

ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Выходит шесть номеров в год

Журнал основан в июле 1957 года

МИНСК, БЕЛОРУССКАЯ НАУКА, 2015, ТОМ 59, № 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, Н. А. Борисевич, П. А. Витязь,
И. Д. Волоотовский, 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. Смянович, 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

E-mail: doklady_nanb@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Бенедиктович В. И. Спектральный радиус графа без минора $K_{2,4}$	5
Егоров А. Д. О приближенном вычислении математического ожидания функционалов от решения линейного уравнения Ито–Леви	13
Колета Д. В. Распределение целых алгебраических чисел заданной степени на вещественной прямой (на бел. яз.)	18
Таныгина А. Н. Обобщенный двухшаговый метод Ньютона–Канторовича для приближенного решения нелинейных уравнений с недифференцируемыми операторами	23
Гайшун И. В. Некоторые свойства спектра оператора сдвига с неотрицательными коэффициентами	29

ФИЗИКА

Томильчик Л. М. Кинематические аспекты процесса ускоренного расширения Вселенной.	31
Князев М. А. Инвариантное соотношение для составляющих двухсолитонного решения уравнения Кортевега–де Фриза	38

Тихомиров В. В. О возможности применения кристаллов в гамма-телескопах	41
Шнир Я. М. Обобщенные хопфионы в пространствах высших размерностей	48
Гусаков В. Е. Расчет ширины запрещенной зоны полупроводников в рамках метода функционала плотности	53
Кашевский Б. Э., Жолудь А. М., Кашевский С. Б., Горудко И. В., Мохорт Т. В., Шишко О. Н. Магнитофоретический метод исследования распределения эритроцитов по степени оксигенации гемоглобина	58
ХИМИЯ	
Савчук А. Л., Куприенко О. С., Литвиновская Р. П., Свиридов О. В., Хрипач В. А. Новый подход к иммунохимическому определению брассиностероидов	63
Кашин И. А., Тузиков А. В., Андрианов А. М. Молекулярная динамика структурного комплекса белка gp41 ВИЧ-1 с моноклональным антителом 10E8, проявляющим широкую вирусную нейтрализацию	68
Решетников В. Н., Шутова А. Г., Спиридович Е. В. Биологическая активность эфирных масел растений в связи с составом и оптической активностью компонентов	74
Тарасевич В. А. Синтез и антибактериальная активность четвертичных аммониевых солей на основе <i>m</i> -терфенола	78
Логвинович А. С., Свиридова Т. В., Свиридов Д. В. Сонохимическое модифицирование поверхности никеля молибденовой кислотой и продуктами ее поликонденсации	81
БИОЛОГИЯ	
Салем А. Э., Шолух М. В. Влияние наночастиц золота на агрегацию митохондриальной аспартат-аминотрансферазы	86
Пинчук С. В., Василевич И. Б., Бутенко А. В., Квачева З. Б., Волотовский И. Д. Регуляторные свойства кверцетина в культурах мезенхимальных стволовых клеток	90
Костеневич А. А., Сапунова Л. И., Лобанок А. Г. Клонирование и секвенирование гена, кодирующего β -галактозидазу бактерий <i>Arthrobacter sulfonivorans</i>	96
Мельникова Е. В., Корытько Л. А., Полякова Н. В. Влияние абсцизовой кислоты на формирование некротической и хлорозной защитных реакций у растений ржи (<i>Secale cereale</i> L.) от ржавчинной инфекции	102
МЕДИЦИНА	
Марцинкевич Е. В., Солтанов В. В., Студеникина Т. М., Мельников И. А. Влияние предварительного приема пробиотиков на морфо-функциональный статус сердца в условиях хронической сердечной недостаточности	106
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Солодуха В. А., Снитовский Ю. П. Управляемая трансформация параметров кремниевых биполярных мощных СВЧ-транзисторов ионными пучками	112
АГРАРНЫЕ НАУКИ	
Зубко И. Г., Танана Л. А., Петрушко И. С. Показатели качества мяса молодняка, полученного от скрещивания коров черно-пестрой породы с быками специализированных мясных пород	118

ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ. 2015. Т. 59, № 1

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

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

Сдано в набор 06.02.2015. Выпуск в свет 25.02.2015. Формат 60×84^{1/8}. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 138 экз. Заказ 30.

Цена номера: индивидуальная подписка – 70 150 руб.; ведомственная подписка – 169 991 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, 2015

DOKLADY OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

Published bimonthly

The journal has been published since July, 1957

MINSK, BELORUSSKAYA NAUKA, 2015, Vol. 59, 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, N. A. Borisevich, 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. Volotovski, 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

E-mail: doklady_nanb@mail.ru

CONTENTS

MATHEMATICS

Benediktovich V. I. Spectral radius of a $K_{2,4}$ -minor-free graph	5
Egorov A. D. On approximate evaluation of mathematical expectation of functionals from the solution to the linear Itô–Lévy equation	13
Kaliada D. U. Distribution of algebraic integers of a given degree in the real line (in Belarusian)	18
Tanyhina A. N. Generalized two-step Newton–Kantorovich method for approximate solution of nonlinear equations with non-differentiable operators	23
Gaishun I. V. Some properties of a spectrum of a shift operator with non-negative coefficients	29

PHYSICS

Tomilchik L. M. Kinematic aspects of the process of accelerating expansion of the Universe	31
Knyazev M. A. Invariance for the components of the two-soliton solution to the Korteweg–de Vries equation	38

