

# ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Выходит шесть номеров в год

Журнал основан в июле 1957 года

---

МИНСК, БЕЛОРУССКАЯ НАУКА, 2016, ТОМ 60, № 5

---

Учредитель – Национальная академия наук Беларуси

Редакционная коллегия:

**В. Г. Гусаков** (главный редактор),  
**С. Я. Килин** (заместитель главного редактора),  
**С. А. Чижик** (заместитель главного редактора),  
**А. В. Кильчевский** (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

<b>Платонов А. С., Красовский С. Г.</b> Построение линейных систем Пфаффа с многомерным временем и достаточно произвольными нижним характеристическим и характеристическим множествами . . . . .	5
<b>Белокурский М. С.</b> Периодические отражающие функции линейных дифференциальных систем с не-соизмеримыми периодами однородной и неоднородной частей . . . . .	12
<b>Берник В. И., Бударина Н. В., О’Доннелл Х.</b> Величины дискриминантов целочисленных многочленов в архимедовой и неархимедовой метриках . . . . .	18
<b>Луневич А. В.</b> О количестве точек с алгебраическими координатами внутри полосы малой меры в поле $\mathbb{Q}_p$ . . . . .	24
<b>Гаспар Ф. Ж., Матус П. П., Туен В. Т. К., Хиену Л. М.</b> Монотонные разностные схемы для систем эллиптических и параболических уравнений. . . . .	29
<b>Евхута Н. А., Евхута О. Н., Забрейко П. П.</b> NL-производные и NL-примитивные в дифференциальном и интегральном исчислении . . . . .	34

<b>Антоневич А. Б., Шукур Али А.</b> О росте аналитической функции в круге .....	41
<b>Бенедиктович В. И.</b> Спектральный радиус и гамильтоновость графа .....	46
<b>ИНФОРМАТИКА</b>	
<b>Борискевич А. А.</b> Метод защиты ценных документов от подделок на основе визуальной схемы разделения секрета .....	54
<b>ФИЗИКА</b>	
<b>Толкачев Е. А.</b> Векторная параметризация групп Кэрролла и Галилея: электродинамика Кэрролла с внешними источниками .....	59
<b>Толкачев В. А., Блохин А. П.</b> Необычная флуоресценция цис-азоалканов – результат миграции ( $n, \pi^*$ )-возбуждения .....	66
<b>Комаров Ф. Ф., Камышан А. С., Пилько В. В., Шекунов А. А., Романовская О. Ф., Урьев Г. А.</b> Комплекс для локальной ионной имплантации и элементного микроанализа с выводом ионного пучка в атмосферу .....	71
<b>Павлович В. С.</b> Внутреннее электрическое поле, захватывающие электроны пустоты, мертвые электроны и увеличение эффективности полимерных солнечных элементов при фторировании (на англ. яз.) .....	76
<b>Кисель В. В., Овсюк Е. М., Войнова Я. А., Веко О. В., Редьков В. М.</b> Квантовая механика частицы со спином 1 и аномальным магнитным моментом в магнитном поле .....	83
<b>ХИМИЯ</b>	
<b>Петкевич А. В., Игнатович Ж. В., Королёва Е. В., Еремин А. Н., Агабеков В. Е.</b> Одностадийный метод формирования ассоциатов производных 2-ариламинопиримидина с магнетитом .....	91
<b>Мартиневич Г. Г., Мартиневич И. В., Вчерашняя А. В., Шадыро О. И., Черенкевич С. Н.</b> Дифференциальная регуляция продукции активных форм кислорода и механизмов гибели опухолевых клеток пара-бензохинонами .....	96
<b>БИОЛОГИЯ</b>	
<b>Шаптуренко М. Н., Тарутина Л. А., Мишин Л. А., Кубрак С. В., Кильчевский А. В., Хотылева Л. В.</b> Связь дифференциального ДНК-полиморфизма томата ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) с гетеротическим потенциалом гибридов $F_1$ .....	101
<b>НАУКИ О ЗЕМЛЕ</b>	
<b>Матвеев А. В.</b> Районирование территории Беларуси по степени радоновой опасности грунтов .....	108
<b>Махнач А. А., Кручек С. А., Покровский Б. Г.</b> Гипс в силурийских отложениях Беларуси: изотопный состав серы и происхождение .....	113
<b>СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ</b>	
<b>Левко О. Н.</b> Кордон – новый памятник археологии эпохи викингов в Восточной Европе .....	120

---

ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ. 2016. Т. 60, № 5

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 11.10.2016. Выпуск в свет 28.10.2016. Формат 60×84<sup>1/8</sup>. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 160 экз. Заказ 213.

Цена номера: индивидуальная подписка – 10,28 руб.; ведомственная подписка – 25,21 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 5

---

Founder – National Academy of Sciences of Belarus

Editorial Board:

**V. G. Gusakov** (Editor-in-Chief),  
**S. Ya. Kilin** (Associate Editor-in-Chief),  
**S. A. Chizhik** (Associate Editor-in-Chief),  
**A. V. Kilchevsky** (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

<b>Platonov A. S., Krasovskii S. G.</b> Constructing the Pfaffian linear systems with multidimensional time and arbitrary lower characteristic and characteristic sets. . . . .	5
<b>Belokursky M. S.</b> Periodic reflecting functions of linear differential systems with incommensurable periods of homogeneous and nonhomogeneous parts. . . . .	12
<b>Bernik V. I., Budarina N. V., O'Donnell H.</b> Discriminant values of integral polynomials in the Archimedean and non-Archimedean metrics. . . . .	18
<b>Lunevich A. V.</b> About the number of points with the algebraic coordinates in a strip of small measure in the field. . . . .	24
<b>Gaspar F., Matus P., Vo Thi Kim Tuyen, Le Minh Hieu.</b> Monotone difference schemes for systems of elliptic and parabolic equations. . . . .	29
<b>Evkhuta N. A., Evkhuta O. N., Zabreiko P. P.</b> NL-derivatives and NL-primitives in calculus. . . . .	34

