

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

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Колонка главного редактора**

К читателям. *Р.Г. Васильев*..... 4

**Оригинальные статьи**

- Новый липид-транспортирующий белок из укропа огородного *Anethum graveolens* L.  
*Д.Н. Мельникова, Е.И. Финкина, С.В. Баландин, Т.В. Овчинникова*..... 5
- MteI-ПЦР-анализ – новый метод определения статуса метилирования GC-богатых регуляторных участков генов-онкосупрессоров человека.  
*М.А. Абдурашитов, А.Н. Куксова, А.Г. Акишев, Е.В. Землянская, С.Х. Дегтярев*..... 15
- Электрохимическая методика прямой регистрации непраймированного синтеза ДНК.  
*А.Н. Решетилов, Л.А. Железная*..... 24
- Изучение накопления липидов штаммом дрожжей *Yarrowia lipolytica* с инактивированным геном, кодирующим пероксисомальный транспортер аденозинтрифосфорной кислоты.  
*Е.Ю. Юзбашева, Т.В. Юзбашев, Е.Б. Мостова, Н.И. Перковская, С.П. Синеокий* ..... 30
- Клонирование системы рестрикции-модификации *BpuN4I* из *Bacillus pumilus* N4.  
*В.С. Дедков, Д.А. Гончар, В.А. Чернухин, М.А. Абдурашитов, Е.Н. Ломаковская, Н.М. Шинкаренко, С.Х. Дегтярев*..... 40

**Обзоры**

- Концепция модульной энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии с системой водородного аккумулирования энергии.  
*О.Л. Амосова, В.В. Бутылин, Р.Г. Васильев, В.В. Тепляков*..... 48
- Современные технологии получения биодизеля.  
*П.М. Готовцев, М.А. Ломоносова, В.В. Бутылин, Е.Б. Мостова, Н.И. Перковская*..... 54
- Золошлаковые отвалы объектов тепло- и электрогенерации как источники ценных металлов и редкоземельных элементов.  
*А.Г. Булаев, Т.Ф. Кондратьева*..... 62
- Возможные технологии сбора микроводорослей методом флокуляции с использованием биофлокулянтов.  
*П.М. Готовцев, М.А. Ломоносова, В.В. Бутылин, К.В. Горин* ..... 75

**Страницы истории**

Юбилейные даты 2013 года в генетике и молекулярной биологии (материал подготовлен *В.С. Воробьевым*)..... 81

**Правила для авторов** ..... 94

# 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

A novel lipid transfer protein from the dill *Anethum graveolens* L.  
*D.N. Melnikova, E.I. Finkina, S.V. Balandin, T.V. Ovchinnikova*..... 5

MteI-PCR assay – a new method of methylation status determination for GC-rich regulatory regions of human tumor suppressor genes.

*M.A. Abdurashitov, A.N. Kuksova, A.G. Akishev, E.V. Zemlyanskaya, S.Kh. Degtyarev*..... 15

Electrochemical methods of direct detection of DNA synthesis without added primer.

*A.N. Reshetilov, L.A. Zheleznaya*..... 24

The study of lipid accumulation *Yarrowia lipolytica* yeast strain with an inactivated gene encoding peroxisomal transporter adenosine triphosphate.

*E.J. Yuzbashev, T.V. Yuzbashev, E.B. Mostow, N.I. Perkovskaya, S.P. Sineoky*..... 30

Cloning of BpuN4I restriction-modification system with application of the library dividing method.

*V.S. Dedkov, D.A. Gonchar, V.A. Chernukhin, M.A. Abdurashitov, E.N. Lomakovskaya, N.M. Shinkarenko, S.Kh. Degtyarev*..... 40

### Reviews

The concept of modular power plants based on renewable energy sources with hydrogen energy storage system.

*O.L. Amosova, V.V. Butylin, R.G. Vasilov, V.V. Teplyakov*..... 48

Modern technologies for biodiesel.

*P.M. Gotovtsev, M.A. Lomonosova, V.V. Butylin, E.B. Mostova, N.I. Perkovskaya*..... 54

Ash and slag dumps of the objects heat and power generation as a source of precious metals and rare earth elements.

*A.G. Bulaev, T.F. Kondratyeva*..... 62

Possible technologies for the collection of microalgae flocculation method using bioflocculants.

