocker. These data show that both single and long actions of the fat on interoceptors cause a stable suppression of the activity of  $\beta$ -adrenoreceptors of the stomach and intestines, thereof the tonic electric activity of the smooth muscles of these organs rises. It is supposed that the adreno-blocking effects of the fat consumed in large quantities on the motor function of the intestines are an important part of the peripheral mechanisms associated with the obesity.

*Keywords:* lipides, potentials of smooth muscles, intestines,  $\beta$ -blocker

**Е. И. Гайшун<sup>1</sup>, академик И. В. Гайшун<sup>2</sup>, А. М. Пристром<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*1-я городская клиническая больница, Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Институт математики Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

<sup>3</sup>*Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Республика Беларусь*

## **СПОСОБ ОЦЕНКИ «БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА» АРТЕРИЙ ПО ЖЕСТКОСТИ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ, УЧИТЫВАЮЩИЙ ЗАВИСИМОСТЬ ЖЕСТКОСТИ ОТ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ**

Разработан способ оценки «биологического возраста» (БВ) артерий, в основу которого положена жесткость сосудистой стенки. Жесткость определяется с помощью нового индекса, не зависящего от артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Указанные особенности используемого индекса позволяют нивелировать влияние АД и ЧСС на жесткость артерии. Поэтому оценки БВ, полученные на основе предложенного способа, являются достаточно точными. Это дает возможность с высокой достоверностью выявить случаи ускоренного старения артериальной системы. Способ детально реализован для общей сонной артерии. Установлены формулы, определяющие ее БВ по значениям индекса жесткости и ЧСС.

*Ключевые слова:* биологический возраст, артериальная жесткость, частота сердечных сокращений

**Elena I. Gaishun<sup>1</sup>, Academician Ivan V. Gaishun<sup>2</sup>, Andrei M. Pristrom<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*1 Minsk City Clinical Hospital, Minsk, Republic of Belarus*

<sup>2</sup>*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

<sup>3</sup>*Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Republic of Belarus*

## **METHOD OF EVALUATION OF THE ARTERIAL VESSEL “BIOLOGICAL AGE” THROUGH THE VASCULAR WALL STIFFNESS, CONSIDERING THE DEPENDENCE OF ARTERIAL STIFFNESS ON HEART RATE AND BLOOD PRESSURE**

We have developed the method for evaluation of the arterial vessel “biological age” (BA) through arterial wall stiffness. Stiffness is determined using a new index, which is independent of blood pressure and heart rate. These features of the used index allow neutralizing the effect of blood pressure and heart rate on arterial stiffness. Therefore, the evaluation of BA based on the proposed method is reasonably accurate. It gives the possibility of a highly reliable detection of the arterial system accelerated aging. The method is implemented in detail for the common carotid artery. We have established the formulas determining its BA index through stiffness index and heart rate values.

*Keywords:* biological age, arterial stiffness, heart rate

**Академик В. Ф. Логинов, В. С. Микуцкий**

*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

## **ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЗЕМНОГО ШАРА И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ**

Основные неопределенности оценок изменений климата связаны как с недостаточностью и неполной достоверностью использованных данных, так и недостаточной разработанностью физических основ изменения климата. Особенно большая неопределенность остается в оценках влияния «малых» климатообразующих факторов (солнечная и геомагнитная активность, геофизические параметры Земли, планетные влияния и др.). Цель работы – оценка изменений климата Земного шара и их причин. Особое внимание было уделено проявлению 22-летнего цикла магнитной солнечной активности в изменении величин трендов аномалий глобальной и полушарных температур. Новый подход при изучении характера и тесноты солнечно-атмосферных связей сопровождался широким использованием различных методов, включая параметрические и непараметрические оценки статистической значимости полученных результатов. Использована упрощенная модель 22-летних циклов солнечной активности.

Анализ изменений скользящих линейных трендов аномалий температуры Земного шара показал отчетливое и статистически значимое проявление 22-летнего магнитного солнечного цикла в пространственно-временных изменениях величины трендов. Теснота связи 22-летних солнечных циклов и величин линейных трендов аномалий температуры оказалась несколько выше зимой, чем в другие сезоны года.