Tikhomirov V. V. On the possibility of crystal use in gamma-telescopes	41
Shnir Ya. M. Generalized Hopfian groups in higher-dimension spaces	48
Gusakov V. E. Calculation of the band gap of semiconductors within the framework of the density functional method	53
Kashevsky B. E., Zholud A. M., Kashevsky S. B., Gorudko I. V., Mokhort T. V., Shishko O. N. Magnetophoretic method for studying red blood cells by hemoglobin oxygenation distribution	58
<i>CHEMISTRY</i>	
Sauchuk A. L., Kuprienko O. S., Litvinovskaya R. P., Sviridov O. V., Khripach V. A. A new approach to immunochemical determination of brassinosteroids	63
Kashyn I. A., Tuzikov A. V., Andrianov A. M. Molecular dynamics of the structural complex of the HIV-1 gp41 protein with monoclonal antibody 10E8 exhibiting broad viral neutralization	68
Reshetnikov V. N., Shutava H. G., Spiridovich E. V. Biological activity of plant essential oils in relation with the structure and optical activity of components	74
Tarasevich V. A. Synthesis and antimicrobial activity of the quaternary ammonium salts based on <i>m</i> -terphenol	78
Logvinovich A. S., Sviridova T. V., Sviridov D. V. Sonochemical modification of the nickel surface by the molybdic acid and products of its polycondensation	81
<i>BIOLOGY</i>	
Salem A. E., Sholukh M. V. Influence of gold nanoparticles on aggregation of mitochondrial aspartate aminotransferase	86
Pinchuk S. V., Vasilevich I. B., Butenko A. V., Kvacheva Z. B., Volotovskiy I. D. Regulatory properties of quercetin in the cultures of mesenchymal stem cells.	90
Kastsianevich A. A., Sapunova L. I., Lobanok A. G. Cloning and sequencing of gene encoding β -galactosidase of bacteria <i>Arthrobacter sulfonivorans</i>	96
Melnikova E. V., Karytsko L. A., Poliakova N. V. Abscisic acid influence on the formation of necrotic and chlorosis protective reactions of rye plants (<i>Secale cereale</i> L.) against rust infection	102
<i>MEDICINE</i>	
Martsynkevich E. V., Soltanov V. V., Studenikina T. M., Melnikov I. A. Effect of the preliminary intake of probiotics on the morphological and functional status of the heart with its chronic failure.	106
<i>TECHNICAL SCIENCES</i>	
Solodukha V. A., Snitovsky Yu. P. Controlled ion-beam transformation of silicon bipolar microwave power transistor's characteristics.	112
<i>AGRARIAN SCIENCES</i>	
Zubko I. G., Tanana L. A., Petrushko I. S. Quality indicators of young meat obtained at the crossbreeding of black-motley breed cows and specialized meat breed bulls.	118

РЕФЕРАТЫ

УДК 519.173

Бенедиктович В. И. Спектральный радиус графа без минора $K_{2,4}$ // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 5–12.

В данной работе найдены верхние оценки спектральных радиусов для графов, свободных от минора $K_{2,4}$. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. – 6 назв.

УДК 517.987.4+519.216

Егоров А. Д. О приближенном вычислении математического ожидания функционалов от решения линейного уравнения Ито–Леви // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 13–17.

Построены функциональные квадратурные формулы для вычисления математического ожидания нелинейных функционалов от решения линейного стохастического дифференциального уравнения Ито–Леви. Формулы точны для функциональных многочленов третьей степени от решения. Получена оценка погрешности построенной составной формулы для одного класса функционалов интегрального вида.

Библиогр. – 11 назв.

УДК 511.35, 511.48, 511.75

Колета Д. В. Распределение целых алгебраических чисел заданной степени на вещественной прямой (на бел. яз.) // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 18–22.

В сообщении получена асимптотическая формула для количества целых алгебраических чисел a заданной степени n , имеющих высоту $H(a) \leq Q$ и лежащих в промежутке I , при неограниченном возрастании Q . Также показано, что существует бесконечно много промежутков, для которых погрешность формулы имеет порядок $O(Q^{n-1})$. Доказано, что с ростом Q распределение алгебраических целых степени n стремится к распределению алгебраических чисел $(n-1)$ -й степени.

Библиогр. – 13 назв.

УДК 517.988

Таныгина А. Н. Обобщенный двухшаговый метод Ньютона–Канторовича для приближенного решения нелинейных уравнений с недифференцируемыми операторами // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 23–28.

При помощи мажорант доказана сходимость и получены оценки скорости сходимости обобщенного двухшагового метода Ньютона–Канторовича для приближенного решения нелинейных уравнений с недифференцируемыми операторами, допускающими выделение регулярно гладкой составляющей.

Библиогр. – 7 назв.

УДК 517.9

Гайшун И. В. Некоторые свойства спектра оператора сдвига с неотрицательными коэффициентами // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 29–30.

Доказано, что всякий положительный оператор сдвига Q в пространстве ограниченных последовательностей с конусом неотрицательных последовательностей имеет простое положительное собственное число λ_0 , которому соответствует положительная собственная последовательность, при этом любой элемент $\mu \neq \lambda_0$ спектра оператора Q удовлетворяет неравенству $|\mu| < \lambda_0$.

Библиогр. – 5 назв.

УДК 524.6;531

Томильчик Л. М. **Кинематические аспекты процесса ускоренного расширения Вселенной** // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 31–37.

В рамках традиционной космографии (без обращения к космологическим уравнениям Фридмана) найдена метрика типа Робертсона–Уокера, для которой связь между конформным и космическим временем совпадает по форме с преобразованием образующих светового конуса относительно группы специальных конформных преобразований. Метрике соответствует постоянное значение параметра ускорения, равное минус одной второй, что воспроизводит эффект ускоренного расширения Вселенной в хорошем соответствии с наблюдениями.

Библиогр. – 10 назв.

УДК 530.182

Князев М. А. **Инвариантное соотношение для составляющих двухсолитонного решения уравнения Кортевега–де Фриза** // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 38–40.