*P.M. Gotovtsev, M.A. Lomonosova, V.V. Butylin, K.V. Gorin* ..... 75

### Pages of history

Anniversary dates 2013 in genetics and molecular biology (material composed *V.S. Vorobyev*)..... 81

**Rules for authors** ..... 94

УДК 577.112.083; 577.112.5

**НОВЫЙ ЛИПИД-ТРАНСПОРТИРУЮЩИЙ БЕЛОК ИЗ УКРОПА ОГОРОДНОГО  
ANETHUM GRAVEOLENS L.**

Д.Н. МЕЛЬНИКОВА, Е.И. ФИНКИНА, С.В. БАЛАНДИН, Т.В. ОВЧИННИКОВА\*

*ФГБУН «Институт биоорганической химии им. академиков М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова» РАН, Москва*

Новый липид-транспортирующий белок, обладающий противогрибковой активностью и названный Ag-LTP, выделен из листьев и стеблей укропа огородного *Anethum graveolens L.* Определены молекулярная масса Ag-LTP, его полная аминокислотная последовательность и структура полноразмерной кДНК. Создана генно-инженерная конструкция, позволяющая проводить экспрессию Ag-LTP в клетках *E. coli* в составе гибридного белка, а также разработана методика выделения и очистки рекомбинантного аналога этого нового представителя класса липид-транспортирующих белков растений.

*Ключевые слова:* липид-транспортирующий белок, первичная структура, плазмидный вектор, гетерологичная экспрессия, рекомбинантный аналог, укроп.

**C. 5-14**

**A NOVEL LIPID TRANSFER PROTEIN FROM THE DILL ANETHUM GRAVEOLENS L.**

D.N. MELNIKOVA, E.I. FINKINA, S.V. BALANDIN, T.V. OVCHINNIKOVA

*Shemyakin and Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

A new lipid transfer protein, exhibiting antifungal activity and called Ag-LTP, was purified from the dill *Anethum graveolens L.* leaves and stems. The molecular mass, complete amino acid sequence, and cDNA structure of Ag-LTP were determined. The recombinant plasmid was constructed for the expression of Ag-LTP-containing fusion protein in *E. coli* cells, and the method of purification was developed in order to produce the recombinant analog of this novel member of the plant LTP family.

*Keywords:* lipid transfer proteins, primary structure, plasmid vector, heterologous expression, recombinant analogue, dill.

УДК 577.152.314

**МТЕI-ПЦР-АНАЛИЗ – НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТУСА МЕТИЛИРОВАНИЯ GC-БОГАТЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ УЧАСТКОВ ГЕНОВ-ОНКОСУПРЕССОРОВ ЧЕЛОВЕКА**

М.А. АБДУРАШИТОВ\*, А.Н. КУКSOVA, А.Г. АКИШЕВ, Е.В. ЗЕМЛЯНСКАЯ, С.Х. ДЕГТЯРЕВ

*НПО «СибЭнзим», Новосибирск*

Предложен новый метод MteI-ПЦР-анализа GC-богатых участков ДНК, основанный на уникальной метилзависимой сайт-специфической ДНК-эндонуклеазе MteI, имеющей протяженный высокометилованный сайт узнавания. Метод включает в себя гидролиз ДНК ферментом MteI с последующим проведением ПЦР либо в реальном времени, либо с определением полученных продуктов методом гель-электрофореза. Установлен статус метилирования регуляторных участков ряда генов-онкосупрессоров методом MteI-ПЦР-анализа в сравнении с ранее предложенным методом BlnI- и GluI-ПЦР-анализа. Показана применимость метода MteI-ПЦР-анализа для анализа статуса метилирования регуляторных участков генов CEBPD, HS3ST2, RASSF1A, SEPT9b и TWIST1. В случае гена RASSF1A real-time MteI-ПЦР-анализ, в отличие от real-time GluI- и BlnI-ПЦР-анализа, не обнаруживает метилирования регуляторного участка ДНК в здоровых клетках, что позволяет более четко определять и дискриминировать статус метилирования регуляторного участка как этого гена, так и, вероятно, ряда других GC-богатых участков ДНК человека.

*Ключевые слова:* метилзависимые сайт-специфические эндонуклеазы, метилирование ДНК, полимеразная цепная реакция.

