

**Вестник биотехнологии  
и физико-химической биологии  
имени Ю.А. Овчинникова**

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Колонка главного редактора**

К читателям. *Р.Г. Васильев* ..... 4

**Оригинальные статьи**

Живая батарея – микробный биотопливный элемент, функционирующий в организме травяной лягушки *Rana temporaria*.

*А.Н. Решетилов, Ю.В. Плеханова, С.Е. Тарасов, А.Е. Китова, В.В. Колесов, В.К. Утешев, Р.Г. Васильев*..... 5

Биотехнология получения продукта лечебно-профилактического назначения из двустворчатого моллюска мидии.

*Н.А. Голубь, В.Е. Ерохин, В.И. Рябушко*..... 11

Генетическое штрих-кодирование родственных индивидов.

*Гарафутдинов Р.Р., Сахабутдинова А.Р., Васильев Р.Г., Чемерис А.В.*..... 20

**Краткие сообщения**

Динамика морфофункциональных изменений поджелудочной железы уток при скармливании пробиотика СБА.

*Э.О. Оганов, Т.С. Кубатбеков, Е.О. Рысцова*..... 27

**Обзоры**

Биомаркеры в онкоурологии: современное состояние и перспективы.

*А.Т. Асратов, А.А. Костин, Р.Г. Васильев, А.Д. Каприн*..... 31

Биоэнергетика для автономных роботов. Перспективные решения и современное состояние.

*П.М. Готовцев, В.В. Воробьев, А.С. Мигалев, Г.У. Бадранова, К.В. Горин, А.Н. Решетилов, Р.Г. Васильев*..... 49

**Хроника** ..... 59

**Правила для авторов** ..... 62

**Yu.A. Ovchinnikov bulletin  
of biotechnology and  
physical and chemical biology**

**CONTENTS**

**Column of the editor-in-chief**

To readers. *R.G. Vasilov* ..... 4

**Original articles**

Microbial biofuel cell functions in the body of grass frog

*Rana temporaria*.

*A.N. Reshetilov, Yu.V. Plekhanova, S.E. Tarasov, A.E. Kitova, V.V. Kolesov, V.K. Uteshev, R.G.*

*Vasilov*..... 5

Biotechnology of obtaining the product of therapeutic and prophylactic appointment

from the bivalve mussels.

*N.A. Golub', V.E. Erokhin, V.I. Ryabushko*..... 11

Genetic barcoding related individuals.

*Sharafutdinov R.R., Sahabutdinova A.R., Vasilov R.G., Chemeris A.V.*..... 20

**Short communications**

Dynamics of morphological and functional changes of the duck pancreas

at feeding probiotic SBA.

*E.O. Oganov, T.S. Kubatbekov, E.O. Rystsova*..... 27

**Reviews**

Biomarkers in oncurology: current situation and prospects.

*A.T. Asratov, A.A. Kostin, R.G. Vasilov, A.D. Kaprin*..... 31

Bioenergy for autonomous robots. Promising solutions and the current state.

*P.M. Gotovtsev, V.V. Vorobyev, A.S. Migalev, G.U. Badranova, K.V. Gorin, A.N. Reshetilov, R.G.*

*Vasilov*..... 49

**The chronicle** ..... 59

**Rules for authors** ..... 62

УДК: 543.55 + 543.554

## ЖИВАЯ БАТАРЕЯ – МИКРОБНЫЙ БИОТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИЙ В ОРГАНИЗМЕ ТРАВЯНОЙ ЛЯГУШКИ *RANA TEMPORARIA*

А.Н. РЕШЕТИЛОВ<sup>1</sup>, Ю.В. ПЛЕХАНОВА<sup>1</sup>, С.Е. ТАРАСОВ<sup>1</sup>, А.Е. КИТОВА<sup>1</sup>,  
В.В. КОЛЕСОВ<sup>2</sup>, В.К. УТЕШЕВ<sup>3</sup>, Р.Г. ВАСИЛОВ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрабина РАН», Пушкино,

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт радиофизики и электроники РАН», Москва,

