

# ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Выходит шесть номеров в год

Журнал основан в июле 1957 года

---

МИНСК, БЕЛОРУССКАЯ НАУКА, 2016, ТОМ 60, № 1

---

Учредитель – Национальная академия наук Беларуси

Редакционная коллегия:

**В. Г. Гусаков** (главный редактор),

**А. В. Кильчевский** (заместитель главного редактора),

**С. Я. Килин** (заместитель главного редактора),

**С. А. Чижик** (заместитель главного редактора),

**И. М. Богдевич, П. А. Витязь, И. Д. Вологовский, И. В. Гайшун, С. В. Гапоненко,**

**А. Е. Дайнеко, И. В. Залуцкий, О. А. Ивашкевич, Н. А. Изобов, Н. С. Казак,**

**А. А. Коваленя, Ф. Ф. Комаров, И. В. Котляров, В. А. Лабунов, А. П. Ласковнев,**

**О. Н. Левко, А. И. Лесникович, В. Ф. Логинов, А. А. Махнач, А. А. Михалевич,**

**М. Е. Никифоров, В. А. Орлович, О. Г. Пенязьков, Ю. М. Плескачевский,**

**Н. С. Сердюченко, А. Ф. Смеянович, Л. М. Томильчик, С. А. Усанов,**

**Л. В. Хотылева, В. А. Хрипач, И. П. Шейко,**

ведущий редактор **Т. П. Петрович**

*Адрес редакции:*

220072, Минск, ул. Академическая, 1, к. 119,

тел. 284-19-19

[csl.bas-net.by/Web/Pages/magNAS.asp](http://csl.bas-net.by/Web/Pages/magNAS.asp)

E-mail: [doklady\\_nanb@mail.ru](mailto:doklady_nanb@mail.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Старовойтов А. П., Кечко Е. П.** Об экстремальном свойстве аппроксимаций Эрмита–Паде экспоненциальных функций ..... 5
- Бусел Т. С., Супруненко И. Д.** Блочная структура образов регулярных унитарных элементов из подсистемных подгрупп типа  $S_2$  в неприводимых представлениях групп типа  $S_n$  с локально малыми старшими весами ..... 12
- Гольдман М. Л., Забрейко П. П.** Теоремы об интегрируемости произведений функций для интеграла Курцвейля–Хенстока ..... 18
- Барабанов Е. А., Войделевич А. С.** Спектры верхних частот Сергеева нулей и знаков линейных дифференциальных уравнений ..... 24

### ФИЗИКА

- Бураков В. С., Кириш В. В., Тарасенко Н. В.** Применение лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии для анализа цемента ..... 32

<b>Юревич С. В., Поболь И. Л., Петраковский В. С., Журавский А. Ю.</b> Сверхпроводящие ниобиевые резонаторы для современных ускорителей частиц .....	37
<b>Томильчик Л. М.</b> Взаимная инвариантность, принцип максимального натяжения и комплексная группа Лоренца как симметрия гравитационного взаимодействия .....	41
<i>ХИМИЯ</i>	
<b>Каланда Н. А., Ярмолич М. В., Игнатенко О. В., Желудкевич А. Л., Леончик С. В.</b> Степень превращения и механизм кристаллизации металлооксидного соединения $Sr_2FeMoO_{6-\delta}$ .....	49
<b>Шахно О. В., Круль Л. П.</b> Особенности деградации полиэлектролитных гидрогелей на основе функционализированных полиакриламидов при тепловом старении .....	54
<b>Соломянский А. Е., Филатов С. А., Агабеков В. Е.</b> Трибологические свойства пленок Ленгмюра–Блоджетт триакоктановой кислоты с углеродными нанотрубками .....	61
<b>Цибульская И. А., Кулак Т. И., Буравская Т. Н., Голубева М. Б., Шабуня П. С., Фатыхова С. А., Курман П. В., Калининченко Е. Н.</b> Фармакокинетические свойства и ферментативный гидролиз диацилглицерофосфатных производных флударабина .....	65
<i>БИОЛОГИЯ</i>	
<b>Лукашевич В. С., Будевич А. И., Семак И. В., Кузнецова В. Н., Малюшкова Е. В., Пыж А. Э., Новаковская С. А., Рудничко Ю. А., Попков Н. А., Ивашкевич О. А., Залуцкий И. В.</b> Получение рекомбинантного лактоферрина человека из молока коз-производителей и его физиологические эффекты .....	72
<i>МЕДИЦИНА</i>	
<b>Михаленко Е. П., Шелкович С. Е., Чеботарева Н. В., Щаюк А. Н., Майсеня Е. Н., Демидчик Ю. Е., Крупнова Э. В.</b> Генетический полиморфизм ароматазы у пациенток с серозным раком яичников в Республике Беларусь .....	82
<i>НАУКИ О ЗЕМЛЕ</i>	
<b>Кухарчик Т. И., Какарека С. В.</b> Состав и свойства почв района горы Вечерней (Земля Эндерби, Восточная Антарктида) .....	87
<i>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</i>	
<b>Макаревич Н. А.</b> Фактор неидеальности в классических уравнениях для реальных газов и конденсированных систем: универсальный ассоциативно-ионизационный множитель в классических уравнениях для растворов неэлектролитов и электролитов .....	94
<b>Песецкий С. С., Богданович С. П., Адерица В. Н., Коваль В. Н.</b> Низкотемпературная экструзии в технологии нанокompозитов полиэтилентерефталат/глина .....	102
<b>Лях М. Ю., Рабинович О. С.</b> Предельные параметры адсорбционно-химического преобразования тепловой энергии в условиях идеального теплообмена внутри адсорбера .....	109
<i>СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ</i>	
<b>Дайнеко А. Е., Абрамчук Н. А., Береснев Д. В.</b> Научные основы диверсификации экспорта товаров Республики Беларусь .....	116
<i>АГРАРНЫЕ НАУКИ</i>	
<b>Пестис В. К., Голубец Л. В., Дешко А. С., Кысса И. С., Попов М. В.</b> Получение ооцитов коров путем трансвагинальной пункции фолликулов .....	123

---

ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ. 2016. Т. 60, № 1

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

---

Редактор Т. П. Петрович  
Компьютерная верстка Н. И. Кашуба

Сдано в набор 01.12.2016. Выпуск в свет 25.02.2016. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 172 экз. Заказ 32.

Цена номера: индивидуальная подписка – 102 900 руб.; ведомственная подписка – 252 168 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, 2016

# DOKLADY OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

Published bimonthly

The journal has been published since July, 1957

---

MINSK, BELORUSSKAYA NAUKA, 2016, Vol. 60, N 1

---

Founder – National Academy of Sciences of Belarus

Editorial Board:

**V. G. Gusakov** (Editor-in-Chief),  
**S. Ya. Kilin** (Associate Editor-in-Chief),  
**A. V. Kilchevsky** (Associate Editor-in-Chief),  
**S. A. Chizhik** (Associate Editor-in-Chief),  
**I. M. Bogdevich, A. Ye. Daineko, I. V. Gaishun, S. V. Gaponenko, O. A. Ivashkevich,**  
**N. A. Izobov, N. S. Kazak, L. V. Khotyleva, V. A. Khripach,**  
**A. A. Kovalenya, F. F. Komarov, I. V. Kotlyarov, V. A. Labunov, A. P. Laskovnev,**  
**O. N. Levko, A. I. Lesnikovich, V. F. Loginov, A. A. Makhnach, A. A. Mikhalevich,**  
**M. Ye. Nikiforov, V. A. Orlovich, O. G. Penyazkov, Yu. M. Pleskachevsky,**  
**N. S. Serduchenko, I. P. Sheiko, A. F. Smeyanovich, L. M. Tomilchik,**  
**S. A. Usanov, P. A. Vitiaz, I. D. Volotovskii, I. V. Zalutsky,**  
lead editor **T. P. Petrovich**