Предложен альтернативный сценарий изменения климата Земного шара на ближайшие годы, предполагающий уменьшение величин аномалий температуры Земного шара в 2017–2019 (2020) гг. на 0,1–0,2 °С по сравнению с предыдущим 3-летним периодом.

*Ключевые слова:* изменение климата, парниковые газы, солнечная активность, 22-летний цикл

**Academician Vladimir F. Loginov, Vladimir S. Mikutskiy**

*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

### **GLOBAL CLIMATE CHANGES AND THEIR POSSIBLE REASONS**

There is a big uncertainty of the assessments of the effect of “small” climate formative factor (solar and geomagnetic activity, geophysical parameters of the Earth, planetary effects, etc.) on the climate. The objective of the article is to assess global climate changes and their causes. For the first time, when analyzing the character and closeness of solar-atmospheric connections, the approach based on the simplified 22-year cycle model of the solar activity and running trends of temperature anomalies is applied. The obtained results are verified with a wide use of various methods for assessment of their statistical significance.

The analysis of the changes in the linear trends of global temperature anomalies has shown a distinct and statistically significant manifestation of a 22-year magnetic solar cycle in the space-temporal changes of trend values. The closeness of the connection of 22-year solar cycles and the values of the linear trends of the temperature anomalies appeared to be somewhat higher in the winter than in other year seasons.

The alternative scenario of Globe climate changes in the near future, assuming a decrease in the values of the Globe temperature anomalies in 2017–2019 (2020) by 0.1–0.2 °C in comparison with the previous period (2014–2016), is offered.

*Keywords:* climate changes, greenhouse gases, solar activity, 22-year cycle

**Академик Р. Г. Гарецкий, академик А. В. Матвеев, Г. И. Каратаев**

*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

### **ТЕКТОНО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ РАДОНОАКТИВНОСТИ ПОРОД КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА БЕЛАРУСИ**

Установлена высокая степень корреляционно-генетической связи между объемной активностью радона (ОАР) основных типов пород кристаллического фундамента, геофизическими полями и основными тектоническими элементами. На основании этой связи построена карта радоноактивности фундамента с выделением трех типов территорий: с ОАР более 78200 Бк/м<sup>3</sup>, 50000–72900 Бк/м<sup>3</sup> и 25700–44000 Бк/м<sup>3</sup>. В распределении ОАР проявляются как особенности состава пород, так и элементы структурного районирования фундамента.

*Ключевые слова:* радон, радоновая опасность, объемная активность радона, породы фундамента, геофизические поля

**Academician Radim G. Garetsky, Academician Aleksey V. Matveyev, German I. Karatayev**

*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

### **TECTONO-GEOPHYSICAL ZONING OF THE RADON ACTIVITY OF ROCKS OF THE CRYSTALLINE BASEMENT OF BELARUS**

The high degree of correlation and genetic communications between radon volume activities (RVO), main types of crystalline basement rocks, geophysical fields, and main tectonic elements has been detected. Taking into account this correlation, a map of the radon activity of the basement was designed with three types of territory marking: with RVO more than 78200 Bq/m<sup>3</sup>, 50000–72900 Bq/m<sup>3</sup> and 25700–44000 Bq/m<sup>3</sup>. The particular composition of rocks, as well as structural elements of zoning of the basemenet appeared in the RVO distribution.

*Keywords:* radon, radon contamination hazard, crystalline basement rocks, geophysical fields

**Larisa V. Sudnik<sup>1</sup>, Academician Petr A. Vityaz<sup>2</sup>, Yuri A. Mazalov<sup>3</sup>, Dmitriy Yu. Mazalov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Research Institute of Pulsed Processes with Pilot Plant Minsk of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

<sup>2</sup>*Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

<sup>3</sup>*Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”,  
Moscow, Russian Federation*

### **FEATURES OF OXIDATION OF ALUMINUM DISPERSED AT HIGH TEMPERATURES AND PRESSURES**

In recent times, researchers are interested in ultra and nanopowders of oxide ceramics and functional materials based on them. This article describes the results of obtaining an aluminum hydroxide powder – boehmite produced by the method of hydrothermal oxidation of aluminum. Boehmite obtained by this technology is characterized by high phase purity (according to the XRD-analysis there is well-crystallized boehmite). It is found that the hydrothermal synthesis, carried out by combustion in pre- and supercritical water, can be considered as an effective method of obtaining extra pure nanocrystalline hydroxides (boehmite) and oxides of aluminum (corundum). In the case of realization of oxides and hydroxides of aluminum and also the technology of obtaining hydrogen and heat energy, this process can be considered to be highly profitable.