<sup>3</sup>ФГБУН «Институт биофизики клетки РАН», Пушкино,

<sup>4</sup>Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва

В публикациях последних лет значительное внимание уделяется миниатюризации и имплантации биотопливных элементов в живой организм. В данном исследовании, выполненном в русле этой тенденции, впервые микробный биотопливный элемент помещен в организм живой травяной лягушки *Rana temporaria*. Изучена *in vivo* генерация электроэнергии организмом животного при окислении собственной глюкозы. Эксперименты выполнены с применением миниатюрных электродов, изготовленных из наноматериала – терморасширенного графита. В качестве медиатора использован водонерастворимый диметилферроцен, включенный в состав анода и не поступающий из электрода в организм животного при измерениях. Показано, что биотопливный элемент генерирует разность потенциалов ~50 мВ; стационарное значение разности потенциалов достигается за время порядка 600–800 с. Полученные результаты открывают новые возможности для имплантации биотопливных элементов в живые системы.

*Ключевые слова:* микробный биотопливный элемент, имплантация в живой организм, генерация электроэнергии, *Rana temporaria*.

**C. 5-10**

## MICROBIAL BIOFUEL CELL FUNCTIONS IN THE BODY OF GRASS FROG *RANA TEMPORARIA*

A.N. RESHETILOV<sup>1</sup>, Yu.V. PLEKHANOVA<sup>1</sup>, S.E. TARASOV<sup>1</sup>, A.E. KITOVA<sup>1</sup>, V.V. KOLESOV<sup>2</sup>,  
V.K. UTESHEV<sup>3</sup>, R.G. VASILOV<sup>4</sup>

<sup>1</sup> G.K. Scriabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, RAS, Pushchino, <sup>2</sup> Institute of Radiophysics and Electronics, RAS, Moscow, <sup>3</sup> Institute of Cell Biophysics, RAS, Pushchino, <sup>4</sup> National Research Centre «Kurchatov Institute», Moscow

Within the last years publications give a considerable attention to miniaturization and implantation of biofuel cells in the living organism. In our study undertaken in line with this trend a microbial biofuel cell has been for the first time implanted in the body of the living grass frog *Rana temporaria*. Generation of electrical energy in the frog from oxidation of its own glucose was explored *in vivo* experiments. The experiments were carried out using miniature electrodes obtained with nanomaterial – thermoexpanded graphite. Used as a water-insoluble mediator dimethylferrocene was incorporated with the anode and did not flow from the electrode into the body of the frog during measurements. It was shown that a biofuel cell generates the difference between the potentials of the order of 50 mV; a stationary value of the difference between the potentials is achieved for the period of about 600–800 sec. The results obtained opens new possibilities for implantation of biofuel cells into the living systems.

*Keywords:* microbial biofuel cell, implantation into the living organism, generation of electrical energy, *Rana temporaria*.

УДК 582.272:574.24:628.19(262.5)

**БИОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТА ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА МИДИИ**

Н.А. ГОЛУБЬ, В.Е. ЕРОХИН, В.И. РЯБУШКО

*ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН», Севастополь*

Разработана технология получения щелочного гидролизата из мяса мидии *Mytilus galloprovincialis*, выращиваемой в морских хозяйствах в экологически чистых акваториях Черного моря у побережья Крыма. Биохимический состав мяса имеет существенные отличия в разные сезоны года. Весной и в начале осени коэффициент биологической ценности моллюсков достигает максимальных значений. В эти периоды содержание белка и свободных аминокислот в мидии максимально, что позволяет получать гидролизаты высокого качества. В гидролизате присутствует 21 аминокислота, в том числе все незаменимые, и 31 жирная кислота. Количество полиненасыщенных жирных кислот превышает 45% общего содержания липидов. При щелочном гидролизе мидии хорошо сохраняется состав нативных биологически активных веществ, в том числе незаменимая аминокислота триптофан и таурин. При щелочном гидролизе происходит изменение микроэлементного состава конечного продукта. Концентрации тяжелых металлов и токсичных микроэлементов снижаются в 5–50 раз по сравнению с их содержанием в исходном сырье. Остаточные концентрации химических элементов в гидролизате значительно ниже предельно допустимых концентраций для пищевых продуктов. Аминокислотный скор гидролизата мяса мидии имеет значения, близкие к эталону ФАО/ВОЗ. Конечный продукт гидролиза содержит смесь пептидов и нуклеиновых кислот, которые проявляют в организме присущую пептидам высокую биологическую активность. Предлагаемая технология переработки морских гидробионтов может быть использована для производства физиологически активных добавок к диетическому питанию и функциональных продуктов для людей с ослабленным иммунитетом и кроветворением, проживающих в районах, пострадавших от радиоактивного заражения.

