

Химия и технология топлив и масел

1 (641) '2024

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1

Научно-технический журнал
Издаётся с 1956 года
Выходит один раз в два месяца

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-82547.
Выдано 18 января 2022 г.
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций

Издатель —
Международный центр науки и технологий
«ТУМА ГРУПП»

Издаётся в США фирмой
«Springer Science + Business Media, Inc.»

Английская версия включена в ведущие
мировые реферативные базы данных

Главный редактор

Б. П. Туманян – д.т.н., проф.

Редакционная коллегия

И. А. Арутюнов – д.т.н., проф.

С. Н. Волгин – д.т.н., проф.

И. Б. Грудников – д.т.н., проф.

В. Л. Лашхи – д.т.н., проф.

А. Лука – д.т.н., проф. (Польша)

А. М. Мазгаров – д.т.н., проф.

К. Б. Рудяк – д.т.н., проф.

Е. П. Серегин – д.т.н., проф.

Включен в перечень изданий
Высшей аттестационной комиссии
Министерства образования
и науки РФ

Содержание

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

- И. Р. Везиров, У. Р. Везиров, Э. Г. Теляшев,
Р. Р. Везиров, Р. Н. Салахов.* 3
Анализ работы двухступенчатой гидроэжекторной
вакуумсоздающей системы, определение ее оптимальных
технологических параметров

ХИММОТОЛОГИЯ

- Ю. М. Пименов, А. В. Улитко.* 7
Проблемы и методы принятия решений на применение
горюче-смазочных материалов в технике

ИССЛЕДОВАНИЯ

- А. Ф. Саттарова, Д. Н. Гордеев, С. Н. Убайдзода, И. М. Сахаутдинов,
М. Ю. Овчинников, Ю. Н. Биглова, И.А. Мустафин, А.Ф. Ахметов,* 14
Кинетические параметры синтеза производного фуллерена,
содержащего дитерпеновый фрагмент

- И. Н. Куляшова, А. Д. Бадикова, А. И. Волошин, С. Р. Сахибгареев.* 20
Исследование возможности получения лигносульфонатного реагента
на основе комплексных соединений для регулирования
параметров бурового раствора

- И. Н. Куляшова, А. Д. Бадикова, А. Р. Музафарова, С. Р. Сахибгареев.* 26
Исследования поверхностной и адсорбционной активности
модифицированного лигносульфонатного реагента
для регулирования параметров бурового раствора

- Ф. М. Калмыков, А. Ф. Шакиров, К. Г. Кичатов, Т. Р. Просочкина.* 31
Влияние структурных характеристик полиэтилентерефталата
и вторичных продуктов его производства
на технологические параметры получения филамента

- И. И. Гумеров, А. К. Ивлев, К. Г. Кичатов, Т. Р. Просочкина.* 38
Разработка цифрового двойника экструдера для получения филамента
из полиэтилена низкой плотности

- А. К. Габитов, Т. Р. Просочкина, К. Г. Кичатов.* 43
Прогнозирование свойств полиэтилентерефталата и композитов
с углеродными нанотрубками на его основе

ОБЗОРЫ

- В. В. Игнатъев, Р. Мюллер, С. Г. Пасынков,
А. М. Петунин, К. А. Бардина.* 50
Классификация методов синтеза полигидроксилированных фуллеренов.
Часть 1 — Одностадийные процессы

Chemistry and Technology of Fuels and Oils

1 (641) '2024

Head Editor

B. P. Tumanyan – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

I. A. Arutyunov – Dr. Eng. Sci., prof.

S. N. Volgin – Dr. Eng. Sci., prof.

I. B. Grudnikov – Dr. Eng. Sci., prof.

V. L. Lashkhi – Dr. Eng. Sci., prof.

A. Luksa – Dr. Eng. Sci., prof. (Poland)

A. M. Mazgarov – Dr. Eng. Sci., prof.

K. B. Rudyak – Dr. Eng. Sci., prof.

E. P. Seregin – Dr. Eng. Sci., prof.

Publisher— ICST «TUMA Group» LLC

Редактор

В. С. Дмитриева

Ответственный секретарь

О. В. Любименко

Графика и верстка

В. В. Земсков

Подготовка материалов

С. О. Бороздин,

А. Д. Остудин,

В. Ю. Попова

Адрес редакции:

105318, г. Москва,

Измайловское шоссе, д. 20-1Н

e-mail: httm@list.ru

Материалы авторов не возвращаются.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в материалах, в том числе
рекламных, предоставленных
авторами для публикации.