*Address of the Editorial Office:*

220072, Minsk, 1 Akademicheskaya Str., room 119

telephone: 284-19-19

[csl.bas-net.by/Web/Pages/magNAS.asp](http://csl.bas-net.by/Web/Pages/magNAS.asp)

E-mail: [doklady\\_nanb@mail.ru](mailto:doklady_nanb@mail.ru)

## CONTENTS

### MATHEMATICS

- Starovoitov A. P., Kechko A. P.** Extremal property of the Hermite–Padé approximations of exponential functions 5  
**Busel T. S., Suprunenko I. D.** The Jordan block structure of images of regular unipotent elements from subsystem subgroups of type  $C_2$  in irreducible representations of groups of type  $C_n$  with locally small highest weights 12  
**Goldman M. L., Zabreiko P. P.** Kurzweil–Henstock integrability of the product of integrable functions . . . . . 18  
**Barabanov E. A., Vaidzelevich A. S.** Spectra of the upper Sergeev frequencies of zeros and signs of linear differential equations . . . . . 24

### PHYSICS

- Burakov V. S., Kiris V. V., Tarasenko N. V.** Application of laser-induced breakdown spectroscopy for the cement analysis . . . . . 32

<b>Yurevich S. V., Pobal I. L., Petrakovsky V. S., Zhuravsky A. Yu.</b> Superconducting niobium cavities for modern particle accelerators. . . . .	37
<b>Tomilchik L. M.</b> Mutual invariance, maximum tension principle, and the Lorentz complex group as the symmetry of gravitational interaction . . . . .	41
<i>CHEMISTRY</i>	
<b>Kalanda N. A., Yarmolich M. V., Ignatenko O. V., Zhaludkevich A. L., Leonchik S. V.</b> Degree of phase transformations and crystallization mechanism of the metal oxide compound $Sr_2FeMoO_{6.8}$ . . . . .	49
<b>Shakhno A. V., Krul L. P.</b> Degradation peculiarities of polyelectrolyte hydrogels based on functionalized polyacrylamide during thermal aging . . . . .	54
<b>Salamianski A. E., Filatov S. A., Agabekov V. E.</b> Tribological properties of Langmuir–Blodgett films of triacontanoic acid with carbon nanotubes . . . . .	61
<b>Tsybulskaya I. A., Kulak T. I., Buravskaya T. N., Golubeva M. B., Shabunya P. S., Fatykhova S. A., Kurman P. V., Kalinichenko E. N.</b> Pharmacokinetic properties and the enzymatic hydrolysis of diacylglycerophosphate fludarabine derivatives. . . . .	65
<i>BIOLOGY</i>	
<b>Lukashevich V. S., Budzevich A. I., Semak I. V., Kuznetsova V. N., Malyushkova E. V., Pyzh A. E., Novakovskaya S. A., Rudnichenko J. A., Popkov N. A., Ivashkevich O. A., Zalutsky I. V.</b> Production of recombinant human lactoferrin from the milk of goat-producers and its physiological effects. . . . .	72
<i>MEDICINE</i>	
<b>Mikhalevich A. P., Shelkovich S. E., Chebotareva N. V., Schayuk A. N., Maisenia E. N., Demidchik Yu. E., Krupnova E. V.</b> Gene polymorphism of aromatase in patients with serous ovarian cancer in the Republic of Belarus . . . . .	82
<i>EARTH SCIENCES</i>	
<b>Kukharchyk T. I., Kakareka S. V.</b> Composition and properties of soils near Mount Vechernyaya (Enderby Land, East Antarctica) . . . . .	87
<i>TECHNICAL SCIENCES</i>	
<b>Makarevich N. A.</b> Non-ideality factor in the classical equations for real gases and condensed systems: universal associative-ionized multiplier in the classical equations for solutions of nonelectrolytes and electrolytes . . . . .	94
<b>Pesetskii S. S., Bogdanovich S. P., Aderikha V. N., Koval V. N.</b> Low-temperature extrusion in technology of polyethylene terephthalate/clay nanocomposites . . . . .	102
<b>Liakh M. Yu., Rabinovich O. S.</b> Limiting parameters of chemical-adsorption conversion of thermal energy under perfect heat transfer within an adsorber. . . . .	109
<i>SOCIAL SCIENCES AND HUMANITIES</i>	
<b>Daineka A. E., Abramchuk N. A., Berasneu D. V.</b> Scientific fundamentals of diversification of the export of goods of the Republic of Belarus . . . . .	116
<i>AGRARIAN SCIENCES</i>	
<b>Pestis V. K., Golubets L. V., Deshko A. S., Kyssa I. S., Popov M. V.</b> Cow oocyte pick-up by the transvaginal puncture of follicles. . . . .	123

*А. П. СТАРОВОЙТОВ, Е. П. КЕЧКО*

## **ОБ ЭКСТРЕМАЛЬНОМ СВОЙСТВЕ АППРОКСИМАЦИЙ ЭРМИТА–ПАДЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ**

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

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель, Беларусь  
apsvoitov@gmail.com; ekechko@gmail.com*

В работе изучаются экстремальные свойства аппроксимаций Эрмита–Паде I типа для системы экспонент  $\{e^{\lambda p^z}\}_{p=0}^k$  с произвольными различными действительными и комплексными показателями  $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_k$ . Доказанные теоремы дополняют известные результаты П. Борвейна, Ф. Вилонского, К. Драйвера.

*Ключевые слова:* система экспонент, многочлены Эрмита, аппроксимации Эрмита–Паде, асимптотика остаточного члена.

*A. P. STAROVOITOV, A. P. KECHKO*

## **EXTREMAL PROPERTY OF THE HERMITE–PADÉ APPROXIMATIONS OF EXPONENTIAL FUNCTIONS**

*Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus  
apsvoitov@gmail.com; ekechko@gmail.com*

In this article we study the extremal properties of the Hermite–Padé approximations of type I for the exponential system  $\{e^{\lambda p^z}\}_{p=0}^k$  with different arbitrary real and complexes  $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_k$ . The theorems proved complement the known results of P. Borwein, F. Wielonsky, K. Driver.

*Keywords:* exponential system, Hermite polynomials, Hermite–Padé approximation, asymptotic of the remainder term.

*Т. С. БУСЕЛ, И. Д. СУПРУНЕНКО*

## **БЛОЧНАЯ СТРУКТУРА ОБРАЗОВ РЕГУЛЯРНЫХ УНИПОТЕНТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПОДСИСТЕМНЫХ ПОДГРУПП ТИПА $C_2$ В НЕПРИВОДИМЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ ГРУПП ТИПА $C_n$ С ЛОКАЛЬНО МАЛЫМИ СТАРШИМИ ВЕСАМИ**

*(Представлено академиком В. И. Янчевским)*

*Институт математики НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
tbusel@gmail.com; suprunenko@im.bas-net.by*

При  $p \geq 11$  описана блочная структура образов регулярных унипотентных элементов из подсистемных подгрупп типа  $C_2$  в неприводимых представлениях групп типа  $C_n$  в характеристике  $p$  с локально малыми старшими весами. Эти результаты могут быть использованы для изучения поведения унипотентных элементов в модулярных представлениях простых алгебраических групп и распознавания представлений и линейных групп.

*Ключевые слова:* унипотентные элементы, размерности блоков Жордана, представления симплектических групп.