*Ключевые слова:* пищевая биотехнология; щелочной гидролизат; аминокислотный, жирнокислотный, микроэлементный состав; мидия.

С. 11-19

**BIOTECHNOLOGY OF OBTAINING THE PRODUCT OF THERAPEUTIC AND  
PROPHYLACTIC APPOINTMENT FROM THE BIVALVE MUSSELS**

N.A. GOLUB', V.E. EROKHIN, V.I. RYABUSHKO

*A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol*

Original technology was designed for alkaline hydrolyzate produced from soft tissues of the mussel *Mytilus galloprovincialis* farmed in the unpolluted Crimean coastal areas of the Black Sea. The biochemistry of the soft tissue amazingly varies depending on season of the year. In spring and in early autumn its biological value index reaches maximum and the seasonally richest protein and free amino acid content allows having high-quality hydrolyzates. The hydrolyzate contains 21 amino acids, including the full spectrum of essential amino acids, and 31 fatty acids; polyunsaturated fatty acids invest over 45% to the total lipids. Well preserving native biologically active substances, in particular tryptophan – an essential amino acid – and taurine, alkaline hydrolysis of mussels at the same time changes trace element composition of the final product. The final product has heavy metals and toxic trace substances 5 to 50 times as lesser as the initial raw stuff. Residual concentrations of chemical elements in the hydrolyzate are conspicuously lower than their maximums permissible for food. Amino acid score of the mussel hydrolyzate approximates the FAO/WHO standard. Final product of the hydrolysis contains a mix of biologically active peptides and nucleic acids that effectively works to the advantage of human organism. The proposed biotechnology would provide people which live in radionuclide contaminated areas and have immunity and blood formation problems with the physiologically active food additives and functional products.

*Keywords:* food biotechnology, alkaline hydrolyzate, amino acids, fatty acids, trace elements, mussel.

УДК 577.21

**ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ШТРИХ-КОДИРОВАНИЕ РОДСТВЕННЫХ ИНДИВИДОВ**ГАРАФУТДИНОВ Р.Р.<sup>1</sup>, САХАБУТДИНОВА А.Р.<sup>1</sup>, ВАСИЛОВ Р.Г.<sup>2</sup>, ЧЕМЕРИС А.В.<sup>1,2</sup><sup>1</sup>*ФГБУН «Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН», Уфа,*<sup>2</sup>*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва*

В настоящее время ДНК-идентификация личности осуществляется на основе анализа STR-полиморфизма, однако не прекращаются поиски более удобных способов ее проведения. В данной работе на выборке родственных индивидов изучена возможность использования для ДНК-идентификации подхода, основанного на генетическом штрих-кодировании человека по панели SNP. Показано, что панели из 24 SNP достаточно для создания уникальных индивидуальных генетических штрих-кодов кровных родственников, однако генетическое штрих-кодирование на основе такого количества SNP нельзя применять для установления степени родства.

*Ключевые слова:* ДНК-идентификация личности, однонуклеотидный полиморфизм, генетический штрих-код, кровные родственники.

**С. 20-26****GENETIC BARCODING RELATED INDIVIDUALS**SHARAFUTDINOV R.R.<sup>1</sup>, SAHABUTDINOVA A.R.<sup>1</sup>, VASILOV R.G.<sup>2</sup>, CHEMERIS A.V.<sup>1,2</sup><sup>1</sup>*Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Scientific Center, RAS, Ufa,*<sup>2</sup>*National Research Centre «Kurchatov Institute», Moscow*

Currently, DNA identification is based on the analysis of STR-polymorphism, but do not stop searching for more convenient ways to carry it out. In this study, a sample of related individuals studied the possibility of using DNA to identify an approach based on genetic barcoding man panel SNPs. It is shown that of the 24 SNP panel enough to create a unique individual genetic barcodes of blood relatives, but the genetic barcoding on the basis of the number of SNP can not be used to establish the degree of relationship.