Формат 60 × 84 1/8.

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7.

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в ООО ИПФ «СТРИНГ»
424006, Республика Марий Эл,
г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95

Contents

CHEMICAL ENGINEERING AND EQUIPMENT

- I. R. Vezirov, U. R. Vezirov, E. G. Telyashev, R. R. Vezirov, R. N. Salakhov.* Analysis of the Operation of a Two-Stage Hydro-Ejector Vacuum-Generating System, Determination of its Optimal Technological Parameters 3

CHEMMOTOLOGY

- Yu. M. Pimenov, A. V. Ulit'ko.* Problems and Methods of Decision Making Forfuels and Lubricants Use in Equipment 7

RESEARCH

- A. F. Sattarova, D. N. Gordeev, S. N. Ubaizoda, I. M. Sahautdinov, M. Yu. Ovchinnikov, Yu. N. Biglova, I. A. Mustafin, A. F. Akhmetov.* Kinetic Parameters of Synthesis of a Fullerene Derivative Containing Diterpene Fragment 14

- I. N. Kulyashova, A. D. Badikova, A. I. Voloshin, S. R. Sahibgareev.* Investigation of the Possibility of Obtaining a Lignosulfonate Reagent Based on Complex Compounds to Regulate the Parameters of the Drilling Mud 20

- I. N. Kulyashova, A. D. Badikova, A. R. Muzafarova, S. R. Sahibgareev.* Studies of Surface and Adsorption Activity of Modified Lignosulfonate Reagent for Regulation of Drilling Mud Parameters 26

- Ph. M. Kalmykov, A. F. Shakirov, K. G. Kichatov, T. R. Prosochkina.* The Analysis of the Effect Of Structural Characteristics of Polyethylene Terephthalate and Its Recycled Products on the Technological Parameters of Filament Production 31

- I. I. Gumerov, A. K. Ivlev, K. G. Kichatov, T. R. Prosochkina.* The Development of a Digital Twin of the Extruder for Low-Density Polyethylene Filament Production 38

- A. K. Gabitov, T. R. Prosochkina, K. G. Kichatov.* Forecasting Properties of Polyethylene Terephthalate and Its Carbon Nanotube Composites 43

REVIEWS

- V. V. Ignatev, R. Muller, S. G. Pasyukov, A. M. Petunin, K. A. Bardina.* Classification of Methods for the Synthesis of Polyhydroxylated Fullerenes. Part I 50

И. Р. Везилов, У. Р. Везилов, Э. Г. Теляшев, Р. Р. Везилов, Р. Н. Салахов

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ivezirov@yandex.ru

Анализ работы двухступенчатой гидроэжекторной вакуумсоздающей системы, определение ее оптимальных технологических параметров

В статье рассмотрены особенности работы гидроэжекторных вакуумсоздающих систем. Описана схема двухступенчатой гидроэжекторной вакуумсоздающей системы, приведён алгоритм расчета.

Проведен анализ зависимости выхода компонентов парогазовой смеси от температуры рабочей жидкости, определена необходимая температура нагрева рабочей жидкости. Произведен расчет двухступенчатой гидроэжекторной вакуумсоздающей системы, определена зависимость расхода рабочей жидкости от давления и потребляемой мощности насосов.

Ключевые слова: парогазовая смесь, гидроэжекторная вакуумсоздающая система, остаточное давление, подпитка, рабочая жидкость.

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1-3-6

I. R. Vezirov, U. R. Vezirov, E. G. Telyashev, R. R. Vezirov, R. N. Salakhov

Ufa State Petroleum Technological University

Analysis of the Operation of a Two-Stage Hydro-Ejector Vacuum-Generating System, Determination of its Optimal Technological Parameters

The article considers the features of the operation of hydro-ejector vacuum-generating systems. The diagram of a two-stage hydro-ejector vacuum-generating system is described, and a calculation algorithm is given. The dependence of the yield of the components of the vapour-gas mixture on the temperature of the working fluid was analyzed, and the required heating temperature of the working fluid was determined. A calculation of a two-stage hydraulic ejector vacuum-creating system was made, and the dependence of the flow rate of the working fluid on the pressure and power consumption of the pumps was determined.