*Keywords:* aluminum oxide, aluminum hydroxide, boehmite, hydrothermal synthesis, hydrothermal oxidation

Л. В. Судник<sup>1</sup>, академик П. А. Витязь<sup>2</sup>, Ю. А. Мазалов<sup>3</sup>, Д. Ю. Мазалов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством  
Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Президиум Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

## ОСОБЕННОСТИ ОКИСЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО АЛЮМИНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ДАВЛЕНИЙ

В последние годы все больший интерес проявляется к исследованиям ультра- и нанодисперсных систем на основе оксидокерамических порошков и функциональных материалов на их основе. В представленной работе приводятся результаты получения порошка гидроксида алюминия – бемита, полученного по технологии гидротермального окисления, который характеризуется высокой фазовой чистотой (по данным рентгенофазного анализа присутствует хорошо закристаллизованный бемит). Установлено, что гидротермальный синтез, осуществляемый путем сжигания в до- и сверхкритических водных средах, можно рассматривать как эффективный способ получения особо чистых нанокристаллических гидроксидов (бемит) и оксидов (корунд) алюминия. При условии реализации оксидов и гидроксидов алюминия как товарных продуктов, а также технологии получения водорода и тепловой энергии, представленный процесс может относиться к высококоротельным.

*Ключевые слова:* оксид алюминия, гидроксид алюминия, бемит, гидротермальный синтез, гидротермальное окисление

**Член-корреспондент А. Ф. Ильюшенко, Е. В. Звонарев, Ж. А. Витко,  
В. А. Осипов, Д. В. Бабура**

*Институт порошковой металлургии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ РЕАКЦИОННО-СПЕЧЕННОЙ КАРБИДНОЙ КЕРАМИКИ НА ЕЕ СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА

Проведены экспериментальные исследования формирования структуры, фазового состава и свойств керамики на основе карбидов кремния и бора, полученной реакционным спеканием, и установлено, что они существенно зависят как от состава шихты и параметров карбидных каркасов, пропитываемых кремнием (общей и открытой пористости, формы и размера пор), так и от количества свободного кремния. Показано, что плотность, прочность при изгибе, твердость керамики на основе карбида кремния и карбида бора, получаемой реакционным спеканием, повышаются с ростом давления прессования карбидных каркасов. Наибольшими свойствами обладает керамика на основе карбида бора и карбида бора с 50 % карбида кремния, пропитанная кремнием.

**Corresponding Member A. Ph. Ilyushenko, E. V. Zvonarev, Zh. A. Vitko, V. A. Osipov, D. V. Babura**

*Powder Metallurgy Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

## INFLUENCE OF THE MODES PRODUCTION OF REACTIVE-SINTERED CARBIDE CERAMICS ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES

The structure phase composition and properties of silicon carbide and boron carbide ceramics obtained by reactive sintering have been investigated. It has been found that they essentially depend on the charge composition and the parameters of carbide skeleton infiltrated with silicon (total and open porosity, pore shape and size) and on the free silicon content. It is shown that the density, bending strength, hardness of silicon carbide and boron carbide ceramics obtained by reactive sintering, increase with high the compacting pressure of carbide skeleton. The boron carbide and boron carbide with 50 % silicon carbide infiltrated with silicon exhibited the highest properties.