*Keywords:* DNA identification of individual SNPs, genetic barcode, blood relatives.

УДК 636.5/6

**ДИНАМИКА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ  
ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ УТОК ПРИ СКАРМЛИВАНИИ  
ПРОБИОТИКА СБА**

Э.О. ОГАНОВ<sup>1</sup>, Т.С. КУБАТБЕКОВ<sup>2</sup>, Е.О. РЫСЦОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии  
имени К.И. Скрябина,*

<sup>2</sup>*Российский университет дружбы народов, Москва*

Изучено влияние бактериального препарата СБА на структуру поджелудочной железы уток пекинской породы в постнатальном онтогенезе. Отмечено стимулирующее влияние пробиотика СБА на рост и развитие поджелудочной железы. Приведены данные микроморфометрии, отражающие динамику роста и развития органа. Подробно изучено гистологическое строение экзокринной и эндокринной частей органа. Выявлено, что в подкапсулярной зоне железы находятся малофункциональные формы ацинусов поджелудочной железы, за счет развития которых происходит ее развитие. Вместе с этим рост поджелудочной железы продолжается до 60-дневного возраста за счет пополнения ее развивающимися зачатковыми (малодифференцированными ее формами) ацинусами, расположенными по периферии органа, в подкапсулярной зоне в виде широкого пласта незрелых, нефункциональных их зачатков. Эта зона сохраняется до 120-дневного возраста, хотя ее площадь с возрастом сокращается.

*Ключевые слова:* пробиотик, поджелудочная железа, постнатальный онтогенез, ацинус, инкреторные панкреоциты, морфометрия, утки.

**C. 27-30**

**DYNAMICS OF MORPHOLOGICAL AND FUNCTIONAL CHANGES OF THE DUCK  
PANCREAS AT FEEDING PROBIOTIC SBA**

E.O. OGANOV<sup>1</sup>, T.S. KUBATBEKOV<sup>2</sup>, E.O. RYSTSOVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology,*

<sup>2</sup>*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow*

The influence of the bacterial preparation SBA on the structure of the pancreas and the Beijing ducks breed in postnatal ontogenesis. Marked stimulating effect of the probiotic SBA on the growth and development of the pancreas was revealed. The data of micromorphometric reflecting the dynamics of growth and development of the body were presented. The histological structure of exocrine and endocrine parts of the pancreas was studied in detail. It is found that in subcapsular zone of the gland the little differentiated forms of the pancreas acini are localised, which determined the pancreas development. The growth of the pancreas continues until 60 days of age, at the expense of redeveloping germinative acini (little differentiated forms) located at the periphery of the pancreas, in subcapsular area in the form of a layer of immature, non-functional rudiments of them. This zone persists until 120 days of age, although its size is reduced with age.

*Keywords:* probiotic, pancreas, postnatal ontogenesis, acinus, endocrine cells of the pancreas, morphometry, ducks.

УДК 616.6-006-071

**БИОМАРКЕРЫ В ОНКОУРОЛОГИИ:  
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**А.Т. АСРАТОВ<sup>1,2</sup>, А.А. КОСТИН<sup>1,2</sup>, Р.Г. ВАСИЛОВ<sup>3</sup>, А.Д. КАПРИН<sup>1,2</sup><sup>1</sup>*ФГБУ «Московский научно-исследовательский онкологический институт  
им. П.А. Герцена» Минздрава России,*<sup>2</sup>*ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России,*<sup>3</sup>*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва*

В обзоре представлены современные сведения о биомаркерах онкологических заболеваний в урологии. Дана информация о биомаркерах, предназначенных для диагностики, прогнозирования онкогенеза, предсказания и оценки лечебного эффекта. В их число входят нуклеиновые кислоты, белки, сахараиды, липиды, мелкие метаболиты, цитогенетические и цитокинетические структуры, целые опухолевые клетки, обнаруживаемые в биологических жидкостях. Акцент сделан на анализе биомаркеров, используемых для ведения пациентов с такими распространенными злокачественными болезнями, как рак предстательной железы и рак мочевого пузыря.