<b>Antonevich A. B., Shukur Ali A.</b> Growth of the analytic function on the disc .....	41
<b>Benediktovich V. I.</b> Spectral radius and Hamiltonicity of a graph .....	46
<i>INFORMATICS</i>	
<b>Boriskevich A. A.</b> A protection method of valuable documents against forgery based on the visual secret sharing scheme .....	54
<i>PHYSICS</i>	
<b>Tolkachev E. A.</b> Vector parametrization of the Galileo and Carroll groups: Carroll electrodynamics with external sources .....	59
<b>Tolkachev V. A., Blokhin A. P.</b> Extraordinary fluorescence of <i>cis</i> -azoalkanes follows from ( $n, \pi^*$ )-excitation ...	66
<b>Komarov F. F., Kamyshan A. S., Pilko V. V., Shekunov A. A., Romanovskaya O. F., Urjev G. A.</b> In-air ion beam extraction set-up for external micro-pixe analysis and local implantation .....	71
<b>Pavlovich V. S.</b> Internal electric field, electron-trapping voids, dead electrons, and the increasing of the efficiency of polymer solar cells with fluorination .....	76
<b>Kisel V. V., Ovsyuk E. M., Veko O. V., Voynova Y. A., Red'kov V. M.</b> Quantum mechanics of a spin 1 particle with the anomalous magnetic moment in the magnetic field .....	83
<i>CHEMISTRY</i>	
<b>Pietkievich A. V., Ignatovich Zh. V., Koroleva E. V., Eryomin A. N., Agabekov V. E.</b> One-step method for obtaining the derivatives of 2-arylamino-pyrimidine associates with magnetite .....	91
<b>Martinovich G. G., Martinovich I. V., Vcherashniaya A. V., Shadyro O. I., Cherenkevich S. N.</b> Differential regulation of the reactive oxygen species production and the mechanisms of tumor cell death by <i>para</i> -benzoquinones .....	96
<i>BIOLOGY</i>	
<b>Shapturenko M. N., Tarutina L. A., Mishin L. A., Kubrak S. V., Kilchevsky A. V., Khotyleva L. V.</b> Impact of differential DNA polymorphism of tomato ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) on the formation of the superior F <sub>1</sub> hybrid performance .....	101
<i>EARTH SCIENCES</i>	
<b>Matveyev A. V.</b> Division of the territory of Belarus into the regions with different radon contamination hazard levels of soils .....	108
<b>Makhnach A. A., Kruchek S. A., Pokrovsky B. G.</b> Gypsum in the Silurian deposits of Belarus: sulphur isotopic composition and origin .....	113
<i>SOCIAL AND HUMAN SCIENCES</i>	
<b>Levko O. N.</b> Cordon is a new archeological site of the Viking Age in the territory of Eastern Europe .....	120

*А. С. ПЛАТОНОВ<sup>1</sup>, С. Г. КРАСОВСКИЙ<sup>2</sup>*

**ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ПФАФФА С МНОГОМЕРНЫМ ВРЕМЕНЕМ  
И ДОСТАТОЧНО ПРОИЗВОЛЬНЫМИ НИЖНИМ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИМ  
И ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИМ МНОЖЕСТВАМИ**

*(Представлено академиком Н. А. Изобовым)*

<sup>1</sup>*Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, Минск, Беларусь  
alexpltn@mail.ru*

<sup>2</sup>*Институт математики НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
kras@im.bas-net.by*

Получены конструктивные доказательства существования вполне интегрируемых систем Пфаффа  $\partial x / \partial t_i = A_i(t)x$ ,  $x \in \mathbb{R}^n$ ,  $t = (t_1, \dots, t_m) \in \mathbb{R}_+^m$ ,  $i = 1, m$ ,  $m \geq 2$ , с бесконечно дифференцируемыми ограниченными матрицами коэффициентов, имеющих произвольное несвязное нижнее характеристическое множество положительной  $m$ -меры Лебега и произвольно заданные характеристическое и нижнее характеристическое множества.

*Ключевые слова:* вполне интегрируемые линейные системы Пфаффа, характеристическое множество, нижнее характеристическое множество, построение системы Пфаффа по заданному нижнему характеристическому множеству, совместная реализуемость характеристического и нижнего характеристического множеств линейной системы Пфаффа, ограниченное сверху (снизу)  $m$ -мерное множество, точная верхняя (нижняя) граница многомерного множества, замкнутое сверху (снизу) многомерное множество.

*A. S. PLATONOV<sup>1</sup>, S. G. KRASOVSKI<sup>2</sup>*

**CONSTRUCTING THE PFAFFIAN LINEAR SYSTEMS WITH MULTIDIMENSIONAL TIME  
AND ARBITRARY LOWER CHARACTERISTIC AND CHARACTERISTIC SETS**

<sup>1</sup>*University of Civil Protection, Minsk, Belarus  
alexpltn@mail.ru*

<sup>2</sup>*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
kras@im.bas-net.by*

It is proved that there exist the completely integrable Pfaffian systems  $\partial x / \partial t_i = A_i(t)x$ ,  $x \in \mathbb{R}^n$ ,  $t = (t_1, \dots, t_m) \in \mathbb{R}_+^m$ ,  $i = 1, m$ ,  $m \geq 2$ , with infinitely differentiable bounded coefficients such that the lower characteristic set of these systems is an arbitrary pre-assigned disconnected set and has a positive Lebesgue  $m$ -measure. Also, both characteristic and lower characteristic sets for these systems can be arbitrarily pre-assigned. The proofs are constructive.

*Keywords:* completely integrable linear Pfaffian systems, a characteristic set, the lower characteristic set, constructing or the linear Pfaffian system with arbitrary preassigned bounded disconnected lower characteristic set with positive Lebesgue  $m$ -measure, the joint realizability of the characteristic set and the lower characteristic set for the linear Pfaffian system, bounded from above (from below)  $m$ -dimensional set, supremum (infimum) of multidimensional set; closed from above (from below) multidimensional set.

*М. С. БЕЛОКУРСКИЙ*

**ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ОТРАЖАЮЩИЕ ФУНКЦИИ ЛИНЕЙНЫХ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ С НЕСОИЗМЕРИМЫМИ ПЕРИОДАМИ  
ОДНОРОДНОЙ И НЕОДНОРОДНОЙ ЧАСТЕЙ**

*(Представлено академиком Н. А. Изобовым)*

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, Гомель, Беларусь  
drakonsm@ya.ru*

Для линейной неоднородной дифференциальной системы получены необходимые и достаточные условия совпадения ее отражающей функции с отражающей функцией соответствующей системы с нулевой матрицей. В качестве следствия дано достаточное условие того, чтобы линейная неоднородная система, однородная и неоднородная части которой периодические с несоизмеримыми периодами, имела периодическую отражающую функцию с периодом, равным периоду неоднородной части. Полученные условия применены для нахождения частично нерегулярных периодических решений квазипериодической системы матричных уравнений.

*Ключевые слова:* периодическая отражающая функция, квазипериодическая линейная дифференциальная система.

M. S. BELOKURSKY

**PERIODIC REFLECTING FUNCTIONS OF LINEAR DIFFERENTIAL SYSTEMS  
WITH INCOMMESURABLE PERIODS OF HOMOGENEOUS AND NONHOMOGENEOUS PARTS**

*Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus  
drakonsm@ya.ru*

The necessary and sufficient conditions, under which a reflecting function of a linear nonhomogeneous differential system coincides with that of the corresponding system with a zero matrix, were established. The sufficient condition for the linear nonhomogeneous system, the homogeneous and nonhomogeneous parts of which are periodic with incommensurable periods, has a periodic reflecting function with a period coinciding with that of the nonhomogeneous part. Due to the conditions obtained, the irregular periodic solutions of the quasi-periodic differential system of matrix equations were obtained.