*T. S. BUSEL, I. D. SUPRUNENKO*

## **THE JORDAN BLOCK STRUCTURE OF IMAGES OF REGULAR UNIPOTENT ELEMENTS FROM SUBSYSTEM SUBGROUPS OF TYPE $C_2$ IN IRREDUCIBLE REPRESENTATIONS OF GROUPS OF TYPE $C_n$ WITH LOCALLY SMALL HIGHEST WEIGHTS**

*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
tbusel@gmail.com; suprunenko@im.bas-net.by*

The Jordan block structure of images of regular unipotent elements from subsystem subgroups of type  $C_2$  in irreducible representations of groups of type  $C_n$  in characteristic  $p \geq 11$  with locally small highest weights is determined. These results can be applied for investigating the behaviour of unipotent elements in modular representations of simple algebraic groups and recognizing representations and linear groups.

*Keywords:* unipotent elements, Jordan block sizes, representations of symplectic groups.

М. Л. ГОЛЬДМАН<sup>1</sup>, П. П. ЗАБРЕЙКО<sup>2</sup>

## ТЕОРЕМЫ ОБ ИНТЕГРИРУЕМОСТИ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ИНТЕГРАЛА КУРЦВЕЙЛЯ–ХЕНСТОКА

(Представлено членом-корреспондентом В. В. Гороховиком)

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов, Москва, Россия  
seulydia@yandex.ru

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
zabreiko@mail.ru

В сообщении изучается вопрос об интегрируемости произведения функций для интегралов Курцвейля–Хенстока. Классическим утверждением здесь является теорема об интегрируемости произведения интегрируемой функции и функции ограниченной вариации. Приводится несколько более общих утверждений для функций, одна из которых имеет первообразную, удовлетворяющую обычному или обобщенному условию Гельдера с показателем  $\alpha$  или модулем  $\phi$ , а вторая – сама удовлетворяет обычному или обобщенному условию Гельдера, соответственно с показателем  $\beta$  или модулем  $\psi$ , причем  $\alpha + \beta > 1$  или функция  $t^{-2}\phi(t)\psi(t)$  интегрируема в окрестности нуля. Аналогичные утверждения установлены и для функций с ограниченными вариациями в смысле Винера, Янга, Уотермана и Шрама.

*Ключевые слова:* интегралы Римана, Лебега, Курцвейля–Хенстока; интеграл Римана–Стилтьеса; функции ограниченной вариации; обобщенные вариации функций.

M. L. GOLDMAN<sup>1</sup>, P. P. ZABREIKO<sup>2</sup>

## KURZWEIL–HENSTOCK INTEGRABILITY OF THE PRODUCT OF INTEGRABLE FUNCTIONS

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia  
seulydia@yandex.ru

<sup>2</sup>Belarussian State University, Minsk, Belarus  
zabreiko@mail.ru

The article deals with the problem of integrability of the product of integrable functions in the Kurzweil–Henstock sense. The classical theorem states here that the product of an integrable function and a function of bounded variation is also integrable. In the article it is proved that the product of a function with the primitive satisfying the Hölder condition with the exponent  $\alpha$  or with the module  $\phi$  and a function satisfying the Hölder condition with the exponent  $\beta$  or with the module  $\psi$  such that  $\alpha + \beta > 1$  or  $t^{-2}\phi(t)\psi(t)$  is integrable. Similar results for functions with generalized (Winer, Young, Waterman, Schramm) bounded variations are stated.

*Keywords:* Riemann, Lebesgue, Kurzweil–Henstock integrals, Riemann–Stieltjes integral, functions of bounded variation, generalized variations of functions.

Е. А. БАРАБАНОВ, А. С. ВОЙДЕЛЕВИЧ

## СПЕКТРЫ ВЕРХНИХ ЧАСТОТ СЕРГЕЕВА НУЛЕЙ И ЗНАКОВ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

(Представлено академиком Н. А. Изобовым)

Институт математики НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
bar@im.bas-net.by; voidelovich@gmail.com

Доказано, что спектры верхних характеристических частот нулей и знаков (называемых также верхними частотами Сергеева) линейного дифференциального уравнения порядка выше двух являются суслинскими множествами неотрицательной полуоси расширенной числовой прямой. В предположении, что спектры содержат точку нуль, получено обращение этого утверждения. Доказано также, что верхние частоты Сергеева нулей и знаков, рассматриваемые как функции начального вектора решения, являются функциями третьего и второго бэровских классов соответственно.

*Ключевые слова:* линейное дифференциальное уравнение, верхняя характеристическая частота нулей, верхняя характеристическая частота знаков, классы Бэра.

*E. A. BARABANOV, A. S. VAIDZELEVICH*

**SPECTRA OF THE UPPER SERGEEV FREQUENCIES OF ZEROS AND SIGNS  
OF LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS**

*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
bar@im.bas-net.by; voidzelevich@gmail.com*

It is proved that the spectra of the upper characteristic frequency of zeros and the frequency of signs (also called as the upper Sergeev frequencies) of the linear differential equations are the Suslin sets of the nonnegative semi-axis of the extended number straight line. The inverse claim is obtained under the assumption that the spectra contain zero. It is also proved that the upper Sergeev frequency of zeros and the frequency of signs, considered as the functions of initial values, are the functions of the third and second Baire classes, respectively.

*Keywords:* linear differential equation, upper characteristic frequency of zeros, upper characteristic frequency of signs, Baire classes.

УДК 621.37:543.42

*Академик В. С. БУРАКОВ, В. В. КИРИС, Н. В. ТАРАСЕНКО*

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ  
ДЛЯ АНАЛИЗА ЦЕМЕНТА**

*Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
burakov.victor@gmail.com; yavasya@yandex.ru; tarasenko@ifanbel.bas-net.by*

Лазерный атомно-эмиссионный спектральный анализ применен для экспрессного определения основных компонент заводного цемента. Регистрировались спектры эрозийного факела, образованного под воздействием двойных лазерных импульсов. В работе использовался безэталонный подход, основанный на детальной диагностике лазерной плазмы, исключающий калибровку по образцам с известным составом. Точность определения основных элементов для такого варианта анализа составила ~4 %.

*Ключевые слова:* лазерная атомно-эмиссионная спектроскопия, лазерная плазма, безэталонный анализ, цемент.

*V. S. BURAKOV, V. V. KIRIS, N. V. TARASENKO*

**APPLICATION OF LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY FOR THE CEMENT ANALYSIS**

*B. I. Stepanov Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
burakov.victor@gmail.com; yavasya@yandex.ru; tarasenko@ifanbel.bas-net.by*

Laser-induced breakdown spectroscopy has been applied for a rapid determination of the main components in flooding cement. Spectra of the erosion plume formed under the action of dual laser pulses were recorded. We used the calibration-free approach based on the detailed diagnostic of the laser ablation plasma, without using standard samples of known composition. The accuracy of determining the basic elements for such an analytical approach was ~4 %.

*Keywords:* laser induced breakdown spectroscopy, laser plasma, calibration free analysis, cement.

УДК 621.983.044, 621.791.722

*С. В. ЮРЕВИЧ, И. Л. ПОБОЛЬ, В. С. ПЕТРАКОВСКИЙ, А. Ю. ЖУРАВСКИЙ*

**СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ НИОБИЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ  
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ ЧАСТИЦ**

*(Представлено академиком А. И. Гордиенко)*

*Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
sergei.yurevich@gmail.com; i.pobol@gmail.com; petrakovskiy46@mail.ru; fizteh11@mail.ru*

Исследованы методы гидроударной штамповки и электронно-лучевой сварки деталей сверхпроводящих СВЧ резонаторов из особо чистого ниобия. Разработана технология изготовления одноячеечных 1,3 ГГц ниобиевых резонаторов, включающая гидроударную штамповку полужеек резонатора из листового материала, химическую обработку поверхности деталей резонаторов перед сваркой, соединение электронно-лучевой сваркой полужеек между собой, с трубками дрейфа и фланцами. Изготовлены сверхпроводящие ниобиевые СВЧ резонаторы, которые при высококачественных испытаниях показали сохранение материалом резонатора сверхпроводящих свойств исходного металла и соответствие геометрии резонатора заданным размерам. Это свидетельствует о возможности применения разработанной технологии для серийного изготовления ускоряющих элементов для современной ускорительной техники.