Для двухсолитонного решения $(1 + 1)$ -мерного уравнения Кортевега–де Фриза в предельных случаях времени, значительно отстоящего в прошлое (или в будущее) от момента взаимодействия между солитонными составляющими этого решения, построено соотношение, которое остается инвариантным относительно перемены этих составляющих местами.

Библиогр. – 5 назв.

УДК 52-732(04), 539.122.17

Тихомиров В. В. **О возможности применения кристаллов в гамма-телескопах** // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 41–47.

Показано, что эффект магнитотормозного образования гамма-квантами электрон-позитронных пар в ориентированных кристаллах позволяет создать ориентационно-чувствительные гамма-телескопы с угловым разрешением в несколько сотен микро радиан, работающие в области энергий гамма-квантов в нескольких десятках ГэВ и выше. Угловое разрешение кристаллических гамма-телескопов может быть повышено до нескольких десятков микро радиан за счет использования эффекта радиационного охлаждения каналированных электронов. Эффективность предложенных кристаллических гамма-телескопов близка к единице, а масса, приходящаяся на 1 м^2 площади, не превышает 100 кг, что делает возможным создание гамма-телескопов с активной площадью порядка 10 м^2 .

Табл. 1. Ил. 1. Библиогр. – 15 назв.

УДК 530.1

Шнир Я. М. **Обобщенные хопфионы в пространствах высших размерностей** // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 48–52.

Обсуждается возможность существования топологических солитонов, обобщающих хопфионные полевые конфигурации в скалярной модели Фаддеева–Скирма на случай пространств размерности $d = 4n - 1$, $n \in \mathbb{Z}$. Полевые переменные модели в этом случае задают серию топологических отображений Хопфа $\varphi : \mathbb{R}^{4n-1} \rightarrow S^{2n}$, с обычным вакуумным граничным условием $\varphi(x) \rightarrow \varphi_0$ при $|x| \rightarrow \infty$. Соответствующие солитонные конфигурации классифицируются инвариантом Q , обобщающим первый инвариант Хопфа при отображении $S^3 \rightarrow S^2$. Показано существование топологического ограничения на величину энергии регулярных полевых конфигураций $E \geq c|Q|^{\frac{d}{d+1}}$, обобщающего неравенство Вакуленко–Капитанского.

Библиогр. – 13 назв.

УДК 539.21

Гусаков В. Е. **Расчет ширины запрещенной зоны полупроводников в рамках метода функционала плотности** // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 53–57.

В рамках теории функционала плотности развит метод расчета ширины запрещенной зоны полупроводников. Рассчитана ширина запрещенной зоны для ряда одноатомных и двухатомных полупроводников Sn, Ge, Si, C, BN(c), SiC(3)(F43m), 2H-SiC(P63mc), AlN, GaN. Метод позволил получить значения ширины запрещенной зоны практически с экспериментальной степенью точности. На примере дефекта вакансии–кислород (А-центр) показано, что развитый метод может быть использован также для расчета как локализованных состояний (энергии глубоких уровней дефектов в кристалле), так и электронных свойств наноструктур.

Табл. 1. Ил. 2. Библиогр. – 12 назв.

УДК 577.3:537.63

Кашиевский Б. Э., Жолудь А. М., Кашиевский С. Б., Горудко И. В., Мохорт Т. В., Шишко О. Н. **Магнитофоретический метод исследования распределения эритроцитов по степени оксигенации гемоглобина** // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 58–62.

Разработан метод одновременного измерения распределения эритроцитов по магнитной восприимчивости и степени оксигенации их гемоглобина, а также скорости седиментации клеток в жидкости, основанный на видеорегистрации и автоматизированной обработке траекторий их движения в плоском микрожидкостном канале при воздействии гравитационного и высокоградиентного магнитных полей. Исследование суспензии эритроцитов с низким парциальным давлением кислорода впервые выявило существование фракций эритроцитов с заметно пониженным и повышенным содержанием кислорода в условиях его дефицита, что может быть связано с ослаблением основной транспортной функции стареющих эритроцитов. Предложенный метод создает дополнительные возможности исследования эритроцитов в норме и при патологиях, имеет перспективы в медицинской диагностике.

Ил. 4. Библиогр. – 17 назв.

УДК 547.92+547-386

Савчук А. Л., Куприенко О. С., Литвиновская Р. П., Свиридов О. В., Хрипач В. А. **Новый подход к иммунохимическому определению брассиностероидов** // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 63–67.

Впервые получены реагенты и разработана методика лантанидного иммунофлуориметрического анализа фитогормональных стероидов 24-эпикастестерона и 24-эпибрассинолида. В реакции N-сукцинимидного эфира 6-(О-карбоксиметил)оксима 24-эпикастестерона с европиевой солью N¹-(аминоэтил)амида диэтилентриаминпентауксусной кислоты синтезирован низкомолекулярный конъюгат брассиностероид-комплексонат Eu³⁺. Продуктом одновременного ацилирования первичных аминогрупп полипептидной цепи альбумина активированными эфирами карбоксипроизводных 24-эпикастестерона и комплексоната Eu³⁺ является белковый конъюгат, обладающий высокой удельной флуоресцентной активностью. При использовании высокомолекулярного конъюгата в иммунохимической системе получена линейная зависимость флуоресцентного сигнала меченого 24-эпикастестерона, связанного с иммобилизованными антителами, от концентрации 24-эпибрассинолида (1–300 нМ) в растворе.

Ил. 3. Библиогр. – 15 назв.

УДК 51-76:577.322:539.19

Кашин И. А., Тузиков А. В., Андрианов А. М. **Молекулярная динамика структурного комплекса белка gp41 ВИЧ-1 с моноклональным антителом 10E8, проявляющим широкую вирусную нейтрализацию** // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 68–73.