*Keywords:* periodic reflecting function, quasi-periodic linear differential system.

*В. И. БЕРНИК<sup>1</sup>, Н. В. БУДАРИНА<sup>2</sup>, Х. О'ДОННЕЛЛ<sup>2</sup>*

**ВЕЛИЧИНЫ ДИСКРИМИНАНТОВ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ МНОГОЧЛЕНОВ  
В АРХИМЕДОВОЙ И НЕАРХИМЕДОВОЙ МЕТРИКАХ**

*(Представлено академиком Н. А. Изобовым)*

<sup>1</sup>*Институт математики НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
bernik@im.bas-net.by*

<sup>2</sup>*Технологический институт Дублина, Дублин, Ирландия  
buda77@mail.ru; hugh.odonnell@nuim.ie*

Рассмотрим класс  $\mathcal{P}_3(Q)$  многочленов  $P(t) \in \mathbb{Z}[t]$  степени 3 и высоты  $H(P) \leq Q$ ,  $Q > 1$ . Выделим в  $\mathcal{P}_3(Q)$  подкласс  $S_3(Q)$  полиномов  $P(t)$ , дискриминанты которых не превосходят  $Q^{2n-2-2v_1}$  и делятся на степень простого числа  $p^e$ ,  $p^e > Q^{2v_2}$ ,  $v_1 \geq 0$ ,  $v_2 \geq 0$ ,  $0 \leq v_1 + v_2 < 3/2$ . Найдена оценка сверху для мощности подкласса  $S_3(Q)$ . Доказано, что для любого  $\varepsilon > 0$  и  $Q > Q_0(\varepsilon)$  справедливо неравенство  $\#S_3(Q) < Q^{4-5/3(v_1+v_2)+\varepsilon}$ .

*Ключевые слова:* диофантовы приближения, целочисленный многочлен, дискриминант целочисленного многочлена,  $p$ -адические числа, неархимедова метрика.

*V. I. BERNIK<sup>1</sup>, N. V. BUDARINA<sup>2</sup>, H. O'DONNELL<sup>2</sup>*

**DISCRIMINANT VALUES OF INTEGRAL POLYNOMIALS IN THE ARCHIMEDEAN  
AND NON-ARCHIMEDEAN METRICS**

<sup>1</sup>*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
bernik@im.bas-net.by*

<sup>2</sup>*Dublin Institute of Technology, Dublin, Ireland  
buda77@mail.ru; hugh.odonnell@nuim.ie*

Consider the class  $\mathcal{P}_3(Q)$  of the polynomials  $P(t) \in \mathbb{Z}[t]$  of degree 3 and height  $H(P) \leq Q$ ,  $Q > 1$ . Define a subclass  $S_3(Q)$  in  $\mathcal{P}_3(Q)$  by taking the polynomials  $P(t)$  having discriminants not exceeding  $Q^{2n-2-2v_1}$  and divisible by the power of the prime number  $p^e$ ,  $p^e > Q^{2v_2}$ ,  $v_1 \geq 0$ ,  $v_2 \geq 0$ ,  $0 \leq v_1 + v_2 < 3/2$ . The upper bound on the number of the elements in  $S_3(Q)$  is found. It has been proved that for any  $\varepsilon > 0$  and  $Q > Q_0(\varepsilon)$ , the inequality  $\#S_3(Q) < Q^{4-5/3(v_1+v_2)+\varepsilon}$  is valid.

*Keywords:* diophantine approximation, integral polynomial, discriminant of an integral polynomial,  $p$ -adic numbers, non-archimedean metric.

*А. В. ЛУНЕВИЧ*

**О КОЛИЧЕСТВЕ ТОЧЕК С АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ КООРДИНАТАМИ  
ВНУТРИ ПОЛОСЫ МАЛОЙ МЕРЫ В ПОЛЕ  $\mathbb{Q}_p$**

*(Представлено академиком И. В. Гайшуном)*

*Институт математики НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
lunevichav@gmail.com*

В данной работе исследуется оценка сверху количества точек с целыми  $p$ -адическими сопряженными алгебраическими координатами внутри полосы малой меры, около нормальной по Малеру кривой.

*Ключевые слова:* целые  $p$ -адические числа, точки с алгебраическими координатами, диофантовы приближения.

A. V. LUNEVICH

**ABOUT THE NUMBER OF POINTS WITH THE ALGEBRAIC COORDINATES IN A STRIP  
OF SMALL MEASURE IN THE FIELD**

*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
lunevichav@gmail.com*

In this article, we consider the upper bound on the number of points with the integer  $p$ -adic conjugate algebraic coordinates in a strip of small measure, near the curve normal by Mahler.

*Keywords:* integral  $p$ -adic number, the point with algebraic coordinates, Diophantine approximations.

*Ф. Ж. ГАСПАР<sup>1</sup>, П. П. МАТУС<sup>2</sup>, В. Т. К. ТУЕН<sup>3</sup>, Л. М. ХИЕУ<sup>3</sup>*

**МОНОТОННЫЕ РАЗНОСТНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ  
И ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ**

*(Представлено академиком И. В. Гайшуном)*

<sup>1</sup>*Университет Сарагосы, Испания  
paco1111@gmail.com*

<sup>2</sup>*Институт математики НАН Беларуси, Минск, Беларусь; Католический университет Люблина, Польша  
matus@im.bas-net.by*

<sup>3</sup>*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
Vokimtuyen188@gmail.com; lmhieuktdn@gmail.com*

В настоящей работе для канонической формы векторно-разностных схем общего вида при условиях положительности матричных коэффициентов получены двусторонние оценки сеточного решения при произвольных незначительных входных данных задачи. Полученные результаты применяются для получения двусторонних оценок и априорных оценок в норме  $C$  конкретных монотонных векторно-разностных схем, аппроксимирующих слабо связанные системы эллиптических и параболических уравнений с граничными условиями Дирихле.

*Ключевые слова:* принцип максимума, двусторонняя оценка, монотонная разностная схема, слабо связанная система.

*FRANCISCO GASPAR<sup>1</sup>, PIOTR MATUS<sup>2</sup>, VO THI KIM TUYEN<sup>3</sup>, LE MINH HIEU<sup>3</sup>*

**MONOTONE DIFFERENCE SCHEMES FOR SYSTEMS OF ELLIPTIC AND PARABOLIC EQUATIONS**

<sup>1</sup>*University of Saragosa, Spain  
paco1111@gmail.com*

<sup>2</sup>*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus; Catholic University of Lublin, Poland  
matus@im.bas-net.by*

<sup>3</sup>*Belarusian State University, Minsk, Belarus  
Vokimtuyen188@gmail.com; lmhieuktdn@gmail.com*

In this article, for the canonical form of vector-difference schemes under the positivity conditions of matrix coefficients the two-sided estimates for an approximate solution at the arbitrary non sign-constant input data of the problem are obtained. The obtained results are used for deriving two-sided estimates and *a priori* estimates in the norm  $C$  of monotone vector-difference schemes that approximate the weakly coupled systems of elliptic and parabolic equations with the Dirichlet boundary conditions.

*Keywords:* maximum principle, two-sided estimate, monotone difference scheme, weakly coupled system.

*N. A. EVKHUTA<sup>1</sup>, O. N. EVKHUTA<sup>1</sup>, P. P. ZABREIKO<sup>2</sup>*

**NL-DERIVATIVES AND NL-PRIMITIVES IN CALCULUS**

<sup>1</sup>*Platov South-Russian State Polytechnic University, Novocherkassk, Russian Federation  
evhuta@gmail.com*

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

For the real functions of a real variable, the relations between the notions of ordinary derivatives and NL-derivatives (introduced by the authors), the derivatives of ordinary functions considered as distributions, and the Radon–Nikodym derivatives are studied. The theorems on the NL-derivatives of the sum and product of functions, as well as on the NL-derivatives of composite and inverse functions are given. The reduction of the notion of the NL-derivatives between the Banach spaces to the derivatives of the scalar functions of a real variable is considered as well.

*Keywords:* derivatives, Newton–Leibnitz derivatives, Radon–Nikodym derivatives, primitives (Kurzweil–Henstock indefinite integral), sets with zero measure, negligible sets.

Н. А. ЕВХУТА<sup>1</sup>, О. Н. ЕВХУТА<sup>1</sup>, П. П. ЗАБРЕЙКО<sup>2</sup>

## NL-ПРОИЗВОДНЫЕ И NL-ПРИМИТИВНЫЕ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ И ИНТЕГРАЛЬНОМ ИСЧИСЛЕНИИ

(Представлено членом-корреспондентом В. В. Гороховиком)

<sup>1</sup>Южно-Российский государственный политехнический университет им. М. И. Платова,  
Новочеркасск, Российская Федерация  
evhuta@gmail.com

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

В сообщении для вещественных функций вещественного переменного изучаются взаимосвязи между классическими производными и введенными авторами NL-производными, производными обычных функций, рассматриваемых как обобщенные, производными Радона–Никодима. Устанавливаются теоремы об NL-производных суммы и произведения функций, а также об NL-производных сложной и обратной функций. Показано, как понятие NL-производных для функций между банаховыми пространствами сводится к понятию NL-производных скалярных функций одного переменного.

*Ключевые слова:* производные, производные Ньютона–Лейбница, производные Радона–Никодима, первообразные (неопределенный интеграл Курцвейля–Хенстока), множества меры нуль, ничтожные множества.

А. Б. АНТОНЕВИЧ, АЛИ А. ШУКУР

## О РОСТЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ В КРУГЕ

(Представлено членом-корреспондентом Я. В. Радыно)

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
antonevich@bsu.by; shukur.math@gmail.com

В работе введен экспоненциальный порядок роста аналитической функции  $\varphi$  в круге и установлена связь между скоростью роста коэффициентов разложения функции и ее порядком. Дано приложение к описанию поведения нормы резольвенты  $R(B, \lambda)$  ограниченного линейного оператора при приближении  $\lambda$  к спектру.

*Ключевые слова:* рост аналитической функции, резольвента, дискретный оператор взвешенного сдвига.

А. В. ANTONEVICH, ALI A. SHUKUR

## GROWTH OF THE ANALYTIC FUNCTION ON THE DISC

Belarusian State University, Minsk, Belarus  
antonevich@bsu.by; shukur.math@gmail.com

In this article, the order of exponential of growth of analytical function  $\varphi$  on the disc is introduced, and the relation between the order of the function  $\varphi$  and its coefficients is obtained. An application of this result gives us the description of the behavior of the resolvent  $\|R(B, \lambda)\|$  of linear bounded operator where  $\lambda$  approaches the spectrum.

*Keywords:* growth of analytical function, resolvent, discrete weighted shift operator.

В. И. БЕНЕДИКТОВИЧ

## СПЕКТРАЛЬНЫЙ РАДИУС И ГАМИЛЬТОНОВИЧЕСТВО ГРАФА

(Представлено академиком И. В. Гайшуном)

Институт математики НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
vbened@im.bas-net.by

В данной работе в два раза уменьшена нижняя граница порядка графов, полученная В. Никифоровым, для которых выполняется обобщение достаточного спектрального признака гамильтоновости графа, предложенного ранее.

*Ключевые слова:* матрица смежности, спектральный радиус, гамильтонов цикл, минимальная степень, индуцированный подграф.

V. I. BENEDIKTOVICH

## SPECTRAL RADIUS AND HAMILTONICITY OF A GRAPH

*Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*  
vbened@im.bas-net.by

In this article, the lower graph order boundary obtained by V. Nikiforov, for which the generalization of the sufficient spectral criterion of Hamiltonicity of a graph is valid, has been reduced twice.

*Keywords:* Adjacency matrix, spectral radius, Hamiltonian cycle, minimum degree, induced subgraph.

A. A. БОРИСКЕВИЧ

## МЕТОД ЗАЩИТЫ ЦЕННЫХ ДОКУМЕНТОВ ОТ ПОДДЕЛОК НА ОСНОВЕ ВИЗУАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕКРЕТА

*(Представлено академиком В. А. Лабуновым)*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь*  
anbor@bsuir.by

Разработан метод защиты ценных документов от подделок, основанный на визуальном зашифровании высоко-разрешающего изображения с идентифицирующей информацией (общий секрет) и его расшифровании посредством физического процесса наложения шумоподобных теневых изображений (частичные секреты) без использования компьютера и криптографических ключей шифрования. Исследованы криптографические свойства теневых изображений. Представлены результаты компьютерного моделирования.

*Ключевые слова:* ценные документы, визуальное шифрование, схемы разделения секрета, кодовая таблица, теневое изображение, общий и частичный секреты.

A. A. BORISKEVICH

## A PROTECTION METHOD OF VALUABLE DOCUMENTS AGAINST FORGERY BASED ON THE VISUAL SECRET SHARING SCHEME

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus*  
anbor@bsuir.by

A method for protecting valuable documents against forgery based on the visual ciphering of a high-resolution image (shared secret) and its deciphering through the physical process of imposing noise-like shadow images without using a computer and cryptographic encryption keys is proposed. The cryptographic properties of shadow images are studied. The computer modeling results are presented.

*Keywords:* valuable documents, visual encryption, sharing secret scheme, code table, shadow image, general and partial secrets.