*Ключевые слова:* гидроударная штамповка, ЭЛС, ниобий, сверхпроводимость, СВЧ, резонатор.

S. V. YUREVICH, I. L. POBAL, V. S. PETRAKOVSKY, A. Yu. ZHURAVSKY

## SUPERCONDUCTING NIOBIUM CAVITIES FOR MODERN PARTICLE ACCELERATORS

*Physical-technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
sergei.yurevich@gmail.com; i.pobol@gmail.com; petrakovskiy46@mail.ru; fizteh11@mail.ru*

The methods of liquid impact forging and electron beam welding of the parts of superconducting niobium cavities were investigated. The manufacturing technology of single-cell 1.3 GHz niobium cavities was developed. The test results of the fabricated cavities indicate the preservation of superconducting properties of cavity material and the compliance of the cavity geometry with assigned sizes. The cavities comply with the requirements of modern particle accelerators.

*Keywords:* liquid impact forging, EBW, niobium, superconductivity, SRF, cavity.

УДК 524.6;531

*Член-корреспондент Л. М. ТОМИЛЬЧИК*

## ВЗАИМНАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ, ПРИНЦИП МАКСИМАЛЬНОГО НАТЯЖЕНИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ ГРУППА ЛОРЕНЦА КАК СИММЕТРИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

*Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
lmt@dragon.bas-net.by*

Предложена квазиньютонова модель взаимноинвариантной Гамильтоновой динамики гравитирующих масс, удовлетворяющая принципу максимального натяжения Гиббонса. Симметрия модели определяется комплексной группой Лоренца с вещественной метрикой (группа Барута). Единственным свободным параметром, определяющим пространственно-временные, импульсно-энергетические масштабы, а также частотные характеристики модели, является масса модельного объекта типа гармонического осциллятора. При этом воспроизводится классический аналог шредингеровского «дрожания» (Zitterbewegung). В предельном случае массы Вселенной модель соответствует «осциллирующему» (cyclic) варианту традиционной космологии. Наличие предела Гиббонса приводит к универсальной связи между плотностью энергии и темпом космологического расширения, а также к существованию верхнего и нижнего пределов этих величин. Квантовая версия приводит к модели осциллятора Дирака для фермиона с массой Планка.

*Ключевые слова:* взаимная симметрия, максимальная сила, группа Барута, расширенное фазовое пространство, Гамильтонова динамика, осциллятор Дирака.

*L. M. TOMILCHIK*

## MUTUAL INVARIANCE, MAXIMUM TENSION PRINCIPLE, AND THE LORENTZ COMPLEX GROUP AS THE SYMMETRY OF GRAVITATIONAL INTERACTION

*B. I. Stepanov Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
lmt@dragon.bas-net.by*

The quasi-Newtonian model of the reciprocal invariant Hamiltonian dynamics of gravitating masses, which obeys the Gibson maximum tension principle, is proposed. The symmetry of the model is defined by the Lorentz complex group with real metric. The mass of a model object is the only free parameter that defines space-time momentum-energy scales as well as frequency characteristics of the model. In the case of small masses there appears the classical analog of the Schrödinger “bouncing” (Zitterbewegung). In the limiting case of the Universe mass the model reproduces the “cyclic” variant of traditional cosmology. The availability of Gibson’s limit results both in a universal relationship between energy density and cosmological expansion rate, as well as in the existence of the upper and lower limits of these quantities.

*Keywords:* reciprocal symmetry, maximum force, Barut group, extended phase space, Hamiltonian dynamics, Dirac oscillator.

## СТЕПЕНЬ ПРЕВРАЩЕНИЯ И МЕХАНИЗМ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛОКСИДНОГО СОЕДИНЕНИЯ $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$

(Представлено членом-корреспондентом В. М. Федосюком)

НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, Минск, Беларусь

kalanda@ifftp.bas-net.by; jarmolich@ifftp.bas-net.by; ignatenko@ifftp.bas-net.by; zheludkevich27@mail.by;  
leonchik@ifftp.bas-net.by

В сообщении рассмотрена скорость кристаллизации ферромolibдата стронция из исходных реагентов с различной предисторией их получения. На основании изучения политермических зависимостей степени превращений при кристаллизации  $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$  установлено, что при синтезе образцов, состоящих из смеси исходных реагентов стехиометрического состава  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$  и  $\text{SrFeO}_{3-x}$  и  $\text{SrMoO}_{4-y}$ , общей закономерностью является переход от кинетического режима взаимодействия к диффузионному, при котором происходит образование слоя продукта реакции и рост с увеличением его блокирующего действия. Однако следует указать, что для образцов, синтезированных из смеси исходных реагентов  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ , кинетическая стадия твердофазных взаимодействий является смешанной с присутствием некоторой доли диффузионной части, ввиду образования промежуточных продуктов реакции, и по мере увеличения  $\alpha$  доля диффузионной части увеличивается. Использование частично восстановленных прекурсоров  $\text{SrFeO}_{3-x}$  и  $\text{SrMoO}_{4-y}$  с зернами субмикронной величины позволяет синтезировать однофазное соединение  $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$  со сверхструктурным упорядочением катионов  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Mo}^{5+}$ . В этом случае значительно снижаются кинетические трудности фазообразования  $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$  за счет увеличения диффузионной подвижности катионов  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Mo}^{5+}$  и уменьшения дальности их движения в реакционную зону.

*Ключевые слова:* ферромolibдат стронция, степень превращения, сверхструктурное упорядочение.

N. A. KALANDA, M. V. YARMOLICH, O. V. IGNATENKO, A. L. ZHALUDKEVICH, S. V. LEONCHIK

## DEGREE OF PHASE TRANSFORMATIONS AND CRYSTALLIZATION MECHANISM OF THE METAL OXIDE COMPOUND $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$

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

kalanda@ifftp.bas-net.by; jarmolich@ifftp.bas-net.by; ignatenko@ifftp.bas-net.by; zheludkevich27@mail.by;  
leonchik@ifftp.bas-net.by

Polythermic dependences of the phase transformation degree during  $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$  crystallization by the solid phase method have been studied for powders synthesized from the stoichiometric mixture of the oxides  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MoO}_3$  and from the partially reduced precursors  $\text{SrFeO}_{3-x}$  and  $\text{SrMoO}_{4-y}$ . It is found that the general rule for all samples is a transition from the kinetic mode of interaction to the diffusion one. In this case, the reaction product layer is formed and is increased with its blocking action. However, it should be mentioned that for the samples synthesized from a mixture of simple oxides, the kinetic stage of solid-phase interactions is mixed with the presence of some fraction of the diffusion part due to the formation of intermediate reaction products. When  $\alpha$  is increased, the fraction of the diffusion part grows. The use of the partially reduced precursors  $\text{SrFeO}_{3-x}$  and  $\text{SrMoO}_{4-y}$  with submicron grains allows one to synthesize the single-phase compound  $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$  with the superstructure ordering of  $\text{Fe}^{3+}/\text{Mo}^{5+}$  cations. In this case, the kinetic difficulties of the  $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$  phase formation are significantly reduced by increase in the diffusion mobility of  $\text{Fe}^{3+}$  and  $\text{Mo}^{5+}$  cations and by decrease in the distance of their motion to the reaction zone.