Методами молекулярной динамики исследованы конформационные и энергетические характеристики структурного комплекса белка gp41 ВИЧ-1 с моноклональным антителом 10E8, проявляющим широкую вирусную нейтрализацию. Проведена оценка вкладов аминокислотных остатков белка gp41 и антитела 10E8 в энтальпийную составляющую свободной энергии образования комплекса. Показано, что критическими для связывания являются остатки Tyr-99, Asp-100, Phe-100a, Trp-100b тяжелой цепи антитела 10E8 и Trp-672, Phe-673, Arg-683 белка gp41. Полученные результаты формируют продуктивную основу для виртуального скрининга, компьютерного тестирования и разработки новых ингибиторов проникновения ВИЧ-1 – пептидомиметиков антитела 10E8, обладающих широким спектром нейтрализующей активности.

Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. – 15 назв.

УДК 547.913:579.083.13

Решетников В. Н., Шутова А. Г., Спиридович Е. В. **Биологическая активность эфирных масел растений в связи с составом и оптической активностью компонентов** // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 74–77.

Установлена высокая антимикробная активность карвакрола, цитраля и линалоола. Определены особенности антибактериальной активности энантиомеров пинена и лимонена. Показана высокая антимикробная активность эфирных масел чабера горного и монарды дудчатой в отношении тест-культур, что позволяет рассматривать эфирные масла этих растений в качестве эффективных антимикробных агентов.

Табл. 1. Ил. 1. Библиогр. – 8 назв.

УДК 547.022+542.06

Тарасевич В. А. Синтез и антибактериальная активность четвертичных аммониевых солей на основе м-терфенола // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 78–80.

Разработан эффективный метод синтеза четвертичных аммониевых солей (ЧАС), содержащих в своем составе антиоксидантный (м-терфенильный) фрагмент. Установлена высокая антибактериальная активность ЧАС, содержащих алкильный радикал C₁₂.

Табл. 2. Библиогр. – 13 назв.

УДК 661.551.546.621

Логвинович А. С., Свиридова Т. В., Свиридов Д. В. Сонохимическое модифицирование поверхности никеля молибденовой кислотой и продуктами ее поликонденсации // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 81–85.

Показана возможность сонохимической иммобилизации продуктов поликонденсации молибденовой кислоты к поверхности электрохимически осажденного никеля. Установлено, что формирующаяся при этом оксидно-гидроксидная пленка является фазово неоднородной и включает не только продукты химического взаимодействия олигомеров молибденовой кислоты с поверхностью никеля, но и дискретные частицы триоксида молибдена, которые придают поверхности никеля антифрикционные свойства. На примере бензотриазола продемонстрирована возможность допирования сонохимически осажденных оксидно-гидроксидных пленок ингибиторами коррозии. Такое модифицирование кардинальным образом (до 4 раз и более) увеличивает защитно-коррозионные свойства никелевого покрытия.

Табл. 1. Ил. 3. Библ. – 10 назв.

УДК 572.12;572.15;547

Салем А. Э., Шолух М. В. Влияние наночастиц золота на агрегацию митохондриальной аспартат-амино-трансферазы // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 86–89.

Исследована зависимость агрегации митохондриальной аспартат-аминотрансферазы (мАспАТ) от концентрации наночастиц золота (НЧЗ). Установлено, что в температурном диапазоне от 55 до 73 °С НЧЗ снижают агрегацию мАспАТ. Наиболее выраженный антиагрегационный эффект НЧЗ достигает 56 % и проявляется при 60 °С. Увеличение концентрации НЧЗ приводит к снижению константы скорости агрегации фермента. Высказывается предположение, что формирование связей между НЧЗ и мАспАТ будет приводить к повышению конформационной жесткости молекулы фермента, снижать вероятность анфолдинга и экспонирования на поверхности молекулы гидрофобных фрагментов, обеспечивающих межмолекулярное «слипание» и последующую агрегацию белка.

Ил. 3. Библиогр. – 15 назв.

УДК 576.535

Пинчук С. В., Василевич И. Б., Бутенко А. В., Квачева З. Б., Вологовский И. Д. Регуляторные свойства кверцетина в культурах мезенхимальных стволовых клеток // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 90–95.

Приведено изучение устойчивости к окислительному стрессу, пролиферативной активности, стабильности иммунофенотипа и способности к дифференцировке в адипогенном направлении МСК ЖТ крыс в разные сроки после инкубации клеток в присутствии кверцетина в широком диапазоне его концентраций. Установлено, что культивирование МСК ЖТ в присутствии 100 нМ – 100 мкМ кверцетина увеличивает активность системы антиоксидантной защиты и устойчивость клеток к окислительному стрессу, снижает внутриклеточное содержание АФК (перекись водорода) и ингибирует дифференцировку клеток в адипогенном направлении. В концентрациях 10–100 нМ полифенол оказывает стимулирующее влияние на пролиферативную активность МСК ЖТ и не влияет на иммунофенотип клеток, при концентрациях 10–100 мкМ наблюдается снижение пролиферативной активности и изменение экспрессии маркеров мультипотентных МСК CD29, CD44 и CD90.

Табл. 2. Ил. 3. Библиогр. – 15 назв.

УДК 577.2+579.22+577.15

Костеневич А. А., Сапунова Л. И., Лобанок А. Г. Клонирование и секвенирование гена, кодирующего β-галактозидазу бактерий *Arthrobacter sulfonivorans* // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 96–101.

Путем клонирования в составе плазмиды pJET1.2 фрагментов ДНК, содержащих ген β-галактозидазы (β-gal) бактерий *Arthrobacter sulfonivorans* ЛФ-ГАЛ, их последующего секвенирования и сравнения с известными последовательностями из базы данных GenBank установлена и депонирована (код доступа KM277894) полная нуклеотидная последовательность гена β-gal.

Анализ структуры β -gal бактерий *A. sulfonivorans* ЛФ-ГАЛ показал, что он состоит из 3132 п. н., которые кодируют 1043 аминокислоты, составляющие субъединицу β -галактозидазы с молекулярной массой 113,6 кДа. Установлено, что β -gal исследуемого штамма в наибольшей степени идентичен генам, кодирующим β -галактозидазы у актинобактерий рода *Arthrobacter* (66–72 %). Соответствие аминокислотного состава ферментных белков *A. sulfonivorans* ЛФ-ГАЛ и других представителей рода *Arthrobacter* составляет 59–95 %.

Анализ аминокислотной последовательности ферментного белка в пакете программ BLAST показал, что β -галактозидаза *A. sulfonivorans* ЛФ-ГАЛ содержит консервативные последовательности, характерные для гликозил-гидролаз 2 семейства.

Ил. 4. Библиогр. – 20 назв.

УДК 581.2

*Мельникова Е. В., Корытько Л. А., Полякова Н. В. Влияние абсцисовой кислоты на формирование некротической и хлорозной защитных реакций у растений ржи (*Secale cereale* L.) от ржавчинной инфекции // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 102–105.*

В работе исследованы изменения эндогенного содержания АБК в динамике развития хлорозной и некротической защитных реакций в листьях устойчивой и восприимчивой форм ржи. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что временное, значительное увеличение содержания АБК на начальных этапах взаимодействия растения с патогенами как в устойчивой (рожь Державина – *Puccinia dispersa*), так и в несовместимой (рожь сорта Игуменская – *Puccinia coronifera*) комбинациях может служить сигналом для включения антистрессовых программ в инфицированных тканях, направленных на подавление активности возбудителя болезни. Тогда как долговременное поддержание высокой концентрации АБК на всех стадиях патогенеза в восприимчивой патосистеме (рожь сорта Игуменская – *Puccinia dispersa*) приводит к снижению эффективности защитных систем и развитию болезни.

Ил. 3. Библиогр. – 12 назв.

УДК 612.17:579.864.1/873.13:616.12-008.46-0.39

Марцинкевич Е. В., Солтанов В. В., Студеникина Т. М., Мельников И. А. Влияние предварительного приема пробиотиков на морфо-функциональный статус сердца в условиях хронической сердечной недостаточности // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 106–111.

Потребление крысами в течение 10 суток пробиотиков «Диалакт», «Бифидумбактерин» оказывает протекторное действие на развитие хронической сердечной недостаточности (ХСН), моделируемой последующим введением изадрина (изопrenalина гидрохлорида, Sigma). Установлено ослабление наблюдающихся в контроле (ХСН) изменений интервалов электрокардиограммы, вариабельности сердечного ритма (ВСР), снижение появления нетипичного для крыс зубца Q.

На микропрепаратах отсутствуют волнообразные деформации и вакуолизация кардиомиоцитов, восстановлен их объем и уменьшена степень фиброза. В крови наблюдается падение концентрации С-РБ как показателя снижения транслокации в кровяное русло липополисахарида.

Таким образом, используемые пробиотики способствуют восстановлению структурно-функциональных показателей сердца, облегчая течение основного заболевания.

Табл. 1. Ил. 2. Библиогр. – 15 назв.

УДК 621.382

Солдуха В. А., Снитовский Ю. П. Управляемая трансформация параметров кремниевых биполярных мощных СВЧ-транзисторов ионными пучками // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 112–117.

Наличие метода, обеспечивающего возможность контролируемого создания объемного «рисунка», состоящего из областей с требуемыми физическими и химическими свойствами, является ключевым условием для радикального прогресса в технологии XXI в. Это особенно актуально, если метод позволяет обеспечить создание таких областей с размерами вплоть до нанометровых. В работе впервые предлагается способ целенаправленной прямой трансформации характеристик кремниевого биполярного мощного СВЧ-транзистора за счет изменения химического состава на границе молибден–кремний, электрофизических свойств молибден–кремниевых контактов, электрофизических характеристик областей транзисторной структуры, облучая ионами фосфора сформированные омические контакты молибден–кремний к эмиттерам транзистора. Возможности этого метода исследованы и подтверждены экспериментами.

Табл. 1. Ил. 4. Библиогр. – 15 назв.

УДК 636.222.6:636.082:631.524.01

Зубко И. Г., Танана Л. А., Петрушко И. С. Показатели качества мяса молодняка, полученного от скрещивания коров черно-пестрой породы с быками специализированных мясных пород // Докл. НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 1. С. 118–122.

В исследованиях установлено, что показатель рН мяса подопытных быков был на уровне 5,8–5,9 ($p < 0,05$), что соответствует качественному NOR сырью. По содержанию жира и протеина абердин-ангусс × черно-пестрые быки превосходили черно-пестрых и геррефорд × черно-пестрых сверстников на 1,9 ($p < 0,05$) – 1,3 п. п. и 1,8 ($p < 0,05$) – 0,5 п. п. соответственно. Все образцы мяса соответствовали требованиям САНПИН 11-63 РБ98.

Табл. 4. Библиогр. – 15 назв.

V. I. BENEDIKTOVICH

vbened@im.bas-net.by

SPECTRAL RADIUS OF A $K_{2,4}$ -MINOR-FREE GRAPH

Summary

In this article, upper bounds of spectral radii of $K_{2,4}$ -minor-free graphs have been obtained.