*Ключевые слова:* биомаркеры, онкология, урология, молекулярно-биологическая диагностика.

**С. 31-48****BIOMARKERS IN ONCOUROLOGY: CURRENT SITUATION AND PROSPECTS**A.T. ASRATOV<sup>1,2</sup>, A.A. KOSTIN<sup>1,2</sup>, R.G. VASILOV<sup>3</sup>, A.D. KAPRIN<sup>1,2</sup><sup>1</sup>*P.A. Herzen Moscow Research Institute of Oncology, Russian Ministry of Health,*<sup>2</sup>*Russian Peoples' Friendship University, Ministry of Education and Science of Russia,*<sup>3</sup>*National Research Centre «Kurchatov Institute», Moscow*

The review presents modern data on biomarkers of cancer in urology. The information on biomarkers intended for the diagnosis, prediction of oncogenesis, the prediction and evaluation of therapeutic effect. These include nucleic acids, proteins, saccharides, lipids and small metabolites, cytogenetic and cytokinetic structures, whole tumor cells found in biological fluids. Emphasis is placed on the analysis of biomarkers used for the management of patients with malignant diseases such common as prostate cancer and bladder cancer.

*Keywords:* biomarkers, oncology, urology, molecular biological diagnostics.

УДК 662+631

**БИОЭНЕРГЕТИКА ДЛЯ АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ.  
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**П.М. ГОТОВЦЕВ<sup>1</sup>, В.В. ВОРОБЬЕВ<sup>1</sup>, А.С. МИГАЛЕВ<sup>1</sup>, Г.У. БАДРАНОВА<sup>1</sup>,  
К.В. ГОРИН<sup>1</sup>, А.Н. РЕШЕТИЛОВ<sup>1,2</sup>, Р.Г. ВАСИЛОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва,*  
<sup>2</sup>*ФГБУН «Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрабина»,  
Пушино Московской области*

В данной работе обсуждены вопросы использования современных разработок в области биоэнергетики для создания источников энергии для автономных роботов. Рассмотрены возможности использования биотоплива. Также рассмотрены различные варианты биотопливных элементов, проведен анализ существующих разработок в исследованной области. Показаны основные направления для исследований в области создания биотопливных элементов для автономных роботов. Проанализированы такие технологии, как ферментативная переработка биомассы, ее газификация и пиролиз. Выявлены основные сложности, которые могут возникнуть при использовании указанных технологий. По результатам анализа представленных материалов сделан вывод о том, что в настоящее время для создания автономного робота, помимо биоэнергетики, необходим еще дополнительный возобновляемый источник энергии в роли резервного/вспомогательного.

*Ключевые слова:* робототехника, системы энергоснабжения роботов, биотопливные элементы, автономный робот, пиролиз, ферментативная переработка биомассы.

С. 49-58

**BIOENERGY FOR AUTONOMOUS ROBOTS.  
PROMISING SOLUTIONS AND THE CURRENT STATE**P.M. GOTOVTSEV<sup>1</sup>, V.V. VOROBYEV<sup>1</sup>, A.S. MIGALEV<sup>1</sup>, G.U. BADRANOVA<sup>1</sup>,  
K.V. GORIN<sup>1</sup>, A.N. RESHETILOV<sup>1,2</sup>, R.G. VASILOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*National Research Centre «Kurchatov Institute», Moscow,*  
<sup>2</sup>*G.K. Scriabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Pushchino, Moscow Region*

This paper discusses the use of modern developments in the field of bioenergy to create energy for autonomous robots. The possibilities of using biofuels were considered. Also discussed various options for biofuel cells, the analysis of existing developments in the investigated area was realised. The basic directions of research in the field of biofuel cells for autonomous robots were demonstrated. We consider technologies such as enzymatic processing of biomass, its gasification and pyrolysis. The basic difficulties that may arise from the use of these technologies were revealed. According to the analysis of submissions it concluded that at the present time to build an autonomous robot, in addition to bioenergy is needed is an additional renewable energy source as a backup/auxiliary.

*Keywords:* robotics, power system robots, biofuel cells, autonomous robot, pyrolysis, enzymatic processing of biomass.