*Keywords:* ferro strontium molybdate, conversion rate, in excess of structural streamlining.

УДК 541.64:544.6.018.47-036.5:543.429.23

О. В. ШАХНО, Л. П. КРУЛЬ

## ОСОБЕННОСТИ ДЕГРАДАЦИИ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ПОЛИАКРИЛАМИДОВ ПРИ ТЕПЛОМ СТАРЕНИИ

(Представлено академиком А. В. Бильдюкевичем)

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

shahno1990@mail.ru; krul@bsu.by

Установлено, что при тепловом старении полиэлектролитных гидрогелей на основе карбоксилированного и сульфонируемого полиакриламидов, сшитых ацетатом хрома (III), основной причиной их деградации является превращение межмолекулярного комплекса хром (III)–полимер во внутримолекулярный, а в минерализованной воде – высаживание полимерных солей. Разрушение гидрогеля происходит при достаточно высоком содержании карбоксилатных групп, образующихся в результате гидролиза амидных или замещенных амидных групп макромолекул. Методами спектроскопии ЯМР  $^{13}\text{C}$  и ЯМР  $^1\text{H}$  обнаружено, что гидролиз функциональных групп в гидрогеле, содержащем сульфогруппу, протекает медленнее, что приводит к его более высокой устойчивости к тепловому старению по сравнению с гидрогелем на основе карбоксилированного полиакриламида.

*Ключевые слова:* карбоксилированный полиакриламид, сульфонируемый полиакриламид, ацетат хрома(III), полиэлектролитный гидрогель, тепловое старение, ЯМР.

A. V. SHAKHNO, L. P. KRUL

## DEGRADATION PECULIARITIES OF POLYELECTROLYTE HYDROGELS BASED ON FUNCTIONALIZED POLYACRYLAMIDE DURING THERMAL AGING

Belarusian State University, Minsk, Belarus  
shahno1990@mail.ru; krul@bsu.by

The transformation of the intermolecular complex of chromium (III)–polymer into the intramolecular one was revealed to be the main reason for degradation of polyelectrolyte hydrogels based on sulfonated and carboxylated polyacrylamides crosslinked by chromium (III) acetate during thermal aging, while the mineralized water addition caused polymer salts to precipitate. Hydrogel destruction occurred at a relatively high content of carboxylate groups formed due to the hydrolysis of amide or substituted amide groups. NMR <sup>13</sup>C and NMR <sup>1</sup>H spectroscopy showed that the hydrolysis of the functional groups in polyelectrolyte hydrogel containing a sulfo group proceeded slowly, thus resulting in a higher resistance to thermal aging as compared to that based on carboxylated polyacrylamide.

*Keywords:* carboxylated polyacrylamide, sulfonated polyacrylamid, chromium (III) acetate, polyelectrolyte hydrogel, thermal degradation, NMR.

УДК 547.296.21:539.216.2

A. E. СОЛОМЯНСКИЙ<sup>1</sup>, С. А. ФИЛАТОВ<sup>2</sup>, академик В. Е. АГАБЕКОВ<sup>1</sup>

## ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ЛЕНГМЮРА–БЛОДЖЕТТ ТРИАКОНТАНОВОЙ КИСЛОТЫ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

<sup>1</sup>Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
solasy@mail.ru; agabekov@ichnm.basnet.by

<sup>2</sup>Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
zhavn@ichnm.basnet.by

Исследованы трибологические свойства композиционных монослоев Ленгмюра–Блоджетт на основе триакопановой кислоты (ТК) с углеродными нанотрубками (УНТ). Установлено, что наибольшую износоустойчивость в процессе трения имеет композиционное покрытие, полученное из суспензии УНТ и ТК с их массовым соотношением 1,0 : 1,0.

*Ключевые слова:* пленки Ленгмюра–Блоджетт, триакопановая кислота, углеродные нанотрубки, износоустойчивость, микротрибометр.

A. E. SALAMIANSKI<sup>1</sup>, S. A. FILATOV<sup>2</sup>, V. E. AGABEKOV<sup>1</sup>

## TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF LANGMUIR–BLODGETT FILMS OF TRIACONTANOIC ACID WITH CARBON NANOTUBES

<sup>1</sup>Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
solasy@mail.ru; agabekov@ichnm.basnet.by

<sup>2</sup>A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
zhavn@ichnm.basnet.by

The tribological behavior of Langmuir–Blodgett composite monolayers of triacontanoic acid (TA) with carbon nanotubes (CNT) was studied. It was found that the highest wear stability against the mechanical influence of steel indenter was observed for the composite coating formed from the suspension of CNT and TA in the weight ratio 1.0 : 1.0.

*Keywords:* Langmuir–Blodgett films, triacontanoic acid, carbon nanotubes, wear stability, microtribometer.

И. А. ЦИБУЛЬСКАЯ, Т. И. КУЛАК, Т. Н. БУРАВСКАЯ, М. Б. ГОЛУБЕВА, П. С. ШАБУНЯ,  
С. А. ФАТЫХОВА, П. В. КУРМАН, член-корреспондент Е. Н. КАЛИНИЧЕНКО

## ФАРМАКОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ЭНЗИМАТИЧЕСКИЙ ГИДРОЛИЗ ДИАЦИЛГЛИЦЕРОФОСФАТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЛУДАРАБИНА

Институт биоорганической химии НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
ilonaolenikova@tut.by; kulak@iboch.bas-net.by; buravskaya@iboch.bas-net.by; kuzm@iboch.bas-net.by;  
iboh\_lfhi@rambler.ru; peter\_kurman@tut.by; kalinichenko@iboch.bas-net.by

Установлено, что в результате внутрижелудочного введения 1,2- и 1,3-диацилглицерофосфатных производных флударабина крысам Вистар и аутбредным мышам ICR наблюдается пролонгированное выделение и более длительная циркуляция нуклеозида в системном кровотоке животных, чем после введения эквимоллярных количеств флударабина фосфата. Изученные фосфолипидные производные могут рассматриваться в качестве пероральных пролекарств флударабина. Показано, что оральная биодоступность флударабина из его 1,2-димиристоилглицерофосфатного производного у животных близка к его оральной биодоступности из эквимоллярного количества флударабина фосфата. На основании данных, полученных в модельных экспериментах *in vitro*, можно предположить, что флударабин может выделяться из полученных пролекарств под действием ферментов, принадлежащих к семействам фосфолипаз А и Д, а также фосфодиэстераз.

**Ключевые слова:** флударабин, диацилглицерофосфаты, пролекарства, биодоступность, конъюгаты, энзиматический гидролиз, фармакокинетика.

I. A. TSYBULSKAYA, T. I. KULAK, T. N. BURAVSKAYA, M. B. GOLUBEVA, P. S. SHABUNYA,  
S. A. FATYKHOVA, P. V. KURMAN, E. N. KALINICHENKO

## PHARMACOKINETIC PROPERTIES AND THE ENZYMATIC HYDROLYSIS OF DIACYLGLYCEROPHOSPHATE FLUDARABINE DERIVATIVES

Institute of Bioorganic Chemistry, Minsk, Belarus  
ilonaolenikova@tut.by; kulak@iboch.bas-net.by; buravskaya@iboch.bas-net.by; kuzm@iboch.bas-net.by;  
iboh\_lfhi@rambler.ru; peter\_kurman@tut.by; kalinichenko@iboch.bas-net.by

It is shown that the intragastric administration of 1,2- and 1,3-diacylglycerophosphate fludarabine derivatives to Wistar rats and ICR outbred mice leads to a prolonged circulation of fludarabine in animal serum in comparison with the analogous administration of equimolar fludarabine phosphate. The investigated compounds can be regarded as oral fludarabine prodrugs. It is found that the oral bioavailability of fludarabine from its 1,2-dimyristoylglycerophosphate derivative is close to its oral bioavailability from equimolar fludarabine phosphate. Based on the data of the model *in vitro* experiments, we can suppose that fludarabine can release from its diacylglycerophosphate prodrugs under the action of phospholipases A and D and phosphodiesterases.