Key words: vapour-gas mixture, two-stage hydro-ejector vacuum-generating system, residual pressure, recharge, working fluid.

Ю. М. Пименов, А. В. Улитко

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»

25gosniihim@mil.ru

Проблемы и методы принятия решений на применение горюче-смазочных материалов в технике

Дана краткая характеристика проблем, связанных с повышением объективности принятия технических решений на применение горюче-смазочных материалов (ГСМ) в технике. Проанализированы возможности теории принятия решений в аспекте применения ГСМ. Предложены и апробированы два метода принятия решений на базе интегральных критериев и оценки склонности ГСМ к превращениям в технике и на количественных оценках показателей эксплуатационных свойств. На примере моторных топлив

и гидравлических жидкостей рассмотрены результаты апробации методов и моделей принятия решений на применение ГСМ.

Ключевые слова: принятие решений, горюче-смазочные материалы, эксплуатационные свойства техники, интегральные критерии.

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1-7-13

Yu. M. Pimenov, A. V. Ulit'ko.

The 25th State Research Institute of Chemmotology, Ministry of Defense of the Russian Federation

Problems and Methods of Decision Making Forfuels

and Lubricants Use in Equipment

Applied problems that restrain the enhancing of decision making objectiveness of fuels and lubricants use in equipment are shortly characterized. Several possibilities as to the theory of decision making application for the decision making of fuels and lubricants use in equipment are analyzed. Two methods are introduced and explained to make rational decisions based on integral evaluation criterions as well as on quantitative estimates of properties indicators of fuels and lubricants propensity for transformations in equipment. In addition some simple illustrations of implementation of new methods with regards to diesel fuels and hydraulic fluids are provided.

Key words: *decision making, fuels and lubricants, equipment, performance property, integral evaluation.*

*A. Ф. Саттарова^{1,2}, Д. Н. Гордеев¹, С. Н. Убайзода¹, И. М. Сахаутдинов², М. Ю. Овчинников²,
Ю. Н. Биглова¹, И. А. Мустафин³, А. Ф. Ахметов³*

¹Уфимский университет науки и технологий,

²Институт органической химии, Уфимский научный центр РАН,

³Уфимский государственный нефтяной технический университет

brux1995@mail.ru

Кинетические параметры синтеза производного фуллерена, содержащего дитерпеновый фрагмент

В статье представлены результаты кинетического исследования синтеза нового производного фуллерена, содержащего дитерпеновый фрагмент, полученные с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии и последующего математического моделирования. Определены кинетические и активационные параметры циклопропанирования фуллерена по методике Бингеля, предложен механизм реакции. Выявлены оптимальные условия синтеза: предпочтительно использование небольшого избытка хлорсодержащего агента циклопропанирования и проведение реакции при комнатной температуре.

Ключевые слова: фуллерен C₆₀, производные фуллерена, реакция Бингеля,

дитерпеноиды, метиловый эфир малеопимаровой кислоты

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1-14-19

*A. F. Sattarova^{1,2}, D. N. Gordeev¹, S. N. Ubaizoda¹, I. M. Sahautdinov², M. Yu. Ovchinnikov²,
Yu. N. Biglova¹, I. A. Mustafin³, A. F. Akhmetov³.*

¹Ufa University of Science and Technology,

²Institute of Organic Chemistry, Ufa Scientific Center RAS,

³Ufa State Petroleum Technological University

Kinetic Parameters of Synthesis of a Fullerene Derivative Containing Diterpene Fragment

The article presents the results of a kinetic study of the synthesis of a new fullerene derivative containing a diterpene fragment, obtained using the HPLC method and subsequent mathematical modeling. The kinetic and activation parameters of fullerene cyclopropanation by the Bingel method were determined, and the reaction mechanism was proposed. Optimal synthesis conditions were found: it is preferable to use a small excess of a chlorine-containing cyclopropanation agent and carry out the reaction at room temperature.

Key words: *bfullerene C₆₀, fullerene derivatives, Bingel phenomena, diterpenoids, maleopimaric acid methyl ester.*

I. N. Куляшова¹, А. Д. Бадикова¹, А. И. Волошин^{2,3}, С. Р. Сахибгареев¹

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет,

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа,

³Уфимский институт химии, Уфимский научный центр РАН,

irina-0472@yandex.ru

Исследование возможности получения лигносульфонатного реагента на основе комплексных соединений для регулирования параметров бурового раствора

Исследована возможность получения реагента для регулирования параметров бурового раствора на основе комплексных соединений путем введения комплексообразующих катионов Fe (II) в состав лигносульфоната натрия с последующим дополнительным модифицированием фосфоновыми соединениями и получение полиэлектролитного комплекса на основе анионного полиэлектролита-лигносульфоната натрия и модифицированного катионного крахмала. Методом ИК-спектроскопии установлено наличие функциональных групп исследуемого лигносульфоната натрия способных к комплексообразованию. Определены оптимальные соотношения исходных компонентов для получения комплексных соединений на основе лигносульфоната, сульфата железа и фосфоновых соединений. С целью изучения структуры макромолекулы лигносульфоната натрия и полиэлектролитного комплекса на основе лигносульфоната натрия и катионного крахмала исследовано распределением частиц по размерам. Путем подбора мольных соотношений анионных и катионных составляющих получен полиэлектролитный комплекс с применением метода импедансной спектрометрии. Исследована возможность применения полученного лигносульфонатного реагента на основе комплексных соединений в качестве реагента для регулирования параметров буровой промывочной жидкости в диапазоне температур от 20 до 180°C.

Ключевые слова: лигносульфонат натрия, модифицированный лигносульфонатный реагент, полиэлектролит, метод импедансометрии, полиэлектролитный комплекс, понизитель фильтрации, буровой раствор.

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1-20-25

I. N. Kulyashova¹, A. D. Badikova¹, A. R. Muzafarova², S.R. Sahibgarayev¹.

¹Ufa State Petroleum Technical University

²LLC "RN-BashNIPIneft", Ufa

³Institute of Chemistry, Ufa Scientific Center RAS

Investigation of the Possibility of Obtaining a Lignosulfonate Reagent Based on Complex Compounds to Regulate the Parameters of the Drilling Mud

Investigation of the possibility of obtaining a reagent for regulating the parameters of drilling mud based on complex compounds by introducing complex-forming Fe (II) cations into the composition of sodium lignosulfonate, followed by additional modification with phosphonic compounds and obtaining a polyelectrolyte complex based on anionic polyelectrolyte-sodium lignosulfonate and modified cationic starch. The presence of functional groups of the studied sodium lignosulfonate capable of complexation was established by IR spectrometry. The determination of the optimal ratios of the initial components for the production of complex compounds based on lignosulfonate, iron sulfate and phosphonic compounds was carried out. Studies of the surface activity of experimental samples were carried out by the stalagmometric method (the method of counting drops). In order to study changes in the structure of a macromolecule of sodium lignosulfonate and a polyelectrolyte complex based on sodium lignosulfonate and cationic starch, the particle size distribution method was investigated. Obtaining a stable polyelectrolyte complex, by selecting the molar ratios of anionic and cationic components, consisted in measuring the dependence of the impedance of an electrochemical cell on the frequency of alternating current. The possibility of using the obtained lignosulfonate reagent based on complex compounds as a reagent for regulating the parameters of the drilling fluid at temperatures from 20 to 160–180°C.

Key words: *sodium lignosulfonate, modified lignosulfonate reagent, polyelectrolyte, impedance measurement method, polyelectrolyte complex, filtration reducing agent, drilling mud.*

И. Н. Куляшова, А. Д. Бадикова, А. Р. Музафарова, С. Р. Сахибгареев

Уфимский государственный нефтяной технический университет

irina-0472@yandex.ru

Исследования поверхностной и адсорбционной активности модифицированного лигносульфонатного реагента для регулирования параметров бурового раствора

Рассмотрена возможность получения модифицированного лигносульфонатного реагента на основе акриловой и лигносульфонатной составляющих. Для изучения действия электролитов на поверхностную активность комплексного реагента на основе акриловой и лигносульфонатной составляющих определяли значения поверхностного натяжения водных растворов неорганических солей NaCl и CaCl₂ различной концентрации при введении от 0,1 до 2% реагента. Оценка адсорбционной активности проведена на основе построения изотермы поверхностного натяжения на границе жидкость/жидкость в статических условиях во времени при постоянной концентрации реагента. Установлена способность модифицированного лигносульфонатного реагента эффективно снижать показатель условной вязкости глинистого бурового раствора при температуре от 20 до 180°C.

Ключевые слова: акриламид, лимонная кислота, синтезированный модификатор, лигносульфонат натрия, модифицированный лигносульфонатный реагент, буровой раствор.

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1-26-30

I. N. Kulyashova, A. D. Badikova, A. R. Muzafarova, S.R. Sahibgarayev.

Ufa State Petroleum Technological University

Studies of Surface and Adsorption Activity of Modified Lignosulfonate Reagent for Regulation of Drilling Mud Parameters

The possibility of obtaining a modified lignosulfonate reagent based on acrylic and lignosulfonate components is considered. To study the effect of electrolytes on the surface activity of a complex reagent based on acrylic and lignosulfonate components, the surface tension of aqueous solutions of inorganic salts of NaCl and CaCl₂ of different concentrations was determined with the introduction of 0.1 to 2% of the reagent. The assessment of adsorption activity was carried out on the basis of constructing an isotherm of surface tension at the liquid-liquid interface under static conditions in time at a constant concentration of the reagent. The possibility of a modified lignosulfonate reagent to effectively reduce the conditional viscosity of clay drilling mud in the temperature range from 20 to 180°C has been established.

Key words: *scitric acid, synthesized modifier, sodium lignosulfonate, modified lignosulfonate reagent, drilling mud.*

Ф. М. Калмыков, А. Ф. Шакиров, К. Г. Кичатов, Т. Р. Просочкина

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Kichatov_k@mail.ru

Влияние структурных характеристик полиэтилентерефталата и вторичных продуктов его производства на технологические параметры получения филамента

Для образцов полиэтилентерефталата с вовлечением вторичного полиэтилентерефталата (продукт Vivilen) и отходов его производства методами дифференциальной сканирующей калориметрии и рентгено-структурного анализа проанализированы температуры фазовых переходов и определено соотношение кристаллической и аморфной фаз. Исследованные образцы полиэтилентерефталата ранжированы по значениям температуры стеклования и плавления, что позволило соотнести образцы по степени кристалличности. Для получения филамента на основе пылевидных отходов процесса твердофазной поликонденсации обоснован температурный режим экструзии и получены образцы филаментов для 3D печати.

Ключевые слова: полиэтилентерефталат, филамент, 3D-печать, дифференциально сканирующая калориметрия, экструзия, рентгено-структурный анализ.

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1-31-37

Ph. M. Kalmykov, A. F. Shakirov, K. G. Kichatov, T. R. Prosochkina.

Ufa State Petroleum Technological University

The Analysis of the Effect Of Structural Characteristics of Polyethylene Terephthalate and Its Recycled Products on the Technological Parameters of Filament Production

The temperatures of phase transitions were analyzed and the ratio of crystalline and amorphous phases was determined for polyethylene terephthalate samples involving secondary PET (Vivilen product) and its wastes by methods of differential scanning calorimetry and X-ray structural analysis. The studied polyethylene terephthalate samples were ranked according to their glass transition and melting temperatures, which made it possible to correlate the samples according to the degree of crystallinity. To obtain filament on the basis of dust-like wastes of the solid-phase polycondensation process, the extrusion temperature conditions were justified and filament samples for 3D printing were obtained.

Key words: *polyethylene terephthalate, filament, 3D printing, differential scanning calorimetry, extrusion, X-ray structural analysis.*

И. И. Гумеров, А. К. Ивлев, К. Г. Кичатов, Т. Р. Просочкина

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Kichatov_k@mail.ru

Разработка цифрового двойника экструдера для получения филамента из полиэтилена низкой плотности

На основании экспериментально определенных характеристик полиэтилена низкой плотности с применением геометрических размеров деталей экструдера и использовании программного обеспечения COMSOL MULTIPHYSICS создана цифровая модель аппарата и выполнен гидродинамический расчет скорости истечения расплава полимера из сопла экструдера. Совпадение экспериментально измеренной скорости истечения полимера с вычисленной с применением модели находится в пределах допустимой погрешности, что свидетельствует об адекватности модели цифрового двойника, которая будет использоваться для прогнозирования вязкостных свойств композиционных материалов на основе полиэтилена низкой плотности и технологических режимов их получения блендингом в экструдере.

Ключевые слова: *экструдер, цифровая модель, COMSOL Multiphysics, филамент, показатель текучести расплава, метод конечных элементов, вычислительная гидродинамика, цифровой двойник.*

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1-38-42

I. I. Gumerov, A. K. Ivlev, K. G. Kichatov, T. R. Prosochkina.

Ufa State Petroleum Technological University

The Development of a Digital Twin of the Extruder for Low-Density Polyethylene Filament Production

On the basis of experimentally determined characteristics of low-density polyethylene, geometric dimensions of extruder parts and using COMSOL MULTIPHYSICS software, a digital model of the apparatus was created and hydrodynamic calculation of the polymer melt flow velocity from the extruder nozzle was performed. The agreement of the experimentally measured polymer melt flow velocity with the one calculated using the model is within the acceptable tolerance. This indicates the adequacy of the digital twin model, which can be used to predict the viscosity properties of composite materials based on low-density polyethylene and process conditions of their production by extruder blending.

Key words: *extruder, digital model, COMSOL Multiphysics, filament, melting flow rate, finite element method, computational fluid dynamics, digital twin.*

А. К. Габитов, Т. Р. Просочкина, К. Г. Кичатов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

kichatov_k@mail.ru

Прогнозирование свойств полиэтилентерефталата и композитов

с углеродными нанотрубками на его основе

Выполнено молекулярно-динамическое моделирование полимера – полиэтилентерефталата — и композиционных материалов на его основе с различными одностенными углеродными нанотрубками в качестве наполнителя. Исследовано влияние надмолекулярной структуры на некоторые физико-химические и механические свойства полимерного композиционного материала. Выявлено, что величина межфазного межмолекулярного взаимодействия системы полимерная матрица — наполнитель является основным определяющим фактором, оказывающим влияние на физико-химические и механические свойства, следовательно, именно ее необходимо учитывать в первую очередь при прогнозировании свойств подобных материалов.

Ключевые слова: полиэтилентерефталат, углеродная нанотрубка, молекулярная динамика, межмолекулярные взаимодействия, модуль Юнга.

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1-43-49

A. K. Gabitov, T. R. Prosochkina, K. G. Kichatov.

Ufa State Petroleum Technological University

Forecasting Properties of Polyethylene Terephthalate and Its Carbon Nanotube Composites

Molecular dynamic modeling of polymer – polyethylene terephthalate and composite materials based on it with different single-walled carbon nanotubes as filler has been performed. The influence of supramolecular structure on some physicochemical and mechanical properties of polymer composite material has been investigated. It was found that the value of interphase intermolecular interaction of the system "polymer matrix – filler" is the main determining factor influencing the physicochemical and mechanical properties, therefore, it is necessary to consider it mainly when predicting the properties of such materials.

Key words: polyethylene terephthalate, carbon nanotube, molecular dynamics, intermolecular interactions, Young's modulus.

В. В. Игнатьев¹, Р. Мюллер¹, С. Г. Пасынков¹, А. М. Петунин¹, К. А. Бардина²

¹ООО «Научно-технологический центр «ЭПИКТЕХ», г. Москва,

²РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина»

info@epictechnology.ru

Классификация методов синтеза полигидроксилированных фуллеренов.

Часть 1 — Одностадийные процессы

Выполнен анализ существующих методов синтеза полигидроксилированных фуллеренов с применением прямого химического взаимодействия, а также альтернативных способов создания, с целью выявления оптимальных методик получения, для их реализации в различных технологических и биомедицинских областях. Обобщена и классифицирована научная литература данной сферы исследований с предоставлением сравнительной оценки эффективности и возможности практической реализации

разработанных методов синтеза на основании всестороннего рассмотрения литературной и патентной информации.

Ключевые слова: фуллерен, полигидроксилированный фуллерен, фуллеренол, методы синтеза.

DOI: 10.32935/0023-1169-2024-641-1-50-56

V. V. Ignatev¹, R. Muller¹, S. G. Pasyukov¹, A. M. Petunin¹, K. A. Bardina².

¹. "EPICTECH" LLC

². Gubkin University

Classification of Methods for the Synthesis of Polyhydroxylated Fullerenes.

Part I

A complete analysis of the existing methods of synthesis of polyhydroxylated fullerenes using direct chemical interaction, as well as alternative methods of creation, in order to identify the optimal methods of production, for their implementation in various technological and biomedical fields is performed. The scientific literature of this field of research is summarized and classified, providing a comparative assessment of the efficiency and feasibility of practical implementation of the developed synthesis methods based on a comprehensive review of the data presented in the chemical literature.

Key words: fullerene, polyhydroxylated fullerene, fullereneol, synthesis methods.