**C. 15-23****MTEI-PCR ASSAY – A NEW METHOD OF METHYLATION STATUS DETERMINATION FOR GC-RICH REGULATORY REGIONS OF HUMAN TUMOR SUPPRESSOR GENES**

M.A. ABDURASHITOV, A.N. KUKSOVA, A.G. AKISHEV, E.V. ZEMLYANSKAYA, S.Kh. DEGTYAREV

*SibEnzyme Ltd, Novosibirsk*

A novel method of MteI-PCR analysis of GC-rich DNA regions has been proposed based on the unique methyl-dependent site-specific DNA endonuclease MteI, which recognizes a long highly methylated site. The method includes DNA hydrolysis with MteI followed by real-time PCR or PCR with electrophoretic determination of the obtained products. Methylation status of regulatory regions of a number of tumor suppressor genes has been determined by this method in comparison with the similar data obtained by previously proposed method of BlnI- and GluI-PCR analysis. An applicability of MteI-PCR analysis has been shown by analysis of methylation status of CEBPD, HS3ST2, RASSF1A, SEPT9b and TWIST1 genes regulatory regions. In case of RASSF1A regulatory region, real-time MteI-PCR analysis in contrast to BlnI- and GluI-PCR analysis, does not show methylation of this DNA region in a control healthy lung fibroblast cell line. Thus, MteI-PCR analysis allows to perform more distinct determination and discrimination of RASSF1A regulatory region methylation and, probably, some other GC-rich regions of human DNA as well.

*Keywords:* methyl-dependent site-specific endonucleases, DNA methylation, polymerase chain reaction.

УДК: 541.13 + 543.9 + 57.087.9

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ПРЯМОЙ РЕГИСТРАЦИИ  
НЕПРАЙМИРОВАННОГО СИНТЕЗА ДНК**А.Н. РЕШЕТИЛОВ<sup>1\*</sup>, Л.А. ЖЕЛЕЗНАЯ<sup>2</sup>*1 ФГБУН «Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрабина РАН», 2 ФГБУН «Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН», Пушкино*

Рассмотрена регистрация реакции синтеза ДНК, характеризующейся отсутствием привнесенной ДНК и проходящей с высокой скоростью. Синтез осуществлялся двумя ферментами – ДНК-полимеразой и никующей эндонуклеазой (никазой) в присутствии дезоксинуклеотидтрифосфатов. Для регистрации применен биосенсорный преобразователь электрохимического типа – рН-чувствительный полевой транзистор. Предложено два варианта регистрации – путем измерения рН в отбираемых пробах (объем проб 3–5 мкл) и проточный вариант. Методика позволяет оценивать скорость и амплитуду реакции в различные фазы, время начала и завершения, то есть динамику синтеза ДНК.

*Ключевые слова:* синтез ДНК, электрохимическая регистрация, метод.

**C. 24-29****ELECTROCHEMICAL METHODS OF DIRECT DETECTION OF DNA SYNTHESIS WITHOUT  
ADDED PRIMER**A.N. RESHETILOV<sup>1</sup>, L.A. ZHELEZNAYA<sup>2</sup>*1 G.K. Scriabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, RAS, 2 Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, RAS, Pushchino, Russia*

Considered register DNA synthesis reaction, characterized by the absence of the introduced DNA and passing at a high speed. Synthesis was carried out by two enzymes – DNA polymerase and endonuclease nicking (nickase) in the presence of deoxynucleotide triphosphates. Applied for registration of the electrochemical biosensor transducer type – pH-sensitive field-effect transistor. Two options for registration – by measuring the pH of the sample is taken (sample volume 5.3 mcl) and flow-through option. The technique allows to estimate the speed and amplitude of the response in different phases, beginning and end, that is, the dynamics of DNA synthesis.

*Keywords:* DNA synthesis, electrochemical registration method.

УДК 663.12+582.28+576.8

**ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ЛИПИДОВ ШТАММОМ ДРОЖЖЕЙ *YARROWIA LIPOLYTICA* С ИНАКТИВИРОВАННЫМ ГЕНОМ, КОДИРУЮЩИМ ПЕРОКСИСОМАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТЕР АДЕНОЗИНТРИФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ**

Е.Ю. ЮЗБАШЕВА\*, Т.В. ЮЗБАШЕВ, Е.Б. МОСТОВА, Н.И. ПЕРКОВСКАЯ, С.П. СИНЕОКИЙ

*ФГУП «ГосНИИгенетика», Москва*

Был получен штамм *Yarrowia lipolytica* W29 (dYIANT1), характеризующийся делецией гена YIANT1, кодирующего пероксисомальный транспортер аденозинтрифосфорной кислоты. Было изучено накопление липидов данным штаммом в условиях культивирования при совмещении двух путей синтеза триацилглицеридов: de novo синтез триацилглицеридов из глюкозы и ex novo синтез из гидрофобных субстратов. В качестве источника углерода были использованы смеси глюкозы и гидрофобных субстратов, таких как декан, додекан, тетрадекан, гексадекан и олеиновая кислота. Было продемонстрировано, что на среде, содержащей декан, рекомбинантный штамм накапливает в 1,7 раза больше липидов, по сравнению с природным изолятом *Y. lipolytica* W29.

*Ключевые слова:* ген, кодирующий пероксисомальный транспортер АТФ, дрожжи, *Yarrowia lipolytica*.

**C. 30-39**

**THE STUDY OF LIPID ACCUMULATION *YARROWIA LIPOLYTICA* YEAST STRAIN WITH AN INACTIVATED GENE ENCODING PEROXISOMAL TRANSPORTER ADENOSINE TRIPHOSPHATE**

E.J. YUZBASHEV, T.V. YUZBASHEV, E.B. MOSTOW, N.I. PERKOVSKAYA, S.P. SINEOKY

*Research Institute for Genetics and Selection of Industrial Microorganisms, Moscow*

The strain *Yarrowia lipolytica* W29 (dYIANT1), characterized by deletion of the gene YIANT1, encoding peroxisomal transporter adenosine triphosphate was obtained. Lipid accumulation was studied in this strain culture conditions when combining two methods of synthesis of triacylglycerides: de novo synthesis from glucose and triacylglycerides ex novo synthesis of hydrophobic substrates. As the carbon source used was a mixture of glucose and hydrophobic substrates, such as decane, dodecane, tetradecane, hexadecane, and oleic acid. It was demonstrated that a medium containing decane recombinant strain accumulate 1.7 times more lipids than the natural isolate *Y. lipolytica* W29.

*Keywords:* gene encoding peroxisomal transporter ATP, yeast, *Yarrowia lipolytica*.

УДК 577.152.314

## КЛОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕСТРИКЦИИ-МОДИФИКАЦИИ BPU4I ИЗ BACILLUS PUMILUS N4

В.С. ДЕДКОВ, Д.А. ГОНЧАР\*, В.А. ЧЕРНУХИН, М.А. АБДУРАШИТОВ, Е.Н. ЛОМАКОВСКАЯ, Н.М. ШИНКАРЕНКО, С.Х. ДЕГТЯРЕВ

ООО «СибЭнзим», Новосибирск

ДНК бактериального штамма *Bacillus pumilus* N4, несущего систему рестрикции-модификации BpuN4I (сайт узнавания 5'-GGNNCC-3'), гидролизовалась эндонуклеазами рестрикции MfeI и EcoRI, и полученные продукты клонировались в вектор pUC19, линеаризованный EcoRI. Для отбора клонов, несущих ген эндонуклеазы рестрикции BpuN4I, было предложено использовать метод селекции, основанный на делении (разведении) полученной библиотеки клонов с прямым определением активности эндонуклеазы рестрикции в суммарных лизатах клеток. С помощью данного метода был выявлен рекомбинантный штамм *E. coli* N41 (pBpuN4/MR), являющийся продуцентом фермента BpuN4I. Также была проведена селекция полученной библиотеки традиционным методом Венецианера и получены два различных клон, один из которых идентичен *E. coli* N41(pBpuN4/MR), а второй – *E. coli* N7(pBpuN4/MR), содержит вставку в плазмиде в противоположном направлении и проявляет меньшую активность. Была установлена структура ДНК плазмидной вставки штамма *E. coli* N41 (pBpuN4/M)R и показано, что она содержит гены ДНК-метилтрансферазы M.BpuN4I и эндонуклеазы рестрикции BpuN4I. Сравнительный анализ аминокислотной последовательности ферментов, кодируемых данными генами, выявил гомологию M.BpuN4I с другими метилазами, узнающими сайт 5'-GGNNCC-3' или сходный с ним. В аминокислотной последовательности M.BpuN4I выявлены все домены, характерные для 5mC-ДНК-метилтрансфераз.

*Ключевые слова:* эндонуклеаза рестрикции, неошизомер, ДНК-метилтрансфераза, селекция продуцента.

**С. 40-47**

## CLONING OF BPU4I RESTRICTION-MODIFICATION SYSTEM WITH APPLICATION OF THE LIBRARY DIVIDING METHOD

V.S. DEDKOV, D.A. GONCHAR, V.A. CHERNUKHIN, M.A. ABDURASHITOV, E.N. LOMAKOVSKAYA, N.M. SHINKARENKO, S.Kh. DEGTYAREV

*SibEnzyme Ltd, Novosibirsk*

The BpuN4I restriction-modification system of *Bacillus pumilus* N4 (recognition site 5'-GGNNCC-3') includes an unique neoshizomer of NlaIV restriction endonuclease. RM-system BpuN4I was cloned in *Escherichia coli*. Selection of the cloned library for a recombinant producer of BpuN4I restriction endonuclease was achieved by a suggested method of subsequent dilution of the obtained clones with the direct determination of the enzyme activity in the pools of recombinant cells. The classical selection methods were used as well: selection of the clones resistant to bacteriophage and selection of the clones resistant to a target restriction endonuclease. Two variants of recombinant BpuN4I producer were obtained and their activity was determined. Nucleotide sequence of DNA insertion of the most productive strain was determined and deposit in GenBank data base. Primary structure of DNA methyltransferase M.BpuN4I and restriction endonuclease BpuN4I was determined. The amino acid sequence of M.BpuN4I has revealed all ten domains specific for 5mC-DNA-methyltransferases.

*Keywords:* restriction endonuclease, neoschizomer, DNA-methyltransferase, selection of a producer.

УДК 66.07; 66.081.6; 66.081.3; 661.965; 661.8

## **КОНЦЕПЦИЯ МОДУЛЬНОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ С СИСТЕМОЙ ВОДОРОДНОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

О.Л. АМОСОВА<sup>1\*</sup>, В.В. БУТЫЛИН<sup>2</sup>, Р.Г. ВАСИЛОВ<sup>2</sup>, В.В. ТЕПЛЯКОВ<sup>1</sup>

*1 Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, 2 Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва*

Обзор с использованием собственных данных. В работе представлена концепция технологической платформы модульной энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии. Платформа предполагает усовершенствование способов получения возобновляемых источников энергии, разработку системы водородного аккумулирования энергии и его использование в топливных элементах. Концепция подтверждается данными литературы и собственными исследованиями. В работе также рассмотрены возобновляемые источники энергии, в том числе, получение водорода при помощи бактерий-продуцентов водорода, пиролиза осадка сточных вод.

*Ключевые слова:* биоводород, металлгидриды, топливные элементы, технологическая платформа.

**C. 48-53**

## **THE CONCEPT OF MODULAR POWER PLANTS BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES WITH HYDROGEN ENERGY STORAGE SYSTEM**

O.L. AMOSOVA<sup>1</sup>, V.V. BUTYLIN<sup>2</sup>, R.G. VASILOV<sup>2</sup>, V.V. TEPLYAKOV<sup>1</sup>

*1 A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis RAS, 2 National Research Centre «Kurchatov Institute», Moscow*

Overview of using their own data. This paper introduces the concept of a modular technology platform power plants based on renewable energy sources. The platform involves improved methods of obtaining renewable energy sources, the development of hydrogen energy storage system and its use in fuel cells. The concept is supported by the literature and his own research. The paper also discussed renewable energy sources, including the production of hydrogen by means of hydrogen-producing bacteria, the pyrolysis of sewage sludge.

*Keywords:* biohydrogen, metal hydrides, fuel cell technology platform.



УДК 573.6.086.83

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЯ**П.М. ГОТОВЦЕВ<sup>1\*</sup>, М.А. ЛОМОНОСОВА<sup>1</sup>, В.В. БУТЫЛИН<sup>1</sup>, Е.Б. МОСТОВА<sup>2</sup>, Н.И. ПЕРКОВСКАЯ<sup>2</sup>*1 НИЦ «Курчатовский институт», 2 ФГУП «ГосНИИгенетика», Москва*

В обзорной статье рассмотрены результаты современных исследований в области получения биодизеля методом переэтерификации. В область рассмотрения попали как технологии химического синтеза, так и решения с использованием биокатализаторов. Проведен анализ представленных в обзоре решений и сделаны выводы о перспективности исследований в данной области.

*Ключевые слова:* биодизель, технологии.

**C. 54-61****MODERN TECHNOLOGIES FOR BIODIESEL**P.M. GOTOVTSEV<sup>1</sup>, M.A. LOMONOSOVA<sup>1</sup>, V.V. BUTYLIN<sup>1</sup>, E.B. MOSTOVA<sup>2</sup>, N.I. PERKOVSKAYA<sup>2</sup>*1 National Research Centre «Kurchatov Institute» 2 Research Institute for Genetics and Selection of Industrial Microorganisms, Moscow*

In a review article describes the results of current research in the field of biodiesel by transesterification. In the viewing area were as chemical synthesis technologies and solutions using biocatalysts. The analysis presented in the review of decisions and conclusions about the prospects of research in this area.

*Keywords:* biodiesel technology.

УДК 579.66

**ЗОЛОШЛАКОВЫЕ ОТВАЛЫ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ КАК ИСТОЧНИКИ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

А.Г. БУЛАЕВ, Т.Ф. КОНДРАТЬЕВА\*

*ФГБУН «Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН», Москва*

В настоящее время разработано порядка 300 технологий переработки золошлаков, однако не более 10% реализованы практически. Это в основном технологии использования золошлаков из сухих систем золошлакоудаления в качестве наполнителя для производства различных строительных материалов, цемента. В Институте микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН более 50 лет ведутся исследования по разработке фундаментальных основ биогетехнологий получения цветных и благородных металлов из полиметаллических сульфидных руд. Наиболее распространенными биогетехнологиями металлов являются кучная/подземная и чановая (агитационная). Авторами обосновывается эффективность разработки кучной и чановой биогетехнологий выщелачивания ценных металлов и редкоземельных элементов из зольно-шлаковых отвалов на основе применения сообществ ацидофильных хемолитотрофных микроорганизмов, окисляющих элементную серу с образованием серной кислоты и не требующих внесения органических источников углерода для конструктивного метаболизма.

*Ключевые слова:* биогетехнология, золошлаковые отвалы, ценные металлы, редкоземельные элементы.

**С. 62-74****ASH AND SLAG DUMPS OF THE OBJECTS HEAT AND POWER GENERATION AS A SOURCE OF PRECIOUS METALS AND RARE EARTH ELEMENTS**

A.G. BULAEV, T.F. KONDRATYEVA

*S.N. Vinogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow*

At present there are about 300 ash recycling technology, but not more than 10% are realized in practice. This is basically a technology using ash from the dry ash handling systems as a filler for the production of various construction materials and cement. S.N. Vinogradsky Institute of Microbiology RAS during more than 50 years conducts researches on the development of the fundamental biogetechnological bases for getting of nonferrous and precious metals from polymetallic sulphide ores. The most common metals are biogetechnology heap / and underground tanks (agitation). The authors substantiate the efficiency of the development of biotechnology heap and vat leaching of precious metals and rare earth elements from ash and slag dumps on the basis of application of acidophilic chemolithotrophic communities of microorganisms that oxidize elemental sulfur to form sulfuric acid and not requiring organic carbon sources for constructive metabolism.

*Keywords:* biogetechnology, slag heaps, precious metals, rare earth elements.

УДК 573.6.086.83

**ВОЗМОЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ МЕТОДОМ  
ФЛОККУЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОФЛОККУЛЯНТОВ**

П.М. ГОТОВЦЕВ\*, М.А. ЛОМОНОСОВА, В.В. БУТЫЛИН, К.В. ГОРИН

*НИЦ «Курчатовский институт», Москва*

В обзоре проведен анализ существующих и прогнозируемых методов флокуляции для сбора микроводорослей с целью дальнейшей переработки с получением биотоплив или других продуктов. Среди наиболее адекватных методов особое внимание уделено вопросу создания биофлоккулянтов на основе дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* и анализу уже выполненных в данной области исследований. Показана перспективность дальнейших работ по исследованию способностей микроорганизмов к флокуляции.

*Ключевые слова:* биотопливо, микроводоросли, флокуляция, биофлоккулянты.

**C. 75-80****POSSIBLE TECHNOLOGIES FOR THE COLLECTION OF MICROALGAE FLOCCULATION  
METHOD USING BIOFLOCCULANTS**

P.M. GOTOVTSEV, M.A. LOMONOSOVA, V.V. BUTYLIN, K.V. GORIN

*National Research Centre «Kurchatov Institute», Moscow*

The review analyzes the current and projected flocculation methods for the collection of microalgae for further processing to produce biofuels or other products. Among the most appropriate techniques, special attention is paid to creating bioflocculants based on yeast cells *Saccharomyces cerevisiae* and analysis already done in this field of research. The prospects of further studies of the ability of microorganisms to flocculation.

*Keywords:* biofuel, microalgae, flocculation, bioflocculants.