**Keywords:** fludarabine, diacylglycerophosphates, prodrugs, bioavailability, conjugates, enzymatic hydrolysis, pharmacokinetic.

В. С. ЛУКАШЕВИЧ<sup>1</sup>, А. И. БУДЕВИЧ<sup>2</sup>, И. В. СЕМАК<sup>3</sup>, В. Н. КУЗНЕЦОВА<sup>2</sup>,  
Е. В. МАЛЮШКОВА<sup>3</sup>, А. Э. ПЫЖ<sup>1</sup>, С. А. НОВАКОВСКАЯ<sup>1</sup>, Ю. А. РУДНИЧЕНКО<sup>1</sup>,  
Н. А. ПОПКОВ<sup>2</sup>, академик О. А. ИВАШКЕВИЧ<sup>3</sup>, член-корреспондент И. В. ЗАЛУЦКИЙ<sup>1</sup>

## ПОЛУЧЕНИЕ РЕКОМБИНАНТНОГО ЛАКТОФЕРРИНА ЧЕЛОВЕКА ИЗ МОЛОКА КОЗ-ПРОДУЦЕНТОВ И ЕГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

<sup>1</sup>Институт физиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
lukashvs@rambler.ru; viola\_25@tut.by; novakovskaya@tut.by; link060619@list.ru; IZalutsky@gmail.com

<sup>2</sup>НПЦ НАН Беларуси по животноводству, Жодино, Беларусь  
budevich7388100@mail.ru; genlab2009@gmail.com; popkov-n@tut.by

<sup>3</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
sema@bsu.by; malyushkova@gmail.com; nauka@bsu.by

В рамках белорусско-российских программ Союзного государства получены трансгенные по гену лактоферрина человека первичные козлы Лак-1 (генная конструкция hLF5) и Лак-2 (генная конструкция hLF3), создано стадо животных-продуцентов и банк спермы. Используя катионообменную хроматографию, выделены электрофоретически гомогенные препараты рекомбинантного лактоферрина человека (rhLF) из молока трансгенных коз и природного лактоферрина человека (nhLf) из женского молока. Различными аналитическими методами, включая масс-спектрометрию и пептидное картирование, показана аналогия физико-химических характеристик между rhLF и nhLf. При системном употреблении крысами rhLF оказывал благоприятное действие на кишечную микрофлору, ультраструктуру печени и кишечника, активировал липидный метаболизм и стероидогенез.

**Ключевые слова:** трансгенные козы, рекомбинантный лактоферрин человека.

V. S. LUKASHEVICH<sup>1</sup>, A. I. BUDZEVICH<sup>2</sup>, I. V. SEMAK<sup>3</sup>, V. N. KUZNETSOVA<sup>2</sup>, E. V. MALYUSHKOVA<sup>3</sup>, A. E. PYZH<sup>1</sup>,  
S. A. NOVAKOVSKAYA<sup>1</sup>, J. A. RUDNICHENKO<sup>1</sup>, N. A. POPKOV<sup>2</sup>, O. A. IVASHKEVICH<sup>3</sup>, I. V. ZALUTSKY<sup>1</sup>

### PRODUCTION OF RECOMBINANT HUMAN LACTOFERRIN FROM THE MILK OF GOAT-PRODUCERS AND ITS PHYSIOLOGICAL EFFECTS

<sup>1</sup>Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

lukashvs@rambler.ru; viola\_25@tut.by; novakovskaya@tut.by; link060619@list.ru; IZalutsky@gmail.com

<sup>2</sup>Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus on animal husbandry, Zhodino, Belarus  
budevich7388100@mail.ru; genlab2009@gmail.com; popkov-n@tut.by

<sup>3</sup>Belarusian State University, Minsk, Belarus

semak@bsu.by; malyushkova@gmail.com; nauka@bsu.by

Primary male-goats Lac-1 (human lactoferrin gene construction hLF5) and Lac-2 (human lactoferrin gene construction hLF3) with a genome containing a human lactoferrin gene were bred and the sperm bank of primary male-goats was created within the framework of Belarus-Russia Union State programs. The herd of goats that produced recombinant human lactoferrin (rhLF) in their milk was obtained. Human lactoferrin (rhLF) from the milk of transgenic goats, natural human lactoferrin (nhLf) from the woman milk, and natural goat lactoferrin (gLf) from the milk of non-transgenic goats were purified using cation-exchange chromatography. Physicochemical characteristics of rhLF were similar to those of nhLf as revealed by different analytical methods including mass spectrometry and peptide mapping. Oral supplementation with rhLF activated lipid metabolism and steroidogenesis, promoted favorable changes in the gut microflora composition as well as the enhancement of the functional activity and the fine structure of the rat liver and gut.

*Keywords:* transgenic goats, recombinant human lactoferrin.

УДК 618.11 – 006.6:577.212.04

Е. П. МИХАЛЕНКО<sup>1</sup>, С. Е. ШЕЛКОВИЧ<sup>2</sup>, Н. В. ЧЕБОТАРЕВА<sup>1</sup>, А. Н. ЦАЮК<sup>1</sup>,  
Е. Н. МАЙСЕНЯ<sup>3</sup>, член-корреспондент Ю. Е. ДЕМИДЧИК<sup>2</sup>, Э. В. КРУПНОВА<sup>1</sup>

### ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ АРОМАТАЗЫ У ПАЦИЕНТОК С СЕРОЗНЫМ РАКОМ ЯИЧНИКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

<sup>1</sup>Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

E.Michalenko@igc.bas-net.by; n.chebotareva@mail.ru; anyuta\_8a@mail.ru; ekrupnova@inbox.ru

<sup>2</sup>Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Беларусь  
s.shelkovich@mail.ru; yu.demidchik@gmail.com

<sup>3</sup>Минский городской клинический онкологический диспансер, Минск, Беларусь  
an-el@mail.ru

В работе изучена частота распределения полиморфных вариантов гена ароматазы у белорусских пациенток с серозным раком яичников. В данной популяции пациентов установлена связь генетического полиморфизма rs10046 с риском развития серозного рака яичников у женщин старше 50 лет: генотип СТ в группе пациенток встречался достоверно реже (OR = 0,58; 95 % CI: 0,37–0,91;  $p = 0,023$ ).

*Ключевые слова:* генетический полиморфизм, ароматаза, эстрогены, серозный рак яичников.

A. P. MIKHALENKA<sup>1</sup>, S. E. SHELKOVICH<sup>2</sup>, N. V. CHEBOTAREVA<sup>1</sup>, A. N. SCHAYUK<sup>1</sup>, E. N. MAISENIA<sup>3</sup>,  
Yu. E. DEMIDCHIK<sup>2</sup>, E. V. KRUPNOVA<sup>1</sup>

### GENE POLYMORPHISM OF AROMATASE IN PATIENTS WITH SEROUS OVARIAN CANCER IN THE REPUBLIC OF BELARUS

<sup>1</sup>Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

E.Michalenko@igc.bas-net.by; n.chebotareva@mail.ru; anyuta\_8a@mail.ru; ekrupnova@inbox.ru

<sup>2</sup>Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Minsk, Belarus  
s.shelkovich@mail.ru; yu.demidchik@gmail.com

<sup>3</sup>Minsk City Clinical Oncologic Dispensary, Minsk, Belarus  
an-el@mail.ru

The aim of the present research was to study the frequency of the distribution of variants of gene polymorphism of aromatase (CYP19A1) in Belarusian patients with serous ovarian cancer. This population established the influence of gene polymorphism rs10046 with the risk of serous ovarian cancer in women older than 50 years: CT genotype in a group of patients with serous ovarian cancer was met significantly less than in the control group (OR = 0.58; 95 % CI: 0.37–0.91;  $p = 0.023$ ).