**Ю. Г. Фоков, К. К. Рутковская**

*Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны  
Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

## **ОСНОВНЫЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ «ЯЛІНА-БУСТЕР» ПРИ СНИЖЕНИИ ОБОГАЩЕНИЯ ТОПЛИВА В БЫСТРОЙ ЗОНЕ**

*(Представлено академиком А. А. Михалевичем)*

В сообщении приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований нейтронно-физических характеристик подкритических систем, управляемых ускорителями на примере сборки «Яліна-Бустер». Подкритическая сборка «Яліна-Бустер» нулевой мощности с быстро-тепловым спектром является моделью подкритических ядерно-физических систем, управляемых внешними источниками нейтронов (Accelerator Driven Systems – ADS). В качестве ускорителя заряженных ионов водорода используется генератор нейтронов НГ-12-1. Конструкция сборки позволяет изменять материальный состав активной зоны и исследуемых образцов радионуклидов (некоторых продуктов деления и минор-актинидов) с большим периодом полураспада, расположенных в экспериментальных каналах для изучения влияния потока нейтронов в тепловой и быстрой областях спектра нейтронов. Цель исследований заключалась в поисках возможности максимального сохранения основных нейтронно-физических характеристик сборки при последовательном снижении обогащения уранового топлива в быстрой зоне. Основными критериями оценки изменения нейтронно-физических характеристик при таком переходе являлись уровни подкритичности, пространственные распределения плотности потока нейтронов, зависимость плотности потока нейтронов от времени для внешнего импульсного источника нейтронов при различной длительности ионного импульса и т. п.

*Ключевые слова:* подкритическая система, нейтронно-физические характеристики, активная зона, кинетические характеристики, эффективный коэффициент размножения нейтронов

**Yury G. Fokov, Chrystsina K. Routkovskaia**

*Joint Institute for Power and Nuclear Research – Sosny of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

## **MAIN NEUTRONICS OF THE SUBCRITICAL ASSEMBLY “YALINA-BOOSTER” WHEN DECREASING THE FUEL ENRICHMENT IN THE FAST ZONE**

*(Communicated by Academician A. A. Mikhalevich)*

The article presents results of analytical and experimental study of neutronics of the accelerator driven subcritical systems by the “Yalina-Booster” example. Zero power subcritical assembly “Yalina-Booster” with fast and thermal spectrum represents a model of subcritical nuclear system driven by external neutron source (Accelerator Driven Systems – ADS). Accelerator of the hydrogen ions (the neutron generator NG-12-1) is used as an external neutron source. The assembly design allows to vary the material content of the core and long half-life radionuclide samples (long lived minor actinides and some fission products) placed in the experimental channels aimed to study the effect of neutron flux density in thermal and fast neutron energy ranges. The objective of the research was to search the ways of keeping the main neutronics at the appropriate level by gradual reducing of nuclear fuel enrichment in the fast zone. Principal estimating criteria of the neutronics variation by such fuel conversion were: subcriticality levels, spatial distributions of neutron flux density, time behavior of neutron flux density for pulsed mode of the external neutron source operation in terms of different ion pulses durations etc.

*Keywords:* subcritical system, neutronics, core, kinetic parameters, effective multiplication factor

**Н. А. Руденская**

*Институт повышения квалификации Белорусского национального технического университета,  
Минск, Республика Беларусь*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЛАЗМЕННОГО ПЛАКИРОВАНИЯ ТУГОПЛАВКИХ ПОРОШКОВ**

*(Представлено членом-корреспондентом Ф. И. Пантелеенко)*

В данном сообщении впервые обобщены и систематизированы процессы плазменного плакирования (металлизации) керамических и металлокерамических тугоплавких порошков (в том числе самоплакирование, совмещенное с аморфизацией, импульсным делением сфероидов и химическим взаимодействием ионизированного газа с поверхностью частиц). Из таких материалов получают плазменные покрытия, не имеющие аналогов по составу, структуре и свойствам: износостойкие, ударо-, жаростойкие слоистые композиты.

*Ключевые слова:* плазма, плакирование, порошки, композиция, свойства, сфероидизация, покрытия, тугоплавкий материал

**Natalia A. Rudenskaya**

*Institute for Advanced Studies of the Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus*

**STUDY OF THE FEATURES OF PLASMA PLATING OF REFRACTORY POWDERS**

*(Communicated by Corresponding Member Ph. I. Panteleenko)*

This article summarizes and systematizes the processes of plasma plating (metallization) of refractory powders (including self-plating combined with amorphization, pulse division of spheroids and chemical interaction of an ionized gas with a particle surface). Plasma coatings having no analogs in composition, structure and properties: abrasion, shock, heat-resistant composites are made of these materials.

*Keywords:* plasma, cladding, powders, composition, properties, spheroidization, coatings, refractory material