A. D. EGOROV

egorov@im.bas-net.by

ON APPROXIMATE EVALUATION OF MATHEMATICAL EXPECTATION OF FUNCTIONALS FROM THE SOLUTION TO THE LINEAR ÎTO–LÉVY EQUATION

Summary

Functional quadrature formulas for evaluation of mathematical expectation of nonlinear functionals from the solution to the linear Îto–Lévy equation are constructed. The formulas are exact for third-degree functional polynomials from the solution. The error of the constructed composed formula is obtained for a class of integral-form functionals.

D. U. KALIADA

koledad@rambler.ru

DISTRIBUTION OF ALGEBRAIC INTEGERS OF A GIVEN DEGREE IN THE REAL LINE

Summary

In the article, we have obtained an asymptotic formula for the number of algebraic integers α of an arbitrary given degree n that have the height $H(\alpha) \leq Q$ and lie in the interval I , as Q tends to infinity. We have proved that the error term in this formula is of the order $O(Q^{n-1})$ for infinitely many intervals. We have shown that algebraic integers of the given degree n are distributed asymptotically just like algebraic numbers of the degree $n - 1$.

A. N. TANYHINA

anast-minsk@yandex.ru

GENERALIZED TWO-STEP NEWTON–KANTOROVICH METHOD FOR APPROXIMATE SOLUTION OF NONLINEAR EQUATIONS WITH NON-DIFFERENTIABLE OPERATORS

Summary

The generalized two-step Newton–Kantorovich method for approximate solution of nonlinear equations with non-differentiable operators allowing the separation of a regular smooth component is considered. Using majorants, the convergence of this method is proved and estimates for the convergence rate are obtained.

I. V. GAISHUN

math@im.bas-net.by

SOME PROPERTIES OF A SPECTRUM OF A SHIFT OPERATOR WITH NON-NEGATIVE COEFFICIENTS

Summary

The known Perron theorem for a spectrum of a positive matrix is distributed on shift operators in space of limited sequences.

L. M. TOMILCHIK

lmt@dragon.bas-net.by

KINEMATIC ASPECTS OF THE PROCESS OF ACCELERATING EXPANSION OF THE UNIVERSE

Summary

Within the framework of traditional cosmography (without reference to Friedmann’s cosmological equations) the metric of Robertson-Walker type is found, for which a relationship between conformal and cosmic times coincides in form with the transformation of light cone generating lines with respect to a group of special conformal transformations. The metric gives birth to a constant value of the deceleration parameter equal to minus one second, which reproduces the effect of accelerating expansion of the Universe in good agreement with observations.

M. A. KNYAZEVA

maknyazev@bntu.by

**INVARIANCE FOR THE COMPONENTS OF THE TWO-SOLITON SOLUTION
TO THE KORTEWEG–DE VRIES EQUATION**

Summary

The condition of invariance for the components of the two-soliton solution to the Korteweg–de Vries equation is constructed.

V. V. TIKHOMIROV

vvtikh@mail.ru

ON THE POSSIBILITY OF CRYSTAL USE IN GAMMA-TELESCOPES

Summary

It is shown that the effect of synchrotron-like electron-positron pair production by gamma-quanta makes it possible to devise angular-sensitive gamma-telescopes with a resolution of several hundreds microradians to be effective at gamma-quanta energies of several tens of GeV and more. The gamma-telescope angular resolution can be increased up to several tens of microradians if the effect of electron radiative cooling is used. An efficiency of gamma-quanta registration by the proposed crystalline gamma-telescopes is close to unity while their mass per 1 m² of active area does not exceed 100 kg, allowing one to devise gamma-telescopes with an active area of 10 m².

Ya. M. SHNIR

shnir@theor.jinr.ru

GENERALIZED HOPFIAN GROUPS IN HIGHER-DIMENSION SPACES

Summary

We discuss the possibility of constructing topological solitons which generalize the Hopfian field configurations in the scalar Faddeev–Skyrme model extended to the case of spaces with the dimensions $d = 4n - 1$, $n \in \mathbb{Z}$. The fields of the model are the Hopf maps $\varphi : \mathbb{R}^{4n-1} \rightarrow S^{2n}$ with the usual vacuum boundary condition $\varphi(x) \rightarrow \varphi_0$ as $|x| \rightarrow \infty$. These soliton configurations are labelled by the topological invariant Q , which generalizes the first Hopf invariant of the map $S^3 \rightarrow S^2$. We have demonstrated that there is a topological energy bound $E \geq c|Q|^{\frac{d}{d+1}}$, which generalizes the Vaculenko–Kapitansky inequality.

V. E. GUSAKOV

gusakov@ifttp.bas-net.by

**CALCULATION OF THE BAND GAP OF SEMICONDUCTORS WITHIN THE FRAMEWORK
OF THE DENSITY FUNCTIONAL METHOD**

Summary

Within the framework of the density functional theory, the method was developed to calculate the band gap of semiconductors. Calculation of the band gap for a number of monoatomic and diatomic semiconductors demonstrated that the method gives the value of the band gap of almost experimental accuracy. An important point is the fact that the developed method can also be used to calculate both localized states (energy deep-level of defects in crystal), and electronic properties of nanostructures.

B. E. KASHEVSKY, A. M. ZHOLUD, S. B. KASHEVSKY, I. V. GORUDKO, T. V. MOKHORT, O. N. SHISHKO

bekas@itmo.by

**MAGNETOPHORETIC METHOD FOR STUDYING RED BLOOD CELLS BY HEMOGLOBIN
OXYGENATION DISTRIBUTION**

Summary

The method is developed for a simultaneous differentiation of red blood cells in terms of magnetic susceptibility, hemoglobin oxygenation, and sedimentation velocity based upon video recording and automated handling of cell motion trajectories in a thin microfluidic channel under the action of crossed gravitational and high-gradient magnetic fields. The study of suspension of red blood cells with a low oxygen partial pressure, for the first time, revealed the existence of cell fractions with considerably reduced and increased hemoglobin oxygenation, which is presumably related with a weakened oxygen transport function of old red blood cells. Our method creates additional possibilities of studying native and pathogenic processes in red blood cells, and can be useful for medical diagnostics.

A. L. SAUCHUK, O. S. KUPRIENKO, R. P. LITVINOVSKAYA, O. V. SVIRIDOV, V. A. KHRIPACH

alina_kyrtikova@mail.ru; olga_garbuz@iboch.bas-net.by; litvin@iboch.bas-net.by;
sviridov@iboch.bas-net.by; khripach@iboch.bas-net.by

A NEW APPROACH TO IMMUNOCHEMICAL DETERMINATION OF BRASSINOSTEROIDS

Summary

For the first time, reagents have been synthesized and a technique has been developed for a lanthanide immunofluorometric assay of phytohormonal steroids of 24-epicastasterone and 24-epibrassinolide. A low-molecular-weight conjugate of the brassinosteroid and an Eu^{3+} complexonate was synthesized by the reaction of 24-epicastasterone-6-(O-carboxymethyl) oxime N-succinimide ester with the europium salt of the diethylenetriaminepentaacetic acid N^1 -(aminoethyl)amide. A protein conjugate with a high specific fluorescent activity was the product of a simultaneous acylation of primary amino groups in albumin with activated esters of carboxyl derivatives of 24-epicastasterone and an Eu^{3+} complexonate. Using the high-molecular weight conjugate in an immunochemical system, a linear relationship was obtained between a fluorescent signal of labeled 24-epicastasterone bound to immobilized antibodies and 24-epibrassinolide concentration in the range of 1 to 300 nM.

I. A. KASHYN, A. V. TUZIKOV, A. M. ANDRIANOV

andrianov@iboch.bas-net.by

MOLECULAR DYNAMICS OF THE STRUCTURAL COMPLEX OF THE HIV-1 GP41 PROTEIN WITH MONOCLONAL ANTIBODY 10E8 EXHIBITING BROAD VIRAL NEUTRALIZATION

Summary

Conformational and energy characteristics of the structural complex between the HIV-1 gp41 protein and monoclonal antibody 10E8 exhibiting broad viral neutralization were studied by molecular dynamics simulations. Contributions of the amino acid residues of the gp41 protein and antibody 10E8 to the enthalpy constituent of the free energy of the complex formation were estimated. Residues Tyr-99, Asp-100, Phe-100a, Trp-100b of the heavy chain of antibody 10E8 and Trp-672, Phe-673, Arg-683 of the gp41 protein were shown to be critical for the binding. The results obtained form a productive basis for virtual screening, computer testing, and development of novel HIV-1 entry inhibitors presenting the antibody 10E8 peptidomimetics with broad-spectrum neutralizing activity.

V. N. RESHETNIKOV, H. G. SHUTAVA, E. V. SPIRIDOVICH

anna_shutova@mail.ru

BIOLOGICAL ACTIVITY OF PLANT ESSENTIAL OILS IN RELATION WITH THE STRUCTURE AND OPTICAL ACTIVITY OF COMPONENTS

Summary

A high antimicrobial activity of carvacrol, citral, and linalool is confirmed. The features of the antibacterial activity of pinene and limonene enantiomers are determined. A high antimicrobial activity of the essential oils of *Satureja montana* and *Monarda fistulosa* regarding test-cultures, which allows one to consider essential oils of these plants as effective antimicrobial agents, is shown.

V. A. TARASEVICH

tar@ichnm.basnet.by

SYNTHESIS AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF THE QUATERNARY AMMONIUM SALTS BASED ON M-TERPHENOL

Summary

A method for synthesis of quaternary ammonium salts containing an antioxidant (*m*-terphenol) fragment is developed.

A. S. LOGVINOVICH, T. V. SVIRIDOVA, D. V. SVIRIDOV

sviridov@bsu.by

SONOCHEMICAL MODIFICATION OF THE NICKEL SURFACE BY THE MOLYBDIC ACID AND PRODUCTS OF ITS POLYCONDENSATION

Summary

The possibility of sonochemical immobilization of polymolybdic acid on the surface of electrochemically deposited nickel is shown. It is revealed that the thus obtained oxide-hydroxide surface layer is inhomogeneous and involves the products of interaction of molybdic acid oligomers with nickel and MoO_3 particles which impart antifriction properties to the modified nickel surface. The possibility of doping the sonochemically obtained molybdenum oxide-hydroxide layer with a corrosion inhibitor (benzotriazole) is demonstrated; such treatment results in a radical (ca. 4-fold) enhancement of corrosion resistance of the galvanic nickel coating.

A. E. SALEM, M. V. SHOLUKH

ankel2008@gmail.com; sholukh@bsu.by

INFLUENCE OF GOLD NANOPARTICLES ON AGGREGATION OF MITOCHONDRIAL ASPARTATE AMINOTRANSFERASE

Summary

We have studied the dependence of aggregation of mitochondrial aspartate aminotransferase (mAspAT) from the concentration of gold nanoparticles (AuNP). It has been shown that AuNPs decreased the aggregation of mAspAT in the temperature range from 55 to 73 °C. The maximal anti-aggregational effect of AuNP reached 56 % and was observed at 60 °C. Increase of AuNP concentration led to a decrease of the constant rate of enzyme aggregation. We suggest here that interaction between Au-NPs and mAspAT increases conformational stability of the enzyme molecule. It also reduces the probability of polypeptide chain unfolding, which causes exposure of hydrophobic patches on the protein surface resulting in intra molecular adhesion followed by the protein aggregation.

S. V. PINCHUK, I. B. VASILEVICH, A. V. BUTENKO, Z. B. KVACHEVA, I. D. VOLOTOVSKY

pinchuksv@mail.ru

REGULATORY PROPERTIES OF QUERCETIN IN THE CULTURES OF MESENCHYMAL STEM CELLS

Summary

The resistance to the oxidative stress, the proliferative activity, the immunophenotype stability, and the ability to differentiate in the adipogenic direction of MSCs from adipose tissue of rats after the incubation of cells in the presence of quercetin has been investigated. The cultivation of MSCs in the presence of 100 nM – 100 mM quercetin enhances the antioxidant defense system activity and the resistance of cells to the oxidative stress, decreases the intracellular ROS content (hydrogen peroxide), and inhibits the adipogenic differentiation of cells. At concentrations of 10–100 nM, polyphenol has a stimulating effect on the proliferative activity of MSCs and does not affect the immunophenotype of cells. At concentrations of 10–100 mM, quercetin decreases the proliferative activity of the cells and changes the expression of markers of multipotent MSCs CD29, CD44, and CD90.

A. A. KASTSIANEVICH, L. I. SAPUNOVA, A. G. LOBANOK

A.Kastsianeovich@gmail.com

CLONING AND SEQUENCING OF GENE ENCODING β -GALACTOSIDASE OF BACTERIA *ARTHROBACTER SULFONIVORANS*

Summary

A full nucleotide sequence of the β -galactosidase gene (β -gal) was deciphered by cloning in plasmid pJET1.2 of DNA fragments containing β -gal of bacteria *Arthrobacter sulfonivorans* LF-GAL, their subsequent sequencing and comparison with the known sequences from the GenBank database. It was deposited under access number KM2778940.

The evaluation of the β -gal structure showed that it is composed of 3132 b.p. encoding 1043 amino acids making up a β -galactosidase subunit with a molecular weight of 113.6 kDa. It was found that β -gal of the examined strain is characterized by the highest degree of similarity to the genes encoding β -galactosidase in the genus *Arthrobacter* (66–72 %).

The amino acid composition of enzyme proteins from *A. sulfonivorans* LF-GAL matches that of other representatives of the genus *Arthrobacter* by 59–95 %. The analysis of the enzyme protein amino acid sequence by BLAST software package demonstrated that β -galactosidase of *A. sulfonivorans* LF-GAL comprises conservative sequences typical for glycosyl hydrolase family 2.

E. V. MELNIKOVA, L. A. KARYTSKO, N. V. POLIAKOVA

patphysio@mail.ru

ABSCISIC ACID INFLUENCE ON THE FORMATION OF NECROTIC AND CHLOROSIS PROTECTIVE REACTIONS OF RYE PLANT (*SECALE CEREALE* L.) AGAINST RUST INFECTION

Summary

The changes in the ABA contents in rye plants are investigated in the development of different protective reactions against rust infection. A temporary significant increase in the ABA content both in resistant (*Secale sp. derzhavinii* – *Puccinia dispersa*), and in incompatible (*Secale sereale* grade Igumenskaja – *Puccinia coronifera*) combinations can be a signal to involve antistressful programs in infected tissues directed against pathogen suppression, whereas a high ABA concentration in all pathogenesis stages in a susceptible pathosystem reduces the efficacy of plant antistressful programs and results in the development of disease.

E. V. MARTSYNKEVICH, V. V. SOLTANOV, T. M. STUDENIKINA, I. A. MELNIKOV

lmartinkevich@mail.ru

EFFECT OF THE PRELIMINARY INTAKE OF PROBIOTICS ON THE MORPHOLOGICAL AND FUNCTIONAL STATUS OF THE HEART WITH ITS CHRONIC FAILURE

Summary

A preliminary intake of probiotics has a positive effect on the structural and functional status of the heart with its chronic failure. There was a decrease in the frequency of a pathological Q-wave on ECG, reducing the fibrosis degree and the conservation of the volume of cardiomyocytes; wavy deformations and cardiac myocyte vacuolization were not seen. There was a decrease in blood concentrations of CRP.

V. A. SOLODUKHA, YU. P. SNITOVSKY

Yu.Snitovsky@tut.by

CONTROLLED ION-BEAM TRANSFORMATION OF SILICON BIPOLAR MICROWAVE POWER TRANSISTOR'S CHARACTERISTICS

Summary

The key condition for radical progress in technology in the 21st century is the availability of a technique for the controlled production in a solid of 3D patterns incorporating regions of desired physical and chemical properties. It is especially urgent for the creation of nanometer areas. In this article, a method for changing the silicon bipolar microwave power transistor's characteristics in a direct and deliberate manner by modifying the chemical composition at the molybdenum–silicon boundary, the electrophysical properties of molybdenum–silicon contacts, and the electrophysical characteristics of transistor structure areas by the phosphorus ions irradiation of generated ohmic molybdenum–silicon contacts to the transistor emitters is proposed for the first time. The possibilities of this method are investigated and confirmed experimentally.

I. G. ZUBKO, L. A. TANANA, I. S. PETRUSHKO

pujl57@mail.ru

QUALITY INDICATORS OF YOUNG MEAT OBTAINED AT THE CROSSBREEDING OF BLACK-MOTLEY BREED COWS AND SPECIALIZED MEAT BREED BULLS

Summary

Studies found that the pH of the meat of the experimental steers was at 5.8–5.9 ($p < 0.05$), which corresponds to the NOR-quality raw materials. According to the content of fat and protein, aberdeen-anguss × black pied bulls were superior to black-motley and hereford × black and white peers by 1.9 ($p < 0.05$) – 1.3 percentage points and 1.8 ($p < 0.05$) – 0.5 percentage points, respectively. All meat samples met the requirements of SANPIN 11-63 RB98.