*Keywords:* genetic polymorphism, aromatase, estrogens, serous ovarian cancer.

*Т. И. КУХАРЧИК, С. В. КАКАРЕКА*

**СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВ РАЙОНА ГОРЫ ВЕЧЕРНЕЙ  
(ЗЕМЛЯ ЭНДЕРБИ, ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)**

*(Представлено академиком В. Ф. Логиновым)*

*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
tkukharchyk@gmail.com; sk001@yandex.ru*

В сообщении приведены результаты химико-аналитических исследований проб почв, отобранных в районе горы Вечерняя (Земля Эндерби, Восточная Антарктида) во время 4-й, 5-й и 7-й Белорусских антарктических экспедиций. Впервые для данного региона охарактеризован химический, гранулометрический и минералогический состав почв, определено содержание водорастворимых соединений, макро- и микроэлементов, нефтепродуктов. Показана связь содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов с предыдущей хозяйственной деятельностью в районе горы Вечерней.

*Ключевые слова:* Антарктида, Земля Эндерби, Белорусские антарктические экспедиции, почвы, химический состав почв.

*T. I. KUKHARCHYK, S. V. KAKAREKA*

**COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOILS NEAR MOUNT VECHERNYAYA  
(ENDERBY LAND, EAST ANTARCTICA)**

*Institute for Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
tkukharchyk@gmail.com; sk001@yandex.ru*

The results of chemical analysis of soil samples taken near Mount Vechernyaya (Enderby Land, East Antarctica) during the 4th, 5th, and 7th Belarusian Antarctic expeditions are given. For the first time, in this region the chemical, grain size and mineralogical composition of the soil is characterized. The content of water-soluble compounds, macro- and microelements, mineral oil is defined. The connection of elevated concentrations of heavy metals and hydrocarbons with the previous human activity in Mount Vechernyaya region is shown.

*Keywords:* Antarctica, Enderby Land, Belarusian Antarctic Expeditions, Soils, Chemical content.

*Н. А. МАКАРЕВИЧ*

**ФАКТОР НЕИДЕАЛЬНОСТИ В КЛАССИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЯХ  
ДЛЯ РЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ И КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ:  
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АССОЦИАТИВНО-ИОНИЗАЦИОННЫЙ МНОЖИТЕЛЬ  
В КЛАССИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЯХ ДЛЯ РАСТВОРОВ НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ  
И ЭЛЕКТРОЛИТОВ**

*(Представлено академиком В. С. Комаровым)*

*Военная академия Республики Беларусь, Минск, Беларусь  
nikma@tut.by*

Показано, что факторы активности, фугитивности, осмотический, изотонический, сжимаемости являются частным случаем ассоциативно-ионизационного фактора неидеальности  $i_{as} = 1 - \alpha_{as} + \alpha_i(v - 1)$ , пригодного для описания ассоциированных растворов неэлектролитов и электролитов с помощью классических уравнений ( $\alpha_{as}$  – степень ассоциации,  $\alpha_i$  – степень диссоциации,  $v$  – число частиц, на которое распадается молекула электролита). Одновременно  $i_{as}$  является частным случаем обобщенного фактора неидеальности систем (GNF)  $g = 1 - \beta_{ord} + \alpha_{nord}$ , связывающего идеальную и реальную модели системы ( $\beta_{ord} \equiv \alpha_{as}$  – доля упорядоченных элементов системы;  $\alpha_{nord} \equiv \alpha_i(v - 1)$  – доля неупорядоченных элементов системы).

*Ключевые слова:* фактор неидеальности систем, коэффициент активности, изотонический коэффициент, фактор сжимаемости, ассоциативно-ионизационный множитель, степень ассоциации.

N. A. MAKAREVICH

**NON-IDEALITY FACTOR IN THE CLASSICAL EQUATIONS FOR REAL GASES  
AND CONDENSED SYSTEMS: UNIVERSAL ASSOCIATIVE-IONIZED MULTIPLIER  
IN THE CLASSICAL EQUATIONS FOR SOLUTIONS OF NONELECTROLYTES AND ELECTROLYTES**

*Military Academy of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus  
nikma@tut.by*

It is shown that the factors of activity, fugacity, as well as the osmotic, isotonic compressibility are a special case of the associative-ionized non-ideality factor  $i_{as} = 1 - \alpha_{as} + \alpha_i(v - 1)$  suitable for describing associated solutions of nonelectrolytes and electrolytes with the use of the classical equations. Here  $i_{as}$  is the association degree,  $\alpha_i$  is the dissociation degree,  $v$  is the number of the ionized particles, into which the electrolyte molecule breaks. At the same time,  $i_{as}$  is a special case of the generalized non-ideality factor of systems (GNF)  $g = 1 - \beta_{ord} + \alpha_{nord}$  that binds the ideal and real models of any systems. ( $\beta_{ord} \equiv \alpha_{as}$  is the fraction of the ordered elements of the system,  $\alpha_{nord} \equiv \alpha_i(v - 1)$  is the fraction of the disordered elements of the system).

*Keywords:* factor of non ideality of systems, activity coefficient, isotonic coefficient, compressibility factor, associative and ionization multiplier, degree of association.

УДК 678.764.4.027.38

*Член-корреспондент С. С. ПЕСЕЦКИЙ, С. П. БОГДАНОВИЧ, В. Н. АДЕРИХА, В. Н. КОВАЛЬ*

**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭКСТРУЗИЯ  
В ТЕХНОЛОГИИ НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ/ГЛИНА**

*Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, Гомель, Беларусь  
otdel5mpri@tut.by*

Исследованы особенности структуры и механических свойств нанокomпозитов на основе полиэтилентерефталата (ПЭТ) и слоистых глинистых силикатов (СГС). В качестве СГС использованы исходный, не обработанный ПАВ,  $\text{Na}^+$ -монтмориллонит и органоглина Cloisite 30B. Компаундирование материалов осуществляли по экструзионной технологии с использованием двухшнекового экструдера (диаметр шнеков 35 мм,  $L / D = 40$ ) при температуре в основных зонах смешения, превышающей температуру плавления ПЭТ (экструзия в расплаве) и ниже этой температуры на  $\approx 50$  °C и  $\approx 100$  °C (низкотемпературная экструзия). Показано, что переход от режима, характерного для экструзии в расплаве, к низкотемпературной экструзии способствует повышению показателей деформационно-прочностных свойств нанокomпозитов ПЭТ/глина. По данным рентгеноструктурного анализа степень интеркалирования наноглин в матрице ПЭТ, особенно не обработанного ПАВ монтмориллонита, повышается при переходе к режимам низкотемпературной экструзии. Установлено нуклеирующее влияние наноглин на кристаллизацию ПЭТ, усиливающееся при повышении степени переохлаждения полиэфира в материальном цилиндре экструдера.

*Ключевые слова:* нанокomпозит, слоистый глинистый силикат, монтмориллонит, полиэтилентерефталат, экструзия.