E. A. ТОЛКАЧЕВ

## ВЕКТОРНАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ГРУПП КЭРРОЛЛА И ГАЛИЛЕЯ: ЭЛЕКТРОДИНАМИКА КЭРРОЛЛА С ВНЕШНИМИ ИСТОЧНИКАМИ

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

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

Показано, что галилеевские и кэрролловские бусты с размерными параметрами являются частными случаями векторной параметризации соответствующих преобразований математической группы Галилея. В бикватернионах над алгеброй дуальных чисел реализован ряд представлений группы Кэрролла и построены две системы линейных дифференциальных уравнений в частных производных относительно кэрролловских бивекторных полей, порождаемых внешними источниками. Показано, что определение напряженностей полей через потенциалы возможно только в однозарядовом случае и только для одной из систем уравнений кэрролловской электродинамики.

*Ключевые слова:* бикватернионы, векторная параметризация, группа Кэрролла, дуальные числа, уравнения электродинамики.

E. A. TOLKACHEV

## VECTOR PARAMETRIZATION OF THE GALILEO AND CARROLL GROUPS: CARROLL ELECTRODYNAMICS WITH EXTERNAL SOURCES

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

It is shown that the Galileo and Carroll boosts with dimensional parameters are the special cases of vector parameterization of the corresponding transformations of the mathematical Galileo group. In the biquaternions over the algebra of dual numbers, a number of the representations of the Carroll group are realized and two systems of the linear partial differential equations relative to the Carroll bivector fields generated by external sources are constructed. It is shown that the definition of the field strengths in terms of the potentials is possible only if there are the sources of the same type, and only for one system of the equations of Carroll electrodynamics.

*Keywords:* biquaternions, vector parameterization, Carroll group, dual number, electrodynamics equations.

Академик В. А. ТОЛКАЧЕВ, А. П. БЛОХИН

## НЕОБЫЧНАЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ЦИС-АЗОАЛКАНОВ – РЕЗУЛЬТАТ МИГРАЦИИ ( $n, \pi^*$ )-ВОЗБУЖДЕНИЯ

Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
tolkachev@imaph.bas-net.by; lsfm@imaph.bas-net.by

Причиной формирования необычно широких спектров флуоресценции  $C_{2v}$ -симметричных цис-азоалканов является обратимая миграция между азотами  $-N = N$ -группы начальной остаточной локализации  $n, \pi^*$ -возбуждения на исходном для возбужденного  $n$ -электрона азоте. Приводятся экспериментальные данные, подтверждающие такой механизм флуоресценции.

*Ключевые слова:* флуоресценция цис-азоалканов, диффузные спектры, поляризация флуоресценции, 2,3-диазабицикло[2.2.2]окт-2-ены, расщепление  $n, \pi^*$ -уровня, асимметрия ( $n, \pi^*$ )-состояния.

V. A. TOLKACHEV, A. P. BLOKHIN

## EXTRAORDINARY FLUORESCENCE OF CIS-AZOALKANES FOLLOWS FROM ( $n, \pi^*$ )-EXCITATION

B. I. Stepanov Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
tolkachev@imaph.bas-net.by; lsfm@imaph.bas-net.by

The reversible tunnel migration between nitrogen of the  $-N = N$ -group of the initial faint localization of  $n, \pi^*$ -excitation on starting nitrogen for  $n$ -electron excitation is proposed as the mechanism of extraordinary broad  $C_{2v}$ -symmetric *cis*-azoalkanes fluorescence spectra.

*Keywords:* *cis*-azoalkane fluorescence, diffuse spectra, fluorescence polarization, 2,3-diazabicyclo[2.2.2]oct-2-ens,  $n, \pi^*$ -level splitting, ( $n, \pi^*$ )-states asymmetry.

F. F. KOMAROV<sup>1</sup>, A. S. KAMYSHAN<sup>1</sup>, V. V. PILKO<sup>1</sup>, A. A. SHEKUNOV<sup>1</sup>, O. F. ROMANOVSKAYA<sup>2</sup>, G. A. URJEV<sup>3</sup>

## IN-AIR ION BEAM EXTRACTION SET-UP FOR THE EXTERNAL MICRO- PIXE ANALYSIS AND LOCAL IMPLANTATION

<sup>1</sup>A. N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of Belarusian State University, Minsk, Belarus  
KomarovF@bsu.by; kamyshana@mail.ru; pilkow@mail.ru; shekunovantonandreevich@gmail.com

<sup>2</sup>Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus  
koma03@rambler.ru

<sup>3</sup>Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics, Minsk, Belarus  
uryev11@tut.by

A measuring system for local elemental analysis is constructed on the basis of an ion accelerator AN-2500. It comprises a device of an in-air ion beam extraction through a tapered glass capillary and a PIXE spectrometer. The angular dependence of the proton beam possessing the transmission energy of 150-250 keV through the tapered capillary with the output diameters of 5 and 10  $\mu\text{m}$  is determined. The transit of protons through the capillary is found to be in threshold character and to be determined by the charging rate of its internal surface. The characteristics of current and energy of the ion beam extracted into the atmosphere are analyzed. It is found that the value of output current can be varied from 0.5 to 3 nA, while the ion energy is almost equal to the initial beam energy. The PIXE energy spectra of various materials are measured at the atmospheric pressure. It is found that the output beam intensity is enough for an accurate determination of the elemental composition of the samples under analysis.

*Keywords:* tapered glass capillary, characteristic X-rays, implantation, spectrometer PIXE, ion accelerator.

Член-корреспондент *Ф. Ф. КОМАРОВ<sup>1</sup>, А. С. КАМЫШАН<sup>1</sup>, В. В. ПИЛЬКО<sup>1</sup>,  
А. А. ШЕКУНОВ<sup>1</sup>, О. Ф. РОМАНОВСКАЯ<sup>2</sup>, Г. А. УРЬЕВ<sup>3</sup>*

**КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ  
И ЭЛЕМЕНТНОГО МИКРОАНАЛИЗА  
С ВЫВОДОМ ИОННОГО ПУЧКА В АТМОСФЕРУ**

<sup>1</sup>*Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко  
Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь  
KomarovF@bsu.by; kamyshana@mail.ru; pilkow@mail.ru; shekunovantonandreevich@gmail.com*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь  
koma03@rambler.ru*

<sup>3</sup>*Республиканский научно-практический центр травматологии  
и ортопедии Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Минск, Беларусь  
uryev11@tut.by*

На базе ионного ускорителя AN-2500 изготовлен и апробирован измерительный комплекс для локального элементного анализа, состоящий из устройства вывода ионного пучка в атмосферу на основе конического стеклянного капилляра и спектрометра характеристического рентгеновского излучения (ХРИ). Измерены угловые зависимости коэффициента пропускания протонного пучка с энергией 150–250 кэВ через конусообразные капилляры с выходными диаметрами 5 и 10 мкм. Показано, что прохождение протонов через капилляр носит пороговый характер и определяется степенью зарядки его внутренней поверхности. Исследованы токовые и энергетические характеристики ионного пучка, выведенного в атмосферу. Показано, что величина выходного тока может изменяться от 0,5 до 3 нА и энергия ионов практически равна энергии исходного пучка. Измерены энергетические спектры ХРИ при атмосферном давлении от различных материалов, включая и костную ткань. Показано, что интенсивности выходного пучка достаточно для достоверного определения элементного состава исследуемых образцов.

*Ключевые слова:* конический стеклянный капилляр, характеристическое рентгеновское излучение, имплантация, спектрометр ХРИ, ускоритель ионов.

*V. S. PAVLOVICH*

**INTERNAL ELECTRIC FIELD, ELECTRON-TRAPPING VOIDS, DEAD ELECTRONS,  
AND THE INCREASING OF THE EFFICIENCY OF POLYMER SOLAR CELLS WITH FLUORINATION**

*(Communicated by Academician S. V. Gaponenko)*

*Military Academy of Belarus, Minsk, Belarus  
u.s.paulovich@tut.by*

We propose a model that allows an understanding of the nature of electron traps in  $\pi$ -conjugated polymers that are used in photovoltaic devices. It is assumed that the free-cavity voids in the polar  $\pi$ -conjugated polymer exhibit electron-accepting affinity and are filled with electrons, called herein as 'dead' electrons because they are held by a static random internal electric field and are not driven to the cathode by external built-in voltage. As a result, the dead electrons into electron-trapping voids are unsuitable for use in the external circuit of organic solar cells. As justified here, the exciton dissociation on the surfaces of voids, the capture of drift electrons by voids, the emerging of the dead electrons and their non-geminate recombination are the main obstacles to create highly efficient polymer solar cells. The model of dead electrons allows explaining the increase in the power conversion efficiency of solar cells caused by the polymer fluorination, side-chain polymer manipulation, and dopant-controlled trap-filling. Some characteristics of hybrid P3HT:CdSe solar cells are also analyzed with the help of this model.

*Keywords:* polymer solar cells, internal electric field, electron-trapping voids, dead electrons, binding energy, polymer fluorination.

В. С. ПАВЛОВИЧ

**ВНУТРЕННЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, ЗАХВАТЫВАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОНЫ ПУСТОТЫ,  
МЕРТВЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ И УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПОЛИМЕРНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ФТОРИРОВАНИИ**

*Военная академия Беларуси, Минск, Беларусь  
u.s.paulovich@tut.by*

Предложена модель, позволяющая понять природу электронных ловушек в  $\pi$ -сопряженных полимерах, которые используются в фотоэлектрических устройствах. Предполагается, что пустоты со свободными полостями в полярном  $\pi$ -сопряженном полимере проявляют электроакцепторные свойства и заполняются электронами, которые названы здесь «мертвыми» электронами, так как они удерживаются статическим случайным внутренним электрическим полем и не направляются к катоду с помощью внешнего напряжения. В результате, захваченные пустотами мертвые электроны непригодны для использования во внешней цепи органических солнечных элементов. Обосновано, что диссоциация экситонов на поверхности пустот, захват электронов пустотами при дрейфе к катоду, появление мертвых электронов и их негеминальная рекомбинация являются главными препятствиями при создании высокоэффективных полимерных солнечных элементов. Модель мертвых электронов позволяет объяснить увеличение эффективности преобразования энергии солнечных элементов, вызванное фторированием полимера, изменением боковых цепей полимера и наполнением ловушек добавками растворителей. Некоторые характеристики гибридных РЗНТ: CdSe солнечных элементов также анализируются с помощью этой модели.

*Ключевые слова:* полимерные солнечные элементы, внутреннее электрическое поле, захватывающие электрон пустоты, мертвые электроны, энергия связи, фторирование полимера.

*В. В. КИСЕЛЬ<sup>1</sup>, Е. М. ОВСИЮК<sup>2</sup>, Я. А. ВОЙНОВА<sup>3</sup>, О. В. ВЕКО<sup>4</sup>, В. М. РЕДЬКОВ<sup>5</sup>*

**КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА ЧАСТИЦЫ СО СПИНОМ 1  
И АНОМАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ МОМЕНТОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

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

<sup>1</sup>*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь  
vasiliy-bspu@mail.ru*

<sup>2</sup>*Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина, Мозырь, Беларусь  
e.ovsiyuk@mail.ru*

<sup>3</sup>*Гимназия г. Калинковичи, Беларусь  
veko Olga@mail.ru*

<sup>4</sup>*Кочищанская средняя школа Ельского района, Беларусь  
voinyuschka@mail.ru*

<sup>5</sup>*Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
v.redkov@dragon.bas-net.by*

Обобщенное уравнение Даффина–Кеммера для частицы со спином 1 и аномальным магнитным моментом исследуется в присутствии внешнего однородного магнитного поля. На основе использования техники проективных операторов проведено разделение переменных. Задача сведена к системе уравнений для трех независимых функций, решения построены в терминах вырожденных гипергеометрических функций. Найдены три серии уровней энергии, отвечающих связанным состояниям частицы в магнитном поле. Если требовать, чтобы уровни энергии имели физический смысл при всех значениях главного квантового числа ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ), то на описывающий аномальный магнитный момент параметр необходимо накладывать ограничения – они найдены в явном виде. Также рассмотрена нейтральная векторная частица. В этом случае связанных состояний не существует, а проявление аномального магнитного момента сводится к присутствию зависящего от величины и знака параметра аномального магнитного момента масштабного фактора в аргументе волновых функций.

*Ключевые слова:* векторный бозон, аномальный магнитный момент, магнитное поле, точные решения.

V. V. KISEL<sup>1</sup>, E. M. OVSIYUK<sup>2</sup>, O. V. VEKO<sup>3</sup>, Y. A. VOYNOVA<sup>4</sup>, V. M. RED'KOV<sup>5</sup>

## QUANTUM MECHANICS OF A SPIN 1 PARTICLE WITH THE ANOMALOUS MAGNETIC MOMENT IN THE MAGNETIC FIELD

<sup>1</sup>Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus  
vasiliy-bspu@mail.ru

<sup>2</sup>Mozyr State Pedagogical University named after I. P. Shamyakin, Mozyr, Belarus  
e.ovsiyuk@mail.ru

<sup>3</sup>Gymnasium, Kalinkovichi, Belarus  
vekoolga@mail.ru

<sup>4</sup>Secondary school, Kochischany, Yelsk region, Belarus  
voinyuschka@mail.ru

<sup>5</sup>B. I. Stepanov Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
v.redkov@dragon.bas-net.by

The generalized Duffin–Kemmer equation for a spin 1 particle with the anomalous magnetic moment in the external uniform magnetic field is investigated. The separation of variables in the wave equation is performed on the basis of projective operator techniques. The problem is reduced to a system of differential equations for three independent functions that have been solved in terms of the confluent hypergeometric functions. Three series of the energy levels are found. To assign them the physical sense at all values of the main quantum number  $n = 0, 1, 2, \dots$ , special restrictions on anomalous magnetic moment values must be imposed – they are formulated in explicit form. Otherwise, only some part of the energy levels corresponds to the bound states. The neutral spin 1 particle is considered as well. In this case, no bound states exist in the systems. The main qualitative manifestation of the anomalous magnetic moment is the space scaling of the arguments of the wave functions in comparison with a particle without such a moment.

*Keywords:* vector boson, anomalous magnetic moment, magnetic field, exact solutions.

A. В. ПЕТКЕВИЧ, Ж. В. ИГНАТОВИЧ, Е. В. КОРОЛЁВА,  
А. Н. ЕРЕМИН, академик В. Е. АГАБЕКОВ

## ОДНОСТАДИЙНЫЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ АССОЦИАТОВ ПРОИЗВОДНЫХ 2-АРИЛАМИНОПИРИМИДИНА С МАГНЕТИТОМ

Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
m\_a\_w1987@mail.ru; ignatovichz@inbox.ru; evk@basnet.by; yan47@mail.ru; agabekov@ichnm.basnet.by

Разработан одностадийный метод получения ассоциатов наночастиц на основе магнетита с биоактивными соединениями ряда 2-ариламинопиримидина, содержащих фармакофорные фрагменты ингибиторов протеинкиназы и SH-группы. Особенностью метода является присутствие диметилсульфоксида и производных 2-ариламинопиримидина в среде формирования наночастиц магнетита.

*Ключевые слова:* наночастицы, ассоциаты, магнетит, производные 2-ариламинопиримидина.

A. V. PIETKIEVICH, Zh. V. IGNATOVICH, E. V. KOROLEVA, A. N. ERYOMIN, V. E. AGABEKOV

## ONE-STEP METHOD FOR OBTAINING THE DERIVATIVES OF 2-ARYLAMINOPYRIMIDINE ASSOCIATES WITH MAGNETITE

Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
m\_a\_w1987@mail.ru; ignatovichz@inbox.ru; evk@basnet.by; yan47@mail.ru; agabekov@ichnm.basnet.by

A one-step method for preparing associates of magnetite nanocarriers with bioactive 2-arylaminopyrimidine derivatives containing the pharmacophore fragments of protein kinase inhibitors and SH-group was developed. The feature of the method is the presence of dimethyl sulfoxide and 2-arylaminopyrimidines in the medium of formation of magnetite nanoparticles.

*Keywords:* nanoparticles, associates, magnetite, derivatives of 2-arylaminopyrimidine.

Г. Г. МАРТИНОВИЧ, И. В. МАРТИНОВИЧ, А. В. ВЧЕРАШНЯЯ,  
О. И. ШАДЫРО, академик С. Н. ЧЕРЕНКЕВИЧ

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ПРОДУКЦИИ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА И МЕХАНИЗМОВ ГИБЕЛИ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК ПАРА-БЕНЗОХИНОНАМИ

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
martinovichgg@bsu.by; parkun@bsu.by; tuata\_de\_danann@mail.ru; shadyro@open.by; cherenkevich@bsu.by

Установлено, что тимохинон (2-изопропил-5-метил-1,4-бензохинон) и 1,4-бензохинон регулируют внутриклеточную продукцию активных форм кислорода (АФК) и индуцируют гибель опухолевых клеток по различным механизмам. Показано, что токсическое действие 1,4-бензохинона связано с ингибированием переноса электронов в митохондриальной дыхательной цепи и развитием клеточного окислительного стресса. Тимохинон, инициирующий выход АФК более низкий в сравнении с 1,4-бензохиноном, является более токсичным для опухолевых клеток. Обнаружено, что образующиеся при действии тимохинона АФК являются участниками редокс-сигнальных процессов, ведущих к формированию митохондриальных пор высокой проницаемости и запуску программируемой гибели клеток.

*Ключевые слова:* активные формы кислорода, бензохинон, тимохинон, митохондрии, апоптоз, редокс-сигнализация.

G. G. MARTINOVICH, I. V. MARTINOVICH, A. V. VCHERASHNIAYA, O. I. SHADYRO, S. N. CHERENKEVICH

## DIFFERENTIAL REGULATION OF THE REACTIVE OXYGEN SPECIES PRODUCTION AND THE MECHANISMS OF TUMOR CELL DEATH BY PARA-BENZOQUINONES

Belarusian State University, Minsk, Belarus  
martinovichgg@bsu.by; parkun@bsu.by; tuata\_de\_danann@mail.ru; shadyro@open.by; cherenkevich@bsu.by

It is established that thymoquinone (2-isopropyl-5-methyl-1,4-benzoquinone) and 1,4-benzoquinone regulate the intracellular reactive oxygen species (ROS) production and induce the death of tumor cells by different mechanisms. It is shown that the toxic action of 1,4-benzoquinone is associated with the inhibition of electron transfer in the mitochondrial respiratory chain and with the development of cellular oxidative stress. Thymoquinone initiating a lower level of ROS production in comparison with 1,4-benzoquinone is more toxic to tumor cells. It is established that thymoquinone-induced ROS are involved in the redox signaling processes that lead to the opening of mitochondrial transition pores of high permeability and the activation of the programmed death of cells.

*Keywords:* reactive oxygen species, benzoquinone, thymoquinone, mitochondria, apoptosis, redox signaling.

М. Н. ШАПТУРЕНКО<sup>1</sup>, Л. А. ТАРУТИНА<sup>1</sup>, Л. А. МИШИН<sup>2</sup>, С. В. КУБРАК<sup>1</sup>,  
член-корреспондент А. В. КИЛЬЧЕВСКИЙ<sup>1</sup>, академик Л. В. ХОТЫЛЕВА<sup>1</sup>

## СВЯЗЬ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ДНК-ПОЛИМОРФИЗМА ТОМАТА (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) С ГЕТЕРОТИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ГИБРИДОВ F<sub>1</sub>

<sup>1</sup>Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
m.shapturenko@igc.by; l.tarutina@igc.by; s.kubrak@igc.by; kilchev@presidium.bas-net.by; l.khotyleva@igc.by  
<sup>2</sup>Институт овощеводства НАН Беларуси, Самохваловичи, Беларусь  
leo123@tut.by

При изучении роли дифференциального ДНК-полиморфизма исходного материала в формирование гетерозиготного преимущества гибридов F<sub>1</sub> выполнен скрининг аллельного состава микросателлитных локусов томата. Проведен генетический анализ линий и гибридов, полученных по схеме топкросса. В результате показано, что общая и локус-специфическая гетерозиготность имеют важное значение при формировании гетеротического ответа в F<sub>1</sub> и оценка молекулярно-генетического полиморфизма может быть полезна для предсказания перспективных комбинаций.

*Ключевые слова:* томат (*Solanum lycopersicum* L.), ДНК-полиморфизм, гетерозис, комбинационная способность, SSR-маркеры.

M. N. SHAPTURENKO<sup>1</sup>, L. A. TARUTINA<sup>1</sup>, L. A. MISHIN<sup>2</sup>, S. V. KUBRAK<sup>1</sup>, A. V. KILCHEVSKY<sup>1</sup>, L. V. KHOTYLEVA<sup>1</sup>

## IMPACT OF DIFFERENTIAL DNA POLYMORPHISM OF TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) ON THE FORMATION OF THE SUPERIOR F<sub>1</sub> HYBRID PERFORMANCE

<sup>1</sup>Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
m.shapturenko@igc.by; l.tarutina@igc.by; s.kubrak@igc.by; kilchev@presidium.bas-net.by; l.khotyleva@igc.by  
<sup>2</sup>Institute of vegetable growing of the National Academy of Sciences of Belarus, Samokhvalovichy, Belarus  
leo123@tut.by

To investigate the impact of differential DNA polymorphisms of initial breeding sources on the superior F<sub>1</sub> performance, we carried out the screening of their allelic composition and performed the genetic analysis of lines and its hybrids in the test cross design. As a result, it is shown that the overall and locus-specific heterozygosity is important for the formation of the F<sub>1</sub> heterotic response, and the evaluation of molecular polymorphisms could be useful for the prediction of promising cross-combinations.

*Keywords:* tomato (*Solanum lycopersicum* L.), DNA-polymorphism, heterosis, combining ability, SSR-markers.

*Академик А. В. МАТВЕЕВ*

## **РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ПО СТЕПЕНИ РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ ГРУНТОВ**

*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
matveyev@ecology.basnet.by*

На основании определений объемной активности радона в четвертичных отложениях, породах платформенного чехла и фундамента построена схема районирования, на которой выделено пять типов территорий: потенциально радоноопасные, потенциально радоноопасные на отдельных площадях, потенциально радоноопасные на локальных участках, относительно радонобезопасные и радонобезопасные.

*Ключевые слова:* радон, радоновая опасность, четвертичные отложения, породы чехла и фундамента, разломы, районирование.

*A. V. MATVEYEV*

## **DIVISION OF THE TERRITORY OF BELARUS INTO THE REGIONS WITH DIFFERENT RADON CONTAMINATION HAZARD LEVELS OF SOILS**

*Institute for Nature Management the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
matveyev@ecology.basnet.by*

The volumetric activity of the region determined in Quaternary deposits, platform cover and basement rocks was used to compile a diagram representing five types of territories as follows: potentially hazardous in radon contamination, including separate areas potentially hazardous in radon contamination, including local sites potentially hazardous in radon contamination, relatively nonhazardous in radon and nonhazardous in radon.

*Keywords:* radon, radon contamination hazard, Quaternary deposits, platform cover rocks, basement rocks, faults, division into regions.

*Академик А. А. МАХНАЧ<sup>1</sup>, С. А. КРУЧЕК<sup>1</sup>, Б. Г. ПОКРОВСКИЙ<sup>2</sup>*

## **ГИПС В СИЛУРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕЛАРУСИ: ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СЕРЫ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ**

*<sup>1</sup>Научно-производственный центр по геологии, Минск, Беларусь  
amahnach@geology.org.by; kruchek@geology.org.by*

*<sup>2</sup>Геологический институт РАН, Москва, Россия  
pokrov@ginras.ru*

В силурийских отложениях Беларуси впервые выявлен гипс. Он слагает гнезда-желваки и выполняет трещины и фенестры в глинисто-карбонатных породах разреза скважины Давтюны 3к (Гродненская область, Островецкий район). С использованием данных об изотопном составе серы показано, что образование гипса протекало на стадии диагенеза в среде силурийской морской воды, сконцентрированной при внутригрунтовым испарением. Процесс инициировался многократным наложением надприливных обстановок на глинисто-карбонатные отложения, сформированные в мелководных подприливных и межприливных условиях.

*Ключевые слова:* Беларусь, силурийские отложения, гипс, изотопы серы, надприливная обстановка, внутригрунтовое испарение.

*A. A. MAKHNACH<sup>1</sup>, S. A. KRUCHEK<sup>1</sup>, B. G. POKROVSKY<sup>2</sup>*

## **GYPSUM IN THE SILURIAN DEPOSITS OF BELARUS: SULPHUR ISOTOPIC COMPOSITION AND ORIGIN**

*<sup>1</sup>Research and Production Centre for Geology, Minsk, Belarus  
amahnach@geology.org.by; kruchek@geology.org.by*

*<sup>2</sup>Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
pokrov@ginras.ru*

Gypsum was found in the Silurian deposits of Belarus for the first time. It composes nodules and fills cracks and fenestras in clayey-carbonate rocks revealed by the Davtiuny 3k borehole (Grodno area, Ostrovets region). With the use of the sulphur isotope data, it is shown that gypsum was formed at the diagenetic stage in the Silurian seawater concentrated under interground evaporation. The process was the result of a repeated **superimposition of supratidal environment onto clayey-carbonate deposits** formed in shallow subtidal and intratidal conditions.

*Keywords:* Belarus, the Silurian deposits, gypsum, sulphur isotopes, supratidal environment, interground evaporation.

*О. Н. ЛЕВКО*

## **КОРДОН – НОВЫЙ ПАМЯТНИК АРХЕОЛОГИИ ЭПОХИ ВИКИНГОВ В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ**

*(Представлено академиком М. П. Костюком)*

*Институт истории НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
onlevko@gmail.com*

В Витебском Подвинье впервые исследован археологический комплекс Кордон (городище, два селища и курган) середины IX – первой половины X в. Широкий ассортимент североевропейских, болгарских и ближневосточных изделий, арабские и византийские монеты, метрологический материал, наличие ювелирного производства и активной торговой деятельности поселения ставят его в ряд значимых памятников археологии эпохи викингов. Открытие Кордона подтвердило ведущую роль Витебского Подвинья в формировании связи севера с югом на «пути из варяг в греки».

*Ключевые слова:* памятник археологии, эпоха викингов, Витебское Подвинье, «путь из варяг в греки».

*O. N. LEVKO*

## **CORDON IS A NEW ARCHEOLOGICAL SITE OF THE VIKING AGE IN THE TERRITORY OF EASTERN EUROPE**

*Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus  
onlevko@gmail.com*

The archeological complex Cordon situated in the Vitebsk Dvina area was investigated for the first time. The complex includes a hill-fort, two settlements, and a burial mound dated back to the middle of IX – first half of X century. A broad spectrum of artifacts of North European and Middle Eastern origin, Arabian and Byzantine coins, metrological materials, and the existence of jewelry production and trade activities put Cordon in line with the important archaeological sites of the Viking Age. The discovery of Cordon proved the leading role of the Vitebsk Dvina area in the establishment of contacts between the North and the South on the way ‘from the Vikings to the Greeks’.

**Keywords:** archeological site, Viking Age, Vitebsk Dvina area, way “from the Vikings to the Greeks”.