*S. S. PESETSKII, S. P. BOGDANOVICH, V. N. ADERIKHA, V. N. KOVAL*

**LOW-TEMPERATURE EXTRUSION IN TECHNOLOGY OF POLYETHYLENE  
TEREPHTALATE/ CLAY NANCOMPOSITES**

*V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
otdel5mpri@tut.by*

Characteristic features of the structure and mechanical properties of nanocomposites based on polyethylene terephthalate (PET) and layered clay silicates (LCS) were studied.  $\text{Na}^+$ -montmorillonite (not treated) and organoclay Cloisite 30B were used as LCS. The materials were compounded by means of the extrusion technology using a twin-screw extruder (the diameter of screws was equal to 35 mm,  $L / D = 40$ ). The temperature of the main compounding zones was above the PET melting temperature for melt extrusion, and  $\approx 50$  °C and  $\approx 100$  °C below that temperature for low-temperature extrusion. It was found that the change from the regime of melt extrusion to that of low-temperature extrusion promoted the increase in the deformation-strength properties of the PET/clay nanocomposites. The X-ray diffraction analysis showed that the degree of nanoclay intercalation in the PET matrix increased with changing to the low-temperature extrusion regimes. The nanoclays appeared to cause a nucleating effect on the PET crystallization; this effect became stronger with higher degrees of polymer overcooling in the material cylinder of the extruder.

*Keywords:* nanocomposite, layered clay silicate, montmorillonite, polyethylene terephthalate, extrusion.

*М. Ю. ЛЯХ, О. С. РАБИНОВИЧ*

## **ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АДСОРБЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ИДЕАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕНА ВНУТРИ АДСОРБЕРА**

*(Представлено членом-корреспондентом Н. В. Павлюкевичем)*

*Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
liakhmaria@gmail.com; orabi@hmti.ac.by*

Рассмотрен предельный случай работы адсорбционного холодильника, в котором благодаря равномерному распределению теплоносителя внутри адсорбера и высокой скорости теплообмена между теплоносителем и сорбентом достигнута однородность температур и концентраций в поперечном сечении. Исследовано влияние различных параметров на эффективность рассматриваемого устройства и установлены их оптимальные значения.

*Ключевые слова:* преобразование тепловой энергии, адсорбционное охлаждение, фазовый переход, моделирование.

*М. Yu. LIAKH, O. S. RABINOVICH*

## **LIMITING PARAMETERS OF CHEMICAL-ADSORPTION CONVERSION OF THERMAL ENERGY UNDER PERFECT HEAT TRANSFER WITHIN AN ADSORBER**

*A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
liakhmaria@gmail.com; orabi@hmti.ac.by*

The limiting case of operation of an adsorption refrigerator, in which the temperature and concentration are uniform over the cross-section due to a uniform distribution of heat transfer fluid within an adsorber and a high rate of heat exchange between sorbent and heat transfer fluid, is examined. The influence of various parameters on the efficiency of the considered device is investigated and their optimum values are found.

*Keywords:* thermal energy conversion, adsorption refrigeration, phase transition, modeling.

УДК 339.5

*Член-корреспондент А. Е. ДАЙНЕКО, Н. А. АБРАМЧУК, Д. В. БЕРЕСНЕВ*

## **НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ЭКСПОРТА ТОВАРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Институт экономики НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,  
director@economics.basnet.by; nina\_abramchuk@mail.ru; beresnev@economics.basnet.by*

Предложена методика выявления наиболее перспективных товарных групп экспорта с позиции оценки их экспортной доходности и степени технологической близости по отношению к товарам, в торговле которыми страна уже имеет сравнительные преимущества. Представлена методика отнесения страны к потенциальной стране-импортеру белорусского товара, основанная на определении позиции страны по уровню ее макроэкономического развития, по степени риска страны и по уровню развития внешней торговли. Разработаны предложения по товарной и географической диверсификации белорусского экспорта.

*Ключевые слова:* экспорт товаров, перспективность, товарная диверсификация, географическая диверсификация.

*A. E. DAINKA, N. A. ABRAMCHUK, D. V. BERASNEU*

## **SCIENTIFIC FUNDAMENTALS OF DIVERSIFICATION OF THE EXPORT OF GOODS OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

*Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
director@economics.basnet.by; nina\_abramchuk@mail.ru; beresnev@economics.basnet.by*

The article proposes a method of identifying the most promising export product groups from the viewpoint of evaluation of their export profitability and the degree of technological proximity in relation to the goods in the trade of which the country has a comparative advantage. The article presents a methodology of placing the country to potential importing countries for Belarusian goods based on the determination of the country's position on the level of its macro-economic development, the degree of country risk, and the level of development of foreign trade. The proposals for the commodity and geographic diversification of the Belarusian export are proposed.

*Keywords:* exports of goods, promising setting, commodity diversification, geographic diversification.

Член-корреспондент В. К. ПЕСТИС<sup>1</sup>, Л. В. ГОЛУБЕЦ<sup>1</sup>, А. С. ДЕШКО<sup>1</sup>,  
И. С. КЫССА<sup>1</sup>, М. В. ПОПОВ<sup>2</sup>

## ПОЛУЧЕНИЕ ООЦИТОВ КОРОВ ПУТЕМ ТРАНСВАГИНАЛЬНОЙ ПУНКЦИИ ФОЛЛИКУЛОВ

<sup>1</sup>Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Беларусь  
ggaubio@mail.ru; ggau@ggau.by; ggaubio@mail.ru; deshkoas@mail.ru; semexbelarus@tut.by

<sup>2</sup>ОАО «Почапово», Пинск, Беларусь  
maxim.popov10@mail.ru

В работе представлены результаты изучения влияния некоторых факторов на эффективность получения ооцитов крупного рогатого скота путем трансвагинальной пункции фолликулов. Установлено, что уровень извлекаемости ооцит-кумулясных комплексов от числа проаспиривированных фолликулов составляет 68,7%. Выход ооцитов на одну аспирацию – 2,7, в том числе на одну положительную по извлечению – 3,3. Наиболее приемлемой для аспирации является игла диаметром 17G независимо от уровня вакуума. Наибольшее количество аспирированных фолликулов (6,2 и 8,0) и полученных ооцитов (4,0 и 5,5) отмечено при использовании для стимуляции фолликулостимулирующего гормона Плюсет в дозе 750 И. Е. как без, так и с использованием в схеме стимуляции прогестагенного препарата Crestar.

*Ключевые слова:* крупный рогатый скот, ооцит, гормоны, *in vitro*, трансвагинальная аспирация ооцитов.

V. K. PESTIS<sup>1</sup>, L. V. GOLUBETS<sup>1</sup>, A. S. DESHKO<sup>1</sup>, I. S. KYSSA<sup>1</sup>, M. V. POPOV<sup>2</sup>

## COW OOCYTE PICK-UP BY THE TRANSVAGINAL PUNCTURE OF FOLLICLES

<sup>1</sup>Grodno State Agrarian University, Grodno, Belarus  
ggaubio@mail.ru; ggau@ggau.by; ggaubio@mail.ru; deshkoas@mail.ru; semexbelarus@tut.by

<sup>2</sup>«Pochapovo», Pinsk, Belarus  
maxim.popov10@mail.ru

The results of studying the influence of some factors on the efficiency of the cattle pick-up are presented in the article. It is established that the level of recoverability of the oocyte-cumulus complexes from the number of punctured follicles is 68.7%. The yield of oocytes per one aspiration is 2.7, including per one positive aspiration for extraction – 3.3. Most acceptable for aspiration is the 17G dia needle regardless of the vacuum level. The greatest number of aspirated follicles (6.2 and 8.0) and picked-up oocytes (4.0 to 5.5) is observed when for simulation the follicle-stimulating Pluset hormone is used at a dose of 750 I. E. with or without the use of the progestagen drug Crestar during the stimulation process.

*Keywords:* cattle, oocyte, hormones, *in vitro*, transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval.